

L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1954

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. — *Travaux sur les pneumoconioses.*
 - A. - Prospections médicales systématiques.
 - B. - Examens spéciaux effectués à l'Institut d'Hygiène des Mines.
 - C. - Recherches sur la pneumoconstriction due aux poussières et sur la pneumodilatation par aérosols.
2. — *Problèmes médicaux soulevés par le travail aux températures élevées.*
 - A. - Les indices de prédiction du comportement humain aux hautes températures.
 - B. - Etat cardiaque et circulatoire de mineurs ayant travaillé durant au moins 5 ans aux hautes températures.
 - C. - Entraînement des sauveteurs aux hautes températures.
3. — *L'ankylostomiase.*
 - A. - Importance de cette affection pour les charbonnages belges.
 - B. - Mode de transmission de la maladie.

C. - Diagnostic de l'affection.

D. - Traitement de l'ankylostomiase.

4. — *Les rhumatismes chroniques chez les houilleurs belges. Le syndrome de Caplan.*

II. — Travaux de la section technique.

1. — *Lutte contre les poussières.*
 - A. - Conimétrie — Analyse et expression des résultats des prélèvements de poussières.
 - B. - Lutte contre les poussières dans les chantiers. Matériel et procédés divers.
 - C. - Travaux de laboratoire — Essais divers.
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.
3. — *Eclairage minier.*

III. — Enquêtes, documentation et conférences. Bibliographie.

INTRODUCTION

Le présent compte rendu sur l'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1954 est la suite des rapports que nous présentons depuis plusieurs années déjà dans les *Annales des Mines de Belgique*.

Nous tenons à rappeler aux lecteurs que la plupart des recherches accomplies durant l'exercice font l'objet de communications de l'Institut, qui sont transmises à l'ensemble des charbonnages belges

et à tous nos correspondants bénéficiaires de nos publications. Ce rapport ne constitue donc qu'un bref rappel des travaux effectués. Ceux qui voudraient approfondir les problèmes décrits pourront se référer aux documents originaux.

Enfin, nous avons inclus dans cet article les résultats de certaines recherches qui présentent un intérêt indiscutable, mais dont l'ampleur ne justifierait pas une communication séparée.

I. — TRAVAUX DE LA SECTION MEDICALE

1. — Travaux sur les pneumoconioses.

A. — Prospections médicales systématiques.

Poursuivant son travail de documentation sur l'incidence et l'évolution des pneumoconioses dans

les différents bassins du pays, la Section Médicale de l'Institut d'Hygiène des Mines a examiné, grâce à son unité radiologique mobile, les ouvriers du fond de plusieurs charbonnages.

Dans un siège, 600 sujets, qui avaient été radiographiés en 1946-1947, ont subi un nouvel examen radiologique sur grand format. La comparaison des deux séries de radiographies peut se résumer comme suit : les deux tiers des sujets qui avaient une image thoracique normale en 1946 sont toujours exempts de pneumoconiose radiologiquement décelable; le tiers restant présente une évolution de degrés variés. Les sujets déjà atteints de pneumoconiose ont généralement évolué d'une façon d'autant plus forte que leur atteinte antérieure était plus sérieuse.

Dans un autre charbonnage, une population de 1.079 ouvriers est suivie d'une façon systématique. Parmi ces sujets, 424 ont subi leur premier examen en 1954, tandis que 279 avaient déjà été radiographiés à deux reprises et 376 à trois reprises.

Les protocoles des radiographies ont donné les résultats suivants :

images normales et subnormales :	84,08 %
images micronodulaires :	11,19 %
images nodulaires :	0,74 %
condensations non définies :	3,15 %
pseudotumeurs :	0,84 %

En outre, une silico-tuberculose a été suspectée chez 1,77 % des sujets.

Parmi les sujets revus, la comparaison des radiographies permet d'établir que 83 sujets présentent des signes d'évolution radiologique de la pneumoconiose; celle-ci est légère dans 66 cas, nette dans 13 cas et forte dans 4 cas.

Dans une troisième société charbonnière, 315 sujets ont fait l'objet d'une nouvelle enquête radiologique en 1954. Parmi ceux-ci, 76 seulement avaient été radiographiés en 1951 et 27 en 1949. Le nombre est insuffisant pour établir une statistique valable. Des signes d'évolution légère furent décelés dans 7 cas, une évolution nette dans 2 cas, une forte évolution dans 1 cas et on a trouvé un cas suspect de surinfection tuberculeuse.

D'une façon générale, on a pu encore constater que les mutations de la main-d'œuvre rendent difficile l'établissement d'un cadastre régulier de l'image thoracique. Les pourcentages des ouvriers retrouvés dans un siège après une dizaine d'années se réduisent souvent à un tiers de la population examinée. Ceci peut s'expliquer en partie par le fait qu'en 10 ans, une partie des ouvriers a atteint l'âge normal de la pension, mais la forte diminution du nombre de sujets réexaminés résulte surtout de la mobilité de la main-d'œuvre, qui passe facilement d'un charbonnage à l'autre.

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

Usant de la faculté qui leur est offerte de faire procéder à des examens approfondis par la Section Médicale de l'Institut pour les cas qui présentent quelques difficultés, soit à l'embauchage, soit aux examens de révision, les médecins embaucheurs ont adressé 285 cas à l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1954. En outre, 25 expertises ont été sollicitées par les médecins des Caisses de Pension pour Ouvriers Mineurs. Pour tous les

sujets, on a pratiqué une radiographie et dressé une fiche médicale complète. Dans 186 cas, une étude tomographique a été jugée indispensable. Parmi les sujets examinés, 258 ont subi un examen électrocardiographique. Chez 267, les épreuves fonctionnelles cardio-pulmonaires ont dû être pratiquées.

L'ensemble de ces explorations a permis de dépister un certain nombre d'anomalies consistant notamment en :

une forte évolution de la pneumoconiose : dans 18 cas,

une surinfection active de la pneumoconiose : dans 44 cas,

des cicatrices post-infectieuses stabilisées : dans 30 cas,

des bronchiectasies : dans 5 cas,

des anomalies neurologiques : dans 1 cas,

des troubles fonctionnels dont la cause était l'obésité : dans 8 cas,

et des troubles cardiaques : dans 40 cas.

Parmi ces derniers, on a observé des cas d'ischémie coronarienne, d'infarctus du myocarde, de myocardite, de cœur pulmonaire chronique, d'allongement de l'espace P Q, de bloc de la branche droite, d'arythmie, une insuffisance mitrale et une maladie de Roger.

Dans les rapports sur ces examens, dont copie a été envoyée aux médecins traitants, les conseils suivants ont été donnés en ce qui concerne l'activité professionnelle des ouvriers encore au travail : on a recommandé l'arrêt du travail dans la mine dans 74 cas, une mutation de poste dans 54 cas et une mise en observation pour mieux préciser la gravité de la surinfection dans 46 cas; par contre, on a pu donner à 78 sujets un avis tranquillisant, en leur permettant la reprise du travail.

C. — Recherches sur la pneumoconstriction due aux poussières et sur la pneumodilatation par aérosols.

Ainsi que nous l'avons signalé précédemment (51), les travaux expérimentaux de Dautrebande et collaborateurs avaient attiré l'attention sur l'action constrictrice des fines poussières sur les voies respiratoires. Comme cette constriction pulmonaire expérimentale peut être corrigée par une inhalation d'aérosols pneumodilatateurs, cet auteur a conclu que la technique de pneumodilatation pouvait légitimement être proposée en fin de leur journée de travail à tous les ouvriers ayant séjourné en atmosphère poussiéreuse. Cette recommandation a été suivie d'essais pratiques dans notre pays aux Charbonnages d'Hensies-Pommerœul et aux Charbonnages André Dumont. Dans le premier, les aérosols pneumodilatateurs ont été administrés de façon individuelle; dans le second, ils l'ont été de façon collective dans un couloir spécialement aménagé (51).

Avant de conseiller une extension éventuelle de ces mesures thérapeutiques, la Section Médicale de l'Institut d'Hygiène des Mines a entrepris de nouvelles recherches sur les modifications de la fonction pulmonaire lors du travail en milieu

poussièreux et l'utilité des agents pharmacodynamiques proposés.

Ces travaux feront l'objet de plusieurs publications de l'Institut au cours de l'année 1955. Toutefois, F. Lavenne, E. Gielen et J. Pestiaux (52) ont communiqué l'essentiel des premiers résultats au XI^e Congrès International de Médecine du Travail, qui s'est tenu à Naples du 13 au 19 septembre 1954.

La capacité vitale et l'expiration maximum/seconde ont été mesurées, à 5 reprises et après le travail en atmosphère poussiéreuse, chez 30 houilleurs.

Les résultats obtenus avant le travail étaient en moyenne supérieurs aux prévisions théoriques de Cournand et de Hanaut. Après le travail, la capacité vitale augmentait en moyenne de 80 cm³ pour l'ensemble des sujets. Une augmentation d'au moins 100 cm³ de la capacité vitale fut trouvée chez 9 ouvriers et une diminution notable (100 cm³ au moins), dans 3 cas seulement. L'expiration maximum/seconde était également en moyenne légèrement plus élevée (40 cm³) après le travail, un accroissement notable étant trouvé 11 fois et une diminution 7 fois.

Neuf ouvriers ont en outre effectué, après le poste de travail, des inhalations d'aérosols pneumodilatateurs. Ceux-ci n'ont pas amené un accroissement plus considérable de la capacité vitale et de l'expiration maximum/seconde dans les cas où ces valeurs biologiques avaient été trouvées diminuées après le travail.

Le travail en atmosphère poussiéreuse ne paraît donc pas amener une pneumoconstriction décelable par les mesures de la capacité vitale et de l'expiration maximum/seconde. Ces expériences ne plaident d'autre part pas en faveur de l'utilité de l'administration collective d'aérosols pneumodilatateurs après les travaux poussiéreux. Ces aérosols pourront toutefois être indiqués dans des cas individuels, notamment chez certains ouvriers ayant des troubles bronchiques importants.

2. — Problèmes médicaux soulevés par le travail aux températures élevées.

Au cours de l'année 1954, les problèmes médicaux soulevés par le travail aux températures élevées ont fait l'objet de trois Communications de l'Institut (1), (2), (3).

A. — Les indices de prédiction du comportement humain aux hautes températures.

Dans la première, F. Lavenne, après avoir rappelé la physiologie de l'homme aux hautes températures, a discuté la valeur des divers indices de prédiction du comportement des travailleurs dans les ambiances surchauffées. Il a montré que les données expérimentales confirment l'aspect physiologique théorique du problème.

Chez l'homme au repos, à la limite des températures supportables, les indications du thermomètre humide constituent le facteur prépondérant. L'importance relative de t_{rh} est plus grande encore chez les sujets au travail, mais même dans ce cas, les

indications du thermomètre sec ne doivent pas être complètement négligées.

Si, au voisinage des températures limites supportables, l'importance de la ventilation devient nulle pour les sujets au repos, il n'en est pas de même au cours du travail. L'accroissement de la vitesse de l'air jusqu'à 1 m et même 2 m/sec apporte alors, au point de vue équilibre thermique, un bénéfice non négligeable. De nouveaux accroissements du courant d'air au delà de ces vitesses ont par contre des effets de plus en plus restreints sur la thermorégulation. Si l'on ne doit pas chercher une solution au problème des mines chaudes dans une accélération du courant d'air au delà de 2 m/sec (solution qui aurait d'ailleurs l'inconvénient d'accroître l'empoussiérement et le risque de pneumoconiose), il faut par contre être prudent avant de diminuer, dans ces mines, la vitesse du courant d'air dans les chantiers d'abattage en dessous de 1 m/sec.

La température des parois et le mode d'habillement des ouvriers ont également une certaine importance. Mais il faut surtout tenir compte de l'activité physique des ouvriers, qui conditionne leur métabolisme. Celui-ci est généralement exprimé en kcal par m² de surface corporelle et par heure.

L'indice dosant le mieux l'importance relative de ces divers facteurs est le « four hours sweat rate index » du Medical Research Council (4). Il se calcule à partir d'un nomogramme, malheureusement de maniement assez compliqué et peu répandu en dehors des milieux de la marine britannique.

Les abaques de température effective de l'A.S. H.V.E. et les diagrammes de température effective corrigée pour la chaleur rayonnée, de Bedford (5) et de Missenard (6), surestiment l'importance de la température sèche et sous-estiment l'influence du courant d'air, lorsqu'on les applique à des ouvriers travaillant dans des ambiances très chaudes.

La formule de Bidlot et Ledent (7) a l'avantage de s'appliquer à des sujets au travail. Mais elle n'est valable qu'à la limite des températures supportables et ne tient pas compte de l'influence du courant d'air. La limite de 31° C néglige le bénéfice tiré d'une augmentation de la ventilation au delà de 1 m/sec. Cette formule a eu le grand mérite de permettre une appréciation facile des conditions climatiques, à partir des données des thermomètres sec et humide.

Selon Wyndham et collaborateurs (8), les indications du catathermomètre sous-estiment l'influence favorable de la ventilation lors du travail aux températures très élevées. D'autre part, tout comme la température effective, le pouvoir de refroidissement du catathermomètre néglige un des aspects importants du problème : le métabolisme de l'individu.

L'accord ne s'est donc pas fait jusqu'ici sur une formule simple exprimant les répercussions physiologiques probables d'un travail déterminé, dans une atmosphère donnée. Aussi, pour définir les conditions de travail ou d'expérience, est-il utile de donner à la fois la température sèche, la température humide, l'humidité relative, la vitesse du courant

d'air, le métabolisme en kcal/h, la température effective telle qu'elle est donnée dans les abaques de l'A.S.H.V.E. pour des sujets au repos, ainsi que la valeur en litres du « sweat rate index » du Medical Research Council.

B. — Etat cardiaque et circulatoire de mineurs ayant travaillé durant au moins 5 ans aux hautes températures.

La pathologie des hautes températures a fait l'objet de nombreux travaux au cours de la dernière guerre. Adolph (9), Waterlow (10), Ladell (11) ont isolé et décrit divers syndromes : coup de chaleur (heat stroke), épuisement dû à la chaleur (heat exhaustion), épuisement dû à la déshydratation (dehydration exhaustion). En même temps, Ellis (12) soulignait la diminution du rendement, parallèle à l'augmentation de la température effective, rejoignant les constatations similaires de Caplan et Lindsay (13) dans le champ aurifère de Kolar. Mais, en dehors du risque de crampes de chaleur par pertes salines, les conséquences lointaines d'un travail prolongé aux hautes températures sont mal connues.

La lutte contre l'hyperthermie entraîne une nette surcharge pour l'appareil circulatoire. Il se produit en effet une vaso-dilatation cutanée et une augmentation du débit cardiaque avec accélération du cœur, tendant à favoriser le transport calorifique jusqu'à la périphérie. En même temps, le maintien de la tension sanguine à un niveau normal exige un remaniement du tonus artériolaire. Enfin, les pertes d'eau sous forme de sueur, qui ne sont généralement que tardivement compensées par l'ingestion de boissons (Adolph, 9), amènent une augmentation de la viscosité sanguine, qui accroît encore le travail cardiaque.

a. Ouvriers examinés.

F. Lavenne et D. Belayew ont donc examiné spécialement au point de vue cardio-vasculaire 205 ouvriers ayant travaillé au moins 5 ans dans l'exploitation de charbon la plus profonde d'Europe.

Bien que travaillant à la même profondeur, ces ouvriers n'avaient pas rencontré des conditions de température et d'humidité identiques. La température augmente en effet progressivement depuis le puits d'entrée jusqu'aux voies de retour d'air. Les variations saisonnières de température et d'humidité de l'air de ventilation font en outre sentir leurs effets jusque dans les tailles d'abattage. La plupart de ces ouvriers étant restés durant ces 5 années à un poste relativement fixe, ils ont pu être divisés en trois groupes en ce qui concerne l'exposition aux hautes températures.

Le tableau I donne la répartition des ouvriers suivant l'âge et le climat du milieu de travail. La signification des trois groupes est la suivante :

α. Ouvriers exposés à des températures très élevées (classés +) : 83 sujets.

Ce sont ceux travaillant dans les boueux, dans les chantiers d'abattage ainsi que dans les voies de

retour d'air. On peut y définir les diverses variables de la façon suivante :

- t_s de 34 à 40° C,
- t_h de 25 à 30,5° C,
- degré hygrométrique (φ) : 45 à 50 %,
- teneur de l'air en vapeur d'eau : 14 à 20 g par kg,
- t_e effective (A.S.H.V.E.) : 26,5 à 30,5° C (abaque des sujets nus jusqu'à la ceinture),
- t_e effective limite (Bidlot et Ledent) : de 25,9 à 31,4° C (*),
- 4 hours sweat rate index : 2,2 l à 3,7 l,
- effet frigorifique R du catathermomètre : 9,5 à 14.

TABLEAU I.

Répartition des ouvriers suivant l'âge et l'exposition aux hautes températures.

	Groupe +	Groupe ±	Groupe —	Total
20-30 ans	7	4	—	11
30-40 ans	29	10	11	50
40-50 ans	52	29	28	89
50-60 ans	15	15	20	50
+ 60 ans	0	1	4	5
Total	83	59	63	205

β. Ouvriers occupés à des températures modérément élevées (classés ±) : 59 sujets.

Il s'agit de travailleurs occupés dans les voies d'entrée d'air propres aux chantiers, pour la plupart des recarreurs. Les conditions atmosphériques y étaient les suivantes :

- t_s de 29 à 34° C,
- t_h de 23 à 25° C,
- degré hygrométrique (φ) : 45 à 50 %,
- teneur de l'air en vapeur d'eau : 12,5 à 14 g par kg,
- vitesse du courant d'air : 0,8 à 1,2 m/sec.,
- température effective (A.S.H.V.E.) : 24,5 à 26,5° C (abaque des sujets nus jusqu'à la ceinture),
- température effective limite : la formule n'est plus applicable dans ces conditions,
- 4 hours sweat rate index : 1,5 l à 2,2 l,
- effet frigorifique R du catathermomètre : 14 à 16.

γ. Ouvriers exposés à des températures relativement basses (classés —) : 63 sujets.

Ce sont les ouvriers occupés près du puits d'entrée d'air, dans le bouveau général d'entrée, à l'accrochage et au transport. Les conditions de température y étaient les suivantes :

(*) Depuis notre étude, la mise en marche d'installations frigorifiques dans ce charbonnage a permis de réduire fortement ces températures extrêmes.

- t_s de 23 à 29° C,
- t_h de 19 à 23° C,
- degré hygrométrique (φ) : 55 à 65 %,
- teneur de l'air en vapeur d'eau : 10,5 à 12,5 g par kg,
- vitesse du courant d'air : 6 à 10 m/sec,
- température effective (A.S.H.V.E.) : 15,5 à 21° C (abaque des sujets normalement habillés),
- 4 hours sweat rate index : inférieur à 1,5 l,
- effet frigorifique R du catathermomètre : \pm 30.

La plupart des ouvriers ont été examinés dans l'heure suivant leur remontée de la mine. L'interrogatoire fut orienté vers les symptômes pouvant avoir une origine cardio-vasculaire. L'examen a comporté l'exploration clinique habituelle et un enregistrement électrocardiographique. Il n'a pas été possible d'effectuer de radioscopie, mais on disposait pour chaque cas d'une radiophotographie de l'écran sur format 10 X 12 cm.

b. Résultats.

La comparaison des données de l'interrogatoire, de l'examen clinique habituel, de l'électrocardiogramme et de la radiophotographie de l'écran a amené le diagnostic d'anomalie cardio-vasculaire indiscutable chez 22 ouvriers, soit dans un peu plus de 10 % des cas.

Trente-quatre autres présentaient des anomalies cliniques ou électrocardiographiques qui, sans être avec certitude l'indice d'un état pathologique, devaient pourtant inciter à une surveillance plus attentive.

Le tableau II donne la répartition de ces sujets suivant l'âge et l'exposition aux hautes températures. A deux exceptions près, l'âge est supérieur à 40 ans. On a donc fait un diagnostic de cardiopathie chez 2 des 61 ouvriers de moins de 40 ans (3,3 %) et chez 20 des 144 ayant dépassé la quarantaine (13,9 %).

En fonction de l'exposition aux hautes températures, on trouve des troubles cardiaques chez 5 des 83 ouvriers classé + (6 %), chez 7 des 59 classés \pm (11,9 %) et chez 10 des 63 sujets classés - (15,9 %). Le pourcentage d'atteintes cardiaques est donc plus faible chez ceux travaillant en atmosphère surchauffée. Il faut toutefois tenir compte du fait que les ouvriers classés + sont en moyenne plus jeunes. Aussi, est-il intéressant de ne considérer que les cardiopathies décelées chez des sujets de moins de 50 ans. On en trouve 4 cas sur 68, soit 5,9 %, dans le groupe +, 3 cas sur 43, soit 7 %, dans le groupe \pm et 3 cas sur 39, soit 7,7 %, dans le groupe -.

Quant aux 34 ouvriers réclamant uniquement une surveillance plus attentive, sans qu'on puisse parler avec certitude d'atteinte cardio-vasculaire, l'anomalie constatée chez eux est le plus souvent une hypertension légère ou des modifications électrocardiographiques, dont certaines paraissent nettement en rapport avec l'emphysème. La répartition de ces sujets suivant l'exposition aux hautes températures donne les résultats suivants: 15 + sur 83, soit 18 %; 8 \pm sur 59, soit 13,5 %; et 1 - sur 63, soit 17,5 %. La fréquence de ces cas suspects est donc prati-

quement la même dans les groupes + et -. Si l'on ne tient compte que des ouvriers de moins de 50 ans, les pourcentages sont encore très semblables dans les groupes + et - : 13 cas sur 68, soit 19 % dans le premier et 7 cas sur 39, soit 18 % dans le second.

TABLEAU II.

Sujets atteints de troubles cardiaques — Répartition suivant l'âge et l'exposition aux hautes températures.

	Gr. +	Gr. \pm	Gr. -	Total
20 - 30 ans	—	—	—	0 (0 %)
30 - 40 ans	1	1	—	2 (4 %)
40 - 50 ans	3	2	3	8 (9 %)
50 - 60 ans	1	3	4	8 (16 %)
+ 60 ans	—	1	3	4 (80 %)
Total	5	7	10	22 (10,7 %)

On doit donc admettre que les ouvriers examinés n'avaient pas développé, après 5 ans de travaux aux hautes températures, plus de troubles cardiaques que leurs compagnons travaillant dans des atmosphères moins pénibles.

Cela ne signifie pas nécessairement que le travail dans les atmosphères chaudes et humides n'a rien de nocif pour le système cardio-vasculaire. On a en effet choisi en vue de cet examen des ouvriers ayant travaillé au moins 5 ans à une profondeur de 1.350 m. Il est possible que les sujets particulièrement sensibles aux atmosphères surchauffées, abandonnant rapidement ce travail, aient échappé à cette enquête. Il faut d'autre part tenir compte de la réduction de production dans les mines chaudes, particulièrement durant les mois d'été. La diminution du travail fourni compense partiellement le caractère défavorable de l'ambiance.

Il était pourtant important de vérifier si le travail prolongé aux hautes températures ne fait pas courir aux ouvriers un risque anormal de troubles cardio-vasculaires chroniques.

C. — Entraînement des sauveteurs aux hautes températures.

Un entraînement aux hautes températures des sauveteurs appelés à intervenir dans des ambiances surchauffées est réalisé en Belgique depuis 1950, avec la collaboration de l'Institut d'Hygiène des Mines, par la Centrale de Sauvetage du Bassin Charbonnier du Borinage. Ce bassin comprend des exploitations à grande profondeur, dont l'une, atteignant 1.380 m, est actuellement la mine de charbon la plus profonde d'Europe. Avant la mise en marche récente d'un procédé de réfrigération souterraine (14), on y relevait, dans les tailles, des températures sèches de 34,5 et 40° C et des températures humides de 26,5 à 30° C. Lors des accidents miniers, par suite de l'interruption de la ventila-

tion et a fortiori de la réfrigération souterraine, la température sèche s'élève graduellement jusqu'à celle des roches (environ 52° C). Ceci fait courir aux sauveteurs un risque considérable d'accidents dus à la chaleur. C'est d'ailleurs le décès, dans ces conditions, d'un des sauveteurs de la Centrale de Sauvetage, qui a été à l'origine de la réalisation décrite ci-dessous.

a. Réalisation pratique des séances d'entraînement.

La salle d'entraînement, pourvue d'échelles et de plans inclinés, a une longueur de 12 m, une largeur de 5 m et une hauteur de 6 m environ. Elle est séparée par un large panneau vitré du local où se tient le chef de la Centrale, prêt à intervenir en cas de danger.

L'augmentation de la température sèche et son maintien à un niveau constant sont réalisés par un système de chauffage central à la vapeur, dont les radiateurs sont placés le long des murs. On ne peut obtenir une élévation du degré hygrométrique qu'en répandant de l'eau sur le sol et les radiateurs.

Les conditions de climat ont été limitées jusqu'ici à une température sèche de 42 à 44° C, la température humide n'excédant pas 50° C. On avait l'avantage de rester ainsi dans des conditions de climat considérées comme acceptables dans les mines belges. Le degré hygrométrique est assez bas (25 à 40 %). Ceci correspond aux conditions d'humidité relative généralement rencontrées lors des catastrophes minières où, par suite de l'augmentation brusque de la température sèche, le degré hygrométrique a tendance à baisser. D'autre part, Eichna et collaborateurs (15) ont montré que l'entraînement à une chaleur sèche pouvait accoutumer à une atmosphère chaude et humide. Les déplacements d'air dans le local se limitent à ceux produits par les mouvements des sauveteurs.

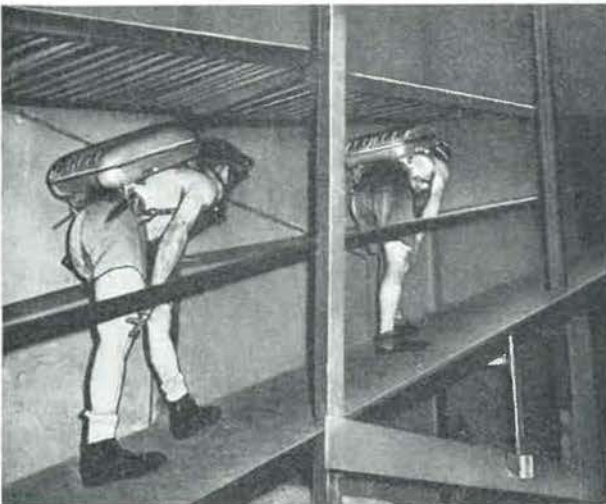


Fig. 1.

L'exercice à effectuer a été combiné de façon à avoir une signification pratique. Il représente l'effort à fournir pour secourir des accidentés à 250 m du pied d'une taille située à 2,5 km du puits, avec éventuellement ascension d'échelles. Les sauveteurs

sont vêtus d'un short, ont le torse nu et sont coiffés d'un casque équipé d'une lampe électrique dont la batterie leur pend à la ceinture. Ils portent en outre sur le dos l'appareil Draeger, d'un poids de 19 kg, et effectuent tout l'entraînement en respirant de l'oxygène en circuit fermé (fig. 1). Le travail, d'une durée totale de deux heures, débute par l'ascension et la descente de 45 m d'échelles; il se poursuit par une marche de 2,5 à 3 km à plat, à une vitesse de 4 à 5 km/h, suivie de 22 montées et descentes d'un plan incliné à 25°, de 11 m de longueur et de 1,20 m d'ouverture (fig. 2); il se termine par 2,5 à 3 km à plat. A mi-exercice, c'est-à-dire après la 11^e montée et descente du plan incliné, le sauve-



Fig. 2.

teur prend 5 à 10 minutes de repos sans quitter l'atmosphère surchauffée. Comme on n'a pas adopté, pour des raisons psychologiques, un effort constant, mais sans signification concrète, sur un ergomètre, il est difficile d'évaluer en kilogrammètres le travail total fourni. Par comparaison avec les données généralement admises, on peut toutefois estimer la moyenne des dépenses énergétiques des sauveteurs durant l'entraînement à un minimum de 200 kcal/m². En partant de ces données, on arrive à un « 4 hours sweat rate index » du Medical Research Council, de 4,6 litres. Toutefois, ce chiffre ne tient pas compte d'une source importante d'apport calorifique constituée par la cartouche d'absorption de CO₂ de l'appareil Draeger, rapidement portée à une température supérieure à 80° C. On a d'ailleurs été conduit à aménager le Draeger et la façon de le porter de manière à ce que cette source de chaleur soit le plus possible isolée de la peau.

L'absorption de liquides immédiatement avant l'exercice a été standardisée à 250 cm³ et aucune boisson n'est donnée au cours de l'épreuve.

La fréquence cardiaque et la température buccale des sauveteurs sont mesurées avant l'effort, au cours des 5 à 10 minutes de repos à mi-exercice et à intervalles réguliers durant la demi-heure qui suit l'entraînement.

La perte de liquides par sudation est estimée par pesée différentielle avant et après l'effort.

L'effort aux hautes températures n'est imposé qu'après une accoutumance réalisée selon le schéma suivant : d'abord exercice complet de deux heures, avec tout l'équipement et respiration en circuit fermé, mais à une température normale (t_s 22 à 24° C, t_h 12 à 14° C); puis les dix jours suivants, efforts de plus en plus longs à des t_s amenées progressivement de 37 à 42° C, t_h étant maintenue aux environs de 28° C.

A partir du moment où le sauveteur a effectué son premier travail complet aux hautes températures, l'entraînement se limite à un exercice standard de deux heures aux hautes températures toutes les 6 semaines, sans réacclimatation préalable. Cette fréquence est imposée par l'organisation de la Centrale de Sauvetage, où chaque sauveteur a un rôle de garde de 15 jours toutes les 6 semaines. On est en droit d'espérer que le délai entre deux entraînements ne suffit pas à faire perdre toute acclimatation aux hautes températures. En effet, durant les 4 semaines passées, hors de la Centrale, ces ouvriers effectuent un travail souterrain, la plupart à une température assez élevée. Sur les 19 sauveteurs de la Centrale, quatre sont occupés à une profondeur de 300 à 600 m, sept à une profondeur de 600 à 1.000 m et huit travaillent à plus de

1.000 m sous terre. Ils sont donc continuellement dans les mêmes conditions que les sujets acclimatés par Eichna (15) au cours des mois d'été, qui conservaient la plus grande partie de leur accoutumance au travail aux hautes températures après un délai de 6 semaines.

b. Réactions physiologiques aux entraînements.

Nous ferons surtout état ici des données relevées chez 19 sauveteurs à l'occasion de contrôles visant plus particulièrement à apprécier le retentissement des exercices sur le système cardio-vasculaire. Outre les investigations de routine signalées plus haut, on a, à cette occasion, pratiqué un examen clinique et électrocardiographique avant et après l'effort. Les résultats individuels sont détaillés dans les tableaux III et IV.

L'exercice a été celui décrit plus haut, d'une durée de deux heures, à une température de 42 à 44° C, avec une humidité relative de 25 à 40 %. Font exception à cette règle les entraînements dont les résultats sont repris aux quatre premières lignes des tableaux III et IV : les deux premiers (sauveteurs n° 1 et 2) ont été effectués dans des ambiances moins sévères (t_s : 37,5° C et t_h : 24,5° C), les deux autres (sauveteurs n° 3 et 4) ont dû être interrompus au bout d'une heure, par suite d'un malaise.

TABLEAU III.
Entraînements aux hautes températures.
Conditions d'épreuves et températures buccales.

Numéro Initial	Age	Nationalité	Nombre d'entraînements antérieurs	Conditions d'épreuves			Températures internes				
				t_s °C	φ %	t_h °C	Avant exercice	Mi-exercice (1 h)	Fin exercice (2 h)	20 min. après exercice	
1	F	29	Italien	9	37,5	24,5	34,2	37,0	38,1	37,4	37,3
2a	L	26	Italien	7	37,5	24,5	34,2	37,1	38,3	37,5	37,0
3a	D	32	Belge	15	43,0	27,5	30,5	36,9	39,7	arrêt	37,3
4	C	31	Belge	2	44,5	30,0	35,1	36,9	37,7	arrêt	37,2
2b	L	26	Italien	8	43,3	28,1	31,8	36,6	37,5	38,8	37,3
3b	D	32	Belge	16	42,0	29,5	40,1	36,9	38,4	38,2	37,3
5	L	26	Belge	1	43,7	29,9	36,8	36,7	37,5	37,6	37,2
6	B	28	Italien	10	42,0	29,5	40,1	36,8	38,4	38,4	37,4
7	M	26	Belge	4	43,0	27,5	30,5	37,3	38,9	38,7	37,3
8	H	28	Allemand	9	42,5	26,5	28,3	37,1	38,9	39,4	37,5
9	D	39	Belge	13	43,5	25,5	23,2	37,2	38,7	38,3	37,5
10	C	33	Italien	0	43,0	27,5	30,5	37,1	39,3	38,8	37,8
11	U	35	Belge	11	43,0	27,5	30,5	36,8	39,2	39,2	38,0
12	G	26	Italien	2	43,0	27,5	30,5	36,9	39,0	38,6	37,5
13	W	27	Polonais	5	43,3	28,8	34,1	37,3	38,0	37,9	37,7
14a	T	40	Italien	8	43,0	27,5	30,5	36,5	38,2	38,1	37,7
14b	T	40	Italien	9	44,0	29,0	33,0	36,9	39,6	39,0	37,6
15	S	29	Hongrois	4	42,0	29,0	38,3	37,3	38,6	37,7	37,4
16	B	26	Polonais	12	42,0	28,5	36,5	37,1	38,5	38,1	37,4
17	C	26	Algérien	5	42,2	28,3	32,7	37,1	38,0	38,2	37,1
18	N	43	Italien	13	42,0	27,5	33,0	37,4	38,9	38,0	37,6
19	P	30	Polonais	4	43,0	28,1	32,5	36,6	38,5	38,6	37,5

TABLEAU IV.
Entraînements aux hautes températures.
Fréquences cardiaques. Pressions artérielles. Pertes de liquides.

Numéro	Initiale	Fréquences cardiaques						Tensions artérielles		Pertes de liquides (litres)	
		Avant (couché)	Mi-effort (debout)	Fin effort (couché)	Après 5 min	Après 10 min	Après 20 min	Après 30 min	Avant exercice		Après exercice
1	F	65	136	92	83	85	80	—	120/70	105/70	1,5
2a	L	72	156	92	83	88	77	—	140/75	130/80	2,1
3a	D	68(86)	184	arrêt	98	93	—	—	125/65	110/60	1,3 (1 h)
4	C	76	144	arrêt	76	75	68	—	112/60	110/80	1,5 (1 h)
2b	L	62	160	132	101	88	88	—	137/80	125/70	1,9
3b	D	70	144	112	105	86	88	87	110/60	110/65	1,4
5	L	95(130)	148	126	135	100	92	96	132/78	118/87	1,6
6	B	78	168	128	118	108	108	104	110/80	118/70	2,5
7	M	98	156	152	128	117	110	105	155/80	155/75	1,7
8	H	80	152	108	110	106	96	—	150/85	145/85	2,7
9	D	95	167	152	123	120	110	105	165/80	165/70	1,0
10	C	80	152	144	130	128	117	110	140/75	130/75	2,5
11	U	100	165	164	150	143	133	128	130/75	115/60	2,0
12	G	64	156	100	97	86	73	73	145/65	150/70	2,8
13	W	86	172	134	125	116	103	103	110/80	135/85	—
14a	T	76	148	138	132	123	115	—	140/90	135/85	2,1
14b	T	70	156	132	130	118	113	114	120/70	130/85	3,1
15	S	82	188	110	102	101	100	95	120/75	135/80	1,9
16	B	70	148	108	84	83	82	—	120/70	145/75	2,2
17	C	90	148	118	108	109	98	—	148/70	142/75	2,1
18	N	70	168	138	123	110	98	96	114/75	125/72	2,4
19	P	64	160	124	98	86	90	86	115/75	110/66	1,9

TABLEAU V.
Entraînements aux hautes températures.
Valeurs moyennes et extrêmes (18 observations).

	Valeurs moyennes	Valeurs extrêmes
Age	31 ans	26 et 43 ans
Température sèche	42,8° C	42 et 44° C
Température humide	28,1° C	25,5 et 29,9° C
Humidité relative	33 %	32,2 et 40,1° C
Température buccale :		
avant effort	36,9° C	36,5 et 37,4° C
mi-effort	38,6° C	37,5 et 39,6° C
fin effort	38,4° C	37,6 et 39,4° C
Elévation de température :		
mi-effort	1,7° C	0,8 et 2,7° C
fin effort	1,5° C	0,4 et 2,4° C
Fréquence cardiaque :		
avant effort	79/min	62 et 100/min
mi-effort	158/min	144 et 188/min
fin effort	129/min	100 et 164/min
Pression artérielle :		
avant effort maxima	131 mm Hg	110 et 165 mm Hg
avant effort minima	76 mm Hg	65 et 90 mm Hg
après effort maxima	133 mm Hg	110 et 165 mm Hg
après effort minima	75 mm Hg	60 et 87 mm Hg
Perte de liquides en 2 heures	2,1 litres	1 et 3,1 litres

Les sauveteurs 2 et 3 ont pu, dans une séance suivante, être suivis au cours d'un entraînement complet à une t_s supérieure à 42°C (5^e et 6^e lignes des tableaux III et IV). Comme le sauveteur n° 14 a été examiné à deux reprises dans les conditions standard, nous avons rassemblé 18 observations d'entraînement de deux heures aux hautes températures. Ce sont les données moyennes et extrêmes de ces 18 observations qui sont rassemblées au tableau V.

α. Température interne.

La température buccale est en moyenne avant l'effort de $36,9^\circ\text{C}$ avec des extrêmes de $36,5^\circ\text{C}$ et $37,4^\circ\text{C}$ (tableau V).

A mi-effort, la température interne moyenne est de $38,6^\circ\text{C}$ avec des extrêmes de $37,5^\circ\text{C}$ et $39,6^\circ\text{C}$. Le maximum de $39,7^\circ\text{C}$ (essai n° 3a) s'est accompagné de tendances lipothymiques, qui ont forcé à interrompre l'entraînement après une heure. L'élévation de la température interne après la première heure d'exercice est en moyenne de $1,7^\circ\text{C}$, avec des extrêmes de $0,8^\circ\text{C}$ et $2,7^\circ\text{C}$. Rappelons que l'examen à mi-exercice suivait immédiatement un effort physique intense consistant en 11 montées et descentes de plan incliné.

A la fin de l'exercice, on note une température moyenne de $38,4^\circ\text{C}$, avec des extrêmes de $37,6^\circ\text{C}$ et $39,4^\circ\text{C}$. Par rapport au chiffre relevé avant l'entraînement, l'augmentation est donc en moyenne de $1,5^\circ\text{C}$, avec des extrêmes de $0,4^\circ\text{C}$ et de $2,4^\circ\text{C}$. Relativement à la température interne à mi-exercice, on trouve par contre une diminution moyenne de $0,2^\circ\text{C}$ avec, comme extrêmes, une diminution de $0,9^\circ\text{C}$ et une augmentation de $1,3^\circ\text{C}$. La légère diminution moyenne de température buccale à la fin de la deuxième heure est sans doute en rapport avec la moindre sévérité de l'effort qui termine l'entraînement (marche à plat à une vitesse de 4 à 5 km/h).

Le repos à une température de 20 à 23°C amène une diminution progressive de la température buccale (tableau III et fig. 3). Vingt minutes après l'effort, celle-ci est revenue en moyenne à $37,4^\circ\text{C}$ avec des extrêmes de $37,1^\circ\text{C}$ et 38°C . Tandis qu'après ce délai, 6 sauveteurs sont pratiquement revenus à leur température normale, compte tenu de l'heure plus avancée de la journée, on est encore assez éloigné de ce résultat dans les 12 autres cas, l'hyperthermie étant même, chez deux sujets, supérieure à 1°C . Une demi-heure de decubitus en climat normal ne suffit d'ailleurs pas toujours à rétablir l'équilibre thermique.

β. Fréquence cardiaque.

Avant l'effort, la fréquence cardiaque, mesurée après 5 minutes de decubitus, est en moyenne de 79/minute avec des extrêmes de 62 et 100/minute (tableau V).

Pour les 18 entraînements menés jusqu'au bout, à la fin de la première heure d'exercice, c'est-à-dire

immédiatement après la 11^e descente du plan incliné, la fréquence cardiaque mesurée en position debout s'élève en moyenne à 158/minute avec des extrêmes de 144 et 188 par minute. Dans les deux cas (n° 3a et 4) où l'effort a été interrompu à la fin de la première heure, les fréquences cardiaques à ce moment étaient respectivement de 184 et 144/minute. Le rythme était régulier chez tous les sujets, à l'exception du sauveteur n° 2b, chez qui apparaissaient de rares extrasystoles. Le passage à la position assise amenait une diminution de la fréquence cardiaque de 8 à 16 pulsations à la minute. Après 5 à 10 minutes de repos en position assise, la fréquence cardiaque des sauveteurs examinés à ce moment était comprise entre 110 et 145/minute, soit 20 à 60 pulsations en moins que le maximum constaté immédiatement après la 11^e descente du plan incliné (fig. 3).

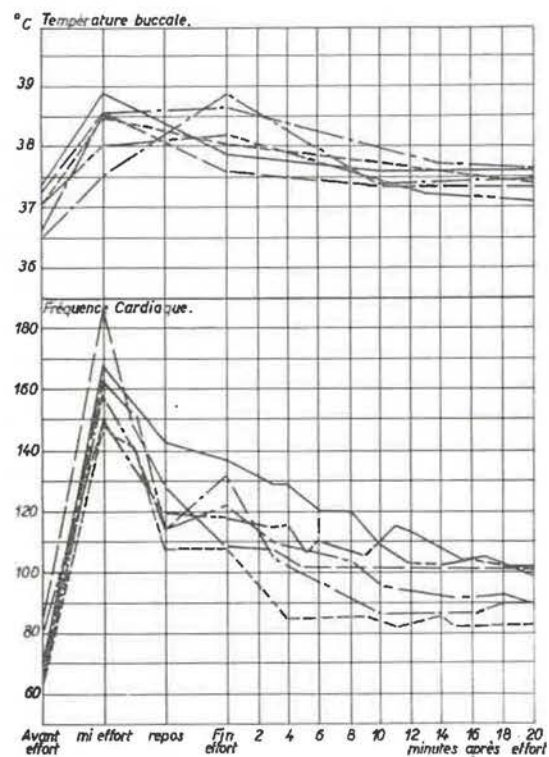


Fig. 3.

A la sortie de la salle d'entraînement, le pouls pris en position couchée était en moyenne à 129/minute avec des extrêmes de 100 et 164/minute.

A partir de ce moment, le repos en position couchée à une température normale amène un ralentissement du rythme cardiaque, progressif chez la plupart des sujets (fig. 3). Après 5 minutes de repos, la fréquence cardiaque est revenue en moyenne à 117/minute avec des extrêmes de 84 et 150/minute. Après 10 minutes de repos, on trouve une moyenne de 107/minute avec des extrêmes de 83 et 143/minute, et après 20 minutes, une moyenne de 101/minute et des extrêmes de 73 et 115/minute. Seuls, trois des sauveteurs sont revenus après ce repos de 20 minutes à une fréquence voisine (à

10 contractions/minute près) de celle constatée avant l'effort. Dans la moitié des cas (9 sur 18), on a encore après 20 minutes de repos une tachycardie d'au moins 100/minute. Parmi les 13 cas où la fréquence cardiaque a été mesurée après une demi-heure de decubitus, on trouve encore 7 fois un chiffre supérieur à 100/minute (tableau IV, colonne 8).

γ. Pression artérielle.

Les pressions maxima et minima avant l'exercice (tableau IV, colonnes 9 et 10) sont en moyenne de 131 et 76 mm Hg.

Immédiatement après l'effort, les chiffres sont en moyenne très peu différents : maxima 133, minima 75 mm Hg. Les modifications tensionnelles causées par l'exercice chez les divers individus sont peu importantes (tableau IV, colonnes 9 et 10). Pour la maxima, les variations extrêmes sont une augmentation de 25 mm Hg (sauveteurs n° 13 et 16) et une diminution de 15 mm Hg chez le sauveteur n° 11, dont la fréquence cardiaque était à ce moment supérieure à 150/minute. Pour la minima, la plus forte modification est une augmentation de 15 mm Hg (n° 14b). Les pressions maxima, minima et différentielles, après l'effort, sont dans les limites de la normale, à part la maxima du sauveteur 9 qui reste toutefois à son niveau initial de 165 mm Hg.

δ. Electrocardiogramme.

Celui-ci restait pratiquement inchangé dans tous les cas, sauf après un des entraînements du sujet n° 14b où l'on notait après l'effort un aplatissement des ondes T. Ce sauveteur étant âgé de 40 ans, il est possible que l'effort ait mis en évidence l'existence de légers troubles coronariens.

ε. Perte d'eau par sudation.

Celle-ci était en moyenne de 2,1 litres pour les deux heures d'exercice (tableau V). Mais tout comme Eichna et collaborateurs (15), Lavenne et Belayew (3) ont constaté des variations individuelles importantes, les pertes de liquides allant de 1 à 3,1 litres (tableau IV, colonne 11). La comparaison des tableaux III et IV montre que ces variations individuelles ne s'expliquent pas par les légères différences de climat.

ζ. Autres symptômes.

Le plus apparent est la vasodilatation cutanée très intense chez la plupart des sauveteurs à la fin de l'exercice.

Aucun ne s'est plaint de crampes de chaleur.

c. Incidents survenus et danger éventuel des entraînements.

Huit des 256 exercices individuels aux hautes températures effectués jusqu'à ce jour ont dû être interrompus par suite de malaises consistant en tendances syncopales. Dans tous les cas, un repos en position couchée dans un climat normal suffit à faire rapidement disparaître les symptômes. La plupart des malaises sont survenus lors des premiers entraînements. Le sauveteur n° 4 en a présenté à trois reprises.

Bien que les températures buccales de 39,7° C et les fréquences cardiaques de 188/minute constatées au cours de l'exercice puissent faire impression, on se trouve dans les conditions les plus défavorables nettement en deça de la température de 41° C (106° F) considérée comme la limite supérieure de température rectale pouvant être supportée pendant un certain temps sans danger (Horne, 16).

Chez certains des sujets entraînés par Eichna et collaborateurs (15), même après acclimatation, au cours d'exercices à $t_s = 32$ à 33° C et φ proche de 100 %, on observait également des températures rectales voisines de 40° C. Lorsque Wyndham et collaborateurs (17) considèrent que le danger commence à partir d'une température rectale de 38,9° C (102° F), ils ont en vue des travaux prolongés aux hautes températures et non des expériences de courte durée. Ils font d'ailleurs remarquer qu'en choisissant ce chiffre, ils ont voulu ménager une large marge de sécurité.

Si, pour l'effort imposé, le risque d'hyperthermie peut être considéré comme nul chez des sujets entraînés, on avait quelques craintes concernant les réactions cardio-vasculaires. Ce sont des tendances syncopales qui ont imposé les huit interruptions d'exercices signalées plus haut. Bien que ces malaises aient chaque fois rapidement répondu au decubitus en atmosphère normale, il était intéressant de contrôler le tracé électrocardiographique après l'effort. Le résultat de cet examen s'est montré rassurant. Sauf chez un des sauveteurs de plus de 40 ans, la tachycardie importante imposée pendant deux heures n'entraîne pas de modifications électrocardiographiques, et les troubles du rythme après l'effort sont d'importance négligeable. Il en est de même des modifications tensionnelles.

Si l'on choisit pour ces entraînements aux hautes températures, des ouvriers de moins de 40 ans dont les réactions cardio-vasculaires à l'effort sont minimes, non seulement il n'est pas question de leur faire courir un danger grave, mais on se met même pratiquement à l'abri d'incidents simplement désagréables. Le résultat négatif de l'enquête sur les répercussions cardio-vasculaires du travail prolongé aux hautes températures exclut évidemment le risque d'une action nocive, à la longue, de séances d'entraînements aussi courtes et aussi espacées.

Le risque de troubles sérieux par déshydratation est également nul. Le maximum de perte de liquide constaté à la fin de l'effort de deux heures correspond à 3,5 % du poids de l'individu. On se trouve toutefois, dans ce cas extrême, au seuil des taux de déshydratation considérés par Adolph (9) comme susceptibles de donner des répercussions physiologiques appréciables. Aussi a-t-on décidé d'augmenter la quantité de boissons ingérées avant l'exercice et de permettre l'absorption de liquides au cours de l'effort.

d. Efficacité et utilité des entraînements.

L'expérience nous a montré que, à part certains ouvriers habitués à travailler dans des chantiers particulièrement profonds, les sauveteurs étaient

incapables, sans acclimatation préalable, d'effectuer l'exercice sans malaises importants. Il n'y avait pas, dans la nécessité de l'acclimatation, pas plus que dans les résultats des entraînements ultérieurs aux hautes températures, de différence systématique entre les sauveteurs d'origine italienne ou algérienne et les Belges, Polonais ou Hongrois.

A partir du moment où l'acclimatation est réalisée, au cours de la première quinzaine d'entraînements, les exercices ultérieurs effectués toutes les 6 semaines ne montrent pas une amélioration systématique des réactions physiologiques. Celles-ci, ainsi que l'illustrent les résultats des essais 14a et 14b et surtout 3a et 3b, sont très variables de séance à séance. On comprend d'ailleurs que des causes de fatigue extérieures à l'entraînement, surmenage ou légères indispositions, aient une influence non négligeable. De plus, malgré l'identité du schéma de l'exercice, les dépenses énergétiques ne peuvent pas être considérées comme strictement équivalentes.

La répétition de l'entraînement toutes les 6 semaines n'a d'ailleurs pour dessein que d'entretenir l'acclimatation. Comme, après ce délai, la reprise de l'exercice ne donne généralement lieu à aucun trouble, on peut conclure que l'accoutumance est, au moins en partie, conservée. Ceci pouvait être espéré a priori compte tenu des expériences de Eichna et collaborateurs (15) et du fait que la plupart de nos sauveteurs travaillent entretemps à grande profondeur. Ce sont les n^{os} 6, 10, 11 et 14 qui ont leur occupation normale dans l'ambiance la moins chaude. Il est possible que cette circonstance soit partiellement responsable des températures internes particulièrement élevées constatées au cours des exercices chez les trois derniers de ces sujets.

Ces séances d'entraînement ont donc habitué les sauveteurs à mener à bien une tâche sévère dans une ambiance pénible. Toutefois, leur utilité ne se borne pas à cette accoutumance purement physiologique.

Il est certain qu'elles ont en outre rendu confiance à une communauté psychologiquement ébranlée par l'accident survenu à un de ses membres. Ces sujets savent maintenant, par expérience personnelle, qu'il leur est possible d'effectuer sans danger un sauvetage difficile dans une ambiance surchauffée, à condition qu'on reste dans certaines limites de températures sèche et humide et que des précautions soient prises.

La familiarisation avec le risque et la connaissance des précautions à prendre constituent un autre résultat. La plus grosse faute commise au début par les sauveteurs consiste en une exagération du rythme de travail. Les entraînements leur apprennent que seul un dosage prudent de l'effort (montées lentes du plan incliné et des échelles, poses entre les ascensions) permet l'accomplissement de l'exercice. Comme Wyndham et collaborateurs (17) l'ont souligné, à la limite des températures supportables, l'intensité des dépenses énergétiques représente le plus important des facteurs conditionnant les réactions physiologiques. Selon

ces auteurs, à une t_s voisine de 34° C. avec une humidité relative proche de 100 %, le passage d'un travail lourd à un travail léger a, sur les réactions physiologiques, deux fois autant d'influence qu'une accélération du courant d'air de 0,25 à 2 m/sec ou qu'une réduction de t_s égale à 1,6° C.

Enfin, ces entraînements ont permis d'effectuer une certaine sélection parmi les sauveteurs. Des différences dans les réactions physiologiques de divers sujets, de l'ordre de grandeur de celles illustrées dans la figure 3, se retrouvent systématiquement au cours de toute la série d'exercices. A la lumière de ces résultats, le chef de la Centrale de Sauvetage pourra choisir, pour les missions aux températures les plus élevées, les hommes qui se sont en général montrés les plus résistants : moindre augmentation de la température interne et de la fréquence cardiaque et retour plus rapide de celle-ci à la normale.

3. — L'ankylostomiase.

A. — Importance de cette affection pour les charbonnages belges.

Il y a cinquante ans, le quart environ de notre main-d'œuvre souterraine fut atteinte d'ankylostomiase et beaucoup d'ouvriers présentèrent un syndrome anémique extrêmement grave.

L'examen microscopique obligatoire des matières fécales chez tout candidat mineur, avec exclusion de tous les porteurs d'œufs d'ankylostomes, le traitement systématique des malades dans des lazarets spécialement affectés à cet usage et l'installation de bains-douches dans tous les charbonnages firent pratiquement disparaître en quelques années cette affection, qui resta exceptionnelle jusqu'en 1950.

Au cours des dernières années, un élément nouveau est intervenu : plusieurs dizaines de milliers d'ouvriers en provenance de pays où l'ankylostomiase règne d'une façon endémique ont été embauchés dans les charbonnages belges. Malgré les examens pratiqués avant l'admission, il n'est pas étonnant que certains porteurs de vers se soient introduits dans notre industrie charbonnière où ils constituent une source de contamination pour leur compagnons de travail.

Alors qu'en 1953, l'Institut d'Hygiène des Mines fut informé de la détection de 8 cas seulement d'ankylostomiase, au cours de l'année 1954, il fut avisé par les divers charbonnages du dépistage de 54 cas. Il s'agissait de sujets de nationalité italienne dans 36 cas, de nationalité portugaise dans 5 cas, de nationalité polonaise dans 2 cas et de nationalité belge dans 11 cas.

Devant cette menace de recrudescence, la direction de l'Institut d'Hygiène des Mines décida d'organiser des séances d'études sur l'ankylostomiase à l'intention des médecins embaucheurs des divers bassins charbonniers.

Le Dr. Brutsaert (18), Professeur à l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers, fit sur ce sujet une leçon suivie de démonstrations et d'exercices pratiques. Le Prof. Lambin et le Dr. Renoirte, firent une communication sur les résultats obtenus dans le

traitement de cette affection, à la Clinique Médicale A de l'Hôpital Universitaire St-Pierre à Louvain.

B. — Mode de transmission de la maladie.

L'ankylostome duodéal est un petit ver qui se classe dans la catégorie des némathelminthes ou vers ronds. L'ankylostomiase est la maladie produite par la présence de ces vers dans l'intestin où, en écorchant les muqueuses intestinales, ils provoquent des hémorragies et donnent éventuellement lieu à des troubles intestinaux. La quantité de sang soustrée peut varier de 0,1 à 0,6 cm³ par jour et par ver et peut donc constituer au moins une des explications de l'anémie constatée chez les porteurs de nombreux parasites. L'ankylostome est bisexué. Le mâle mesure 10 mm et la femelle 12 à 15 mm. Les femelles sont ovipares. Les œufs ne sont jamais immédiatement infectants, contrairement à ce qui se passe dans d'autres espèces où des femelles ovovivipares donnent naissance à des œufs embryonnés (*oxyurus vermicularis*) ou à des embryons (*trichines*). Notons qu'un œuf ne donne jamais qu'un ver. Pour le développement des œufs, une température minimum de 15° C est requise ainsi qu'un degré assez important d'humidité. Les conditions idéales sont réalisées à une température de 25 à 27° C, sur un terrain humide et dans une atmosphère assez riche en oxygène. Dans nos pays, les galeries des mines profondes répondent assez fréquemment à ces conditions particulières.

En 24 heures, l'œuf se développe en larve rhabditoïde (250 à 300 μ). Entre le deuxième et le troisième jour, la première mue se produit et la larve atteint 480 μ. Entre le cinquième et le septième jour, la deuxième mue a lieu et la larve longue de 600 à 700 μ conserve sa cuticule et se transforme en larve filariforme enkystée, qui est la forme infestante. Celle-ci peut survivre ainsi pendant 15 à 16 semaines. Poussée par un tropisme extraordinaire, la larve s'approche de la peau de l'homme et pénètre dans le corps par les glandes sudoripares, par les glandes sébacées et même par l'épiderme lorsqu'il est mince. A partir de la peau, la larve s'introduit dans les veines ou les vaisseaux lymphatiques et est véhiculée vers le cœur droit. De là, elle est propulsée vers les capillaires pulmonaires. A ce niveau, elle traverse la membrane alvéolaire, remonte à travers les bronchioles et les bronches vers le larynx et le pharynx. A cet endroit, elle est déglutée avec les aliments et traverse l'estomac et le duodénum. Une larve qui a pénétré à travers la peau peut se retrouver 24 heures après dans l'intestin. Au bout d'un séjour de 3 à 7 jours dans l'intestin grêle, la larve opère sa troisième mue et se transforme en larve avec capsule buccale provisoire.

Entre le treizième et le quinzième jour, la quatrième mue se produit, avec transformation en larve avec capsule buccale définitive. Celle-ci mesure environ 2 mm. En 4 à 5 semaines, ce jeune adulte se transformera en adulte sexuellement mûr.

Entre la pénétration d'une larve à travers la peau et la ponte éventuelle des œufs, un temps minimum de 6 à 7 semaines est indispensable.

L'infestation par la bouche est rare mais n'est pas impossible, car il se pourrait que les œufs se cachent dans les replis muqueux pendant le temps nécessaire aux deux premières mues. Au stade adulte, les ankylostomes peuvent survivre pendant 7 à 8 ans dans l'intestin de l'homme. La femelle adulte peut pondre en moyenne 7.000 œufs par jour.

C. — Diagnostic de l'affection.

L'ankylostomiase peut être soupçonnée par l'urticaire qui apparaît souvent à l'endroit de pénétration des larves, par une toux opiniâtre due à l'irritation des larves qui pénètrent dans les bronches, par une diarrhée sanguinolente provoquée par les ulcérations intestinales, mais tous ces signes manquent fréquemment ou passent inaperçus. C'est la recherche des œufs d'ankylostomes dans les selles qui permet seule de poser avec certitude le diagnostic d'ankylostomiase.

D. — Traitement de l'ankylostomiase.

Avant d'entreprendre le traitement des ankylostomes, il est indispensable de faire disparaître d'abord les autres vers et notamment les trichocéphales et les ascaris. Ceux-ci répondent très bien à l'hexylrésorcinol. Pour le traitement proprement dit des ankylostomes, on s'adresse habituellement au tétrachlorure d'éthylène qui constitue le médicament le plus efficace. Comme il s'agit d'un produit très toxique, notamment pour le foie et les reins, ce traitement ne peut être appliqué qu'à l'hôpital sous la surveillance de médecins compétents.

Etudiant dans le Service du Prof. Lambin à l'Hôpital Universitaire Saint Pierre à Louvain, 25 cas d'ankylostomiase dépistés chez des houilleurs (3 Belges, 5 Portugais et 17 Italiens) par des médecins de charbonnages, et expérimentant diverses thérapeutiques, le Dr. Renoirte (19) est arrivé à la conclusion que le tétrachlorure d'éthylène est le médicament de choix pour cette affection.

Pourvu d'une activité remarquable, ce produit n'est pas exagérément toxique lorsqu'on observe les règles indispensables de repos et de régime chez un malade obligatoirement hospitalisé pour ce traitement.

4. — Les rhumatismes chroniques chez les houilleurs belges. Le syndrome de Caplan.

La littérature au sujet de la fréquence du rhumatisme chez les mineurs fait apparaître une discordance entre les divers auteurs. C'est ainsi que R. Arnold (20), examinant 1816 ouvriers d'un charbonnage de la Ruhr, trouve 365 sujets (soit 20 %) atteints de rhumatisme chronique; par contre, J.S. Lawrence et J. Aitken-Swan (21), ayant pu établir l'incidence et la localisation comparative des troubles rhumatismaux chez les ouvriers mineurs, chez les autres travailleurs, chez les femmes d'ouvriers mineurs et chez les femmes d'ouvriers non-mineurs, ont conclu que les plaintes concernant des douleurs rhumatismales ne sont pas plus fréquentes chez les houilleurs que dans l'ensemble de la population.

Afin de se rendre compte de l'importance chiffrée du rhumatisme chronique chez les houilleurs belges, V. Van Mechelen (22) a entrepris une enquête chez les médecins attachés aux divers charbonnages du pays et a analysé 28 réponses qui lui ont été fournies.

Des plaintes au sujet de douleurs rhumatismales chroniques sont formulées par 1 à 5 % des houilleurs belges au travail.

Lorsqu'on considère uniquement les malades se présentant aux consultations de polyclinique ou les les malades contrôlés périodiquement par les médecins-conseils des mutualités, la proportion varie de 5 à 15 % de l'ensemble des consultants.

Sur les 22.733 anciens mineurs pensionnés pour invalidité à la date du 31 décembre 1953, 1.675 (soit 7,3 %) bénéficient de l'octroi de la pension pour une affection ostéo-articulaire.

Les localisations sont identiques à ce qui fut écrit à ce sujet en France, en Angleterre et en Allemagne. Les lombalgies par spondylarthrose sont la forme de loin la plus habituelle avec une atteinte discale assez fréquente. Viennent ensuite les lésions des genoux et des épaules et enfin celles des coudes. Les autres localisations sont extrêmement rares. Les polyarthrites chroniques évolutives sont exceptionnelles. Il a été signalé quelques cas de rhumatisme articulaire aigu récidivant entraînant des raideurs articulaires.

Après avoir rappelé les observations initiales de E. Colinet (23) (24) et les travaux de A. Caplan (25) sur l'association de la polyarthrite chronique évolutive avec une pneumoconiose à aspect parti-

culier, V. Van Mechelen a rapporté lors d'une communication à la Journée de la Ligue française contre le Rhumatisme, tenue à Lille le 22 mai, 4 observations de houilleurs belges atteints de polyarthrite rhumatismale : 2 ouvriers au charbon de 54 ans présentant à la radiographie pulmonaire un aspect pneumoconiotique à gros nodules au niveau des régions supéro-externes, et 2 ouvriers au rocher, l'un de 45 ans avec des condensations diffuses multiples, l'autre de 48 ans porteur d'une image de condensation sous-claviculaire droite sur un fond nodulaire généralisé. Tous quatre sont considérés comme atteints d'antraco-silico-tuberculose (expectoration pauci-bacillaire dans deux cas, sédimentation globulaire fortement accélérée).

En ce qui concerne l'interprétation, V. Van Mechelen estime difficile d'admettre une relation de cause à effet entre la pneumoconiose comme telle et la polyarthrite rhumatismale et il est enclin à y voir une simple coïncidence, soit une forme polymorphe de tuberculose torpide.

En matière de prévention des affections rhumatismales, il préconise l'éducation des ouvriers les plus menacés (en leur inculquant de bonnes habitudes dans les attitudes à adopter ou à éviter au cours de leur travail), un perfectionnement des outils et des installations (afin d'éviter les positions vicieuses du tronc et des membres), un assainissement des lieux de travail et une amélioration des conditions générales d'hygiène des travailleurs (afin de diminuer l'incidence des surinfections bacillaires chez les pneumoconiotiques).

II. — TRAVAUX DE LA SECTION TECHNIQUE

1. — Lutte contre les poussières.

A. — Conimétrie. — Analyse et expression des résultats des prélèvements de poussières.

a. Nocivité des empoussièrages dans les chantiers d'abatage de charbon.

L'appréciation du risque pneumoconiotique dans une taille et la classification des chantiers d'abatage en fonction de ce risque posent un problème difficile. Les empoussièrages diffèrent non seulement par le nombre de particules, mais aussi par la granulométrie et la composition minéralogique des poussières en suspension dans le courant d'air. Les divers critères de « nocivité » de l'atmosphère qui ont été adoptés jusqu'à présent sont basés, soit sur le poids global des poussières par unité de volume, soit sur le nombre de particules comprises entre deux dimensions ou sur le nombre de particules submicroniques; ils fournissent généralement des classifications très divergentes.

Pour rechercher une expression de la nocivité « relative » d'une atmosphère, on est amené à se référer aux expériences médicales concernant l'importance de la granulométrie, du nombre et de la composition des poussières, données expérimentales que nous avons examinées en détail dans notre Communication n° 118 (26). Au point de vue pa-

thologique, King et ses collaborateurs (27) ont montré que la silice agit proportionnellement à la surface totale des particules pouvant atteindre les alvéoles pulmonaires. Quant aux poussières charbonneuses, qui donnent généralement lieu à une pneumoconiose bénigne lorsqu'elles sont inhalées en quantités limitées, elles peuvent entraîner des modifications des tissus pulmonaires lorsque leur accumulation est importante. Mais dans ce cas, les modifications pulmonaires paraissent être fonction de la masse totale des poussières accumulées dans les poumons.

Enfin, lorsqu'il s'agit de poussières mixtes comprenant à la fois des particules de silice et de charbon, il peut en résulter une pneumoconiose mixte, dite antraco-silicose, et la nocivité de l'empoussièrage ressortit alors simultanément et pour partie aux deux critères précédents : surface totale, masse totale des particules inhalées.

Si l'on désire donc caractériser la nocivité d'un empoussièrage, il importe de savoir aussi quelles sont les particules qui ont le plus de chance d'être retenues dans les alvéoles pulmonaires.

La limite supérieure du diamètre des poussières susceptibles d'atteindre les alvéoles pulmonaires est généralement fixée à 5 μ , mais la courbe de Hatch (28) montre que, pour les poussières de diamètre

égal à 3μ . Le pourcentage de rétention dans les voies respiratoires supérieures est encore de l'ordre de 60 %, si bien que Vorwald (29) a proposé de fixer pratiquement à 5μ le diamètre limite des particules pouvant pénétrer dans les alvéoles pulmonaires. Dans l'intervalle dimensionnel en dessous de 3μ , la courbe de Hatch, devenue classique, montre un maximum de rétention alvéolaire pour les particules de diamètre voisin de 1μ (55 % environ), la rétention alvéolaire tombant à 25 % pour les particules voisines de $0,2 \mu$, par suite de l'évacuation plus importante avec l'air expiré de ces particules de très faible diamètre. On sait que pour les particules inframicroscopiques (de diamètre inférieur à $0,2 \mu$), le taux de rétention infra-alvéolaire augmente à nouveau par suite du rôle joué par le mouvement brownien, mais il n'atteint pas des valeurs plus élevées que celui constaté pour les particules microniques (Hatch, 1953). Dans les chantiers d'abattage de charbon, les particules de diamètre inférieur à $0,2 \mu$ ne méritent pas de retenir l'attention. Différents travaux nous le prouvent. Contrairement à ce qu'il avait décrit pour des atmosphères riches en silice libre. Walkenhorst (30), étudiant les poussières des chantiers d'abattage de charbon au microscope électronique, n'a en effet trouvé qu'un très faible pourcentage de poussières inférieures à $0,2 \mu$. D'autre part, Policard (31), examinant au microscope électronique les poussières présentes dans les tissus pulmonaires d'abatteurs de charbon, n'a trouvé qu'un faible pourcentage de particules inférieures à $0,2 \mu$ et a conclu que pour ces travailleurs la question des particules infra-microscopiques ne se posait pas.

Enfin, il nous intéresse de savoir quelles sont les particules les plus nocives une fois présentes à l'intérieur des poumons. Il convient, comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, de faire une distinction entre les particules de silice et celles de charbon. Les belles expériences de King ont montré que, même à surface extérieure égale, le maximum de modifications tissulaires est causé par des particules voisines de 1μ : dans son expérimentation sur animaux, 135 milliards de particules de diamètre inférieur à $0,5 \mu$ se sont montrées moins nocives que 10 milliards de particules de 1 à 2μ . Pour les poussières de charbon qui agissent surtout par leur masse, la nocivité d'une poussière submicronique est encore infiniment moindre si on la compare à celle de particules de l'ordre de grandeur du micron.

Toutes ces considérations convergent vers une conclusion bien précise : les particules les plus nocives se situent aux environs de 1μ et les particules inférieures à $0,2 \mu$, déjà de faible importance pathogénique pour la silicose vraie, deviennent absolument négligeables lorsqu'il s'agit du risque pneumoconiotique dans les chantiers d'abattage de charbon.

En conséquence, dans l'appréciation de la nocivité d'une atmosphère riche en silice, on est amené à évaluer l'empoussiérement en fonction de la surface des particules < 3 ou 5μ , ce qui revient à calculer les carrés des diamètres et à rechercher le d^2 moyen. D'autre part, pour une atmosphère charbonneuse,

pauvre en silice, il semble logique de rechercher le poids de poussières inférieures à une dimension donnée (3 ou 5μ) et de calculer les cubes des diamètres et le d^3 moyen.

La détermination de D^2 et D^3 (c'est-à-dire de la moyenne des d^2 et des d^3 des particules) peut se faire par intégration graphique de la courbe granulométrique cumulative classique, transformée pour la circonstance, en maintenant les ordonnées constantes et en modifiant la valeur des abscisses (26). Nous rappelons pour mémoire que la courbe granulométrique cumulative donne en ordonnées les nombres ou les pourcentages des particules plus petites qu'une dimension indiquée sur l'axe des abscisses et qu'elle permet le calcul du diamètre moyen des particules comprises entre deux dimensions (fig. 4).

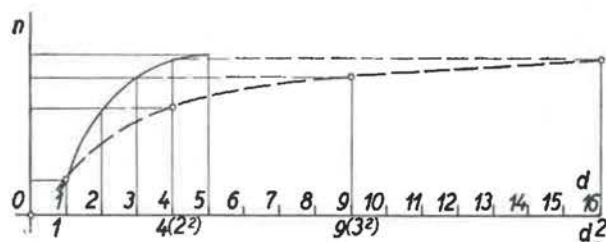


Fig. 4.

Nos courbes granulométriques établies après comptage au microscope optique portent généralement jusqu'à la limite inférieure de la visibilité, c'est-à-dire jusqu'aux particules de $0,2 \mu$. Il est évident, et d'autres chercheurs l'ont également souligné (32), que les très fines particules influencent peu la valeur des D^2 et sont tout-à-fait négligeables lorsqu'on intègre les d^3 . C'est pourquoi il n'y a pas grand intérêt à compter les particules inférieures à $0,5 \mu$, surtout s'il s'agit de prélèvements effectués dans les chantiers d'abattage de houille de nos mines.

Nous avons, préalablement à cette étude, fait le contrôle de l'empoussiérement dans la voie de retour d'air de 11 chantiers d'abattage en prélevant les poussières au précipitateur thermique (88 plaques) et en comptant les poussières, sur fond clair, au grossissement $1.000 \times$, au moyen d'un microprojecteur de pouvoir de résolution égal à $0,2 \mu$. Nous avons également utilisé des filtres de Soxhlet, en réglant l'aspiration de façon à obtenir un poids suffisant de poussières, mais en tenant compte de la vitesse du courant d'air à l'entrée du filtre (isocinétisme approché). Après avoir repris les mesures faites dans ces tailles, nous les avons ordonnées suivant les critères ci-après (tableaux VI et VII) :

- le poids total des poussières en mg/m^3 ,
- le nombre de particules submicroniques par cm^3 d'air ($0,2$ à 1μ),
- le nombre de particules de 1 à 5μ par cm^3 d'air,
- le nombre de particules de $0,2$ à 5μ par cm^3 d'air,
- le diamètre moyen des particules de $0,2$ à 5μ ,
- le nombre de particules de $0,5$ à 5μ par cm^3 ,
- le poids, en mg/m^3 , des poussières de $0,5$ à 5μ .

La comparaison de ces valeurs montre à quels

écarts peuvent mener des critères choisis de façons différentes. Celui se rapprochant le plus de l'expression théorique de la nocivité (poids des particules charbonneuses de 0,5 à 3 μ) est le nombre de particules de 1 à 5 μ par cm^3 (fig. 5), le coefficient de

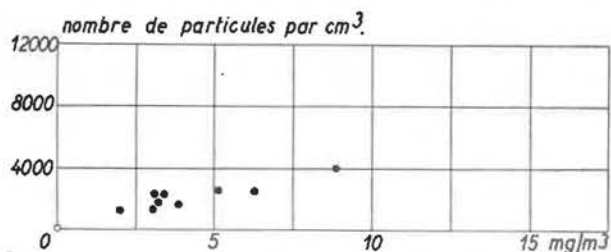


Fig. 5.

corrélation atteignant même la valeur 0,95. Nous avons conclu que : « parmi les contrôles courants effectués pendant le poste d'abattage, celui qui est basé sur la détermination des particules comprises entre 1 et 5 μ a pour nous le plus de signification dans nos mines de charbon ». Il permet d'ailleurs un contrôle de l'efficacité des moyens de lutte contre

les poussières à condition d'effectuer les prélèvements au moyen d'un précipitateur thermique.

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

Nous avons déjà publié dans ces colonnes (33) quelques résultats de nos études relatives aux erreurs inhérentes à l'emploi de la « pompe à main » et nous avons également indiqué comment on pouvait réduire, par un mode opératoire simple, l'influence des erreurs de mesure au densitomètre.

Au cours de cette année, nous avons refait d'autres expériences de laboratoire ainsi que de nombreux prélèvements dans la chambre à poussières de l'Institut d'Hygiène des Mines (33). Nos résultats expérimentaux ont servi de base à l'étude critique des différentes formules proposées pour relier une mesure densitométrique à l'empoussiérement de l'air examiné.

1) L'expression la plus simple, utilisée lors de certaines expériences effectuées en Belgique par l'Administration des Mines, est le rapport

$$r = L/L_0 \quad (A)$$

TABLEAU VI.

Critères d'appréciation de la nocivité d'une atmosphère poussiéreuse dans les mines de charbon.

a Poids total des poussières : mg/m^3		b Nombre de particules de 0,2 à 1 μ par cm^3		c Nombre de particules de 1 à 5 μ par cm^3		d Nombre de particules de 0,2 à 5 μ par cm^3	
Taille		Taille		Taille		Taille	
8	514,1	9	16.520	5	5.230	9	18.560
5	586,5	6	15.280	8	3.860	6	17.500
11	516,4	10	11.280	2	2.520	10	13.220
6	262,5	8	9.270	11	2.380	8	13.130
2	225,3	2	7.950	6	2.220	5	10.690
1	197,2	1	7.680	9	2.040	2	10.470
10	149,0	11	7.120	10	1.940	11	9.500
3	100,0	5	5.460	4	1.580	1	8.750
4	91,0	3	4.950	3	1.300	3	6.250
9	77,0	4	4.110	1	1.070	4	5.690

TABLEAU VII.

Poids des particules comprises entre 0,5 et 3 μ .

Taille	Couche	Particules comprises entre 0,5 - 3 μ		d^3 moyen μ^3	Poids des particules comprises entre 0,5 et 3 μ en mg/m^3 d'air
		%	nombre		
2	B	42,44	4.640	1,57	5,1
4	B	52,48	3.160	1,76	3,9
5	D	59,37	6.920	3,46	16,9
7	D	—	—	—	—
6	E	32,57	5.900	0,82	3,4
11	E	48,18	4.830	1,82	6,2
8	F	46,07	6.470	1,92	8,8
9	F	28,45	3.360	0,83	3,1
1	A	33,31	3.030	0,94	2,0
3	C	46,34	3.020	1,47	3,1
10	G	32,95	4.490	1,02	3,2

N.B. Les particules sont supposées sphériques et de même poids spécifique.

où L est la lecture au galvanomètre pour un papier souillé, et L_0 la lecture au galvanomètre pour un papier propre. Ce rapport, multiplié par 100, est appelé pourcentage de lumière transmise; il diminue quand l'empoussiéragé augmente et n'en constitue une mesure que pour un nombre d'aspirations n constant.

2) A la suite des travaux de Watson, Hounam et collaborateurs (34), les expérimentateurs anglais ont utilisé comme expression du résultat de la mesure la grandeur

$$p = \frac{100 \times D^{1.5}}{n} \quad (B)$$

où n désigne le nombre d'aspirations et où $D = \log_{10} L_0/L$ est la densité optique du papier souillé.

Lorsqu'on effectue le réglage du densitomètre de façon à obtenir la pleine déviation pour un papier vierge, la grandeur $100 D^{1.5}$ n'est plus fonction que de L et peut être lue directement sur une échelle spéciale du densitomètre.

L'indice p ainsi déterminé est ensuite multiplié par une constante c , obtenue par étalonnage au moyen du précipitateur thermique. Le produit $c p$ doit, en principe, donner pour chaque prélèvement le nombre N de particules respirables (de 1 à 5 μ) par cm^3 d'air, qui constitue le critère de nocivité utilisé dans le Royaume Uni :

$$N = c p \quad (C)$$

3) L'expérience a montré que c était très variable d'un chantier à l'autre et même dans un chantier donné, suivant la couche, l'aéragé, le mode d'exploitation, les moyens de lutte contre les poussières, ... qu'on y rencontre. D'autres expérimentateurs (35) ont proposé de remplacer les formules (B) et (C) par la suivante :

$$Nn = a D^{1.5} + K \quad (D)$$

où N est le nombre de particules de 1 à 5 μ par cm^3 d'air, $D = \log_{10} (L_0/L)$ la densité optique, n le nombre d'aspirations; a et K sont par ailleurs les coefficients résultant d'étalonnages au précipitateur thermique, répétés pour divers empoussiéragés.

4) Enfin, Dawes (36) du « Safety in Mines Research Establishment » propose de calculer N par les formules :

$$Nn = K' S \quad (E)$$

et

$$S = 100 (0,3010 - \log_{10} \log_{10} 100 L_0/L) \quad (F)$$

les symboles ayant toujours la même signification. Le coefficient K' résulte encore d'un étalonnage par rapport au précipitateur thermique. Lorsqu'on utilise un papier filtre à fibre fine, tel que le papier d'alfa n° 10 Tullis Russel, les valeurs de K' sont relativement moins dispersées que celles des coefficients c , a et K rencontrés plus haut.

L'étude critique de ces formules a été développée dans notre Communication n° 122 (37). Les résultats essentiels peuvent se résumer comme suit :

α) On peut supposer, dans un but de simplicité, que les poussières opaques se répartissent côte à côte sur le papier filtre récepteur. A l'examen, l'ombre portée (s) sera alors égale à la somme des ombres portées de chaque particule isolée et, à un facteur de forme près, à la surface totale (σ) des poussières récoltées. Dans cette hypothèse on obtient la relation :

$$\frac{L}{L_0} = \frac{S - s}{S} = 1 - \frac{s}{S} \text{ ou } 1 - \frac{L}{L_0} = \frac{s}{S} = k \frac{\sigma}{S}$$

(S étant la surface du clip).

Un raisonnement de ce genre justifie la conception par l'Administration des Mines de Belgique de l'indice « r » appelé « pourcentage de lumière transmise » : $r = 100 L/L_0$. L'expérience montre cependant que cette relation simple n'est valable que pour de faibles noircissements, c'est-à-dire pour un rapport L/L_0 supérieur à 0,80 comme le montre clairement la figure 6. En effet, si l'on procède

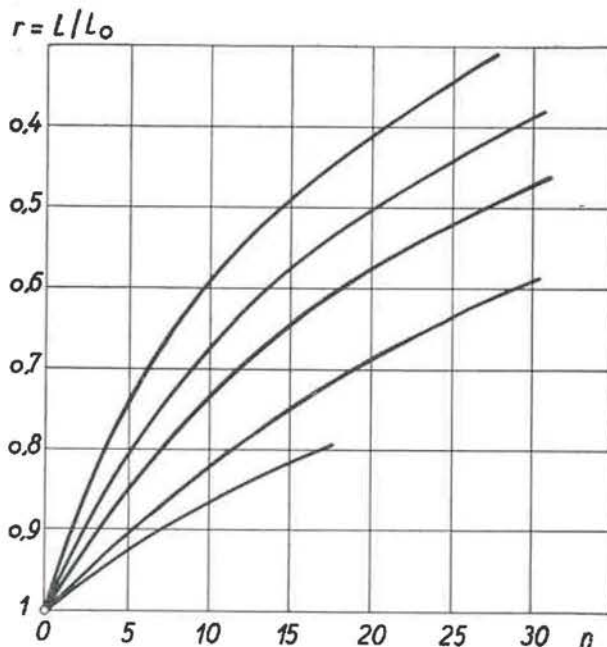


Fig. 6.

dans un nuage poussiéreux de granulométrie stable à des prélèvements différents en faisant varier le nombre n d'aspirations de 5 à 30, on récolte des poussières dont la surface σ a varié de σ_0 à 6 σ_0 , σ_0 étant la surface extérieure des poussières aspirées après 5 coups de pompe. Cette figure donne les rapports L/L_0 en fonction de σ ; les différentes courbes correspondent à des empoussiéragés différents et donc à des valeurs différentes de σ_0 . Leur allure générale est la même et montre bien que la relation $1 - (L/L_0) = K (\sigma/S)$ n'est assez rapprochée de la réalité que pour de faibles densités.

β) Mais si l'on tient compte du fait que les particules ne se déposent pas toutes en même temps, le hasard peut justifier l'impact d'une poussière en un point déjà occupé. On montre (37) que dans ce cas

$$\log_{10} \frac{L_0}{L} = 2,30 k \frac{\sigma}{S} = k' \frac{\sigma}{S}$$

relation qui est à la base des formules adoptées en Grande-Bretagne à la suite des travaux de Watson, Hounam et collaborateurs. Les graphiques de la figure 7 montrent que les points expérimentaux

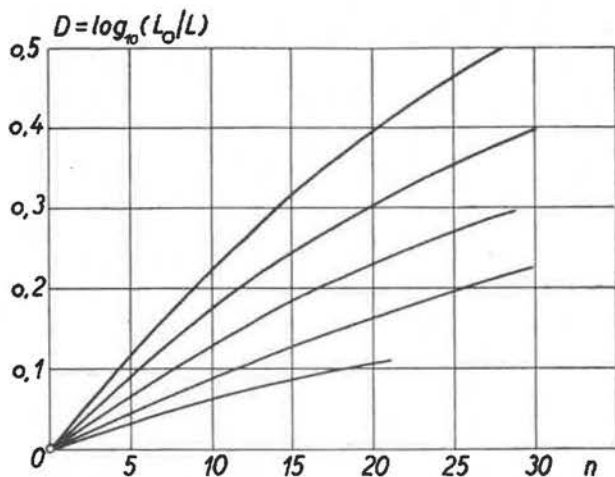


Fig. 7.

s'alignent mieux que précédemment. Cependant, la relation n'est valable qu'aussi longtemps que $\log_{10} (L_0/L)$ est inférieur à 0,2 — 0,3, c'est-à-dire L/L_0 supérieur à 0,5 — 0,6 environ.

γ) Si l'on étudie le mécanisme de la capture des poussières par un papier filtre, on voit que seules les grosses particules sont arrêtées par les pores superficiels tandis que les autres particules sont retenues par impact sur les parois du labyrinthe de fibres, là où les filets d'air s'infléchissent brusquement. L'examen au microscope montre très bien cette filtration en profondeur et l'accumulation des grains en des endroits privilégiés. Pour traduire mathématiquement ce phénomène, on considère que le dépôt de poussières s'effectue au hasard sur l'ensemble des surfaces privilégiées dont l'étendue totale en plan S' est différente de la section S du papier. Ces surfaces devenues partiellement opaques auraient ensuite été groupées au hasard sur l'aire S du papier avec des chances de recouvrements mutuels. En développant le raisonnement général sur ces bases, on arrive à la relation compliquée :

$$0,4343 \frac{s}{S'} = \log_{10} \log_{10} K - \log_{10} \log_{10} \left(K \frac{L}{L_0} \right)$$

où K dépend essentiellement des qualités propres du papier filtre ($2,3 S'/S = \log_{10} K$). Si l'on pose $(S'/0,4343) = K'$, la relation s'écrit :

$$s = K' \left[\log_{10} \log_{10} K - \log_{10} \log_{10} \left(K \frac{L}{L_0} \right) \right]$$

On obtient ainsi par le raisonnement la formule trouvée assez intuitivement, semble-t-il, par Dawes (38).

L'expérience confirme la théorie. Les figures 8 et 9 montrent que selon l'empoussiérage (la granulométrie) des valeurs de 5 à 10 conviennent pour

$$S = \log_{10} \log_{10} 10 - \log_{10} \log_{10} 10L/L_0$$

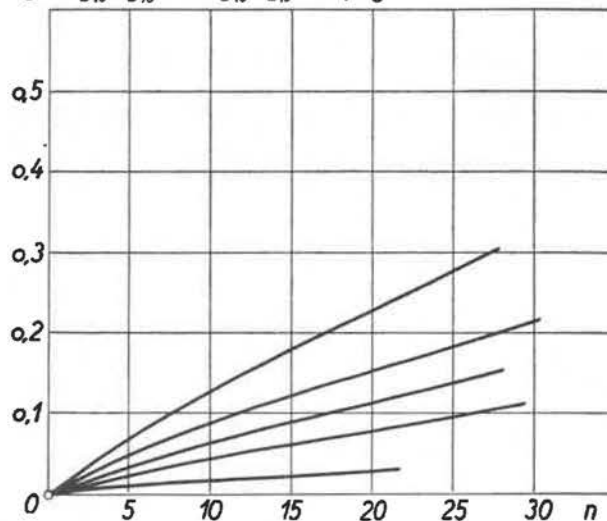


Fig. 8.

$$S = \log_{10} (10 \log_{10} 5) - \log_{10} (10 \log_{10} 5 L/L_0)$$

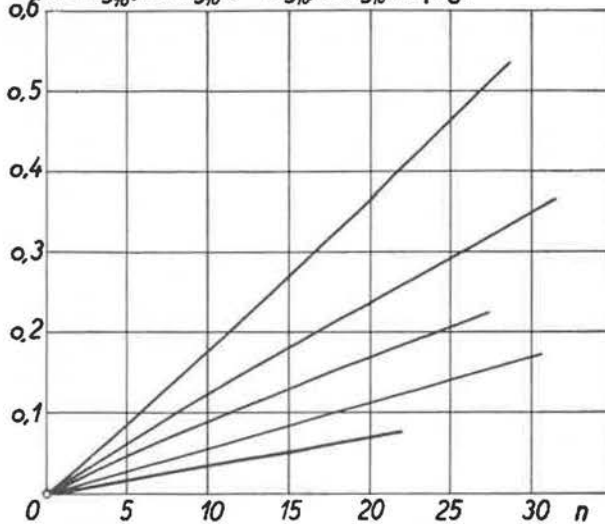


Fig. 9.

la constante K du papier Whatmann n° 1 employé à l'Institut d'Hygiène des Mines. Ces valeurs sont assez différentes de celle proposée par Dawes ($K = 100$) pour le papier filtre d'Alfa Tullis Russel n° 10.

Le concept de la surface de capture S' permet de justifier le rôle de la vitesse d'aspiration de l'air indépendamment de l'éutriation qu'elle entraîne à la bouche de la hand-pump. De plus, la grandeur S' prend des valeurs différentes pour des granulométries différentes. Ceci est confirmé expérimentalement par les graphiques des figures 8 et 9 où l'on voit que l'alignement des points expérimentaux est meilleur, tantôt avec $K = 5$, tantôt avec $K = 10$. L'emploi d'un éluutriateur préliminaire rendrait plus exacte l'application de la formule proposée par

Dawes parce que la dimension moyenne des poussières captées serait plus stable. Quoi qu'il en soit, on peut dire que cette formule constitue à l'heure actuelle la meilleure relation entre une mesure densitométrique et la surface totale des particules récoltées.

L'analyse statistique poussée qui a été faite sur la documentation expérimentale réunie à l'Institut d'Hygiène des Mines a été exposée en détail dans la Communication n° 122 déjà citée (37). Les conclusions ne font que confirmer ce qui a été dit dans le compte rendu précédent de l'activité de l'Institut (33).

c. — Dosage de la silice cristalline dans les poussières par analyse thermique différentielle.

L'analyse thermique est une méthode d'investigation classique des métallurgistes pour l'étude des diagrammes d'équilibre entre phases des métaux et alliages. Elle consiste à déceler sur la courbe de refroidissement d'un alliage des irrégularités dont la forme traduit une transformation déterminée. Un raffinement de la méthode consiste à comparer les courbes de refroidissement de deux métaux ou alliages, dont les propriétés thermiques sont voisines et dont l'un ne présente aucune transformation dans le domaine de température étudié. On mesure la différence de température des deux échantillons au moyen de deux couples thermoélectriques connectés en opposition. Lorsque cette différence présente une variation brusque, elle indique le début ou la fin d'une transformation dans l'alliage étudié. Cette méthode différentielle peut être rendue très sensible.

Généralement, les crochets enregistrés dans les courbes de refroidissement sont interprétés qualitativement, c'est-à-dire qu'on les considère comme indice d'une transformation dont on fixe ainsi la température. Mais on peut aussi, moyennant certaines précautions, les utiliser d'une manière quantitative, notamment pour le dosage de substances dispersées dans un milieu inerte et présentant à une température déterminée une transformation accompagnée d'une manifestation thermique. En effet, il existe une relation entre, d'une part, l'importance du pic observé et, d'autre part, la teneur de l'échantillon en matière réactive, la chaleur de transformation, la vitesse de refroidissement (ou de chauffe) et enfin les caractéristiques thermiques des matériaux étudiés.

Dans le cas de matières minérales résultant de l'incinération de poussières atmosphériques récoltées dans la mine, il est possible de doser le quartz par cette méthode. En effet, le quartz subit à 573° C une transformation cristalline réversible qui absorbe 3 calories par gramme. Cette chaleur suffit pour que, chauffé simultanément avec une poudre inerte, telle que l'alumine, le quartz présente brusquement à 573° C une baisse de température de 2 ou 3° C par rapport à l'alumine. Mais dans les matières minérales que nous analysons couramment, la teneur en quartz n'est que de quelques pour cents et le pic que présente la courbe de température différentielle à 573° C ne correspond qu'à quelques dixièmes de degré. Par des techniques de mesure

très perfectionnées, on peut néanmoins mettre en évidence de si petites différences de température.

L'Institut d'Hygiène des Mines n'avait pas manqué antérieurement d'analyser les résultats publiés à ce sujet (39). Par ailleurs, ses ingénieurs avaient pu, lors de stages et de visites, étudier de près le matériel utilisé aux laboratoires du Cerchar à Verneuil, en France, et au Silikose-Forschungsinstitut à Bochum, en Allemagne. Comme suite à ces études, des contacts furent établis au début de 1953 avec des firmes susceptibles de fournir le matériel d'enregistrement et de contrôle thermiques offrant toutes garanties de sensibilité et de précision. Ce matériel a été livré dans le courant de l'année 1954 et intégré dans un complexe permettant de réaliser de façon presque entièrement automatique environ 4 analyses par jour. Nous décrivons sommairement l'installation dont la photographie est reproduite à la figure 10 et dont les premiers essais ont permis d'obtenir une sensibilité et

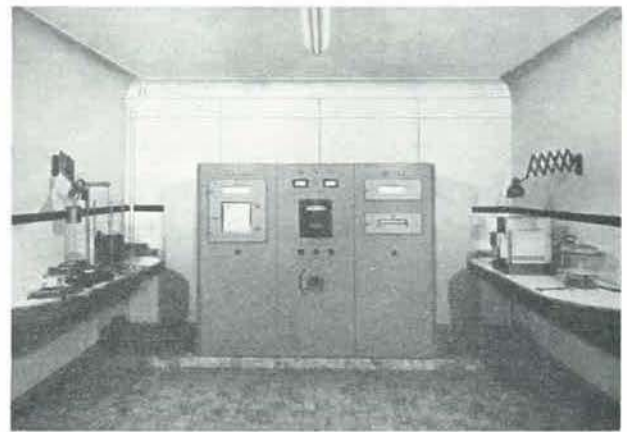


Fig. 10.

une reproductibilité au moins égales à ce qui avait été obtenu à l'étranger.

a. — Fours - creusets.

L'incinération des poussières charbonneuses, préalable à tout dosage de la silice, chimique ou physique, se fait dans un four électrique horizontal chauffé par deux nappes de baguettes de silite disposées au-dessus et en dessous de la sole. L'incinération se fait jusqu'à présent suivant la méthode recommandée par Inichar (40) pour la détermination de la teneur en cendres; cependant, des études sont en cours concernant l'influence éventuelle de cette technique sur les résultats des dosages de silice subséquents.

Pour l'analyse par voie thermique, on procède aussitôt que possible après l'incinération au remplissage d'un creuset spécial en acier comportant 3 poches cylindriques identiques (fig. 11). Une première poche reçoit un poids déterminé de cendres et les deux autres un poids identique d'alumine anhydre. Le tassement est effectué d'une manière standardisée. Chacune des poches comporte un couple thermoélectrique fixé suivant son axe. L'un de ces couples sert à la mesure de température ab-

solue, tandis que les deux autres connectés en opposition permettent la mesure de la température différentielle.

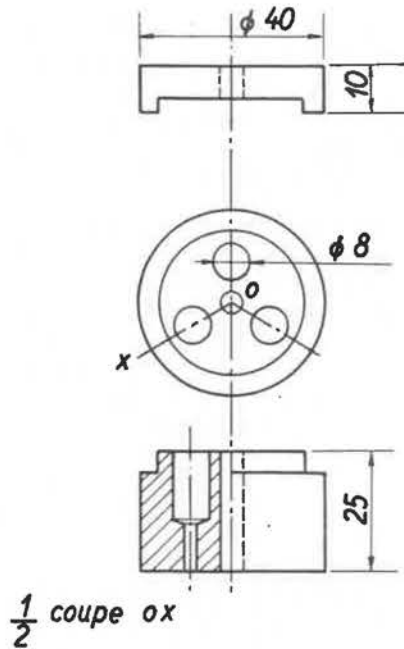


Fig. 11.

Les thermocouples étant assez fragiles, on a préféré les sceller à la partie inférieure du creuset; celui-ci, à son tour, est fixé à un châssis-support à l'intérieur duquel sont prévues les connexions à un jeu de bornes, d'où partent enfin les câbles vers les instruments de mesure. Etant donné cette disposition, le four a dû être suspendu orifice vers le bas : la photographie de la figure 12 montre la potence et le contrepoids du four ainsi qu'un creuset avec son châssis-support, prêt à être enfourné.

rhéostat de réglage) et les instruments de contrôle : voltmètre, ampèremètre et indicateur de température. Ce dernier est raccordé à un thermocouple du four d'incinération. L'indicateur de température possède un index déplaçable qui peut être ajusté sur la température de consigne. En fonctionnement automatique, le courant de chauffe est coupé dès que l'aiguille de l'indicateur dépasse la position de consigne. Le réglage obtenu par « tout ou rien » donne lieu à des oscillations de température que l'on réduit en ajustant convenablement la puissance de chauffe.

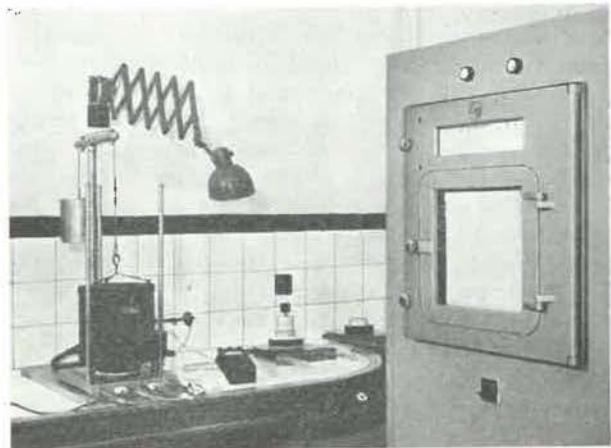


Fig. 12.

Ce procédé de réglage était inacceptable pour le four d'analyse thermique, car la forme du pic enregistré à 573° C et sa hauteur dépendent essentiellement de la vitesse de chauffe ou de refroidissement. C'est pourquoi on a pourvu ce four d'un équipement plus compliqué occupant un deuxième panneau du tableau de contrôle. La puissance nécessaire à la chauffe est fournie par un autotrans-

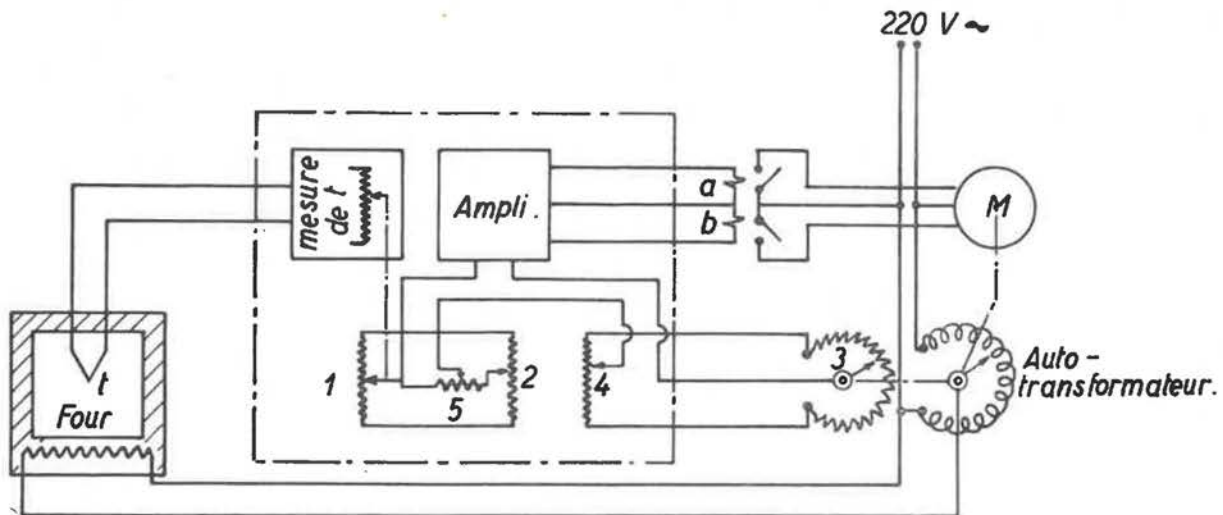


Fig. 15.

b. — Le tableau de contrôle.

Le panneau central comporte les organes de commande (interrupteur général, commutateur étoile-triangle, commutateur « manuel-automatique » et

formateur à tension réglable de façon continue entre 0 et 250 V. L'axe de commande est actionné par un servo-moteur, à travers un réducteur et un accouplement magnétique. Le sens de rotation est déter-

miné par la fermeture des contacteurs *a* ou *b* (fig. 13). Ceux-ci à leur tour sont commandés par un amplificateur électronique, dont le signal est pris aux bornes d'un double pont de mesure. Dans un premier pont, on compare les positions des curseurs 1 et 2, correspondant respectivement à la température mesurée dans le four et à celle exigée par le programme de chauffe. Le deuxième pont comporte un potentiomètre dont le curseur 3 est solidaire de l'axe de l'autotransformateur réglant la puissance de chauffe, et un potentiomètre de mise à zéro ou « reset » dont le curseur 4 est déplaçable à la main.

Supposons qu'à un moment donné les curseurs 3 et 4 se trouvent au même niveau : le deuxième pont est équilibré. Si la température mesurée correspond à celle du programme, le premier pont est également équilibré et le signal envoyé à l'amplificateur est nul. Mais si la température monte moins vite que ne l'exige le programme, une différence de tension apparaît entre les curseurs 1 et 2. Le potentiomètre 3 permet d'en envoyer une fraction réglable dans l'amplificateur. Celui-ci actionne alors le contacteur *a* et la rotation du servo-moteur entraîne une augmentation du rapport de transformation et de la puissance de chauffe, mais cette rotation déplace en même temps le curseur 4 et il apparaît entre 3 et 4 une différence de tension qui est opposée à celle existant à la sortie du potentiomètre 3. A un certain moment, il y aura un nouvel équilibre entre ces deux tensions : l'amplificateur ne recevra plus de signal et le contacteur *a* s'ouvrira. La correction de la puissance de chauffe est donc proportionnelle à l'écart instantané entre les températures mesurée et exigée; l'importance de cette correction est réglable au potentiomètre 5.

Remarquons encore que, lorsque l'égalité des températures mesurée et exigée est rétablie, les curseurs 3 et 4 ne seront plus au même niveau : le deuxième pont sera déséquilibré et l'amplificateur recevra un signal de polarité opposée, fermant le contact *b* et réduisant la puissance de chauffe. Finalement, un nouvel équilibre s'établira pour lequel la température dans le four est légèrement inférieure à celle exigée par le programme, tandis que la puissance de chauffe est supérieure à celle correspondant à la position du potentiomètre de reset.

En résumé, le système corrige constamment la puissance de chauffe, proportionnellement à l'erreur de la température vis-à-vis du programme et peut compenser l'inertie du four par une surpuissance temporaire. Cependant, il ne donne l'égalité rigoureuse entre températures mesurée et exigée que pour une puissance de chauffe donnée; le régulateur présente un certain statisme, mais la manœuvre du potentiomètre de « reset » permet d'annuler à tout moment l'écart dû au statisme en équilibrant séparément chaque pont. D'ailleurs, lorsque le programme de chauffe est linéaire, le statisme du système de contrôle n'affecte pas la linéarité de la montée en température du four nécessaire à la réussite des dosages par analyse thermique.

Le régulateur que nous venons de décrire possède l'avantage d'un fonctionnement entièrement automatique depuis sa mise en marche. C'est pourquoi

nous avons prévu la possibilité de gouverner également la chauffe du four à incinération au moyen de ce régulateur, grâce à un jeu adéquat de contacteurs.

Le troisième panneau du tableau de contrôle comporte l'enregistreur de température différentielle. Malgré les écarts extrêmement faibles de température, ne dépassant que quelques °C (... 5 ... 6) lorsque les poches du creuset contiennent du quartz pur et de l'alumine pure, il a été possible de recourir à l'enregistrement sur papier au moyen d'un potentiomètre électronique. Il a fallu pour cela utiliser des thermocouples très sensibles, développant une tension de $85 \mu\text{V}$ par °C d'écart entre soudures chaude et froide. On a dû également recourir à un potentiomètre très sensible dont l'échelle couvre 1 millivolt de tension, soit 12°C avec les couples utilisés. Cette haute sensibilité requiert des précautions spéciales vis-à-vis des parasites et des inductions.

Les premières études que nous avons entreprises ont eu pour but d'assurer la plus grande reproductibilité possible aux mesures, tout en augmentant leur sensibilité. On a constaté notamment que la vitesse de chauffe des échantillons n'était sensiblement constante et égale à celle du four qu'après un phénomène transitoire relativement étalé dans le temps et dépendant des chauffes antérieures du four. Par ailleurs, différentes causes rendent inégales les tensions développées par les deux thermocouples en opposition en dehors du phénomène de transformation du quartz à 573°C . Ce sont notamment :

- une différence de force électromotrice des couples à une même température,
- une différence de température entre les deux poches du creuset, due à un manque de symétrie du four au point de vue thermique,
- une différence de température entre les centres des poches, due à des différences de comportement thermique des poudres comparées.

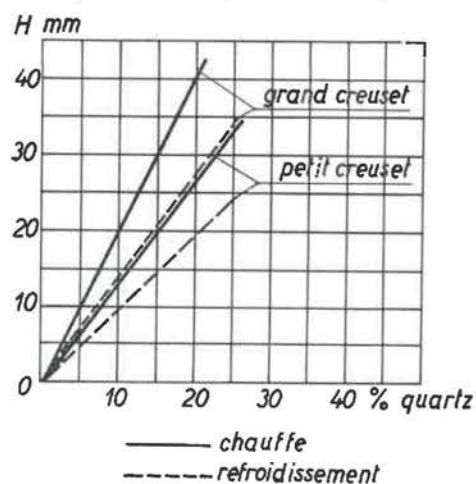


Fig. 14.

Une solution satisfaisante a pu être trouvée à ces difficultés. A titre documentaire, nous publions le graphique de la hauteur du pic mesuré en fonction de la teneur en quartz pour des mélanges étalons contenant de l'alumine et de 2 à 20 % de

quartz broyé et passé au tamis de 200 mailles/pouce (fig. 14).

Ces études se poursuivent, mais pour rechercher et comparer les possibilités de dosage de la silice libre par analyse thermique différentielle et par voie chimique, on a dû comparer de nombreux échantillons à base de silice de nature physique différente : quartz, quartzite, grès, silice précipitée, cendres de poussières atmosphériques et réunir plusieurs diluants, tels que : alumine, oxyde ferrique, silicates naturels.

Comme l'importance du degré de finesse des particules à analyser est très grande, tous les échantillons ont été séparés en différentes fractions, soit

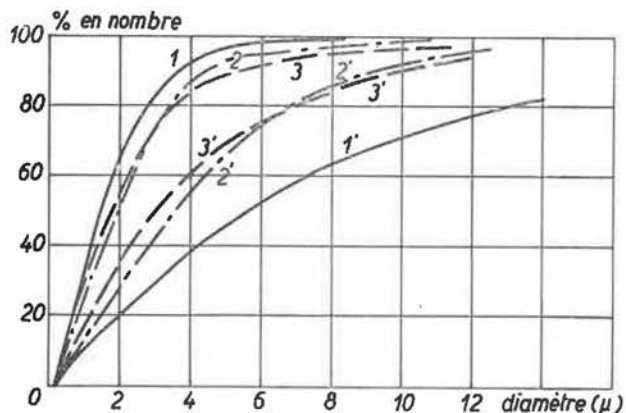


Fig. 15.

par tamisage, soit par sédimentation fractionnée selon la méthode décrite dans notre Communications n° 113 (41).

d. Dosage de la silice libre par voie chimique.

Notre laboratoire de chimie a procédé à plusieurs dosages de silice libre sur des échantillons de grès prélevés dans un bouveau. Les expériences ont été effectuées systématiquement par la méthode de la « Pneumoconiosis Research Unit » (Cardiff) (42). Celle-ci consiste en attaques ménagées par les acides chlorhydrique et sulfurique et par une solution sodique carbonatée. Dans le but de remédier à la lenteur de ce mode opératoire, l'Institut d'Hygiène des Mines a expérimenté une méthode beaucoup plus rapide, basée sur l'emploi de l'acide pyrophosphorique et dont la reproductibilité est très satisfaisante. Les dosages ont notamment porté sur des échantillons de grès ayant subi des manipulations différentes. Le tableau VIII rend compte de quelques résultats :

La variété I était constituée, après un premier broyage, par la fraction passée au tamis de 100 mailles par pouce et refusée par celui de 200 mailles. La variété II a été obtenue en broyant au mortier d'agate le refus précédent jusqu'à son passage au tamis de 200. Enfin, la variété III est la fraction ayant passé le tamis 200 après le premier broyage. Les lettres C et P désignent la méthode adoptée : respectivement celle de Cardiff et celle à l'acide pyrophosphorique.

La concordance entre les deux méthodes d'analyse est satisfaisante, la méthode de Cardiff donnant des teneurs légèrement plus fortes. Mais les trois variétés examinées fournissent des résultats extrêmement différents. Bien que le nombre d'expériences ne soit pas suffisant pour nous permettre d'expliquer avec

TABLEAU VIII.

Teneur en silice libre (%) dans un grès.

Variétés	I		II		III	
	C	P	C	P	C	P
	83,41	x	76,65	70,48	45,88	45,76
	81,79	x	77,30	70,91	45,42	44,03

La granulométrie de quelques échantillons de cendres de poussières atmosphériques a été spécialement étudiée au microscope (grossissement 1.000 diamètres) et comparée à la poussière-mère dont la granulométrie était connue par examen des plaques de prélèvements effectués au précipitateur thermique. Les graphiques de la figure 15 montrent que l'incinération peut modifier assez fortement la dimension des grains dans le sens d'un accroissement du diamètre moyen.

certitude ces écarts, on peut supposer d'abord que les réactifs auraient solubilisé davantage la silice finement divisée des échantillons II et III. Néanmoins, on est enclin à penser, vu la concordance des analyses de la fraction III et leur différence sensible vis-à-vis de celles de la fraction II, que réellement la teneur en silice des grains les plus fins est moindre. D'autres travaux étrangers (43) semblant se rallier à cette explication, la confirmation de ce fait serait capitale pour apprécier la

nocivité des atmosphères poussiéreuses dans les travaux au rocher.

B. — Lutte contre les poussières dans les chantiers. - Matériel et procédés divers.

a. Nouvelle technique d'injection d'eau dans le massif : la télé-injection.

Nous avons décrit ce procédé dans l'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1953 (35) et nous y avons indiqué les raisons qui faisaient préférer cette technique à la méthode d'injection classique et militaient surtout en sa faveur dans les terrains friables et fortement disloqués. Rappelons que la nouvelle façon de faire consiste à injecter l'eau à une profondeur plus grande au moyen d'une télé-canne spéciale (fig. 16) pour

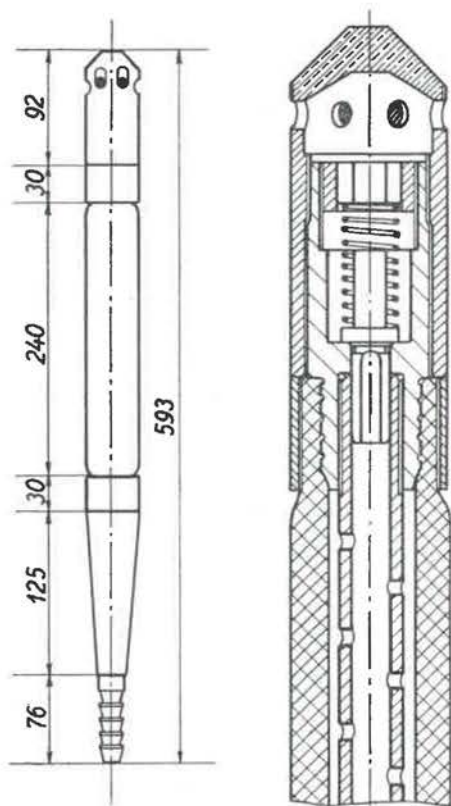


Fig. 16.

humidifier le charbon dans une zone très peu affectée par les fissurations grossières qui précèdent normalement tout front d'abattage.

Les premiers essais contrôlés ont été effectués aux Charbonnages de Houthalen dans une taille de 150 m, ventilée par un débit d'air de 5 à 5,6 m³/sec, produisant 420-450 tonnes, grâce à un avancement journalier de 1,75 m dans une couche d'une puissance moyenne de 1,20 m.

Notons qu'avant les essais de télé-injection, la lutte contre les poussières était menée avec un rendement d'élimination des particules en suspension dans l'air de l'ordre de 70 à 80 % grâce :

— au havage humide par jet d'eau sur le bras de

la haveuse à raison de 7 litres d'eau par mètre havé,

— à la pulvérisation d'eau au-dessus des engins de transport en tête de taille, au pied de taille, au-dessus d'un transbordement en costresse (courroies) et à la tête du descenseur desservant le chantier.

— à l'injection d'eau en veine de 145 à 160 litres dans des trous profonds de 2 m à 2,10 m, équidistants de 2 m et avec bourrage placé à la profondeur de 1 m - 1,10 m,

— à l'emploi généralisé du décaleur L.H. pour marteaux-piqueurs (44).

Mais pour obtenir ces résultats, on devait consommer une quantité d'eau correspondant à 2,85 % du tonnage. De plus, la sécurité était de nombreuses fois compromise par les altérations des épontes qui provoquaient la dislocation de blocs atteignant parfois 0,60 × 0,30 × 0,20 mètre, le bas toit se composant de deux bancs schisteux de 0,10 et 0,25 m d'épaisseur, séparés par des petites passées charbonneuses de quelques centimètres.

Après les tâtonnements du début, on décida de forer les trous, perpendiculairement au front, à mi-hauteur entre toit et mur, profonds de 5 m, équidistants de 7 m et de placer la télé-canne d'injection à 4 m de profondeur, en injectant de 40 à 55 litres par trou.

La télé-injection débuta au pied de taille et s'étendit progressivement jusqu'à mi-tranche. D'emblée, on remarqua une nette amélioration dans la tenue du toit et l'on compara les empoussiérages au pied et en tête de taille :

1. avec, d'une part, télé-injection dans la partie inférieure et injection ordinaire dans la partie supérieure de la taille (essais A),

2. avec, d'autre part, télé-injection sur toute la longueur de la taille (essais B).

Comme d'habitude, nos prélèvements de poussières ont été effectués au précipitateur thermique (au total 58 plaques) en plaçant la tête de captage à environ 1,40 m de hauteur, à 10 m des fronts, dans l'axe de la galerie de retour et à 20 m du pied de taille dans la costresse. Les comptages ont été faits au microprojecteur, sur fond clair, au grossissement 1.000 × avec un système optique de pouvoir de résolution égal à 0,2 μ et en adoptant la répartition des particules en classes : > 5 μ ; 5-3 μ ; 3-1 μ ; 1-0,5 μ ; 0,5-0,2 μ.

Les empoussiérages moyens, exprimés en nombre de particules par cm³, sont reproduits au tableau IX.

On constate dès lors que l'accroissement dans le chantier du nombre de particules de 1 à 5 μ par cm³ d'air est de 660 aux essais A contre 480 seulement durant les essais B, soit respectivement 160 % et 65 % de la concentration initiale à l'entrée d'air. La teneur en poussières est en effet beaucoup plus forte dans la costresse au cours des essais B par assèchement plus rapide du charbon (moins mouillé) durant son évacuation sur courroies à contre-courant dans la voie de pied et dans un descenseur dont la hauteur de chute est exceptionnellement grande (110 m). De plus, on remarque que le nom-

TABLEAU IX.

Empoussiérages moyens en particules/cm³ d'air.

		> 5 μ	5 — 5 μ	5 — 1 μ	1 — 0,5 μ	0,5 — 0,2 μ
Essais A	tête de taille	125	190	880	965	1.915
	pied de taille	65	45	365	2.190	10.815
Essais B	tête de taille	150	165	1.055	1.525	3.850
	pied de taille	115	120	620	2.285	14.150

bre de particules submicroniques en tête de taille est inférieur à ce qu'on relève au pied de taille. Nous avons d'ailleurs décelé sur nos plaques de précipitateur thermique de nombreux agrégats d'une dimension apparente de 1 à 5 μ et dont certains comprenaient jusqu'à 12 particules de 0,5 à 0,2 μ. Cette agglutination naturelle en taille est facilitée par l'état hygrométrique élevé de l'air (91,1 à 94,8 % en tête de taille), mais ce phénomène, généralement masqué par la grande quantité de fines particules soulevées en taille a été plus facilement mis en évidence ici par l'emploi du décaleur L.H. (44) qui met considérablement moins de petites poussières en suspension dans l'air que ne le font les autres décaleurs de marteaux-piqueurs. Quoiqu'il en soit, à égalité de production, 420 tonnes, le nombre de particules de 1 à 5 μ effectivement produites dans le chantier par l'abatage et la chute du charbon sur le mur, le pelletage, l'évacuation en taille et la chute sur le convoyeur du pied, est de 480 particules par cm³ avec la télé-injection au lieu de 620 particules par cm³ avec la combinaison des deux procédés.

On peut donc raisonnablement admettre que la télé-injection à profondeur moyenne (4 à 5 m) a un tout aussi bon rendement de suppression des poussières de 1 à 5 μ produites en taille que le procédé classique alors que son application n'a nécessité ici qu'une quantité d'eau valant 0,25 % du tonnage produit au lieu de 2,85 %. Compte tenu de la moindre quantité d'eau utilisée en taille, il est aisé de renforcer la lutte contre les poussières dans les voies d'entrée d'air sans craindre une humidité excessive des produits abattus.

b. Efficacité de la pulvérisation d'eau.

Nous avons précédemment montré ce que l'on pouvait attendre de l'emploi de pulvérisateurs et d'arroseurs en taille au point de vue « élimination de poussières en suspension dans l'air », mais nous avons dû constater qu'en pratique, presque toutes les réalisations péchaient par excès d'eau. Nous avons ainsi été amenés à étudier 56 pulvérisateurs en examinant principalement le débit d'eau, l'angle du faisceau formé, la portée du jet et sa force de pénétration ainsi que la nature du noyau formé : brouillard, gouttelettes ou gouttes (45). Les résul-

tats pratiques de cette étude se traduisaient par la détermination d'une plus ou moins bonne aptitude des pulvérisateurs à l'arrosage des fronts, à l'abatage des poussières de tir ou à l'humectage du charbon aux points de chargement.

Nous avons retenu le pulvérisateur n° 27 comme seul appareil pouvant convenir aux trois usages indiqués ci-dessus en ne consommant qu'une faible quantité d'eau : 3,5 l/m max. sous 5 kg/cm² (fig. 17).

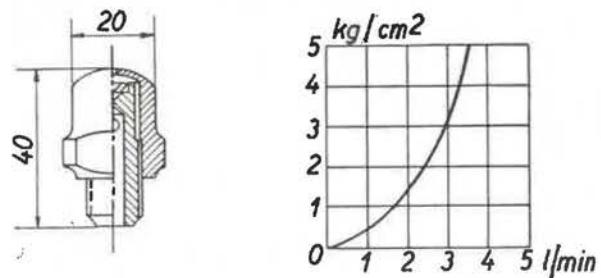


Fig. 17.

Nous avons dès lors voulu déterminer l'efficacité de ce pulvérisateur utilisé comme seul appareil de dépoussiérage dans un faible courant d'air et par la même occasion voir si cette efficacité pouvait être accrue par l'addition à l'eau de pulvérisation d'un « agent mouillant » conforme à notre norme AM. 95 (46).

Les essais ont été faits dans notre chambre à poussières représentée schématiquement en figure 18. Un générateur de poussières G envoie une quantité constante de poussières à l'intérieur d'un canar d'une longueur de 3 m et d'un diamètre de 300 mm. L'air poussiéreux, homogénéisé dans cette canalisation, traverse un diffuseur D et débouche dans la chambre (6,70 m × 2,80 m × 2 m) où l'on a monté un tronçon de galerie. Un ventilateur hélicoïde « Aérex » à commande électrique, reconnu anti-déflagrant, débitant à pleine charge 2 m³/sec sous 40 mm de dépression, permet de réaliser des écoulements d'air comparables à ce que nous rencontrons le plus couramment dans les galeries de mines. Un filtre S.E.M. à tôles de choc huilées F

est placé entre la sortie de la chambre et l'aspiration du ventilateur.

Le pulvérisateur P a été fixé au toit de la galerie expérimentale, au droit d'un rétrécissement local agencé de manière à ce que tout l'air poussiéreux

risation de la même eau additionnée de 0,1 % de Dumacène. Les courbes de rendement traduisant les résultats de 6 séries de mesures faites pour des empoussiérages différents, sont reproduites aux figures 19 et 20.

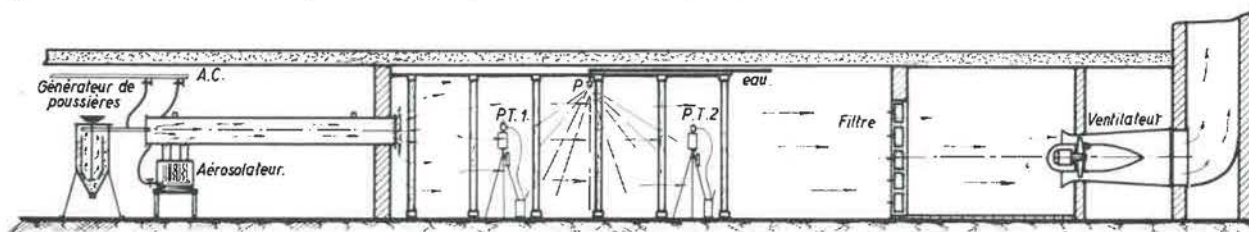
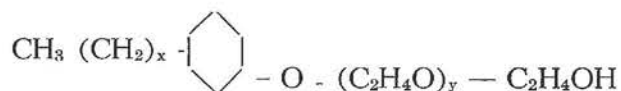


Fig. 18.

doive traverser le rideau de pulvérisation. L'eau pulvérisée est projetée sous forme d'un noyau de brouillard assez dense (diamètre des gouttelettes de 20 à 40 μ), entouré d'un épais faisceau conique de gouttes plus grosses. L'angle au sommet du cône reste compris entre 90 et 98° suivant que la pression de l'eau varie de 2 à 5 kg/cm². La figure 17 représente le pulvérisateur employé et le diagramme donnant la consommation d'eau en fonction de la pression d'alimentation (45).

Les expériences ont été réalisées dans les conditions suivantes : les poussières, provenant de charbon gras finement broyé, additionné de 8 % de schistes, ont été envoyées à des concentrations de 3.600 à 7.100 particules/cm³, avec suivant les essais 86 à 99,4 % de particules comprises entre 0,2 et 5 μ , la vitesse moyenne de l'air dans la galerie ayant été de 0,25 m/sec. La pression d'eau a été maintenue aussi voisine que possible de 2,2 kg/cm²; le débit d'eau résultant est ainsi resté constant et égal à 2,3 litres/minute. Les poussières ont été prélevées simultanément de part et d'autre du pulvérisateur au moyen de deux précipitateurs thermiques (PT1 et PT2 placés à même hauteur) et comptées au grossissement 1.000 X, le pouvoir de résolution du microprojecteur utilisé étant de 0,2 μ . La répartition granulométrique des particules a été faite en adoptant les classes : 0,2-0,5 μ ; 0,5-1 μ ; 1-3 μ ; 3-5 μ et > 5 μ .

Nous avons utilisé le meilleur parmi les 8 « mouillants » qui satisfont jusqu'à présent à notre norme AM. 95. Ce tensio-actif de synthèse, le Dumacène NP77 ou Tensiofix NP77Z, vendu actuellement sous le nom de Tensosphène H85, est un éther polyglycolique du type



résultant de la condensation d'oxyde d'éthylène sur un alkyl-phenol.

Nous avons donc déterminé le rendement de l'élimination des poussières en suspension dans l'air en fonction de la concentration initiale pour les catégories 0,5-1 μ et 0,5-5 μ , avec d'une part pulvérisation d'eau de ville seule et d'autre part pulvé-

Compte tenu des erreurs inévitables dans le comptage du nombre de particules, nous avons tracé sur ces mêmes diagrammes les courbes donnant la valeur la plus probable du rendement avec une probabilité de 67 %.

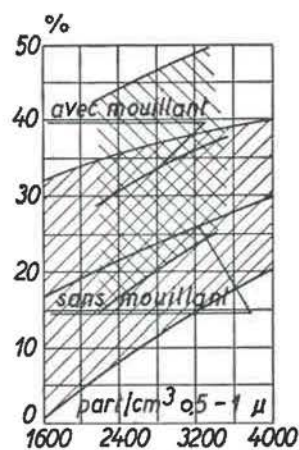


Fig. 19.

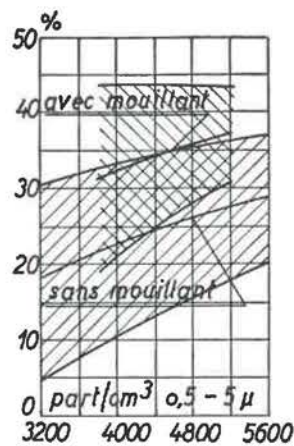


Fig. 20.

Il apparaît donc que jusqu'à 5 à 6.000 particules de 0,5 à 5 μ par cm³, une solution de 0,1 % d'un agent mouillant conforme à notre norme, est susceptible d'augmenter l'efficacité de la pulvérisation d'eau dans l'atmosphère avec, semble-t-il, un effet plus marqué vis-à-vis des particules comprises entre 0,5 à 1 μ .

Il n'est pas sans intérêt non plus de constater le rendement appréciable de l'élimination des poussières en suspension dans l'air avec de l'eau ordinaire en si faible quantité.

Vu l'allure montante des courbes, nous avons refait d'autres expériences pour déterminer la valeur maximum de rendement en créant de très fortes concentrations de poussières identiques, toutes autres conditions restant inchangées.

Nous avons trouvé, avec agent mouillant à 0,1 %, une élimination de :

44 % \pm 5,8 % pour une teneur initiale de 24.500 particules/cm³ comprises entre 0,5 et 1 μ , et 33,7 % \pm 5,6 % pour une teneur initiale de 14.700 particules/cm³ comprises entre 1 et 5 μ ,

ce qui correspond à une suppression de 40,3 % \pm 3,2 % dans un nuage comportant 39.200 particules de 0,5 à 5 μ par cm³ d'air.

Nous voyons là un moyen idéal de lutte contre les poussières en tête de descenseur ou au-dessus d'une station centrale de chargement.

c. Essais en galerie expérimentale d'ampoules anti-poussières.

Dans le courant de l'année, des essais d'abattage à l'explosif dans un charbonnage du Borinage ont été décrits dans la revue « Explosifs » (47). On y lit notamment que « le bourrage des trous de mines s'est effectué au moyen d'ampoules inventées par M. Demelenne, Ingénieur en Chef de l'Administration des Mines ». Ces ampoules, initialement destinées à la lutte contre les poussières, sont constituées d'un tube en matière plastique souple de 35 mm de diamètre rempli d'eau contenant du CaCl₂ et du permanganate de potasse. Le tube est soudé aux extrémités et a une longueur de 30 cm environ. « Elles ont été essayées comme bourrage à l'Institut National des Mines. La sécurité vis-à-vis du grisou semble très grande même lors de l'emploi de dynamite ».

Depuis la publication de l'article de M. Demelenne (48), on n'a signalé aucune détermination numérique de la réduction de la nocivité de l'empoussiérage grâce à l'emploi de ces ampoules anti-poussières.

Nous avons donc abordé ce travail en entamant une première série d'essais dans la galerie de tir de la S.A. des Explosifs d'Arendonck. Il n'entre nullement dans nos intentions de nous substituer à l'Institut National des Mines pour juger de l'efficacité ou du danger que présentent les ampoules Demelenne utilisées comme bourrage. Cependant, avant de travailler au fond, nous avons voulu faire quelques essais d'orientation (sans grisou évidemment) par tirs au mortier dans une galerie identique à celle de l'Institut National des Mines (diamètre 1,60 m, longueur 20 m, mortier : longueur du trou 53 cm, diamètre à l'entrée : 53 mm).

Nous avons ainsi utilisé comme bourrage des ampoules Demelenne type B, de forme identique à celle qui vient d'être décrite, mais contenant de l'eau avec 5 % de NaCl et un peu de carbonate de soude (ajouté pour obtenir le pH le plus favorable à la bonne exécution de la soudure du plastique).

Nous avons employé comme explosif du Ruptol B en cartouches de 80 g, contenant :

13,85 % de nitroglycérine,
0,15 % de nitrocoton,
5,00 % de binitrotoluène,
74,00 % de nitrate ammonique,
7,00 % de farine de bois.

La source de poussières était constituée par la gaine même de l'explosif, confectionnée pour la circonstance, au moyen de poussières charbonneuses plus petites que 74 μ , renfermant 60 % de cendres, de manière à reproduire artificiellement le dégagement de poussières produit par la désagrégation d'une roche ou de charbon au moment de l'explosion.

Les essais ont consisté à déterminer le nombre de particules par cm³ d'air présentes dans le bouchon de fumées et de poussières, en un point du tunnel, toujours le même, et un certain temps après la mise à feu de la cartouche seule et de la cartouche plus l'ampoule.

Les expériences ne sont pas suffisamment nombreuses pour que nous puissions nous prononcer à coup sûr. Nous avons en effet trouvé des concentrations, avec explosif seul, de 25.900 à 31.700 particules/cm³ > 0,5 μ au lieu de 7.700 à 31.100 particules/cm³ > 0,5 μ avec ampoule, ce qui pourrait donner un rendement de suppression de 70 % lorsqu'on désagrège ainsi 100 grammes de poussières, mais un rendement nul lorsque le bourrage est éjecté hors du trou de mine, comme ce fut précisément le cas au cours d'une de nos expériences.

Des essais dans les travaux souterrains sont prévus, mais en plaçant l'ampoule au fond du fourneau pour éviter le débouillage des mines.

C. — Travaux de laboratoire. - Essais divers.

a. Contrôle de masques anti-poussières.

Douze nouveaux appareils respiratoires ont été contrôlés en suivant le même mode opératoire et en appliquant les mêmes critères que ceux indiqués dans l'activité 1953 (33). Les caractéristiques principales et performances réalisées par ces masques sont reportées aux tableaux X, XI et XII.

Parmi les 38 modèles étudiés ces deux dernières années (33), (49), (50), onze satisfont à toutes nos exigences.

Le tableau XIII énumère les modèles de masques approuvés par l'Institut d'Hygiène des Mines et donne pour ces appareils les caractéristiques faisant l'objet des contrôles : pouvoir de rétention en %, gêne respiratoire à l'inspiration exprimée en mm H₂O et gêne respiratoire à l'expiration également estimée en mm H₂O, ces deux dernières valeurs correspondant à un débit continu de 50 litres/minute.

Néanmoins, nous nous devons de signaler que trois parmi ces modèles retenus sont à la limite du maximum toléré à l'inspiration après 90 minutes d'essai dans nos conditions standard : il s'agit des masques Draeger 99-545, Brison 6 F.I. 14 et du n° 430 de Prévoyance Industrielle (Industrie de Protection).

TABLEAU X.
Caractéristiques techniques des masques à l'état neuf.

	Poids total g	Volume intérieur cm ³	Résistance à l'inspiration mm H ₂ O				Résistance à l'expiration mm H ₂ O
			clapet	filtre	préfiltre	totale	
Auer Kollix 2620 (2625)	165	250*	2,0	3,0	2,0	7,0	3,5
Clora Difi	160	200	1,5	6,5	1,5	9,5	7,5
Clora Ideal	188	170	3,0	5,5	1,5	10,0	6,5
Comfo CR 72051 - BM 2164	130	100	1,0	7,5	—	8,5	7,0
Hugh Wood A.15	140	140	4,0	5,5	—	9,5	19,0
Prévoyance Industrielle n° 42 - Comfo modifié	165	120	0,5	6,0	—	6,5	6,0
Prévoyance Industrielle n° 43 (In- dustrie de Protection)	190	180	4,0	20,0	—	24,0	2,5
Prévoyance Industrielle n° 143 (In- dustrie de Protection)	226	240	7,0	3,0	—	10,0	3,5
Prévoyance Industrielle n° 430 (In- dustrie de Protection)	220	180	4,5	3,0	—	7,5	2,5
Prévomousse S 3'	55	130	—	6,0	—	6,0	4,0
Toucan	45	320	—	3,0	—	3,0	3,0**
Zollner T.600	135	130	2,0	15,0	—	17,0	12,0

* Valeur non exagérée du fait que le couvre-face englobe le menton.

** Résistance à l'expiration égale à la résistance à l'inspiration, le masque n'étant pas muni de soupape d'expiration.

TABLEAU XI.
Pouvoir de rétention des masques.

Masques	Pouvoirs de rétention en %, de 30 en 30 minutes, après						Moyenne de 95 %
	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	
Auer Kollix 2620 (2625)	97,0	97,5	98,4	—	—	—	dépassée déjà après 30 min
Clora Difi	92,6	97,0	97,7	—	—	—	atteinte après 90 min
Clora Ideal	91,5	95,0	96,7	97,8	—	—	atteinte après 120 min
Comfo CR 72051 - BM 2164	90,2	92,4	97,5	98,5	99,0	—	atteinte après 150 min
Hugh Wood A. 13	93,7	94,1	96,5	97,7	—	—	atteinte après 120 min
Prévoyance Industrielle n° 42 - Comfo modifié	83,7	92,8	95,3	98,2	99,0	99,5	pas atteinte après 180 min
Prévoyance Industrielle n° 43 (Industrie de Protection)	93,6	94,7	95,8	96,0	—	—	atteinte après 120 min
Prévoyance Industrielle n° 143 (Industrie de Protection)	93,8	97,3	98,2	—	—	—	atteinte après 60 min
Prévoyance Industrielle n° 430 (Industrie de Protection)	93,8	97,3	98,2	—	—	—	atteinte après 60 min
Prévomousse S 3'	83,0	87,0	88,1	—	—	—	pas atteinte après 180 min
Toucan	83,1	94,9	97,5	98,1	98,4	98,6	atteinte après 180 min
Zollner T.600	88,6	91,5	96,4	97,2	98,4	98,7	atteinte après 180 min

TABLEAU XII.

Variations de la résistance à l'inspiration en mm H₂O (débit continu 50 l/min).

Masques	résistance initiale	après 90 min	après 120 min	après 150 min	après 180 min	après décolmatage par clics	Δ h après 90 min d'essai
Auer Kollix 2620 (2625)	7,0	10,0	—	—	—	8,0	3,0
Clora Difi	9,5	16,0	—	—	—	11,0	6,5
Clora Ideal	10,0	16,5	—	—	—	12,0	6,5
Comfo CR 72051 BM 2164	8,5	16,0	—	21,0	—	10,5	7,5
Hugh Wood A.13	9,5	15,0	—	—	—	11,0	5,5
Prévoyance Industrielle n° 42 - Comfo modifié	6,5	22,0	—	—	—	6,5	15,5
Prévoyance Industrielle n° 43 (Industrie de Protection)	24,0	44,0*	—	—	—	30,0	> 20
Prévoyance Industrielle n° 143 (Industrie de Protection)	10,0	16,8	—	—	—	13,0	6,8
Prévoyance Industrielle n° 430 (Industrie de Protection)	7,5	16,0	—	—	—	11,0	8,5
Prévomousse S 3'	6,0	24,5	—	—	—	17,0	18,5
Toucan	3,0	32,0	—	—	—	5,0	29,0
Zollner T.600	17,0	34,0	—	—	—	25,0	17,0

* Valeur de la résistance totale atteinte après 60 minutes.

TABLEAU XIII.

Modèles des masques satisfaisant aux normes I.H.M.

Type de masques (en ordre alphabétique)	Pouvoir de rétention %			Gêne respiratoire en mm H ₂ O	
	après 30 min	après 60 min	après 90 min	Inspiration	Expiration
Auer Kollix 2620 (2625)	97,0	97,5	98,4	7,0	5,5
Bartels-Rieger	86,3	93,7	98,4	10,5	4,0
Brison 6 F.I. 14 couvre face S	90,6	91,7	94,0	7,0	2,8
Brison 7 LN « en forme » double paroi 5 couvre face S	94,3	95,2	96,1	5,0	2,4
couvre face GN à clapets collés	94,3	95,2	96,1	5,0	2,8
couvre face GN à clapets boutonnés	94,3	95,2	96,1	5,0	4,0
Brison 7 LN « en forme » double paroi 8,5 couvre face S	92,8	94,8	97,0	6,5	2,4
couvre face GN à clapets collés	92,8	94,8	97,0	6,5	2,8
couvre face GN à clapets boutonnés	92,8	94,8	97,0	6,5	4,0
Draeger 70-545	92,5	96,0	99,0	9,0	3,0
Draeger 99-545	92,5	96,0	99,0	13,0	3,5
Fernez	98,0	98,2	99,2	4,5	2,0
G.M.I.B.	91,4	93,3	96,0	7,0	5,0
N° 430 de Prévoyance Industrielle (Industrie de Protection)	93,8	97,3	98,2	7,5	2,5
S.F.A. 31-150 (modifié)	88,6	89,7	96,4	5,0	3,5

b. Etude de produits tensio-actifs mouillants.

On sait que devant le grand nombre de produits présentés sur le marché, l'Institut d'Hygiène des Mines a effectué un premier tri dont les résultats ont été exposés dans la Communication n° 95 (46) et l'activité au cours de l'année 1953 (33).

Dans un but de simplicité et d'homogénéité, la norme AM.95 édictée avait été conçue sur la base

des résultats fournis par les produits en présence d'eau distillée et de poussières charbonneuses standard.

On peut se demander si certains produits donneraient d'autres résultats au contact de différents corps contenus dans l'eau ou vis-à-vis d'autres poussières.

Un premier essai a été fait dans cette voie en étudiant les propriétés de trois « bons » mouillants

TABLEAU XIV.

Tensions superficielles de quelques solutions mouillantes (dynes/cm) (eaux différentes)

Mouillant	Eau	Concentration (% en poids)			
		0,01	0,02	0,05	0,1
Dumacène NP 77	distillée	34,4	32,2	31,6	31,4
	Houthalen 1	35,5	32,6	32,5*	32,4
	Houthalen 2	x	32,5	31,7	31,2
	Hasselt	x	32,3	31,4	31,7
Hoechst ST	dure 1 (400° Fr)	34,9	31,8	31,5	31,3
	distillée	40,7*	36,4	32,4	28,6
	Houthalen 2	x	x	28,6	27,6
	Hasselt	^	32,7	29,2	28,7
Fénopon C.R.	dure 1 (400° Fr)	32,2	30,6	28,4	28,1
	distillée	34,2	32,0	31,2	31,1
	dure 1 (400° Fr)	32,4	29,0	28,4	29,6
	dure 2 (200° Fr)	34,4	32,1	30,1	31,5
	alcaline (pH 9)	33,3	31,9	31,6	32,2

* Valeur lue sur la courbe.

x Concentration non étudiée.

TABLEAU XV.

Vitesses d'immersion de quelques solutions mouillantes (mg/sec) (eaux différentes).

Mouillant	Eau	Concentration (% en poids)		
		0,02	0,05	0,1
Dumacène NP 77	distillée	1,2	6,0	12,0
	Houthalen 1	2,6	6,3	9,3
	Houthalen 2	—	6,1	8,9
	Hasselt	—	6,5	9,4
Hoechst ST	dure 1 (400° Fr)	1,7	5,8	7,5
	distillée	—	1,0	5,7
	Houthalen 2	x	—	9,2
	Hasselt	—	5,0	9,4
Fénopon C.R.	dure 1	1,3	5,5	8,0
	distillée	2,4	9,1	10,0
	dure 1	2,1	6,8	9,9
	dure 2	2,2	4,9	6,0
	alcaline (pH 9)	2,6	6,0	8,1

— Mouillage incomplet.

x Concentration non étudiée.

en solution dans des eaux de composition différentes, naturelles ou préparées au laboratoire.

Les mesures de tensions superficielles et de vitesses d'immersion sont groupées aux tableaux XIV et XV. La composition de deux eaux naturelles, analysées en nos laboratoires, est donnée au tableau XVI.

Les vitesses d'immersion semblent plus influencées que les mesures à la balance de torsion. Malgré leur imprécision, elles attirent l'attention sur l'influence éventuelle que pourraient avoir certaines eaux disponibles dans les charbonnages. L'Institut d'Hygiène des Mines ne manquera pas d'approfondir cette étude.

TABLEAU XVI.

Analyse de deux eaux naturelles employées.

	Houthalen 2	Hasselt
pH	7,8	7,6
matières en suspension	0,20 g/l	—
résidu sec (filtrat)	7,84 g/l	0,450 g/l
ion chlore	4,05 g/l	0,040 g/l
ion sulfurique	0,286 g/l	—
ion calcium	0,049 g/l	0,097 g/l

2. — Ventilation et climatisation des mines profondes.

A. — Etude de la ventilation par analogie électrique.

a. — Pertes de charge de puits et galeries.

La résolution des premiers problèmes de ventilation minière nous a permis de constater que la documentation dont disposent les charbonnages pour l'évaluation des pertes de charge de divers types de travaux était relativement restreinte. Nous avons décidé de réaliser, lorsque l'occasion se présente, des mesures directes destinées à compléter nos renseignements dans le domaine des courbes caractéristiques aérodynamiques des galeries, puits d'extraction, puits intérieurs, tailles, etc.

De telles mesures de pertes de charge ont lieu aux Charbonnages de Houthalen, dans un bouveau général de retour d'air revêtu de claveaux et dans un burquin équipé d'un descenseur hélicoïdal.

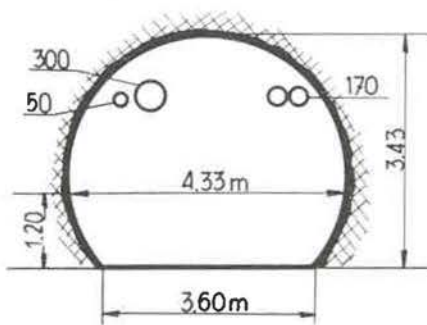


Fig. 21.

En ce qui concerne le bouveau, nous constatons que le coefficient de pertes de charge λ vaut 0,052, soit presque deux fois les valeurs usuellement admises pour les conduites cylindriques à parois lisses. Nous croyons pouvoir expliquer ce fait en remarquant que la galerie claveautée présente des irrégularités de section dues aux mouvements de terrain, de sorte que même ce type de revêtement s'écarte d'une paroi lisse; d'autre part, les tuyauteries d'eau et d'air comprimé qui encombraient la section (fig. 21) ont sur la rugosité de la paroi une influence relativement grande, surtout lorsqu'elles ne sont pas rigoureusement voisines des parois.

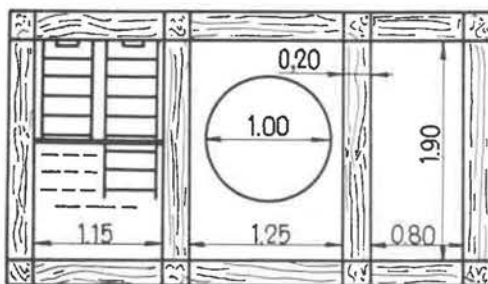


Fig. 22.

Les mesures effectuées dans un burquin équipé conformément à la figure 22 donnent comme coefficient de pertes de charge $\lambda = 0,059$, en supposant que la totalité de l'air passe par le compartiment

libre. Cette estimation, qui est d'ailleurs obtenue par défaut puisqu'on surestime le débit d'air correspondant, prouve qu'on aurait intérêt à munir le compartiment libre d'un revêtement lisse en planches.

b. — Résolution de problèmes de ventilation par analogie électrique.

Le tableau d'analogie électrique de l'Institut a été utilisé avec succès pour l'étude d'un problème d'aéragage fractionnaire. Suivant le schéma de la figure 23, une entrée d'air unique dessert trois quartiers I, II, III. Par suite de l'extension du quartier III, le plus éloigné, on a tout d'abord prévu pour ce quartier un retour d'air spécial à un étage supérieur. De ce fait, le retour d'air normal *a b* s'est trouvé dans une zone morte entre les ventilateurs *VII* et *VIII*. On a pu prévoir par l'analogie électrique que cette situation disparaîtrait lors de la mise du ventilateur *VIII* à son régime maximum, pour autant que l'orifice équivalent du quartier III ne s'agrandisse pas trop par l'ouverture de nouveaux travaux.

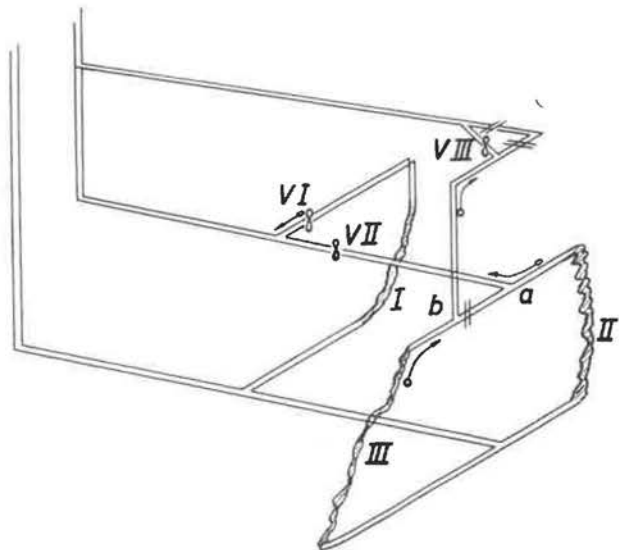


Fig. 23.

Cependant, cette mesure ne suffisait pas : aussi a-t-on envisagé d'installer dans le retour d'air des quartiers I et II un unique ventilateur plus puissant, qui pourrait reprendre aussi une partie du débit d'air venant du quartier III, par *b - a*. Il a été prouvé que cette méthode ne serait guère profitable au quartier III, la cause profonde en étant les pertes de charge de l'entrée d'air unique. Finalement, il a été décidé de dédoubler cette voie d'entrée.

L'analogie électrique a encore permis d'étudier les répercussions de l'arrêt de certains ventilateurs fractionnaires. Enfin, on a constaté que, placé au fond dans une galerie ressentant les mouvements de terrain dus à l'exploitation, un ventilateur ne donne comme dépression utile dans cette galerie qu'une faible partie de ce qu'indique sa caractéristique, par suite notamment du repassage au sas permettant le transport dans la galerie et autour du ventilateur lui-même.

B. — Installations de réfrigération des chantiers souterrains.

a. — Projet d'installations nouvelles.

Au cours de l'année 1954, l'Institut d'Hygiène des Mines, de concert avec les services intéressés des Charbonnages André Dumont, a entrepris l'étude d'une installation frigorifique de 2.500.000 frigories/heure destinée à climatiser l'étage le plus profond de cette mine. Il nous paraît intéressant de souligner ici quelques-uns des principes qui se sont dégagés de ces travaux, à la suite desquels le schéma de la figure 24 a été adopté pour cette installation frigorifique.

1. A égalité des températures d'évaporation et de condensation, on ne peut départager es compresseurs centrifuges des machines à piston, au point de vue du rendement; les uns et les autres permet-

tent de réaliser une production frigorifique spécifique de l'ordre de ... 65 ... 70 % de celle correspondant à un cycle de Carnot. D'une façon générale, d'autres considérations (prix, encombrement, entretien) donnent un léger avantage aux machines centrifuges pour les très fortes puissances, de l'ordre du million de frigories/heure et plus. Mais les unités constitutives des centrales frigorifiques minières ont généralement une capacité un peu moindre. En conclusion, aucun des deux types de machines ne présente sur l'autre un avantage marqué.

2. Les surfaces d'échange des condenseurs et évaporateurs doivent être calculées plus largement que dans les installations courantes, où des écarts d'environ 10° C entre fluides sont usuels. Nous avons constaté que le supplément de prix nécessaire pour ramener à 4 ... 5° C l'écart moyen de température entre le fluide frigorigène et l'agent frigorifère dans

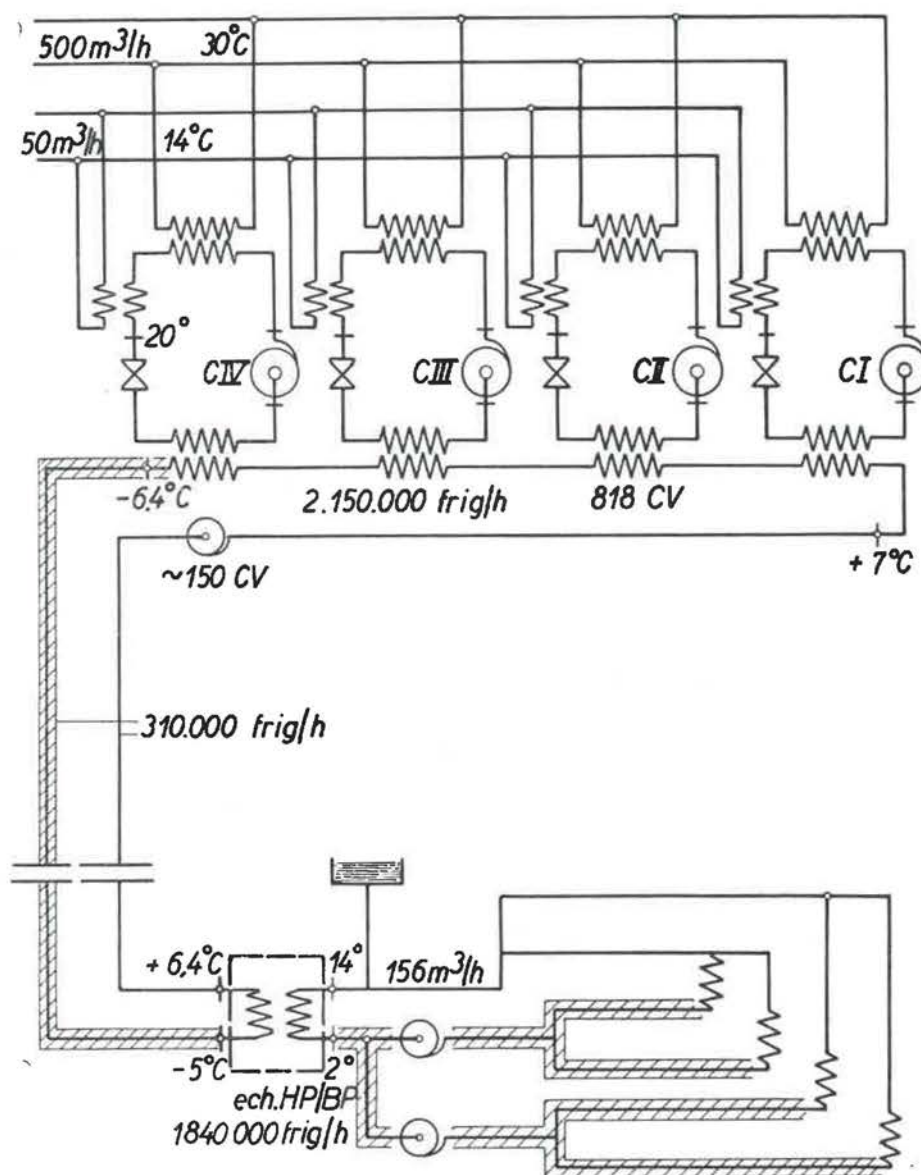


Fig. 24.

les évaporateurs, était amorti en un ou deux ans par l'économie de force motrice correspondante. Du côté des condenseurs, il convient de même d'adopter un écart moyen de température de l'ordre de 7° C entre les deux fluides.

3. Lorsqu'on dispose de quantités limitées d'eau froide, il est possible d'accroître sensiblement le rendement de l'installation frigorifique en effectuant avec cette eau un sous-refroidissement du fluide frigorigène condensé. Si l'eau disponible pour la condensation est de 30° C et qu'on dispose d'autre part d'eau à 14° C, le sous-refroidissement jusqu'à 20° C sera possible moyennant un échangeur très restreint et le rendement de l'installation sera augmenté de 10 % environ. Cette eau peut également être utilisée pour assurer la condensation d'une unité de faible capacité, mais le bénéfice réalisé est moindre et l'installation comprendra alors des unités de puissances différentes, ce qui est désavantageux.

4. Le nombre optimum d'unités assurant successivement le refroidissement du fluide frigorigère suivant le schéma de la figure 24 dépend de diverses considérations pratiques, notamment la sécurité d'exploitation, les facilités d'entretien et les fluctuations plus ou moins considérables des besoins de froid.

La tendance actuelle est de réduire le nombre d'étages (2 ou 3 au lieu de 4), ce qui est d'ailleurs sans conséquence importante sur le rendement lorsque le débit du fluide frigorigère est choisi très élevé.

5. Un point important soulevé par les installations frigorifiques minières est le choix entre la solution comportant au fond de la mine un échangeur de chaleur avec circuit primaire de saumure haute pression et circuit secondaire d'eau douce basse pression et celle prévoyant l'installation d'un groupe turbine Pelton et pompe d'exhaure. La comparaison a été poussée en détail et les résultats en seront publiés dans une communication au Congrès International du Froid en 1955.

b. — Amélioration d'installations existantes.

En dehors de l'étude des installations frigorifiques, la climatisation des mines pose encore d'autres problèmes, spécialement en ce qui concerne la distribution de froid dans les chantiers. Au cours de l'année écoulée, l'Institut a procédé à plusieurs relevés de température dans une taille réfrigérée à l'étage de 1.040 m des Charbonnages André Dumont. Au pied de cette taille est disposé un échangeur-refroidisseur alimenté en eau froide par une installation schématisée à la figure 25.



Fig. 25.

A titre d'exemple, nous donnons à la figure 26 les courbes de températures sèche et humide que l'on obtient le long de la taille pour une production de l'ordre de 300 tonnes par jour et un débit d'air de 10 m³/sec. Comme on le voit, cette méthode de réfrigération est efficace pour les valeurs indiquées de la production et de l'aérage. Toutefois, si l'on devait pousser la production et si l'on ne disposait pas de débits d'air aussi importants, il se pourrait que la température soit beaucoup moins

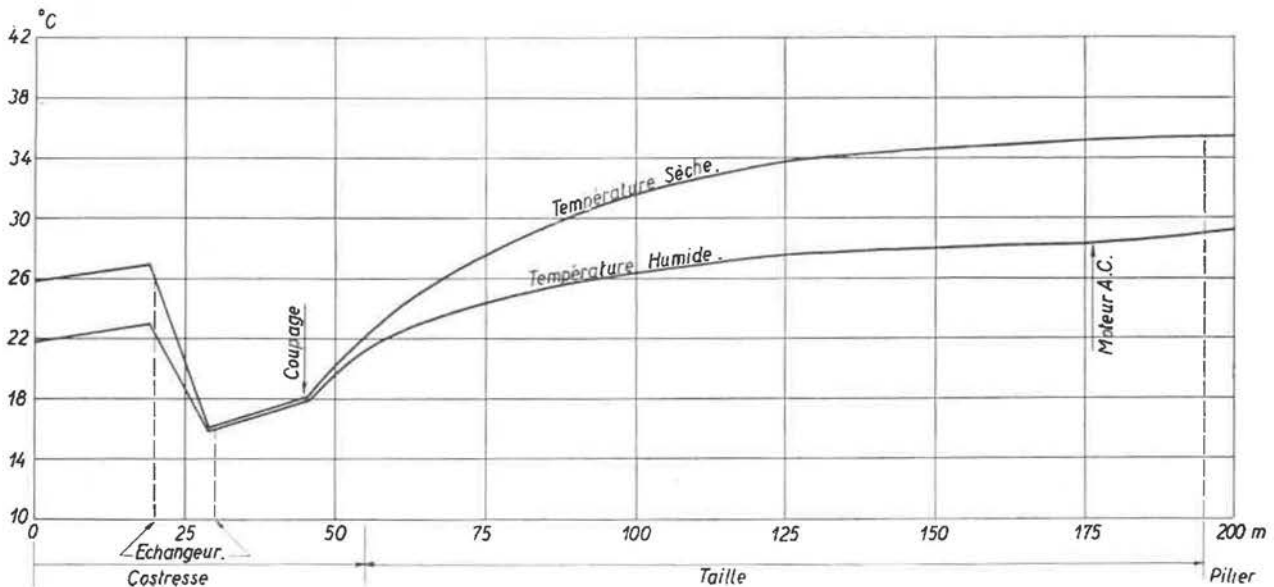


Fig. 26.

uniforme le long du front d'abattage. Le seul remède à cette situation consiste bien entendu à répartir davantage l'action de réfrigération et de séchage actuellement concentrée au pied de la taille. C'est pourquoi l'étude d'engins réfrigérants supplémentaires, à installer le long du front et à déplacer chaque jour, a été entreprise. Seule, une expérimentation comparative permettra de dégager le système présentant le minimum d'inconvénients pour une efficacité déterminée.

c. — Réfrigération des travaux préparatoires.

Le problème de la réfrigération des travaux préparatoires ventilés par canars soufflants a reçu une solution très élégante par l'insertion dans la file de canars d'un échangeur eau-air, comme le montre la figure 27. L'air sortant de l'appareil se surchauffe

ble de produire 3.600.000 frigories/heure et destinée, dans son premier stade de fonctionnement, à refroidir l'air de ventilation avant sa descente dans la mine. Cette conception se justifie pleinement du fait qu'il n'existe qu'un seul niveau d'entrée d'air, à 1.350 m, et que la mine est sèche dans son ensemble. Nous avons aussi publié les conclusions fondamentales se dégageant des essais de réception des machines que nous avons effectués en 1953.

Cette année, nous avons entrepris de mettre en évidence les répercussions de ce premier stade de réfrigération sur le dégagement calorifique global de la mine et des terrains en particulier.

Pour ce faire, nous avons dû comparer les résultats de deux vastes campagnes de mesures entre-

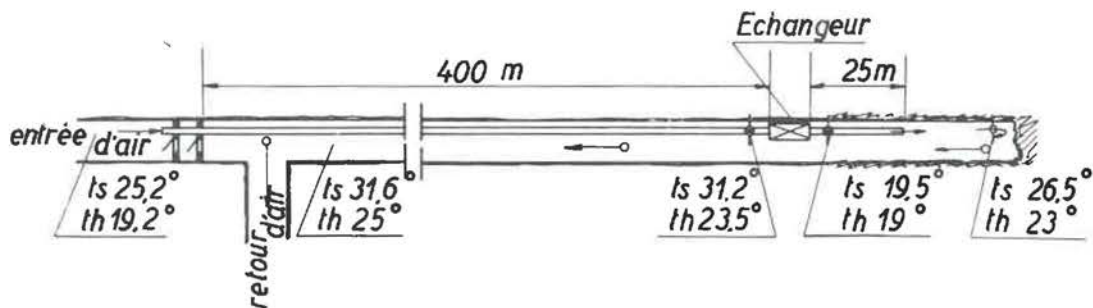


Fig. 27.

notablement avant son arrivée à front, puisque sa température sèche remonte de 19,5° C à 26,5° C et sa température humide de 19° C à 23° C. Cependant, le climat à front se trouve très nettement amélioré, car antérieurement à l'installation de l'échangeur, on y avait couramment relevé des températures sèche de 36° C et humide de 30° C. Ce fait s'explique aisément si l'on veut bien songer que l'échangeur a eu pour effet principal de condenser l'humidité de l'air et que l'échauffement dans les canars en aval de l'appareil s'est produit sans apport nouveau d'humidité. On parvient ainsi à souffler à front de l'air très sec, mais pas très froid, ce qui y crée un climat très supportable, sinon agréable.

Il est évident que le même effet pourrait être obtenu en taille si l'on y installait une file de canars ou un ventube insufflant au tiers supérieur de l'air ayant été traité par le réfrigérant du pied de taille.

C. — Travaux dans le domaine de la thermique minière.

a. — Bilan thermique du siège n° 2 des Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis, à Quaregnon.

Nous avons décrit précédemment (35) (51) l'installation frigorifique desdits charbonnages, capa-

prises en 1950-1951 (avant climatisation) et en 1953-1954 (pendant climatisation). Ces mesures ont été faites aux trois postes à intervalles de 4 semaines et ont consisté à relever en une dizaine d'endroits de la mine les températures sèche et humide, la pression barométrique, le débit d'air ... On a noté également les dépressions des ventilateurs, la quantité d'air comprimé utilisée poste par poste et ses caractéristiques thermiques, le nombre de cordées des cages d'extraction, la production brute et nette de charbon, le tonnage de pierres remonté, les quantités de gazoil consommé, ...

Il est encore trop tôt pour pouvoir préciser l'évolution du refroidissement des terrains mois par mois puisque nos derniers relevés datent de novembre 1954; nous pouvons néanmoins donner provisoirement quelques valeurs résultant de moyennes annuelles.

En premier lieu, nous donnons à la figure 28, les quantités moyennes mensuelles de frigories cédées à l'air de ventilation en surface depuis mai 1952 jusque décembre 1954. Dans les tableaux XVII et XVIII, nous comparons l'état moyen du puits en 1950-1951 et 1953-1954 (moyenne résultant de 225 séries de mesures à l'entrée et au fond du puits) et les principaux résultats des mesures faites dans l'étage d'extraction 1.350-1.250 (communications entre puits et ventilateurs exclus).

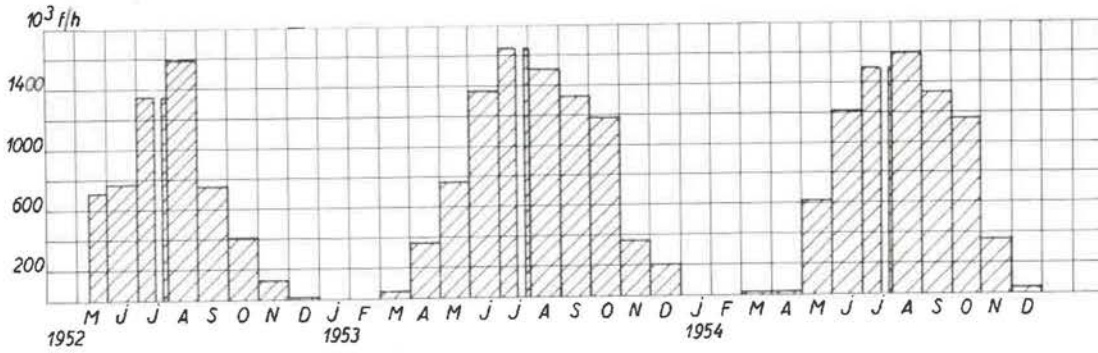


Fig. 28.

TABLEAU XVII.
Puits d'entrée d'air.

	1950-1951	1953-1954
Débit d'air moyen pondéré (kg/sec)	92,6	108,3
Frigories cédées à l'air de ventilation en surface (pendant la période de référence) (kcal/h)	—	—648.570
Chaleur correspondante à l'auto-compression de l'air (kcal/h)	1.046.420	1.200.670
Chaleur cédée par la conduite d'air comprimé (kcal/h)	70.060	96.950
Chaleur totale cédée par les terrains, le transport, l'oxydation des produits (kcal/h)	79.840	412.000
Enthalpie moyenne de l'air à l'envoyage 1.350 (kcal/kg)	9,935	8,607
Humidité absolue moyenne de l'air à l'envoyage 1.350 (g/kg)	7,92	6,79

TABLEAU XVIII.
Etage 1.350 - 1.230.

	1950-1951	1953-1954
Personnel total de la mine (fond)	1.070	1.124
Production charbon brut (tonnes)	1.344	1.782
Chaleur apportée par l'ensemble de toutes les causes (terrains, transport, oxydation, locomotives, personnel) (kcal/h)	2.441.830	3.227.820
Chaleur dégagée par les locomotives Diesel (kcal/h)	38.110	48.240
Chaleur due au métabolisme des ouvriers (kcal/h)	85.250	90.250
Quantité d'eau évaporée (tous phénomènes compris) (g/h)	2.077.520	2.214.950
Enthalpie moyenne de l'air du retour général (kcal/kg)	18,232	17,091
Humidité absolue moyenne de l'air du retour général (g/kg)	15,00	12,57
Dégagement de chaleur rapporté à la tonne de charbon brut (kcal/h.t)	1.817	1.811
Dégagement de vapeur d'eau rapporté à la tonne de charbon brut (g/h.t)	1.546	1.243

Le fait que l'apport calorifique par tonne extraite n'ait pas changé mérite quelques commentaires. Remarquons tout d'abord que cet apport ne constitue qu'un des facteurs du climat dans la mine, et que réciproquement ce climat ne constitue qu'un des facteurs déterminant l'apport de calories dans le courant d'air. On peut cependant considérer un diagramme où l'on porte en abscisse la production quotidienne P et en ordonnées le dégagement calorifique Q correspondant déterminé sur une période assez longue pour qu'on puisse négliger les variations climatiques

journalières (fig. 29). Dans ce diagramme, on peut tracer des courbes représentant l'apport calorifique en fonction de la production, pour des valeurs constantes de différents autres facteurs, et notamment la température moyenne de l'air à l'entrée de la mine t_e : ce tracé conduirait à deux courbes a et b que l'on obtiendrait pour des températures $t_{e,1}$ et $t_{e,2}$ différentes. Ces différents paramètres déterminent la position des points A et B dans le diagramme et le fait que le nombre de kcal/tonne extraite soit resté constant implique simplement que les deux points sont si-

tués sur une même radiante issue de l'origine, et pour laquelle on aurait

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Q_1}{P_1} = \frac{Q_2}{P_2}$$

Quant à l'allure des courbes $t_e = \text{constante}$, elle reste à déterminer; nous n'avons pas encore suffisamment de données pour la connaître. Il sera même difficile d'avoir à cet égard des valeurs suffisantes

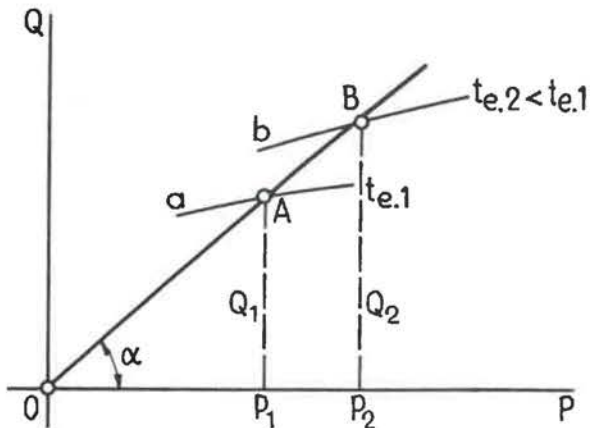


Fig. 29.

à l'avenir. Elle dépend en effet du débit d'air et elle peut être influencée par la distribution nouvelle des travaux que la progression naturelle de l'exploitation implique inéluctablement.

b. — Influence du transport sur l'échauffement de l'air de ventilation d'un chantier.

Vers la fin de l'année, des circonstances favorables se sont présentées aux Charbonnages de Gosson, La Haye et Horloz Réunis pour nous permettre de déterminer l'influence du transport sur l'échauffement de l'air de ventilation d'un chantier et de calculer l'apport calorifique dû aux terrains d'une voie de chantier en progression. Le premier point de cette étude a eu un commencement d'exécution et se poursuit; le second point, nécessitant l'introduction dans les terrains d'une vingtaine de thermocouples, est en préparation.

Dans un chantier à faible pente, représenté schématiquement à la figure 30, avec aéraage ascensionnel, on a renversé le sens de l'évacuation des produits dans la taille pour des raisons d'exploitation, notamment pour une plus grande concentration du transport général.

Des premières mesures de températures sèche et humide, de pression barométrique en tête de taille, au pied de taille, à l'entrée du passément, ... des relevés de débits d'air dans les voies inférieure et supérieure, nous avons pu déduire que l'apport calorifique global (dû aux terrains, au transporteur, au refroidissement des produits), qui était de 116.880 kcal/h pendant le poste d'abattage pour une évacuation de 285 tonnes sur 400 m de courroies (67 kW) a été ramené dans la voie inférieure à 60.930 kcal/h après suppression du transport et avec un débit d'air réduit de 22 % en poids.

Nous avons également trouvé que dans la taille, de 160 m de longueur, l'apport calorifique exprimé en kcal/h et ramené à une production de 340 tonnes, s'élève à environ 108.000 kcal/h lorsque l'évacuation des produits par courroie et le déplacement de l'air se font dans le même sens, alors que l'on obtient 148.000 kcal/h si l'évacuation et la ventilation se font à contre-courant.

Les essais se poursuivront durant l'année 1955.

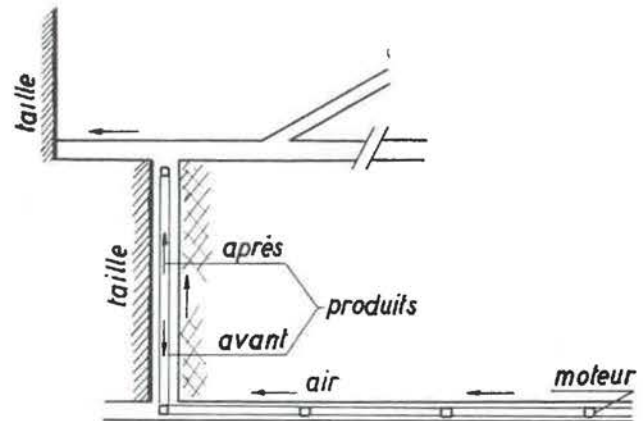


Fig. 30.

3. — Eclairage minier.

Les études entreprises en 1953 concernant la visibilité dans les mines ont été menées à bonne fin.

Rappelons qu'après avoir examiné comment, dans l'état actuel de la technique, évolue l'éclairage subi par l'œil du travailleur dans la mine, nous nous étions proposé de mesurer de façon conventionnelle la visibilité dans ces conditions.

Ces mesures ont été effectuées en deux stades. Dans un premier, on s'est efforcé de mesurer l'influence sur la visibilité de divers facteurs physiques, tout spécialement l'éclairage sur le plan de l'objet examiné et la brillance d'une source lumineuse vue simultanément. Les expériences correspondantes ont été réalisées dans l'infirmerie des Charbonnages de Limbourg-Meuse, spécialement aménagée à cet effet, et avec le concours de mineurs de diverses qualifications.

Dans une deuxième série d'expériences, les facteurs physiques ont été maintenus constants et l'on a, au contraire, diversifié les tâches sur la base desquelles la visibilité était appréciée. La comparaison de ces tâches a été effectuée par les mêmes ouvriers avant la remonte, dans un nouveau voisin du puits.

L'Institut d'Hygiène des Mines avait entrepris ces recherches à la demande de la Commission d'Eclairage de Mines du Comité National Belge de l'Eclairage; il en communiquera les conclusions au Congrès International de l'Eclairage de Zürich, en juin 1955. Ces conclusions soulignent l'importance du facteur éblouissement; si ce facteur est suffisamment maîtrisé, le niveau général de l'éclairage ne doit pas être très élevé pour permettre une bonne visibilité.

III. — ENQUÊTES, DOCUMENTATION, CONFÉRENCES

Poursuivant son effort entrepris l'année précédente en vue de mieux faire connaître l'Institut dans les milieux charbonniers belges, les Associations Charbonnières ont encore demandé à divers charbonnages d'organiser des visites guidées à l'Institut pour les Comités de Sécurité et d'Hygiène et pour les membres de leurs Conseils d'Entreprises. D'autre part, certains charbonnages ont également envoyé leurs ingénieurs à Hasselt, afin de les familiariser avec les divers moyens de lutte contre les poussières. Dans le même ordre d'idées, le Directeur et les ingénieurs de l'Institut ont pris la parole au siège même de certaines associations où ils firent des exposés sur l'activité technique de notre organisme. Notons aussi que les élèves de différentes écoles de mines belges, ainsi que ceux de l'École Centrale de Paris, ont passé une journée d'études à Hasselt. Nous avons cité plus haut les journées d'études organisées à Hasselt et à Charleroi pour les médecins embaucheurs, au cours desquelles furent spécialement traités les problèmes de l'ankylostomiase.

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

Le Dr. Van Mechelen a participé aux Journées Lilloises de la Ligue française contre le Rhumatisme. Ces journées étaient spécialement consacrées à l'étude des affections rhumatismales chez les ouvriers mineurs. Nous avons déjà fait mention des interventions de notre Médecin en Chef au cours de ces conférences.

Le Dr. Van Mechelen et le Dr. Lavenne ont assisté au XI^e Congrès International de Médecine du Travail, qui s'est tenu à Naples en septembre dernier. Le Dr. Lavenne y a présenté trois communications. Nous avons mentionné plus haut les deux premières intitulées respectivement : « Recherches sur la pneumoconstriction après le travail et sur la pneumodilatation par aérosols chez les houilleurs » (52) et « Expériences d'entraînement aux hautes températures » (53). La troisième envisageait l'incidence des affections cardio-vasculaires chez les houilleurs (54). A l'occasion de ce congrès, le Dr. Lavenne a été nommé membre de la délégation belge à la Commission internationale permanente pour la Médecine du Travail.

Enfin, le Directeur et les Dr. Van Mechelen et Lavenne ont assisté aux Journées de Pathologie Minière organisées par les Charbonnages de France à Paris et à Douai. Le Dr. Lavenne a été nommé rapporteur d'une des sections de ces journées d'études. Le Dr. Van Mechelen a publié un rapport sur ces conférences dans le Bulletin de Documentation Médicale n° 23.

Au point de vue technique, le Directeur a assisté à la Journée du Dépoussiérage des Fumées et Gaz Industriels, à Paris.

Il a également assumé la présidence de la Section « Mines et Minerais » du 1^{er} Congrès Mondial de la Détergence, qui s'est tenu dans cette même ville. M. Degueldre, ingénieur à l'Institut, y a

présenté une communication sur l'utilisation des produits mouillants dans la lutte contre les poussières dans les charbonnages.

Le Directeur et M. Patigny ont encore participé à Strasbourg aux travaux de la section s'occupant des poussières dans le cadre du Congrès organisé par l'Institut National Français de Sécurité pour la Prévention des Accidents du Travail et des Maladies Professionnelles. Cette section s'est tout spécialement occupée de la discussion des appareils de prélèvements de poussières.

L'Institut d'Hygiène des Mines a continué à entretenir des relations suivies avec les centres de recherches étrangers s'occupant spécialement de la lutte contre les poussières et des problèmes posés par les pneumoconioses, notamment avec les chercheurs néerlandais, le Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France, le Silikose-Forschungsinstitut de Bochum et le Hauptstelle für Staub- und Silikosebekämpfung d'Essen.

Enfin, la Division des Problèmes du Travail dépendant de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier a créé un pool de documentation s'occupant tout spécialement des problèmes des pneumoconioses. L'Institut d'Hygiène des Mines y représente la Belgique et échange régulièrement les analyses de tous les articles parus dans la presse mondiale à ce sujet avec les autres centres d'études des pays de la Communauté. Cette même Division des Problèmes du Travail a également confié au Dr. Lavenne une mission d'information scientifique en Grande-Bretagne. Elle l'a chargé de recueillir des renseignements sur une très vaste enquête qui doit durer 10 ans, entreprise simultanément dans 20 houillères britanniques (20 pits scheme) et visant à étudier l'incidence des pneumoconioses. Avec le Dr. Ing. Landwehr, Directeur de la Section Technique du Silikose-Forschungsinstitut de Bochum, qui l'accompagnait, le Dr. Lavenne a eu des entretiens à Londres avec les représentants du Ministry of Fuel and Power et du National Coal Board et, à Cardiff, avec les membres du Pneumoconiosis Research Unit.

L'Institut d'Hygiène des Mines a continué à publier ses Bulletins de Documentation Médicale et Technique. Nous avons ainsi sorti 3 Bulletins Médicaux résumant 33 articles et 3 Bulletins Techniques renfermant 30 études relatives à des problèmes intéressant l'activité de notre organisme.

A l'étranger, certaines revues ont repris des études signées par les ingénieurs et médecins de l'Institut. Nous notons en Grande-Bretagne le mémoire du Directeur « Cooling plants for underground workings in Belgium » (55) ; en France, le travail du Dr. Lavenne « Prédiction du volume pulmonaire résiduel à partir de mensurations thoraciques et radiologiques » (56) et au Canada, l'article « Institute of Mining Hygiene » publié dans « Occupational Health Review » (57).

Comme chaque année, l'Institut a rassemblé des renseignements concernant l'évolution des moyens de

TABLEAU XIX.
Développement des tailles auxquelles sont appliqués régulièrement des traitements humides
Situation les 1^{er} janvier 1954 et 1^{er} janvier 1955.

Bassins administratifs	Campine		Liège		Charleroi		Centre		Mons		Ensemble	
	1954	1955	1954	1955	1954	1955	1954	1955	1954	1955	1954	1955
Longueur de fronts déhouillés (m)	19.695	19.614	25.298	23.290	34.598	32.791	14.497	12.590	15.688	14.627	109.776	102.912
I. Traitements appliqués au point de formation des poussières.												
1. Arrosage des fronts	3.788	4.636	150	600	1.065	1.732	598	520	140	1.135	5.741	8.623
2. Injection d'eau en veine	6.786	5.828	860	295	583	1.221	1.978	902	1.563	1.543	11.770	9.789
3. Havage humide	3.448	2.835	440	470	—	—	100	—	—	280	3.988	3.585
4. Emploi de piqueurs à pulvérisation	5.279	5.039	1.810	3.460	3.027	4.625	2.372	2.188	568	814	13.056	16.126
	19.301	18.338	3.260	4.825	4.675	7.578	5.048	3.610	2.271	3.772	34.555 soit 31,5 %	58.123 soit 37,0 %
II. Moyens de lutte appliqués en tailles contre les poussières en suspension dans l'air.												
1. Pulvérisateurs au dessus des engins de transport	183	—	1.520	2.281	4.650	7.291	2.592	2.751	1.549	1.904	10.494	14.227
2. Pulvérisateurs en dehors des transporteurs	2.894	1.699	470	—	700	624	80	1.078	1.850	254	5.994	3.655
	3.077	1.699	1.990	2.281	5.350	7.915	2.672	3.829	3.399	2.158	16.488 soit 15 %	17.882 soit 17,4 %
III. Longueur des fronts traités par plusieurs procédés à la fois :												
traitement I	2.500	3.414	—	830	—	—	—	—	—	280	2.500	4.524
traitements I et II	2.600	1.699	—	—	—	1.575	—	520	—	—	2.600	3.794
	5.100	5.113	—	830	—	1.575	—	520	—	280	5.100 soit 4,6 %	8.318 soit 8,1 %
IV. Fronts naturellement humides.												
	1.700	2.359*	4.471	4.910	5.500	6.598	1.750	1.480	1.311	1.553	14.202 soit 12,9 %	16.900 soit 16,4 %

* Le nombre de chantiers proches des morts terrains aquifères a sensiblement augmenté.

lutte contre les poussières dans l'ensemble des charbonnages belges. Le tableau XIX donne un aperçu de la situation au 1^{er} janvier 1953. Le commentaire de ces statistiques paraîtra dans une de nos prochaines Communications.

Signalons enfin que la Classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique nous a accordé une récompense sur le fonds Agathon De Potter pour les travaux entrepris par l'Institut d'Hygiène des Mines sur la climatisation des chantiers miniers.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Problèmes médicaux soulevés par le travail aux températures élevées. 1^{re} partie : Les indices de prédiction du comportement humain aux hautes températures. — F. LAVENNE. - Communication n° 115 de l'Institut d'Hygiène des Mines, février 1954, 18 p.
- (2) Problèmes médicaux soulevés par le travail aux températures élevées. 2^e partie : Etat cardiaque et circulatoire de mineurs ayant travaillé durant au moins 5 ans aux hautes températures. — F. LAVENNE et D. BELAYEW. - Communication n° 117 de l'Institut d'Hygiène des Mines, mai 1954, 24 p.
- (3) Problèmes médicaux soulevés par le travail aux températures élevées. 3^e partie : Entraînement des sauveteurs aux hautes températures. — F. LAVENNE et D. BELAYEW. - Communication n° 123 de l'Institut d'Hygiène des Mines, décembre 1954, 35 p.
- (4) The prediction of the physiological effects of warm and hot environments. — B. Mac ARDLE, W. DUNHAM, H.E. HOLLING, W.S.S. LADELL, J.W. SCOTT, M.L. THOMSON et J.S. WEINER. - Medical Research Council, Report to the Royal Naval Personnel Research Committee, 47/391, 1947, London H.M.S.O.
- (5) Environmental warmth and its measurement. — T. BEDFORD. - Medical Research Council, War Memorandum n° 17, 1946, 40 p, London, H.M.S.O.
- (6) La chaleur animale. — A. MISSENERD. - Paris, Presses Universitaires de France, 1946, 128 p.
- (7) Travail dans les milieux à hautes températures. Que savons-nous des limites de températures humainement supportables ? — R. BIDLOT et P. LEDENT. - Communication n° 28 de l'Institut d'Hygiène des Mines, 1947, 14 p.
- (8) Examination of heat stress indices. Usefulness of such indices for proceeding responses of African mine laborers. — C.H. WYNDHAM, W. VAN DER MERWE BOUWER, H.F. PATERSON et M.G. DEVINE. - Arch. of Indust. Hyg. and Occup. Medicine, 1953, 7, 221-233.
- (9) Physiology of man in the desert. — E.F. ADOLPH. - New York, Interscience Publishers, 1947, 357 p.
- (10) Heat stroke and heat exhaustion in Iraq. — J.C. WATERLOW. - Brit. Med. Bull., 1947, 5, 3-4.
- (11) Effects on man of high temperatures — with special reference to the work of the Heat Physiology Team at the National Hospital. — W.S.S. LADELL. - Brit. Med. Bull., 1947, 5, 5-8.
- (12) Effects of a tropical climate on men in warships. — F.P. ELLIS. - Brit. Med. Bull., 1947, 5, 13-19.
- (13) An experimental investigation of the effects of high temperatures on the efficiency of workers in deep mines. — E. CAPLAN et J.K. LINDSAY. - Bulletin of the Institution of Mining and Metallurgy, 1946, n° 480, 1-30.
- (14) Ce que les charbonnages belges ont fait pour améliorer le climat souterrain. — A. HOUBERECHTS. - Annales des Mines de Belgique, 1953, 52, 596-601.
- (15) Performance in relation to environmental temperature. — L.W. EICHNA, W.B. BEAN, W.F. ASHE et N. NELSON. - Bull. of the J. Hopkins Hospital (Baltimore), 1945, 76, 25-58.
- (16) The effects of environmental heat. — G.O. HORNE. - Edinburgh Medical Journal, 1954, 61, 349-366.
- (17) Practical aspects of recent physiological studies in Witwatersrand gold mines. — C.H. WYNDHAM, W. VAN DER MERWE BOUWER, H.F. PATERSON et M.G. DEVINE. - J. Chem. Metall. and Min. Soc. of S. Africa, 1953, 53, 287-306 et 1954, 55, 58-60.
- (18) Les ankylostomes et l'ankylostomiase. Notes prises au cours d'une conférence faite par le Dr. Brutsaert. Communication n° 119 de l'Institut d'Hygiène des Mines, août 1954, 19 p.
- (19) L'ankylostomiase des Mineurs. Observation de 25 cas et résultats thérapeutiques. — R. RENOIRTE. - Communication n° 120 de l'Institut d'Hygiène des Mines, Septembre 1954, 10 p.
- (20) Erhebungen über Rheumatismus bei Untertagebergleuten einer Steinkohlenscheue des Ruhrgebietes. — R. ARNOLD. - Arch. f. Hyg. u. Bakt., 1955, 137, 568-596.
- (21) Rheumatism in miners. Part. I : Rheumatic complaints. — J.S. LAWRENCE et J. AITKEN-SWAN. - Brit. J. of Indust. Med., 1952, 9, 1-18.
- (22) Les rhumatismes chroniques chez les houilleurs belges. Le syndrome de Caplan. — V. VAN MECHELEN. - Arch. Mal. Profess., 1954, 15, 525-530.
- (23) Un cas de panarthrite engageante. — E. COLINET. - Acta Physiother. et Rheumatol. Belgica, 1950, 6, 185-188.
- (24) Polyarthrite chronique évolutive et silicose pulmonaire. — E. COLINET. Acta Physiother. et Rheumatol. Belgica, 1953, 8, 37-41.
- (25) Certain unusual radiological appearances in the chest of coalminers suffering from rheumatoid arthritis. — A. CAPLAN. - Thorax, 1953, 8, 29-37.
- (26) Nocivité des empoussiérages dans les chantiers d'abattage de charbon. — A. HOUBERECHTS, G. DEGUELDRE et F. LAVENNE. - Communication n° 118 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juin 1954, 42 p.
- (27) The action of flint of variable size injected at constant weight and constant surface into the lungs of rats. — E.J. KING, G.P. MOHANTY, C.V. HARRISON et G. NAGELSMIDT. - Brit. J. of Indust. Med., 1953, 10, 76-92.
- (28) Règles analytiques qui doivent régir l'évaluation de l'exposition aux poussières. — T.F. HATCH. - Compte rendu des travaux de la 3^e Conférence internationale d'Experts en pneumoconioses (Sydney 1950) B.I.T., Genève 1953, 2, 84-100.
- (29) Problème de la pneumoconologie. — A.J. VORWALD. - Compte rendu des travaux de la 3^e Conférence internationale d'Experts en pneumoconioses (Sydney 1950) B.I.T., Genève 1953, 2, 1-17.

- (30) Elektronenmikroskopische Untersuchung von Staüben, Methoden und Ergebnisse. — W. WALKENHORST. - Beiträge zur Silikose-Forschung, 1952, Heft 18, 27-62.
- (31) Etude au microscope électronique des poussières de houille renfermées dans les poumons des mineurs au charbon. — A. POLICARD, A. COLLET, L. GILTAIRE-RALYTE. - Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 1953, 236, 1458-1460.
- (32) Essai d'indice coniotique. — J.J. JARDY, A. AVY, E. BALGAIRIES et E. QUINOT. - Revue Médicale Minière, 1953, n° 23, 3-24.
- (33) Activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1953. — A. HOUBERECHTS. - Annales des Mines de Belgique, 1954, 53, 297-327.
- (34) Assessing Airborne Dust. The P.R.U. Hand-pump Outfit. — H.H. WATSON, R.F. HOUNAM. - The Colliery Guardian, 1948, 176, 447-450.
- (35) Airborne Dust. Correlation of Thermal Precipitator with P.R.U. Hand-pump. — D.M.J. CATCHPOLE, R.E. GREENHAM, E. WHITE. - The Colliery Guardian, 1952, 185, 792-796.
- (36) Hand-pump Sampling in Coal Dust Clouds: Optical Density Method. — J.G. DAWES. - Ministry of Fuel and Power. Safety in Mine Research Establishment. Research Report n° 83.
- (37) Etude de la P.R.U. Hand-pump et du P.R.U. Densitometer. — J. PATIGNY et S. CARTIGNY. - Communication n° 122 de l'Institut d'Hygiène des Mines, novembre 1954, 56 p.
- (38) Densitometric Evaluation of Coal Dust Stains on Filter Paper. — J.G. DAWES. - Brit. J. Appl. Phys., 1954, June, 221-224.
- (39) Differential Thermal Analysis of Quartz. — L.H. BERKELHAMER. - Bureau of Mines. Report of Investigation n° 3763, 1944, July.
- (40) Propriétés et classification des charbons belges. — J. VENTER et L. COPPENS. - Bulletin Technique « Houille et Dérivés », 1950, juillet, 1-33.
- (41) Etude du midget-scrubber D. 18. — J. PATIGNY et S. CARTIGNY. - Communication n° 115 de l'Institut d'Hygiène des Mines, décembre 1953, 54 p.
- (42) Méthode de dosage de la silice libre dans les poussières atmosphériques, utilisée par le P.R.U. du Medical Research Council. Bulletin de Documentation Technique n° 7 de l'Institut d'Hygiène des Mines, novembre 1948, 10-12.
- (43) Examen psammographique de quelques matériaux argileux. — E. OCCELLA. - La Medicina del Lavoro, 1954, 45, 721-728.
- (44) Essais d'un décaleur anti-poussières pour marteau-piqueur aux Charbonnages de Houthalen. — A. HOUBERECHTS et G. DEGUELDRE. - Communication n° 108 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juin 1953, 14 p.
- (45) Diminution de l'empoussiérage dans les chantiers d'abatage et les voies d'entrée d'air par l'emploi de pulvérisateurs en taille. Résultats de l'enquête menée par l'Institut d'Hygiène des Mines sur l'efficacité des pulvérisateurs utilisés dans les charbonnages belges. — A. HOUBERECHTS et G. DEGUELDRE. - Communication n° 100 de l'Institut d'Hygiène des Mines, novembre 1952, 17 p.
- (46) 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.
- (47) Abattage à l'explosif dans la couche « Veine de 0,90 » au siège de Crachet-Piquery. — J.P. TAHON. - Explosifs, 1954, n° 2, 43-50.
- (48) Injection d'eau dans les couches de charbon au moyen d'explosif. — E. DEMELENNE. - Annales des Mines de Belgique, 1953, 52, 56-59.
- (49) Essais de masques anti-poussières, 1^{re} série. — A. HOUBERECHTS et G. DEGUELDRE. - Communication n° 110 de l'Institut d'Hygiène des Mines, octobre 1953, 8 p.
- (50) Essais de masques anti-poussières, 2^e série. — A. HOUBERECHTS et G. DEGUELDRE. - Communication n° 111 et Addenda, de l'Institut d'Hygiène des Mines, octobre 1953, 9 p.
- (51) L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1952. — A. HOUBERECHTS. - Annales des Mines de Belgique, 1953, 52, 325-360.
- (52) Recherches sur la pneumoconstriction après le travail et sur la pneumodilatation par aérosols chez les houilleurs. — F. LAVENNE, E. GIELEN et J. PESTIAUX. - Communications du XI^e Congrès International de Médecine du Travail, Naples 13-19 septembre 1954, Napoli, Istituto di Medicina del Lavoro, 80-81.
- (53) Expériences d'entraînement aux hautes températures. — F. LAVENNE et D. BELAYEW. - Communications du XI^e Congrès International de Médecine du Travail, Naples 13-19 septembre 1954, Napoli, Istituto di Medicina del Lavoro, 58-59.
- (54) Incidence des affections cardio-vasculaires chez les houilleurs. — F. LAVENNE et D. BELAYEW. - Communications du XI^e Congrès International de Médecine du Travail, Naples., 13-19 septembre 1954. Napoli, Istituto di Medicina del Lavoro, 79-80.
- (55) Cooling plants for underground workings in Belgium. — A. HOUBERECHTS. - J. Inst. Heating and Ventilating Engineers, 1954, 22, 144-162.
- (56) Prédiction du volume pulmonaire résiduel à partir de mensurations thoraciques et radiologiques. — F. LAVENNE, O.L. WADE, P. HUGH-JONES et J.C. GILSON. - J. Méd. et Chir. Thoraciques 1954, 8, 1-10.
- (57) Institute of Mining Hygiene. Ottawa, Occupational Health Review, 1954, 6, 18-20.