

L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1962

par A. HOUBERECHTS,

Directeur de l'Institut d'Hygiène des Mines,

Professeur à la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Louvain.

SAMENVATTING

Dit artikel over de activiteit van het Instituut voor Mijnhygiëne is het vervolg van de reeks jaarverslagen die sinds 1948 in de *Annales der Mines* verschijnen.

De Medische Afdeling heeft haar systematische onderzoeken van de mijnwerkers en haar opzoekingswerk voortgezet.

De longfunctie (longvolume en ventilatoir debiet, ventilatie en bloedgaswaarde, bij rust en bij inspanning) werd bestudeerd bij pneumoconiose-patiënten, zonder klachten, gemiddeld 40 jaar oud en nog aan het werk in de ondergrond enerzijds, en bij normale arbeiders van de bovengrond anderzijds. De geleidelijke vermindering van de longfunctie gaat gepaard met de uitbreiding van de pneumoconiose vastgesteld bij radiologisch onderzoek: dit radiofunctioneel verband is alleen geldig voor de gemiddelde waarden en de spreiding van de resultaten is belangrijk. De bepaling, bij inspanning, van de p_{a, O_2} en van het alveolo-arterieel gradiënt voor zuurstof, is van groot belang.

De statistische studie van de vergelijkende proeven, gedaan met 4 ademhalingsstoestellen met gesloten kringloop, waarbij de ingeademde lucht al dan niet verkoeld werd, hebben een duidelijke superioriteit van een brits toestel met vloeibare zuurstof doen uitkomen. Deze proeven werden gedaan in samenwerking met het Coördinatiecentrum Reddingswezen.

Wat de activiteit van de Technische Dienst betreft, wordt eerst verslag gegeven over de studies uitgevoerd met het oog op een classificering van de stofferige atmosferen, zoals deze in Duitsland en in Nederland bestaan. Deze studie is gesteund op de schadelijkheidsindex reeds vroeger vastgesteld.

Wat de conimetrie betreft, worden de uitslagen medegedeeld over de proeven uitgevoerd met de « long running thermal precipitator ».

De analyse van de stofopnamen, die systematisch worden doorgevoerd in de Kolenmijnen van Hout-

RESUME

Le présent article sur l'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines constitue la suite traditionnelle des rapports publiés dans les *Annales des Mines* depuis 1948.

En dehors des examens systématiques de houilleurs, la Section Médicale a poursuivi des travaux de recherches.

La fonction pulmonaire (volumes pulmonaires et débits ventilatoires, ventilation et gaz du sang au repos et à l'effort) a été étudiée chez des houilleurs pneumoconiotiques encore au travail du fond, d'un âge moyen de 40 ans et n'ayant guère de plaintes et chez des ouvriers de surface normaux. La fonction pulmonaire subit une détérioration progressive et parallèle à l'extension radiologique de la pneumoconiose: cette corrélation radiofonctionnelle n'est valable que pour les valeurs moyennes et la dispersion des résultats est importante. La détermination, à l'effort, de la p_{a, O_2} et du gradient alvéolo-arteriel d' O_2 est d'un très grand intérêt.

L'analyse statistique des essais comparatifs de 4 appareils respiratoires à circuit fermé avec air inspiré refroidi et non refroidi, essais effectués en collaboration avec le « Coördinatiecentrum Reddingswezen » a montré la nette supériorité de l'appareil britannique à oxygène liquide.

En ce qui concerne l'activité de la Section Technique, on rend d'abord compte des études effectuées dans le but d'établir une classification des atmosphères poussiéreuses analogue à celle existant en Allemagne et en Hollande, en se basant sur l'indice de nocivité précédemment défini.

Dans le domaine de la conimétrie, on relate les résultats d'essais du « long running thermal precipitator ».

L'analyse des prélèvements de poussières qui continuent à être effectués systématiquement dans tous les chantiers des Charbonnages de Houthalen a permis d'établir les indices de nocivité moyens correspondant à diverses catégories d'ouvriers.

halen, heeft toegelaten gemiddelde schadelijkheidsindexen vast te stellen die overeenkomen met diverse arbeiderscategorieën.

De studie van de produkten die de verdamping vertragen, werd voortgezet met vergelijkende proeven in een gecontroleerde atmosfeer, op likeuren die vrij of op kolen- of schistkorrels verspreid werden. Dank zij deze studie heeft men de doeltreffendheid kunnen nagaan van twee verschillende vermalings-technieken.

Buiten de routinebepalingen van het vrije SiO_2 -gehalte in het kolenstof, heeft het fysico-chemisch laboratorium nog analyses gedaan van mineralen, van mijnwater en assen van diverse oorsprong. De doeltreffendheid van twee bevochtigingsmiddelen werd eveneens gecontroleerd.

Wat de stofbestrijding betreft, wordt melding gemaakt van de studies over de mogelijkheden van waterinjectie, in lagen waar spontane gasdoorbraak te vreezen is, in werkplaatsen met stijle helling, verder dan de macrofissuratiezone (eventueel door pretele-injectie) en eindelijk in zeer gestoorde lagen.

De concentratie en de granulometrie van stof, voortgebracht door integrale afbouw met trommelsnijmachine, werd bepaald voor twee werkplaatsen. De resultaten zijn afhankelijk van de richting in de welke de machine zich beweegt en vooral van de vochtigheid van de kolenlaag.

In het kader van een studie over dalende ventilatie, heeft men de stofvorming nagegaan in functie van de luchtstroomrichting. Het voordeel van de dalende ventilatie is te wijten, enerzijds aan het verwijderen van het vervoer buiten de luchttoevoergalerijen en, anderzijds, aan een verminderde stofvorming in de pijler door gelijk gerichte lucht- en kolencirculatie.

Op gebied van ventilatie heeft een maatschappij een algemene studie gevraagd over de luchtverdeling in de ondergrondse werken; een andere heeft een probleem gesteld betreffende de regeling van verschillende hulpventilatoren. Een studiedag over de ventilatie werd ingericht.

De metingen van ladingsverlies in 2 schachten werden geïnterpreteerd volgens de methode door het Instituut voor Mijnhygiëne voorgesteld.

Voor de studie van dalende ventilatie werden in de galerijen van twee werkplaatsen gedurende lange tijd droge en vochtige temperaturen geregistreerd. Uit de ontleding van deze metingen blijkt dat het voordeel van de dalende ventilatie voor het klimaat essentieel ligt in de afschaffing van de verwarming en de bevochtiging van de intrekende lucht, door de afgebouwde produkten gedurende hun afvoer op de transportband.

L'étude de produits retardateurs d'évaporation s'est poursuivie en effectuant des essais comparatifs en atmosphère contrôlée sur des liqueurs en nappe libre d'une part ou dispersées sur des granules de charbon et de schiste d'autre part. A l'occasion de cette étude, on a été amené à contrôler l'efficacité de deux techniques de broyage.

En plus des dosages de routine de la silice libre dans les poussières de mines, le laboratoire de physico-chimie a analysé des minerais, des eaux de mines, des cendres d'origines diverses et contrôlé l'efficacité de deux agents mouillants.

En matière de lutte contre les poussières, les travaux mentionnés portent sur les possibilités d'injection d'eau dans les couches à dégagement instantané, dans les chantiers à fort pendage, au delà de la zone de macrofissuration des veines (éventuellement par pré-télé-injection) et enfin dans les couches d'allure très tourmentée.

La concentration et la granulométrie des poussières produites par le lavage intégral ont été déterminées dans deux chantiers. Les résultats dépendent du sens de progression de la haveuse et surtout de l'humidité du charbon en place.

Dans le cadre d'une étude sur le rabat-vent, on a vérifié l'avantage, au point de vue de l'empoussiéage, de la circulation parallèle de l'air et des produits. Il résulte d'une part de la suppression du transport dans les voies d'entrée d'air et d'autre part d'une réduction du soulèvement des poussières en tailles.

Dans le domaine de la ventilation, une société a demandé une étude d'ensemble de la ventilation de ses travaux; une autre a soumis une question relative au réglage de plusieurs ventilateurs fractionnaires. Une journée d'étude de la ventilation a été organisée.

L'analyse des mesures de pertes de charge de puits, suivant la méthode proposée par l'Institut d'Hygiène des Mines, a été étendue à deux nouveaux puits.

Enfin, des enregistrements de longue durée à températures sèche et humide ont été effectués dans les voies de deux chantiers dans le cadre d'une étude sur le rabat-vent. Le dépouillement de ces mesures indique que du point de vue climatique, l'intérêt principal de la circulation parallèle de l'air et des produits réside dans la suppression de l'échauffement et de l'humidification de l'air par les produits abattus évacués sur un transporteur à courroie.

INTRODUCTION

Depuis 1960, nous publions dans la « Revue de l'Institut d'Hygiène des Mines » le détail des travaux poursuivis par nos chercheurs, tant dans nos laboratoires que dans les charbonnages. Toutefois, suivant une tradition établie depuis 1948, les Annales des Mines de Belgique publient un rapport montrant dans son ensemble l'activité de l'Institut, ses principales réalisations et les résultats les plus intéressants enregistrés.

Nous invitons nos lecteurs à se reporter aux exposés relatifs aux années antérieures afin de comprendre plus aisément la continuité de nos travaux. Pour

ne pas allonger inutilement notre texte, nous avons en effet traité certaines questions d'une façon relativement succincte. La plupart de nos travaux étant du reste déjà publiés, nous ne nous arrêtons plus aux détails des essais, calculs et études.

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

I. — TRAVAUX DE LA SECTION MEDICALE

1. Examens médicaux systématiques.

Le nombre d'examens pratiqués à l'Institut d'Hygiène des Mines s'est normalisé. Au cours de l'année 1962, 877 ouvriers ont été examinés par le Service Médical de notre organisme, contre 1211 en 1961 et 861 en 1960. Les différents charbonnages nous ont envoyé 329 ouvriers pour mise au point d'un diagnostic difficile, tandis que 123 malades nous étaient adressés par les caisses de pension et 355 patients par les mutuelles, les dispensaires, les médecins traitants, etc. Tous ont subi les examens spéciaux approfondis que réclamait leur état. Un rapport détaillé a été chaque fois transmis au charbonnage et au médecin de famille.

La diminution constatée en rapport avec l'année précédente s'explique du fait qu'en 1961, l'Institut avait examiné 125 sujets volontaires encore au travail, dans le cadre d'une recherche entreprise par les Drs. Lavenne et Brasseur sur la ventilation alvéolaire au repos et à l'effort. D'autre part, les caisses de pension qui nous avaient envoyé 322 patients en 1961, ne nous ont demandé que 123 examens cette année.

2. Fonction pulmonaire de houilleurs pneumoconiotiques encore au travail.

L. Brasseur a poursuivi ses recherches consacrées à l'exploration fonctionnelle pulmonaire dans la pneumoconiose des houilleurs.

Dans notre rapport de l'année dernière [6], nous avons décrit certaines techniques et rapporté les résultats obtenus chez des ouvriers de surface des charbonnages, servant de groupe de référence. Nous donnons ci-dessous un aperçu de la fonction pulmonaire chez des houilleurs pneumoconiotiques à divers stades, encore au travail au fond et n'ayant guère de plaintes pulmonaires.

A. Volumes pulmonaires et débits ventilatoires.

Les volumes pulmonaires et les débits ventilatoires ont été étudiés chez 22 ouvriers de surface normaux et chez 120 houilleurs pneumoconiotiques à divers stades (tableau I).

Dès le stade micronodulaire 3 (p, m et n), on observe une réduction statistiquement significative des valeurs moyennes de la capacité vitale (qui est de 87,7 % de la valeur prédite), du VEMS (qui est de 81,4 % de la valeur prédite) et du rapport de Tiffeneau (qui est de 70,8 % pour une valeur prédite de 76,2 %). La réduction progressive de la capacité vitale n'est pas explicable par une augmentation du volume résiduel : elle est liée au développement de la fibrose pneumoconiotique. La réduction progressive du VEMS est parallèle à celle de la CV, la diminution du rapport VEMS/CV étant moins marquée.

B. Ventilation et gaz du sang au repos.

L'étude de la ventilation et des gaz du sang au repos et en circuit ouvert chez 16 ouvriers de surface normaux et chez 101 houilleurs pneumoconiotiques à divers stades (tableau II), met en évidence, dès le stade micronodulaire 2 (p et m), des modifications statistiquement significatives de la saturation oxyhémoglobinée, de la pression partielle d'O₂ et du gradient alvéolo-artériel d'O₂. Ces modifications sont discrètes, la S_{a, O₂} la plus basse enregistrée est de 91 % et la p_{a, O₂} moyenne des pseudotumoraux B et C est de 74,4 ± 9,2 mm Hg, mais très fréquentes : 65 des 101 houilleurs ayant une p_{a, O₂} inférieure à 85,0 mm Hg.

La ventilation et l'équivalent respiratoire pour l'O₂ sont légèrement plus élevés chez les pneumoconiotiques, mais la différence n'est statistiquement significative que pour les condensations avancées B + C, où la ventilation/minute est de 9,47 litres et l'ER_{O₂} de 31,4, contre 7,83 litres et 26,1 chez les ouvriers de surface.

TABLEAU I.

Comparaison entre l'image radiologique et les données spirométriques ainsi que le volume résiduel, chez 22 ouvriers de surface et chez 120 houilleurs pneumoconiotiques aux divers stades, après regroupement de certaines classes radiologiques.

Image radiologique	Nombre de sujets	Age moyen ans	CV cm ³	CV/CV _{th} %	VEMS cm ³	VEMS/VEMS _{th} %	VEMS/CV %	VEMS _{th} /CV _{th} %	VR/CT %	VR _{th} /CT _{th} %
O	22	39,5	4640	98,5	3485	96,6	75,1	76,6	28,7	24,0
Z + 1 m	20	37,5	4576	94,1	3339	89,1	72,9	77,0	26,7	23,6
2 (p et m)	30	38,9	4637	93,0	3427	89,7	73,9	76,6	29,4	23,7
3 (p, m et n)	30	40,9	4344	87,7	3072	81,4	70,8	76,2	30,2	24,1
A	17	42,2	4120	84,8	2880	78,2	70,0	75,8	30,2	24,4
B + C	23	41,7	4000	84,8	2599	72,4	65,0	76,0	32,2	24,3

Les valeurs moyennes de p_{a,CO_2} et de ventilation alvéolaire sont pratiquement semblables chez les pneumoconiotiques et chez les ouvriers témoins. Cependant le rapport \dot{V}_A/\dot{V} est diminué chez les pneumoconiotiques ; cette diminution, statistiquement significative pour les catégories 2m, 3n et B + C, va de pair avec un accroissement net des valeurs de l'espace mort physiologique.

Les anomalies des gaz du sang et de la ventilation observées au repos, n'ont toutefois qu'un intérêt pratique très réduit.

C. Ventilation et gaz du sang à l'effort.

Au cours de la 10^e minute d'une épreuve d'effort de 120 watts (consistant en un pédalage sur un cycloergomètre, en position couchée et en circuit ouvert), les modifications les plus importantes sont celles des gaz du sang (tableau III). Alors que la p_{a,O_2} et le gradient alvéolo-artériel d' O_2 sont quasi identiques chez les ouvriers témoins et dans la pneumoconiose débutante Z et 1m, les modifications de ces 2 valeurs deviennent importantes et statistiquement significatives dès le stade micronodulaire 2 (p et m). Parmi les 13 sujets porteurs de condensations A, 3 seulement ont une p_{a,O_2} normale à l'effort, c'est-à-dire supérieure à 85 mm Hg, et parmi les 17 sujets atteints de pneumoconiose avancée B + C, un seul a une p_{a,O_2} normale à l'effort.

Cet exercice musculaire entraîne chez les pneumoconiotiques un accroissement de la ventilation par minute et de l'équivalent respiratoire pour l' O_2 , sans polypnée appréciable. Cet accroissement est statistiquement significatif pour les groupes 3p, 3n, A et B + C. Chez les pseudotumoraux B + C par exemple, la ventilation/minute est de $48,82 \pm 8,91$

litres et l' ER_{O_2} de 29,2, alors que les valeurs correspondantes chez les ouvriers normaux sont respectivement de $40,54 \pm 5,34$ litres et de 24,8.

Les valeurs moyennes de la p_{a,CO_2} ne sont guère différentes chez les ouvriers de surface normaux et chez les houilleurs pneumoconiotiques. La ventilation alvéolaire moyenne n'est pas inférieure aux valeurs normales mais le rapport \dot{V}_A/\dot{V} diminue nettement avec le stade de la pneumoconiose. La diminution est significative pour les groupes 2m, 3p, 3n, A et B + C ; elle n'est pas liée à une augmentation de la fréquence respiratoire et elle s'accompagne d'un accroissement important de l'espace mort physiologique.

D. Ventilation au cours d'une épreuve d'effort sur tapis roulant.

Une épreuve d'effort différente, consistant en une marche de 20 minutes sur un tapis roulant avec respiration en circuit fermé et correspondant à une puissance de l'ordre de 120 watts, démontre également une hyperventilation et une augmentation des équivalents respiratoires pour l' O_2 à l'effort, statistiquement significative dès le stade 1m. Il n'y a toutefois pas d'absence de régime stable.

E. Conclusions.

Ces diverses investigations ont été réalisées dans un groupe sélectionné de mineurs volontaires, d'un âge moyen voisin de 40 ans et encore au travail du fond. Chez ces ouvriers, qui n'ont guère de plaintes pulmonaires ni de déficit ventilatoire appréciable, on voit la fonction pulmonaire subir dans l'ensemble une détérioration progressive et parallèle à l'extension radiologique de la pneumoconiose. Cette corrélation radio-fonctionnelle n'est valable bien en-

TABLEAU IV.
Résultats comparatifs obtenus avec les appareils Simbal (S), Fenzy (F), Auer (A)
et Dräger (D).

Appareils		S	F	A	D
<i>Température de l'air inspiré (°C)</i>					
avant exercice	t_s	25,56	15,06	31,20	31,66
	t_h	19,48	12,53	25,75	25,31
après 1 ^{er} tour	t_s	26,19	21,87	34,28	33,91
	t_h	19,86	16,75	28,56	28,00
après 2 ^e tour	t_s	27,77	24,72	36,09	35,87
	t_h	20,22	18,78	33,44	33,12
après 3 ^e tour	t_s	27,97	27,00	37,12	36,64
	t_h	20,25	22,81	35,66	35,28
<i>Température rectale (°C)</i>					
avant exercice		36,96	36,97	36,99	37,00
après 1 ^{er} tour		37,54	37,67	37,67	37,74
après 2 ^e tour		37,89	38,09	38,07	38,24
après 3 ^e tour		38,05	38,36	38,49	38,69
<i>Fréquence cardiaque (puls./min)</i>					
au repos		73,7	73,9	71,7	74,0
avant exercice		93,2	92,2	92,7	98,1
après 1 ^{er} tour		122,2	134,0	137,0	134,5
après 10 minutes de repos		95,9	98,5	101,6	102,9
après 2 ^e tour		131,2	146,0	148,5	149,2
après 10 minutes de repos		102,5	112,2	116,2	117,7
après 3 ^e tour		139,6	157,2	161,0	164,7
après 10 minutes de repos		106,0	125,0	128,2	123,6
<i>Perte de poids (kg)</i>					
		2,074	2,056	2,218	2,303
Conditions climatiques : $t_s = 40^\circ\text{C}$, $t_h = 30^\circ\text{C}$, air immobile.					

c. Le Fenzy modifié est à peine meilleur que les appareils non refroidis (Auer et Dräger), bien que le système de réfrigération à glace carbonique qui y a été ajouté, abaisse la température de l'air inspiré à un niveau généralement plus bas que celui du Simbal. L'avantage résultant de la réfrigération est presque entièrement contrebalancé par l'augmentation de poids due au réfrigérant (18,3 kg contre 16,5 kg pour le Fenzy utilisé habituellement au C.C.R.).

d. La répétition d'une exercice à haute température ($t_s = 40^\circ\text{C}$, $t_h = 30^\circ\text{C}$) une fois par semaine pendant 2 mois, donne lieu à une amélioration de l'acclimatation.

e. La comparaison des réactions physiologiques des 8 sujets choisis établit l'existence d'écarts significatifs qui justifient un certain classement. Celui-ci est toutefois différent pour la température rectale, la fréquence cardiaque et la perte de poids, bien qu'un certain parallélisme existe dans la variation de ces paramètres.

Ces conclusions ne préjugent pas des autres constatations qu'on pourrait faire au sujet de la convenance pratique de ces appareils à des opérations de sauvetage, notamment en ce qui concerne leur solidité, leur sécurité, la facilité de renouvellement de la provision d'oxygène, etc., d'autant plus que deux des appareils testés sont des prototypes.

II. — TRAVAUX DE LA SECTION TECHNIQUE

1. Lutte contre les poussières.

A. Analyse des poussières. Conimétrie.

a. *Indice de nocivité. Classement des atmosphères poussiéreuses.*

Nous avons déjà donné dans ces mêmes colonnes [5] [6] les raisons pour lesquelles nous avons décidé de rapporter les empoussiérages miniers à une « échelle de repérage » en calculant un indice de nocivité de l'air par application d'une formule dans laquelle interviennent la concentration en particules, la teneur en quartz et une constante, fonction des modes de prélèvement et d'examen adoptés à l'Institut d'Hygiène des Mines. Nous avons montré également que la prévention technique des poussières appliquée normalement ramène les indices à des valeurs inférieures à 5 dans la majorité des cas [6], mais rien ne prouve a priori qu'un indice inférieur à 5 soit une garantie suffisante du point de vue de l'hygiène professionnelle.

Certaines constatations médicales — dont nous avons partiellement fait état l'année dernière [6], notamment en signalant qu'il existait une relation entre l'apparition du premier stade radiologique et l'indice de nocivité proposé — constituent une justification provisoire de la valeur adoptée pour l'empoussiérage de seuil : $i = 5$. Nous donnons à la figure 1 un diagramme qui permet de déterminer l'indice de nocivité en fonction de la concentration en particules et de leur teneur en quartz.

Le classement idéal des atmosphères poussiéreuses devrait tenir compte à la fois des possibilités techniques de l'exploitation et de l'efficacité réelle des moyens de prévention applicables dans la plupart des chantiers. Nous croyons qu'un tel classement est possible grâce à l'indice de nocivité.

Puisque quatre catégories d'atmosphère ont été définies en Allemagne et en Hollande — en se basant sur d'autres considérations et sur les résultats de mesures faites au moyen d'appareils très différents des nôtres — nous avons proposé également 4 types d'ambiances : peu ou pas poussiéreuses, moyennement poussiéreuses, poussiéreuses et très poussiéreuses, mais en ne retenant comme « acceptables » que les atmosphères dont l'indice est inférieur ou égal à 5 [8]. Ce classement s'établit comme indiqué au tableau V.

TABLEAU V.

Classement des atmosphères poussiéreuses.

Catégories	Atmosphères	Indice
I	peu ou pas poussiéreuses	< 3,5
II	moyennement poussiéreuses	3,5 - 5
III	poussiéreuses	5 - 6
IV	très poussiéreuses	> 6

Les essais que nous avons poursuivis cette année pour rechercher la « relation » éventuelle entre les limites de classes que nous avons admises et celles qui sont présentées par le « Stofinstituut » des Pays-Bas confirment l'existence d'un parallélisme entre les deux classifications. Cette concordance est toutefois moins nette lorsque la teneur en quartz est très élevée ou lorsque les empoussiérages sont essentiellement constitués de poussières charbonneuses très grossières (cas de l'abattage sans aucune prévention).

Notre étude des classifications des empoussiérages a porté également sur la comparaison des « critères d'appréciation » admis en Allemagne et à l'Institut d'Hygiène des Mines. Avec la collaboration de l'Institut National des Mines de Pâturages, nous avons effectué des mesures simultanées dans 16 tailles du pays pendant l'abattage, en utilisant des appareils différents : tyndalloscope, Bergbaukonimeter, pompe à main PRU, dés de Soxhlet et précipitateurs thermiques. Des résultats trouvés en 40 stations de mesure, situées dans les voies de retour d'air, à proximité des fronts ou dans les tailles mêmes, nous pouvons conclure que dans 75 % des cas, il y a concordance parfaite entre la classification allemande et celle de l'Institut d'Hygiène des Mines et que cette concordance existerait encore dans 85 % des cas si nous admettons des variations de ± 5 % autour de la valeur du paramètre ou de la caractéristique fixant le numéro de la classe ou de la catégorie des empoussiérages contrôlés.

b. *Etude du précipitateur thermique.*

Les essais du précipitateur thermique pour prélèvement continu, le « long running thermal precipitator » se sont poursuivis. Nous avons indiqué l'année dernière qu'il n'y avait pas de différence significative entre la concentration en particules supérieures à 1μ fournie par ce nouvel appareil fonctionnant pendant une heure et la moyenne des concentrations en particules de $5 \text{ à } 1 \mu$ obtenues par deux précipi-

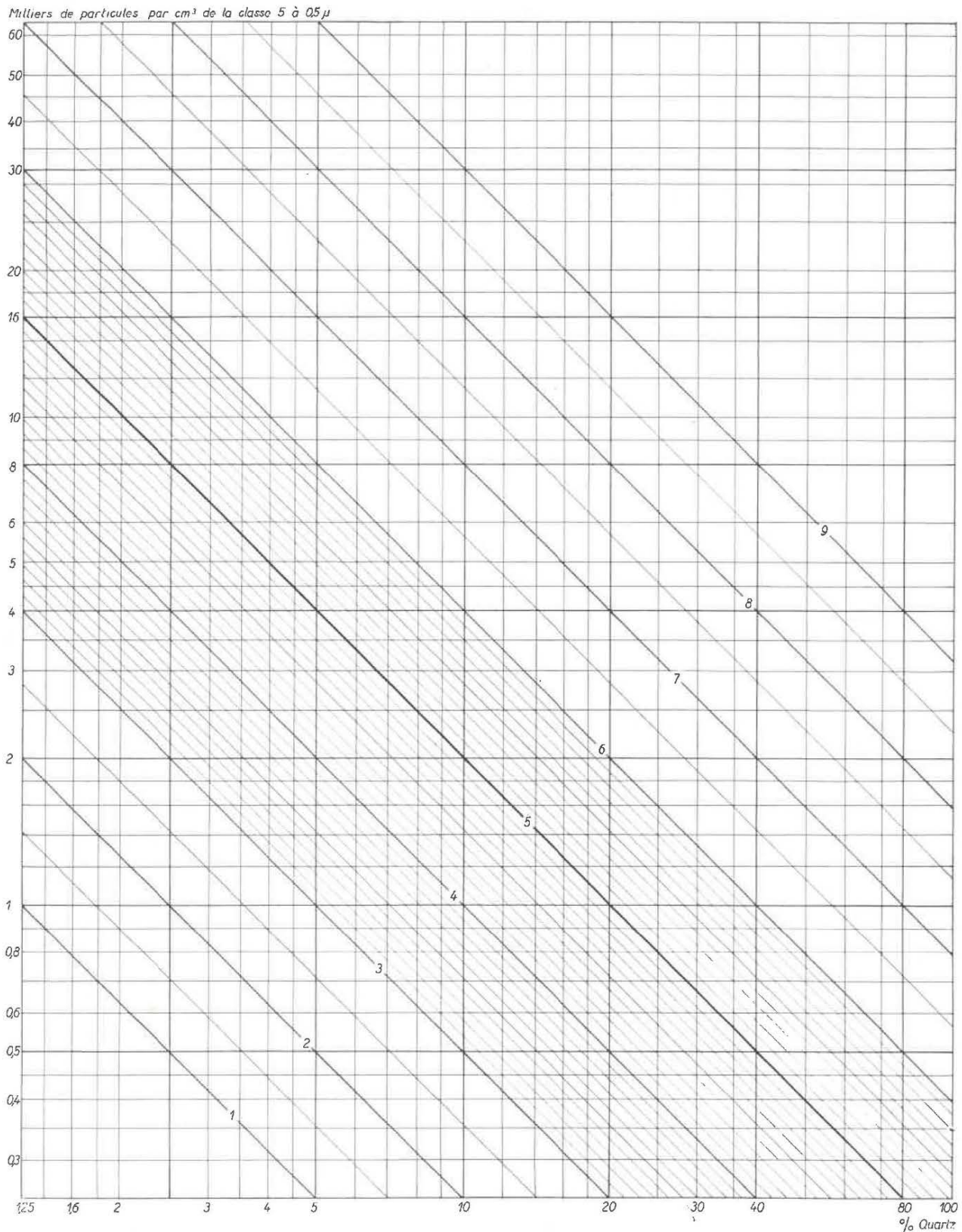


Fig. 1. — Indice de nocivité (*i*) des empoussiérages miniers en fonction de la concentration en poussières (*C*) et de leur teneur en quartz (*t*). Ce diagramme traduit graphiquement la relation :

$$i = 3,32 \log Ct - 9,3.$$

La formule et le diagramme ne sont valables que pour les méthodes de prélèvement et d'examen préconisées par l'Institut d'Hygiène des Mines de Hasselt. Pour la détermination de l'indice, on doit considérer les teneurs en quartz inférieures à 1,25 % comme étant égales à cette valeur.

tateurs standards opérant simultanément dans des nuages de particules charbonneuses assez grossières de diamètre médian voisin de $1,2 \mu$.

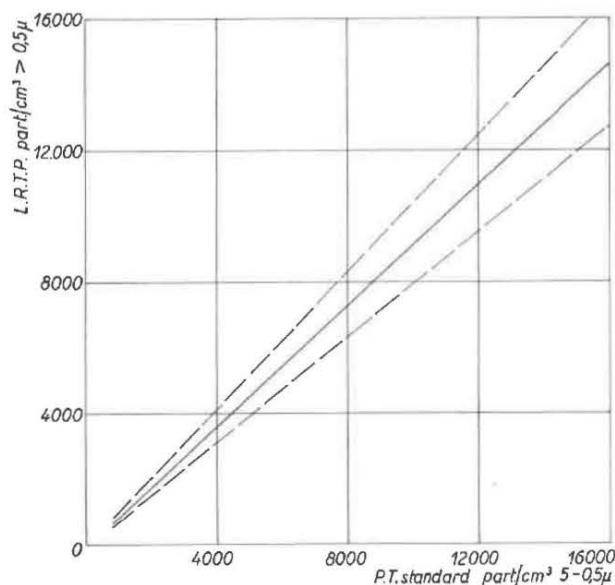


Fig. 2. — Comparaison des résultats obtenus au moyen du précipitateur thermique standard (P.T.) et du « long running thermal precipitator » (L.R.T.P.) (durée maximum de prélèvement : 2 heures).

Le diagramme de la figure 2 traduit graphiquement les résultats obtenus en comparant les concentrations en particules supérieures à $0,5 \mu$ que donne le long running thermal precipitator et les concentrations en poussières de $0,5$ à 5μ trouvées au précipitateur standard. Ces dernières valeurs sont des moyennes de 2×4 ou 2×6 prélèvements successifs effectués à intervalles réguliers pendant la durée des expériences, soit 1 heure ou 2 heures, dans des nuages de poussières charbonneuses dont le diamètre médian est de l'ordre de $0,5 - 0,9 \mu$ ou $1,2 \mu$. Il en résulte que le long running thermal precipitator prélevant durant deux heures, fournit des résultats comparables à la valeur moyenne des précipitateurs standards même si on exécute avec ceux-ci des prises d'échantillons discontinues successives et si on tient compte de la dissociation des agrégats au comptage comme nous avons toujours fait jusqu'à présent.

c. *Etude des empoussiérages en relation avec l'activité professionnelle et l'anamnèse médicale d'un groupe d'ouvriers mineurs.*

Cette année encore, 4.000 prélèvements de poussières ont été effectués au précipitateur thermique par les mesureurs des Charbonnages de Houthalen ; ces poussières ont été examinées microscopiquement et analysées minéralogiquement à l'Institut d'Hygiène des Mines.

Les valeurs trouvées, exprimées en nombres de particules de 5 à $0,5 \mu$, et les teneurs en quartz sont

régulièrement reportées par les soins du charbonnage sur les cartes (mécanographiques) de chaque ouvrier.

Nous avons terminé le calcul des empoussiérages moyens subis par chaque ouvrier durant l'année 1961 et déterminé l'« indice de nocivité » correspondant. Ces résultats confirment un fait déjà signalé, à savoir que grâce à l'application de techniques de prévention raisonnablement contrôlées, les empoussiérages inéluctables peuvent être considérés comme acceptables, c'est-à-dire que leur indice de nocivité est en moyenne inférieur à 5 ($i < 5$). A cet égard, nous donnons au tableau VI la valeur moyenne des « indices » de l'air inhalé par les ouvriers abatteurs durant les 4 dernières années.

TABLEAU VI.

Valeur moyenne des indices pour les ouvriers abatteurs.

Années de référence	Moyenne des indices i_m	Pourcentage de cas dont l'indice est < 5
1958	4,43	77 %
1959	4,69	65 %
1960	4,34	96 %
1961	4,17	98 %

Par ailleurs, les derniers résultats moyens relatifs aux principales catégories d'ouvriers en tailles s'établissent comme repris au tableau VII.

TABLEAU VII.

Valeur moyenne des indices pour les principales catégories d'ouvriers en taille.

Catégories	Indice moyen
Surveillants d'abattage	4,13
Abatteurs	4,17
Apprentis-abatteurs	4,24
Pelleteurs	4,08
Remblayeurs	4,40
Boiseurs	4,20
Haveurs	4,08
Injecteurs	4,20
Ajusteurs et électriciens de chantier	4,20
Coupeurs de voies	4,18

d. *Etude de produits retardateurs d'évaporation et d'appareils de broyage.*

L'étude de produits retardateurs d'évaporation a été poursuivie à l'aide de quelques produits supplémentaires : nitrate de calcium, phosphate biammo-

nique, nitrate d'ammonium, acétate de potassium, mono- di- et triéthanolamine. Quoique d'efficacités diverses, aucun de ces composés ne s'est révélé intéressant par rapport aux substances précédemment sélectionnées (NaCl, CaCl₂, MgCl₂, KF, huile minérale). La vérification de l'activité des solutions en présence de matériaux houillers (charbon, schiste), a été poursuivie sur trois produits types, à savoir : le chlorure de sodium, le chlorure de calcium et l'huile de vidange en émulsion. Les travaux ont porté sur des supports granulés faits de mélanges à parties égales des fractions comprises entre trois tamis Tyler - U.S.B.S. successifs ($\sqrt{2}$) ;

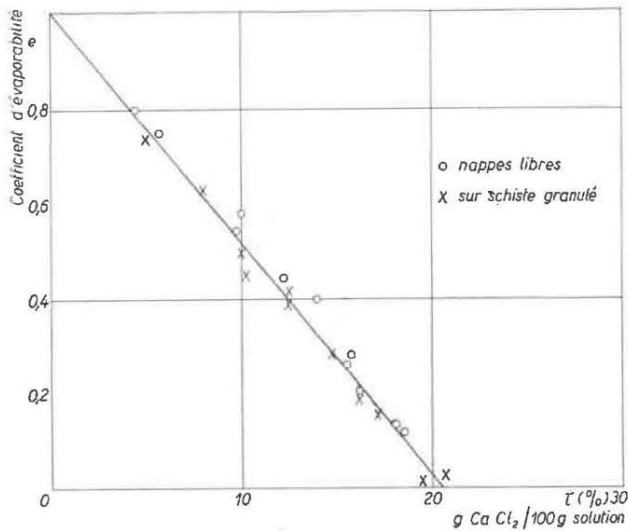


Fig. 3. — Comparaison des activités d'une solution saline en nappe libre et sur schiste.

Conditions climatiques: $t_s = 400^\circ\text{C}$, $\varphi = 0,821$ en moyenne. Les cercles correspondent aux essais en nappe libre, les croix aux essais sur schiste granulé (pour la préparation du schiste, voir le texte).

L'ouverture du tamis médian caractérise ainsi le diamètre géométrique moyen de la préparation. Les premiers essais ont été faits à partir des tamis n° 4 - 6 - 8 (4,76 - 3,36 - 2,38 mm) ; ultérieurement, on a préféré l'assortiment 6 - 8 - 12 (3,36 - 2,38 - 1,68 mm) dont les grains sont moins gros devant l'épaisseur de la couche étudiée (1 à 2 cm). On a choisi comme supports du charbon maigre, du charbon gras et du schiste houiller. Comme le montrent les figures 3 et 4, à titre d'exemple, les propriétés des solutions salines se maintiennent tandis que l'émulsion d'huile, quoique encore intéressante, ne conduit plus à des résultats aussi spectaculaires qu'en nappe libre. Des expériences sont en cours pour vérifier l'effet de granulométries plus fines.

Ces essais systématiques ont nécessité la préparation d'assez grandes quantités de matériaux broyés et ont posé du même coup le problème de leur obtention avec un rendement acceptable. C'est pourquoi on a étudié les propriétés des appareils de comminution à notre disposition.

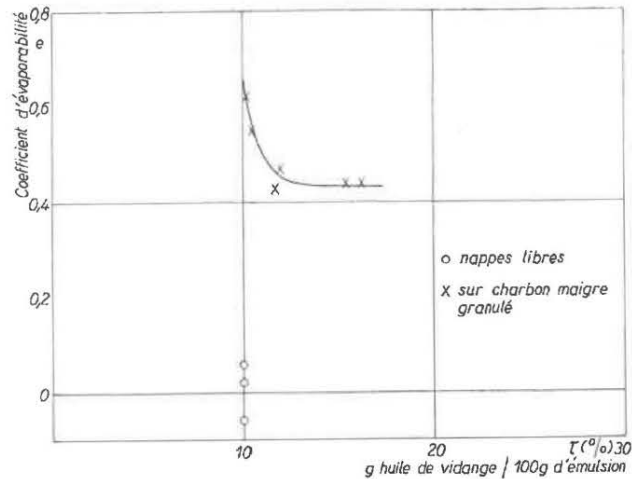


Fig. 4. — Comparaison des activités de l'huile de vidange en émulsion, en nappe libre et sur charbon.

Conditions climatiques: $t_s = 39,9^\circ\text{C}$, $\varphi = 0,865$ en moyenne. Les cercles correspondent aux essais en nappe libre, les croix aux essais sur charbon maigre granulé (pour la préparation du charbon, voir le texte).

Le moulin Beco comporte en plus d'une vis sans fin à ergots, deux disques à cannelures dont on peut régler l'écartement au moyen d'une vis à pression. Cette vis, qui peut être graduellement desserrée et calée en toute position, permet de réaliser facilement différentes conditions de broyage. La forme aplatie de la tête de la vis assure le réglage à mieux qu'un quart de tour. Les conditions sont définies par le nombre de tours dévissés à partir de la position de serrage maximum. Les broyats obtenus ont été étudiés par tamisages. Plusieurs produits, concassés grossièrement au préalable de façon à passer au tamis de 2 cm d'ouverture, ont été essayés : argilite compacte, schiste, argilite à fossiles, charbon gras ; de plus, un charbon maigre domestique « 6-12 mm » a été traité tel quel. Malgré certaines variations des rendements obtenus (25 ... 35 %), on a constaté une remarquable analogie entre les formes et positions des courbes granulométriques partielles et ce, malgré les différences de fragilité inhérentes aux produits essayés. La figure 5 illustre les résultats moyens obtenus. On peut y lire facilement les réglages correspondant à l'obtention économique d'une fraction ou d'un mélange de fractions granulométriques données. Ainsi, pour préparer le mélange 6 - 8 - 12 (1/1), on a desserré la commande de 2 3/8 tours. On voit également que l'appareil étudié permet surtout de préparer des fractions assez grossières de 4,76 à 0,840 mm (tamis n° 4 à 20). C'est pourquoi les essais d'évaporation sur granulométries moyennes (0,590 - 0,420 - 0,297 mm soit 30 - 40 - 50) ont été réduits au minimum.

Les lots de produits réellement pulvérulents (< 0,074 mm) ont été obtenus à l'aide d'un moulin à billes. Cet appareil consiste en une chambre métallique cubique à fond arrondi, d'une capacité

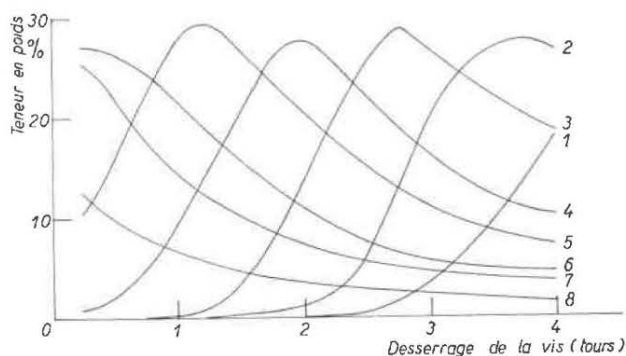


Fig. 5. — Etude du moulin Beco: rendements moyens en fractions pour divers réglages :

n° de la courbe	n° tamis	ouverture de maille
1	> 4	4,76 mm
2	4 - 6	4,76 - 3,36
3	6 - 8	3,36 - 2,38
4	8 - 12	2,38 - 1,68
5	12 - 16	1,68 - 1,19
6	16 - 20	1,19 - 0,840
7	20 - 30	0,840 - 0,590
8	30 - 40	0,590 - 0,420

de 22 l environ et supportée élastiquement par deux faisceaux de ressorts à lames. Un manchon intérieur horizontal de 10 cm de diamètre réunit 2 parois opposées un peu au-dessus du centre de la cuve. Celle-ci renferme une charge de billes en porcelaine de 12 mm de diamètre et dont le volume de 16 l est tel que la partie supérieure du manchon reste à découvert. Un moteur met la chambre en agitation excentrique autour d'un axe d'entraînement, mouvement qui assure un double effet de broyage par percussion et abrasion de la matière par les billes. On a préparé au moulin Beco, des moutures grossières de schiste, de charbon maigre et de charbon gras qu'on a étêtées au tamis n° 8 (2,38 mm). Les produits ainsi obtenus contenaient en moyenne

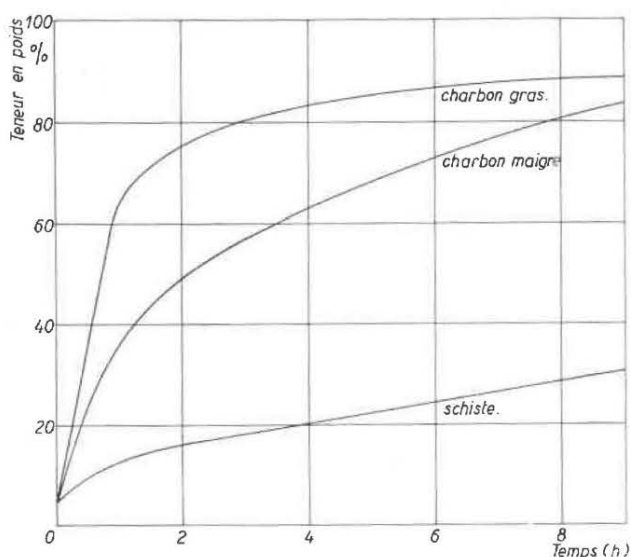


Fig. 6. — Etude du broyeur à billes. Production de fines (< 74 μ) en fonction du temps à partir d'une granulométrie moyenne contenant 80 % de fraction 2,4 - 1,2 mm.

80 % de refus au tamis 16 (1,19 mm). Les quantités soumises au broyage représentaient 25 ou 50 % du volume des billes; la durée des traitements a été doublée à chaque essai à partir de 15 min. Les granulométries ont été déterminées par tamisage.

La forme des courbes obtenues en fonction du temps montre que l'appareil étudié produit des poussières fines à partir de tous les grains, sans enrichissement sensible en l'une ou l'autre fraction intermédiaire. Les volumes traités conditionnent évidemment la productivité du broyeur mais ne semblent pas influencer la granulométrie. On ne peut cependant dépasser de beaucoup 5 l au départ dans le cas des charbons, en raison de l'augmentation appréciable du volume au cours du broyage (50 ... 75 %). La figure 6 illustre les résultats obtenus pour la fraction fine < 0,074 mm avec les trois matériaux essayés. On constatera que l'efficacité du broyage dépend beaucoup de la nature des produits traités, probablement en raison des propriétés physiques (dureté, ténacité) différentes de leurs grains.

e. Dosages et analyses de produits divers.

Le nombre d'échantillons apportés au laboratoire aux fins d'analyse chimique a augmenté remarquablement cette année (dosages routiniers d'humidité, de teneurs en cendres, de silice totale, de silice libre et de matières volatiles).

On a pratiqué en outre l'analyse des quelques échantillons particuliers détaillés ci-après: un minerai complexe (fer, plomb, zinc, manganèse) ainsi que la roche associée ont fait l'objet d'une séparation qualitative et quantitative. La silice libre a été dosée dans la partie rocheuse (11,4 %) et rapportée à l'échantillon total (0,9 %). Trois eaux de mine ont été caractérisées par analyse de leurs constituants. On a dosé la silice dans un échantillon de teruil brûlé et dans deux cendres de chaudière. Une de ces dernières, pulvérulente, a été traitée par décantation fractionnée. Après dessiccation à 700 °C, on a comparé la teneur en silice libre de la fraction < 10 μ (2,4 %) à celle de l'échantillon global (6,0 %). Un tel appauvrissement de la fraction fine en ce composé a déjà été constaté antérieurement au sujet d'autres produits [4] [5] [6]. On a aussi analysé et expliqué la formation d'une concrétion dans les tuyauteries d'un appareil médical de l'Institut; le remède a été trouvé et appliqué.

A la demande d'un charbonnage, on a contrôlé les propriétés de deux agents mouillants: le Tensaryl DF 90 et le produit GL 1. Les mesures de tension superficielle (σ), vitesses d'immersion de poussières de charbon (V_{ch}) et de roche (V_r) ainsi que celle du pouvoir moussant (V_M) ont été effectuées de façon habituelle [7]. Les résultats obtenus sont groupés au tableau VIII où on a fait figurer, à titre de comparaison, les caractéristiques du Dumacène NP 77. La concentration en matière active des

échantillons nous étant inconnues, l'étude a porté sur les produits commerciaux ; en toute rigueur, on ne peut donc pas appliquer notre critère d'élimination AM 135. Néanmoins, les résultats obtenus montrent l'infériorité manifeste des produits essayés par rapport au surfactant de référence, surtout vis-à-vis du charbon.

TABLEAU VIII.

Comparaison des propriétés de 3 agents mouillants.

Produit	GL 1	Tensaryl DF 90	Dumacène NP 77
σ dyn/cm	42,5	31,8	31,7
V_{ch} (mg/s)	—*	1,8	7,9
V_r (mg/s)	10,2	16,8	19,1
V_M (ml)	17	55,5	20

* Signifie immersion incomplète.

Enfin, dans le but de fournir la matière première à des essais médicaux d'empoussiérement, on a poursuivi l'étude des meilleures conditions de préparation de poudres fines par décantation fractionnée au niveau de coupure 5 μ .

B. Procédés et matériel de lutte contre les poussières.

a. Lutte contre les poussières dans les chantiers d'abattage par application du procédé d'injection d'eau en veine.

Nous avons donné l'année dernière les premiers résultats partiels des recherches entreprises avec l'aide de la Haute Autorité de la C.E.C.A. par les Charbonnages du Centre, du Gouffre, de Houthalen et de Monceau-Fontaine. Ces travaux ont consisté respectivement à étudier les possibilités d'injection d'eau, dans les couches à dégagement instantané, dans les chantiers à fort pendage, au delà de la zone de macrofissuration des veines et éventuellement par pré-télé-injection et enfin dans les couches d'allure très tourmentée.

La suppression des tirs d'ébranlement dans les couches à dégagement instantané et leur remplacement par des sondages de détente avec ou sans tirs d'abattage, rendent l'injection possible moyennant de multiples précautions, car il s'est avéré indispensable de mettre en œuvre des pressions supérieures à 100 kg/cm². Le fait le plus intéressant qui ait été mis en évidence est l'amélioration des conditions de travail que procure à elle seule la nouvelle méthode des longs sondages. On a en effet constaté que dans la même couche, les empoussiéagements ne sont pas significativement différents lorsqu'on pro-

duit 140 tonnes nettes (au 1^{er} poste) après tirs d'ébranlement ou 385 tonnes nettes (1^{er} poste) après sondages de détente et tirs d'abattage bien que le débit d'air de ventilation ait été plus important dans le premier cas. Pour autant qu'on puisse ramener les concentrations en poussières à une même production et à un même débit d'air, on doit conclure que, grâce à la technique des longs sondages et tirs d'abattage, on met deux fois moins de poussières en suspension dans l'air que lors de l'abattage après tirs d'ébranlement classiques.

La prévention dans les dressants a été améliorée. Grâce à une meilleure homogénéisation des quantités d'eau injectées à plus grande profondeur (2 trous de 2,50 par gradin de 9 m). Le taux de suppression des poussières qui était de 55 % pour les particules de 5 à 0,5 μ , a atteint 80 % sans exiger plus de 4,5 % d'eau (eau de constitution + eau injectée + eau pulvérisée) dans une taille à gradins renversés produisant 150 tonnes nettes en un poste.

L'injection d'eau perpendiculairement au front, à 10 m de profondeur est devenue pratique courante dans un grand chantier en plateau produisant environ 500 tonnes par jour. Les nombreuses mesures faites montrent que pour obtenir une bonne prévention dans un chantier de ce type, il faut injecter uniformément un minimum de 1 % d'eau (par rapport à la production nette). Si ce minimum n'est pas atteint, on ne parvient pas à supprimer l'empoussiérement dû à la chute des produits au bas de taille même en doublant les quantités d'eau pulvérisée à cet endroit (en l'occurrence 3 % au lieu de 1,3 ... 1,4 %). Il vaut mieux injecter 0,5 % en plus au delà de la zone macrofissurée par l'exploitation et obtenir finalement un meilleur effet utile global plutôt que pulvériser au pied de taille 1,5 à 2 % d'eau supplémentaire. Des essais plus particuliers ont été réalisés par les Charbonnages de Houthalen dans trois chantiers expérimentaux où l'influence de l'approfondissement des trous et de l'allongement de la chambre d'injection a été examinée. Dans une autre couche du même gisement, des essais d'infusion d'un panneau non encore exploité ont eu lieu à partir des voies de chantier préexistantes. Ces recherches qui se déroulent favorablement ont permis de constater que la pré-télé-injection était liée au prédégazage de la couche traitée.

L'injection dans les couches d'allure tourmentée exige proportionnellement plus d'eau par suite de la présence de nombreux bancs stériles qui, lors de leur fracturation, libèrent plus de poussières plus riches en silice. D'où nécessité d'injecter à haute pression dans les intercalaires schisteux (macrofissurés). Pour obtenir des empoussiéagements acceptables, dont l'indice soit inférieur à 5, il a fallu avec injection à profondeur classique infuser 5 % dans la couche et porter cette humidification à environ 7 % après le déversement du pied de taille. Il semble que pour

réduire les quantités d'eau en pareil cas, on soit dans l'obligation d'essayer d'atteindre les zones situées au delà de la macrofissuration.

b. *Lutte contre les poussières aux engins d'abattage.*

Plusieurs séries de mesure (80 prélèvements au précipitateur thermique) ont été faites pour déterminer la concentration et la granulométrie des poussières produites dans deux chantiers où est appliqué le havage intégral. Par la même occasion, on a contrôlé l'efficacité des moyens de prévention dont ces engins d'abattage sont normalement pourvus. Il s'agissait dans les deux cas de la machine Anderton-Shearer-Loader AB 16 dont l'eau de refroidissement du moteur est dirigée sur les pics du tambour et vers le front d'abattage (25 à 30 litres d'eau à la minute). Les essais se sont déroulés dans deux couches assez identiques du même bassin, d'ouverture moyenne 1,30 à 1,29 m et de puissance moyenne 1,19 et 1,11 m, *mais dont l'humidité naturelle du charbon en place était plus élevée que la valeur généralement constatée (de 2,5 à 3,3 %).*

La première taille, d'une longueur de 310 m, produisant environ 1.300 tonnes en deux postes, était ventilée par un débit d'air de 12 m³/s (Limbourg-

Meuse); la deuxième taille, deux fois moins longue (147 m), ventilée par 7 m³/s produisait de 460 à 500 tonnes en deux postes également (Houthalen). Nous avons constaté que la quantité de poussières produites en taille dépend du sens de progression de la haveuse et *en grande partie de l'humidité du charbon en place.* D'autre part, les concentrations plus élevées et la granulométrie plus grossière mesurées à proximité de la haveuse montant la taille, ne se retrouvent pas en tête du chantier par suite de la dilution dans le courant d'air général et de la sédimentation des plus grosses particules. Les résultats moyens trouvés, haveuse montant et descendant le long des fronts, sont indiqués au tableau IX.

Ces empoussiérages sont acceptables ($i < 5$), mais il semble bien que cette situation n'ait pu être obtenue qu'au prix d'une teneur en eau du charbon plus élevée que la moyenne et grâce à d'importants débits d'air de ventilation.

L'étude des dispersions constatées dans la mesure des empoussiérages montre d'ailleurs qu'au palier de confiance de 95 % et dans ces conditions d'humidité des produits et d'aérage, la valeur la plus défavorable la plus probable pour l'indice de nocivité est 4,9.

TABLEAU IX.

Empoussiérages produits lors du havage intégral de 2 fronts de taille.

	Limbourg- Meuse	Houthalen
<i>Humidité du charbon (%)</i>		
— du charbon en place	3,3	2,5
— du 0/10 transporté en taille	4,2	4,8
— du 0/10 transporté en voie (après pulvérisation au pied)	5,0	5,6
<i>Concentrations numériques (part/cm³ 5 à 0,5 μ)</i>		
— au pied de taille	2065	2390
— en tête de taille	2685	3350
— à proximité de la haveuse	3530	4430
<i>Teneur en quartz des particules (%)</i>		
— au pied de taille	1,0	2,2
— en tête de taille	3,7	3,5
— à proximité de la haveuse	3,6	3,5
<i>Indices de nocivité (moyenne)</i>		
— au pied de taille	2,2	3,1
— en tête de taille	4,0	4,5
— à proximité de la haveuse	4,4	4,6

c. Influence du transport des produits abattus et du sens de l'aéragé sur le dégagement des poussières.

Plusieurs séries de mesures de l'empoussiéragé de l'air ont été faites avant et après renversement du sens de l'aéragé, en différents points des galeries d'entrée et de retour d'air d'une double taille chassante dont la voie intermédiaire sert au transport du charbon (fig. 7). Ces essais ont été effectués aux Charbonnages de Gosson-Kessales, dans le cadre d'une étude plus générale des « conditions climatiques » d'un chantier et de ses voies d'accès en fonction du sens de circulation de l'air et des produits abattus.

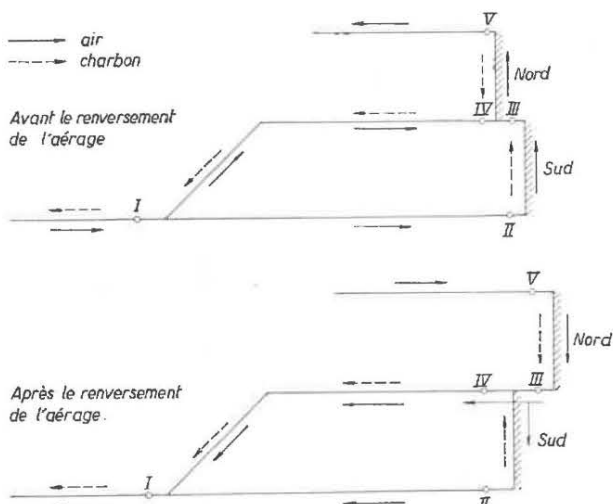


Fig. 7. — Disposition schématique du chantier d'essais aux Charbonnages de Gosson-Kessales.

Si, pour une humidité du charbon et une technique d'abattage données, on admet que le dégagement de poussières est proportionnel à la production ou au tonnage transporté et que la concentration en poussières est inversement proportionnelle au débit d'air, on peut conclure de nos expériences faites dans ce cas particulier que, dans les mêmes conditions d'exploitation, la ventilation par rabat-vent améliore la situation du point de vue « empoussiéragé des chantiers » (type de couche, longueur, ouverture, puissance, humidité, production, débit... identiques).

Cette constatation découle de l'examen du tableau X dans lequel nous indiquons quelles seraient les concentrations en part/cm³ de 5 à 0,5 μ dans une taille produisant 180 tonnes/poste de charbon à 2 % d'eau, ventilée par 5 m³ d'air par seconde, et dont la voie servant au transport, d'une longueur de 500 m, serait pourvue d'une courroie évacuant 30 t/h de charbon à 2,0 ... 2,5 % d'eau.

1. dans le cas d'une ventilation classique ascensionnelle, les produits étant évacués à contre-courant dans la voie d'entrée d'air,
2. dans le cas d'une ventilation par rabat-vent, les produits étant évacués dans le même sens que le courant d'air, c'est-à-dire voie d'entrée sans transport.

Compte tenu des concentrations finales : 6190 ou 4120 part/cm³ de 5 à 0,5 μ, il suffit que la teneur en quartz des poussières à la sortie du chantier soit 4 % pour que l'indice de nocivité soit égal à 5,3 ou 4,7, c'est-à-dire pour que l'atmosphère soit jugée inacceptable dans le premier cas alors que l'empoussiéragé-limite n'est pas atteint dans le deuxième cas.

2. Ventilation - Climat.

A. Etude de la ventilation par analogie électrique.

Au cours de l'année écoulée, un problème de ventilation nous a été soumis par la S.A. des Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau. Ramené à ses grandes lignes, il peut s'énoncer comme suit. Les exploitations souterraines de cette société comportent 2 sièges, l'un (Ste-Catherine) possédant deux puits récents de grand diamètre, l'autre (Aulniats) 2 puits principaux anciens de petite section. Dans chaque siège, on exploite un étage supérieur indépendant et 2 étages plus profonds, au niveau desquels les sièges sont interconnectés.

Au moment où notre étude a démarré, la répartition des débits entre les sièges n'était pas du tout en harmonie avec les résistances des puits. Une difficulté supplémentaire était introduite par le fait qu'un siège possédait un ventilateur principal au jour, tandis que dans l'autre, la ventilation était assurée par des ventilateurs d'étage.

TABLEAU X.

Influence du sens de l'aéragé sur le dégagement des poussières (cas théorique).

	Ventilation classique	Rabat-vent
Concentration admise au départ, sur le bouveau	1000	1000
Majoration dans la voie d'entrée d'air	+ 1420	+ 0
Concentration à l'entrée du chantier	2420	1000
Accroissement du nombre de particules en taille	+ 3770	+ 3120
Concentration à la sortie du chantier	6190	4120

Il s'agissait donc de réorganiser la ventilation des étages profonds de façon à accroître le débit des puits nouveaux au détriment des anciens, ce qui entraînerait une réduction sensible de la puissance de ventilation.

Dans un premier temps, on a envisagé le moyen d'assurer au moins en partie par Ste-Catherine le retour d'air d'un quartier de l'étage le plus profond des Aulniats en creusant une courte voie supplémentaire ; dans les meilleures conditions, on aurait ainsi pu réduire de 18 % la vitesse de rotation du ventilateur de surface et supprimer un ventilateur de quartier.

Une deuxième mesure envisagée concernait l'étage 400 - 450. Moyennant le déplacement d'un ventilateur, l'air de toutes les exploitations comprises entre les deux sièges à ce niveau pourrait faire retour à Ste-Catherine ; toutefois, pour éviter une zone morte d'aéragé, on a intérêt à maintenir une fuite de quelques m^3/s vers le siège des Aulniats. Cette solution entraîne encore une économie de 6 % de la puissance de ventilation de ce siège.

Des questions complémentaires concernaient d'une part le problème du verrouillage des divers ventilateurs, d'autre part l'abandon d'un vieux puits très résistant qui assurait un retour d'air séparé d'exploitations peu profondes.

D'autres sociétés nous ont posé diverses questions auxquelles il a été possible de répondre sans recourir à notre modèle électrique : il s'agissait toujours d'exploitations comportant plusieurs ventilateurs auxiliaires souterrains. C'est ainsi qu'on nous a consultés au sujet d'un siège où un nouveau ventilateur allait être démarré en surface. Ce siège possédait un étage « en l'air » et un autre étage comportant 3 quartiers indépendants de structure très différentes, avec chacun un ventilateur fractionnaire. Il s'agissait de choisir le réglage initial de tous ces ventilateurs (c'est-à-dire la vitesse de rotation ou l'angle des pales) ; la condition imposée était le maintien du puits de retour en dépression.

Après environ 10 ans d'utilisation pratique de la méthode de l'analogie électrique, il a paru opportun de faire le point. Dans ce but, une journée d'études de la ventilation des mines a été organisée à l'Institut d'Hygiène des Mines le 17 mai 1962, au cours de laquelle des exposés et des démonstrations ont permis à 44 ingénieurs délégués par les sociétés charbonnières de se familiariser avec cette méthode.

L'accent a été mis sur les deux points suivants :
— La méthode analogique est très souple et se prête à la résolution de problèmes très divers, même dans le cas de réseaux relativement compliqués.

— Un minimum de renseignements sont indispensables à de telles études ; en particulier, il ne suffit pas de connaître la répartition des débits dans la mine, mais il est hautement utile de savoir de quelle façon la hauteur manométrique créée par les venti-

lateurs et par tirage naturel (thermosiphon) est consommée tout au long du parcours souterrain de l'air. *Un effort devrait être entrepris pour une meilleure connaissance de cette donnée.*

Un compte rendu plus détaillé de cette journée d'études a paru dans le n° 4/1962 de la Revue de l'Institut d'Hygiène des Mines [13].

B. Détermination des pertes de charge dans les puits.

Nous avons poursuivi l'analyse des mesures des pertes de charge de puits, tant celles obtenues par notre Service Technique que celles publiées par d'autres chercheurs.

Nous donnerons ci-après l'analyse détaillée relative aux mesures que nous avons recueillies dans les puits du siège Ste-Catherine de la S.A. des Charbonnages de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau.

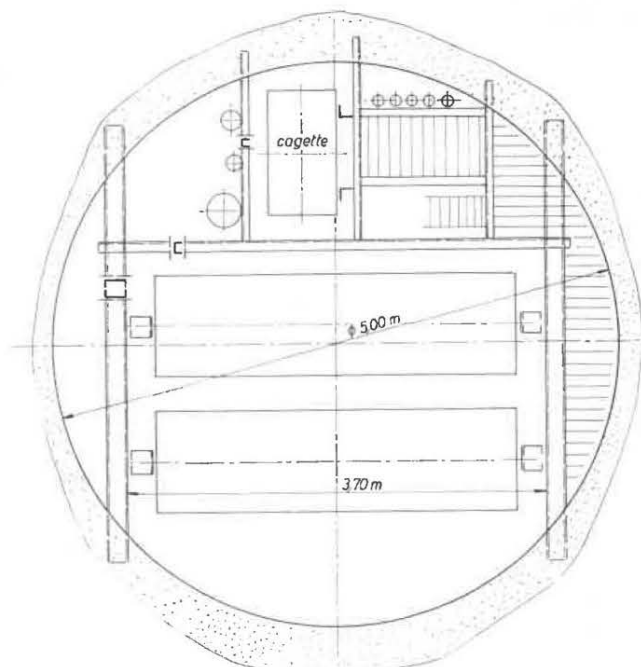


Fig. 8. — Equipement du puits d'entrée d'air du siège Ste-Catherine ($\lambda = 0,219$)

L'équipement du puits d'entrée est schématisé à la figure 8. La perte de charge a été mesurée par la méthode du tuyau sur les 250 premiers mètres de puits, tandis que le débit était déterminé par points successifs, dans le plan du niveau inférieur de la recette en surface. Nous avons obtenu les résultats suivants :

- débit Q : $55,8 m^3/s$;
- perte de charge : $\Delta p = 5,5 mm H_2O$;
- poids spécifique moyen : $\delta = 1,263 kg/m^3$;
- longueur : 241 m.

On peut déduire de ces mesures les paramètres suivants :

- résistance hectométrique :
 $k_{100} = 0,000759 \text{ kg s}^2/\text{m}^8$;
- coefficient de pertes de charge brut (calculé pour $D = 5 \text{ m}$ et $S = 19,62 \text{ m}^2$) : $\lambda = 0,219$;
- coefficient de pertes de charge rapporté à la section la plus encombrée du puits : $\lambda' = 0,0707$.

En ce qui concerne la différence de signification des coefficients λ et λ' , on se référera utilement à nos publications antérieures [9] [2]. Rappelons que le coefficient λ' ne dépend en principe que de la rugosité de l'ensemble des parois entourant le puits, en y incluant non seulement les parois latérales, mais aussi les alignements de traverses et les bords des paliers d'échelles éventuels.

Les valeurs de λ et de k_{100} sont plutôt élevées, cela tient à l'encombrement considérable du puits (importance des paliers). Par contre, le coefficient λ' a une valeur plutôt faible, qui peut s'expliquer par les trois considérations suivantes :

- les traverses sont relativement espacées (3,00 m) ;
- les solives principales supportant les guides sont formées de 2 fers U soudés en caisson, ce qui constitue un profil plus favorable que celui en I au point de vue aérodynamique ;
- une grande partie du périmètre des paliers est garnie de barreaux verticaux, ce qui réduit dans une mesure importante la résistance à l'écoulement de l'air.

D'ailleurs, le périmètre total (28,285 m) entourant la veine d'air se décompose comme suit :

- paroi extérieure (béton lisse, $\lambda' = 0,020$) : 9,508 m
- solives (caissons formés de 2 U de 180 mm de largeur, distants de 3 m, $\lambda' = 0,110$) : 6,180 m
- traverses (profils U 14 PN et 26 PN, de 70 à 90 mm de largeur d'aile, $\lambda' = 0,070$) : 6,917 m
- périmètre des paliers distants de 3 m :
 sans barreaux ($\lambda' = 0,150$) : 2,68 m
 avec barreaux ($\lambda' = 0,100$) : 3,00 m

Les valeurs de λ' que nous mentionnons sont des valeurs reprises de nos études antérieures [2] [3] [4] [6] [9], mais adaptées aux conditions actuelles. En particulier, la valeur $\lambda' = 0,110$ pour les solives tient compte de leur écartement ; celle $\lambda' = 0,150$ pour les paliers est inférieure à la valeur normale du fait que les paliers font peu saillie dans le puits et qu'une partie de leur périmètre est disposée radialement. Avec ces valeurs, on devrait trouver :

$$\lambda' = \frac{0,020 \times 9,508 + 0,110 \times 6,18 + 0,070 \times 6,917 + 0,150 \times 2,680 + 0,100 \times 3,00}{28,285}$$

$$= 0,0728, \text{ au lieu de } 0,0707.$$

Plusieurs des coefficients λ' ci-dessus sont peu sûrs, mais on ne dispose pas de moyens d'ajustement des valeurs proposées.

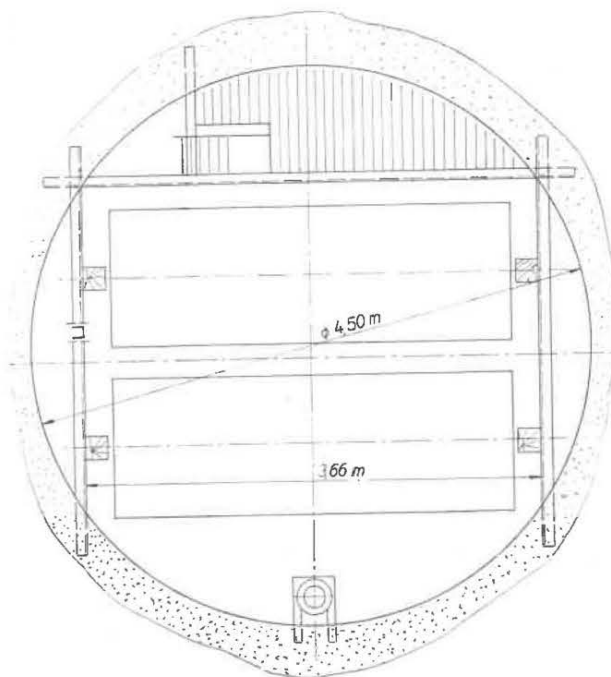


Fig. 9. — Equipement du puits de retour d'air du siège Ste-Catherine ($\lambda = 0,153$).

Le puits de retour d'air (fig. 9) du même siège a fait l'objet de mesures semblables, effectuées suivant les mêmes méthodes. Nous avons trouvé :

- débit : $24,1 \text{ m}^3/\text{s}$;
- perte de charge : $0,85 \text{ mm H}_2\text{O}$;
- poids spécifique : $\delta = 1,274 \text{ kg}/\text{m}^3$;
- longueur : 196 m.

On en déduit :

- résistance hectométrique :
 $k_{100} = 0,000766 \text{ kg s}/\text{m}^8$;
- coefficient de pertes de charge brut : $\lambda = 0,153$;
- coefficient de perte de charge rapporté à la section la plus encombrée : $\lambda' = 0,0736$.

On trouve donc un coefficient λ' voisin de celui du puits d'entrée ; la valeur plus faible de λ résulte de l'encombrement moindre du puits de retour. Le périmètre total (22,85 m) de la section la plus encombrée se décompose comme suit :

- paroi extérieure (lisse, $\lambda' = 0,020$) : 7,81 m
- solives (profils U de 90 mm de largeur d'aile, espacés de 1,50 m, $\lambda' = 0,110$) : 9,90 m

— traverses (profils U de 70 mm de largeur d'aile, espacés de 9 m, $\lambda' = 0,02$) : 1,64 m

— paliers (espacés de 9 m, $\lambda' = 0,120$) : 3,49 m
Avec ces valeurs, on devrait trouver :

$$\lambda' = \frac{0,02 \times 7,81 + 0,110 \times 9,90 + 0,02 \times 1,64 + 0,120 \times 3,49}{22,85} = 0,0744$$

à comparer avec la valeur expérimentale $\lambda' = 0,0736$.

On remarque la contribution importante des solives espacées de 1,50 m dans la somme constituant λ' ; une diminution appréciable de la résistance pourrait être obtenue en espaçant davantage ces solives, comme dans le puits d'entrée d'air.

En dehors de ces calculs destinés à contrôler et améliorer nos formules de prévision des pertes de charge des puits, nous avons procédé à une mise au point relative à la méthode de mesure de ces pertes. En première approximation (et pour autant que les variations d'énergie cinétique restent négligeables), la mesure au manomètre raccordé à un flexible (méthode du « tuyau ») donne directement la perte de charge. En deuxième approximation, il faut corriger la mesure pour tenir compte de la différence de poids spécifique existant entre l'air du flexible et l'air du puits. Cette correction dépend de l'emplacement du manomètre, comme le montre le calcul suivant.

Considérons le cas de la figure 10 : la section étant constante, et la structure du puits homogène, les variations d'énergie cinétique sont négligeables et la pression varie de façon pratiquement linéaire avec la profondeur. Nous supposons encore l'air du tuyau en équilibre thermique avec celui du puits dans chaque section, de sorte qu'on peut admettre l'égalité des poids spécifiques δ_1 et $\delta_{1'}$, δ_2 et $\delta_{2'}$. Si

— dans le puits, de 1 à 2 :

$$p_2 = p_1 + \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} (z_1 - z_2) - (\Delta p)_{1-2} ; \quad (1)$$

— dans le tuyau, de 1' à 2' :

$$p_{2'} = p_{1'} + \frac{\delta_{1'} + \delta_{2'}}{2} (z_1 - z_2) ; \quad (2)$$

— dans le puits, de 2 à 3 :

$$p_3 = p_2 + \frac{\delta_2 + \delta_3}{2} (z_2 - z_3) - (\Delta p)_{2-3} ; \quad (3)$$

— dans le tuyau, de 2'' à 3' :

$$p_3 = p_{2''} + \frac{\delta_{2''} + \delta_3}{2} (z_2 - z_3) . \quad (4)$$

Additionnons membre à membre les égalités (1) — (2) + (3) — (4) ; après simplification, il reste :

$$(\Delta p)_{1-3} = (\Delta p)_{1-2} + (\Delta p)_{2-3} = p_{2'} - p_{2''} + \frac{\delta_2 - \delta_{2'}}{2} (z_1 - z_2) + \frac{\delta_2 - \delta_{2''}}{2} (z_2 - z_3) ,$$

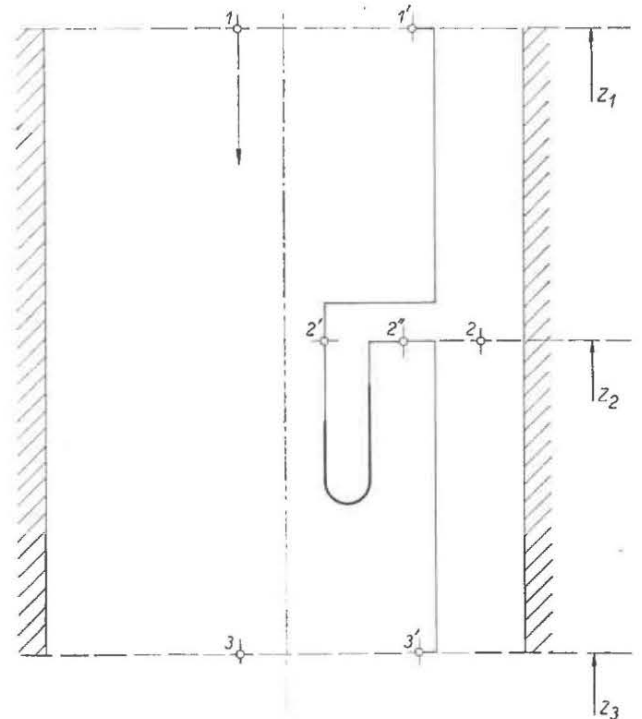


Fig. 10. — Mesure de la perte de charge par la méthode du tuyau dans un puits.

on désigne par Δp la chute de pression due aux frottements et tourbillons, on peut écrire successivement :

ou, puisqu'on a $\delta = \frac{p}{RT}$:

$$(\Delta p)_{1-3} = (p_2' - p_2'') + \frac{1}{2 RT_2} [(p_2 - p_2') (z_1 - z_2) + (p_2 - p_2'') (z_2 - z_3)] \quad (5)$$

Puisque les pressions varient linéairement avec la profondeur, on peut encore admettre les proportionnalités suivantes :

$$\frac{p_2' - p_2}{p_2' - p_2''} = \frac{z_1 - z_2}{z_1 - z_3}$$

et

$$\frac{p_2 - p_2''}{p_2' - p_2''} = \frac{z_2 - z_3}{z_1 - z_3}$$

La relation (5) devient dès lors, tous calculs faits :

$$(\Delta p)_{1-3} = (p_2' - p_2'') \left[1 - \frac{(z_1 - z_2)^2 - (z_2 - z_3)^2}{2 RT_2 (z_1 - z_3)} \right]$$

$$= (p_2' - p_2'') \left[1 - \frac{(z_1 + z_3) - 2 z_2}{2 RT_2} \right]$$

On constate donc que la correction est nulle si $z_2 = 0,5 (z_1 + z_3)$, elle varie linéairement avec la profondeur z_2 , la mesure étant trop faible lorsque le manomètre est déplacé vers le haut et trop forte vers le bas. Remarquons que la formule reste valable si le manomètre est installé en dehors du tronçon 1—3. En pratique, le terme correctif ne dépasse pas le pourcent lorsque l'appareil de mesure est branché à l'une des extrémités d'un tronçon de ... 200 ... m de longueur.

C. Amélioration du climat par la ventilation en rabat-vent.

Différents expérimentateurs ont fait état des avantages de la ventilation en rabat-vent en ce qui concerne l'empoussièrement et le climat des chantiers profonds. Etant donné l'interdiction de principe de la ventilation descendante par les règlements miniers, peu d'occasions s'étaient offertes d'étudier cette question au cours de ces dernières années. A l'occasion d'une inversion d'aéragé dans un chantier des Charbonnages de Gosson-Kessales, nous avons pu mettre en évidence les avantages principaux du rabat-vent, notamment ceux qui sont liés à la circulation des produits abattus en parallèle avec l'air, dans la taille et dans les voies de retour d'air. Nous avons relaté plus haut les résultats de l'étude du dégagement de poussières dans les voies d'entrée d'air et dans la taille ; le climat a fait l'objet d'observations simultanées.

Dans la situation initiale, l'organisation de l'aéragé et du transport au chantier étudié était celle reprise à la figure 11a ; elle se justifie par le fait que la couche présente un léger synclinal dont l'axe est suivi approximativement par la voie intermé-

diaire I'-IV. Les voies I-I'-IV et I-II ont donc pratiquement le même âge, le même revêtement et sont creusées dans des terrains identiques ; comme les débits d'air qu'elles se partagent ne sont pas trop différents, il a paru possible dans un premier temps

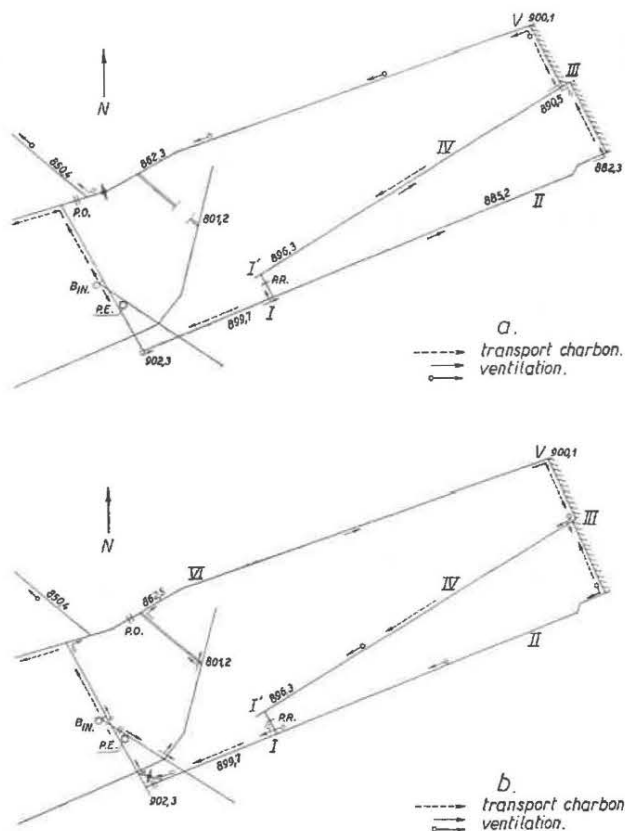


Fig. 11. — Circulation de l'air et des produits dans une taille des Charbonnages de Gosson-Kessales.
a — situation initiale
b — situation après modification de l'aéragé.

de comparer les dégagements de chaleur et d'eau dans ces 2 voies en vue de démontrer l'influence importante du transport sur la détérioration du climat en amont de la taille.

A partir des mesures des températures sèche et humide, de la pression barométrique et du débit, un bilan thermique global a été établi pour chaque voie. La puissance électrique transformée en chaleur ayant été décomptée, on a déterminé l'apport calorifique en provenance des roches entre I et II, la part de cette action calorifique servant à évaporer de l'eau et la fraction de la surface des parois qui doit être mouillée pour permettre l'évaporation observée.

Pour la voie I-I'-IV, des mesures ont donné globalement l'apport calorifique et l'évaporation d'eau. Il n'est pas difficile d'évaluer la fraction provenant de la transformation d'énergie électrique en chaleur ; par contre, la chaleur transmise par les parois et la quantité d'eau qui s'y vaporise ne peuvent être connues que par comparaison avec la galerie I-II, en tenant compte au mieux des différences existant entre elles (notamment les différences de surface des parois et d'état de l'air, influençant la transmission de chaleur et l'évaporation). Par différence, on obtient l'action calorifique du charbon abattu et la quantité d'eau qu'il abandonne par évaporation.

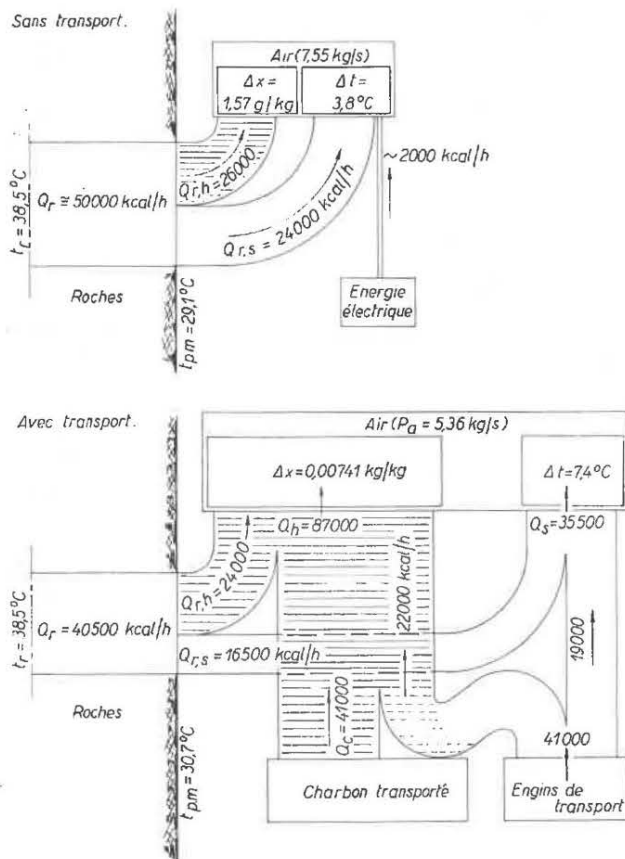


Fig. 12. — Bilans thermiques comparés de 2 voies de même âge et de même type, avec et sans transport.

La figure 12 donne sous forme de diagrammes de Sankey les résultats de ces calculs, valables pour une galerie d'environ 400 m de largeur, avec à l'entrée une température sèche de 26,6°C et une température humide de 22,0°C. Il saute aux yeux que l'échauffement de l'air est bien plus considérable dans la voie avec transport. Dans le cas présent, l'apport calorifique supplémentaire provient pour parts égales des engins de transport et du charbon lui-même. A noter qu'une partie importante de la chaleur dégagée par les engins de transport sert finalement à vaporiser de l'eau, ce que nous avons déjà observé antérieurement. Remarquons encore que l'action défavorable du transport sur le climat est tempérée par une légère diminution de l'apport de chaleur en provenance des roches.

Les résultats précédents sont basés sur des mesures obtenues pendant quelques heures au cours d'un seul poste. Par ailleurs, on peut faire certaines objections au calcul de l'action calorifique des roches et surtout de l'évaporation d'eau sur les parois.

Nous avons tenu compte de ces faits dans la suite de l'étude. En effet, pendant les derniers jours qui précéderent l'inversion d'aéragé, nous avons procédé à l'enregistrement continu des températures sèche et humide aux points I, II, III, IV, V et à des mesures très fréquentes de débit dans les 3 voies du chantier. Après l'inversion, l'aéragé était organisé conformément à la figure 11b, l'air arrivant au chantier sans avoir été à aucun moment en contact avec les produits abattus. Toutefois, la galerie V-VI n'a pu se refroidir que progressivement, de sorte qu'au début l'air arrivait à la taille aussi chaud qu'auparavant. Les enregistrements ont dès lors été poursuivis pendant environ un mois après l'inversion.

A partir du lot d'informations ainsi recueillies, nous avons effectué les calculs suivants :

α. — Comparaison de l'évolution de l'air dans la voie I-IV avec transport de charbon et sans (courroie arrêtée), notamment à partir des enregistrements effectués au 2^e poste un vendredi et un samedi consécutifs.

Cette étude confirme les conclusions tirées de la figure 12, mais elle a démontré que les galeries I-IV et I-II n'étaient pas également humides.

β. — Comparaison des dégagements calorifiques en taille suivant le sens du courant d'air.

Les bilans calorifiques établis pour 3 postes avant et 3 postes après l'inversion n'ont pas permis de mettre en évidence dans la taille même un avantage en faveur d'un sens d'écoulement, en dehors de l'influence de l'abaissement de température à l'entrée de la taille. Le diagramme de la figure 13 donne quelque information à cet égard : en abscisse on a porté la production (t/h), en ordonnée un « indice d'échauffement » de l'air, défini comme suit :

$$I_h = \frac{Q}{t_r - t_{h,0}}$$

Q désigne l'action calorifique des terrains et du charbon, t_r la température originelle des roches et $t_{h,0}$ la température humide à l'entrée de la taille. Cet indice tient compte dans une certaine mesure de l'influence inévitable sur le dégagement calorifique de la température initiale de l'air.

La dispersion des points est essentiellement due au manque de précision des mesures ; il apparaît cependant probable que le dégagement calorifique n'est que très peu influencé par les fluctuations de production dans une taille de longueur donnée exploitée suivant une méthode déterminée.

γ. — Etude du refroidissement de la galerie de retour d'air, devenue entrée d'air après l'inversion.

Cette étude confirme qu'une certaine stabilisation des températures de l'air ne se produit qu'après environ 1 mois (pour les terrains considérés). Il en résulte que lors d'une inversion d'aérage au cours de la vie d'une taille, les conditions climatiques régnant peu après sont nécessairement mauvaises et donnent une appréciation défavorable quant à l'efficacité du procédé.

Si l'on craint des difficultés climatiques dans un chantier et qu'on désire organiser pour cette raison l'aérage et le transport de façon telle que les produits soient évacués dans les retours d'air, il faut le

faire dès le début de l'exploitation, même si les difficultés climatiques ne sont pas à ce moment considérables.

Une relation plus détaillée de ces essais paraîtra dans la Revue de l'Institut d'Hygiène des Mines.

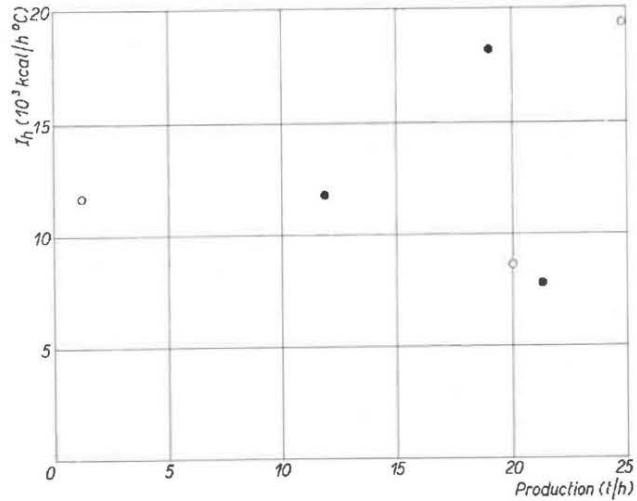


Fig. 13. — Variation du dégagement calorifique en taille en fonction de la production et de la température initiale de l'air.

Pour la signification de I_h se référer au texte.
 • : avant l'inversion. o : après l'inversion.

III. — ENQUETE

Comme chaque année, l'Institut a publié les résultats de son enquête sur l'étendue des moyens de prévention mis en œuvre dans les charbonnages belges. Nous sommes à même de donner en plus les résultats provisoires sur la situation telle qu'elle se présente au début de l'année 1963. On trouvera au tableau XI le développement des tailles auxquelles sont appliqués régulièrement des traitements humides : arrosage des fronts, injection d'eau en veine, havage humide et emploi de marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau.

Pour faciliter la comparaison, nous avons fait la distinction en indiquant, d'une part, la longueur des fronts traités par plusieurs de ces procédés à la fois et, d'autre part, la longueur des fronts traités par une seule de ces méthodes combinée à la pulvérisation d'eau dans la taille. Au tableau XII, nous avons fait figurer le nombre de travaux préparatoires en creusement en donnant la répartition des moyens de prévention normalement mis à la disposition du personnel au cours des opérations de foration.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] HAUSMAN A. et PATIGNY J. — Comparaison de divers appareils respiratoires, sur la base des entraînements courants des sauveteurs du Bassin houiller de Campine. — Rev. Inst. Hyg. Mines, 1962, 17, 192/200.
- [2] HOUBERECHTS A. — L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1957. — Ann. Mines Belgique, 1958, 5, 387/420.
- [3] HOUBERECHTS A. — L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1958. — Ann. Mines Belgique, 1959, 5, 431/477.
- [4] HOUBERECHTS A. — L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1959. — Ann. Mines Belgique, 1960, 5, 403/445.
- [5] HOUBERECHTS A. — L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1960. — Ann. Mines Belgique, 1961, 5, 529/575.
- [6] HOUBERECHTS A. — L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1961. — Ann. Mines Belgique, 1962, 5, 419/441.
- [7] HOUBERECHTS A., CARTIGNY S. et DEGUEL-DRE G. — Etude comparative de solutions tensio-
 (Voir suite de la Bibliographie en page 570)

TABLEAU XI.
Développement des tailles (m) auxquelles s
Situation au début des années 1

Bassins administratifs	Campine		Liège	
	1962	1963	1962	1963
Années de référence				
Nombre de tailles actives	96	96	181	162
Longueur des fronts déhouillés (m)	16.756	17.642	14.490	14.757
I. Traitements appliqués au point de formation des poussières				
1. Développement total des tailles traitées (m) :				
— arrosage des fronts	—	—	120	514
— injection d'eau en veine	8.374	7.649	1.993	2.434
— havage humide	2.074	3.129	—	—
— piqueurs à pulvérisation d'eau	4.246	5.804	2.982	3.866
Longueur totale traitée	14.690	16.582	5.095	6.814
2. Longueur des fronts traités simultanément par plusieurs de ces procédés (m)				
	3.518	3.906	—	—
3. Longueur réelle traitée (m)				
	11.172	12.676	5.095	6.814
II. Traitement par pulvérisation d'eau en tailles.				
1. Développement total des fronts traités par pulvérisation d'eau (m)				
	8.400	9.398	5.680	4.533
2. Longueur des fronts traités par un des quatre procédés indiqués ci-avant, combiné à la pulvérisation en taille (m)				
	4.927	5.624	2.695	1.857
3. Longueur traitée uniquement par pulvérisation d'eau (m)				
	3.473	3.774	2.985	2.696
III. Longueur des fronts naturellement humides considérés comme peu poussiéreux (m)				
	1.733	1.326	3.039	2.726

* Dont 850 m traités par infusion pulsée. ** Dont 1080 m traités par infusion pulsée.

TABLEAU XII.
Moyens de prévention normalement mis à la disposition du personnel dans
Situation au début des années 1962 et 1963 (bouves

Bassins administratifs	Campine		Liège	
	1962	1963	1962	1963
Années de référence				
Nombre de fronts en creusement	88	107	45	54
Fronts équipés de :				
1. Capteurs pour forage à sec	13 *	12 *	2	—
2. Perforateurs à adduction latérale d'eau	1	—	—	—
3. Perforateurs à injection centrale d'eau	69	89	36	54
Fronts avec prévention	83	101	38	54

* Dans les puits intérieurs principalement.