

## NOTES DIVERSES

---

Comparaison des poussières de schistes ou de calcaires

pour la

**Neutralisation des poussières charbonneuses**

*Essais effectués dans la galerie expérimentale de Derne-Dortmund.*

---

Communication du Bergassessor Wilke, collaborateur principal du Dr. Carl Beyling, Directeur de la Station d'essais de Derne-Dortmund, à la 4<sup>me</sup> Conférence internationale des Directeurs de Stations minières d'essais, Bruxelles-Pâturages, septembre 1937.

### INTRODUCTION

*En publiant cette étude, rappelons d'abord avec émotion la tristesse qui a envahi tous ceux qui s'intéressent à la sécurité minière en apprenant la mort prématurée, le 24 novembre 1938, du Bergassessor Dr. Carl BEYLING, Directeur de la galerie d'essais de Derne-Dortmund et de la mine expérimentale de Gelsenkirchen.*

*Homme de science et de méthode, expérimentateur hors ligne, Beyling avait consacré toute son activité aux questions de sécurité minière. Il faisait autorité, en cette matière, non seulement dans son pays, mais dans le monde entier.*

*Ses recherches de 1906 sur les appareils électriques antigrisouteux ont été faites avec une telle science, une telle exactitude, que tous les règlements du monde en sont encore inspirés.*

*Dans le domaine des explosifs et du grisou, ses travaux sont au premier rang. Enfin, la réalisation de la mine expérimentale des Gelsenkirchen a été le couronnement de cette belle carrière, réalisation d'une hardiesse extraordinaire où l'on produit de véritables explosions de poussières et de grisou dont on peut enregistrer toutes les phases au grand profit de la connaissance et de la prévention de ces accidents.*

Beyling était l'amabilité même, son accueil toujours franc et cordial. Il était venu en Belgique à la 4<sup>me</sup> Conférence internationale des Directeurs de Stations minières d'essais en septembre 1937 avec ses principaux collaborateurs.

La mort de Beyling est une grande perte pour la cause de la sécurité minière.

Le Bergassessor Wilke, à la galerie de Derne, a repris, sur une échelle plus grande, les essais que le Safety in Mines Research Board a effectués il y a quelques années pour déterminer le caractère spécifique des diverses matières utilisées pour la neutralisation des poussières charbonneuses dans les mines.

Il s'est limité aux deux matières utilisées pratiquement dans les mines allemandes : les poussières de schistes et les poussières de calcaires.

Comme source d'inflammation, au lieu de la charge de poudre utilisée par les expérimentateurs britanniques, l'auteur a préféré utiliser une inflammation de grisou (15 m<sup>3</sup> de mélange à 10 %), estimant que cette source correspond mieux aux conditions des mines allemandes où l'on doit toujours compter — sauf peut-être en Silésie — sur un dégagement de grisou.

Les essais ont été faits à grande échelle dans la grande galerie de 200 mètres de la Station de Derne. Ils ont visé la schistification généralisée — poussières stériles disposées sur des tablettes longitudinales, tandis qu'à Buxton, ces poussières étaient déposées sur le sol — et le fonctionnement d'arrêts-barrages.

La supériorité du calcaire apparaît moindre ici qu'elle ne résultait des essais de Buxton, surtout dans l'emploi pour les arrêts-barrages.

Ad. BREYRE.

Dans les mines grisouteuses et poussiéreuses allemandes, on n'emploie plus guère pour assurer la sécurité des chantiers vis-à-vis des dangers d'explosion, que de la poussière de schiste ou de calcaire, tant pour la schistification des galeries que pour les arrêts-barrages.

C'est pourquoi nous avons été amené à faire des essais pour déterminer laquelle de ces deux poussières était la plus appropriée

pour la neutralisation des explosions dans le fond. Nous ne sommes pas les premiers à avoir entrepris de telles recherches.

#### Rappel des essais britanniques.

Le mémoire n° 79 du Safety in Mines Research Board, paru en 1935, traite déjà d'essais nombreux et approfondis au sujet de l'efficacité des différentes poussières stériles. Les recherches anglaises ont montré incontestablement que l'efficacité des poussières stériles augmente dans l'ordre suivant : schiste argileux, terre à foulon (argile spéciale), anhydrite, calcaire, carbonate de chaux précipité, gypse.

Les essais de Buxton ont été effectués dans la galerie de 325 pieds (100 m.) de longueur et de 4 pieds (1<sup>m</sup>,20) de diamètre.

Le mélange poussières de charbon et poussières stériles était disposé directement sur le sol de la galerie. L'explosion était amorcée à l'aide d'une charge de poudre noire de 20 onces, soit 567 grammes, tirée dans un mortier d'acier avec bourrage d'une livre (453 gr.) de poussières de charbon.

Immédiatement devant le mortier, dans la direction de l'âme du mortier, se trouvait un tube en acier de 6 pieds (1<sup>m</sup>,85) de longueur et d'un pied (305 mm.) de diamètre, ouvert aux deux extrémités, dénommé « tube d'impulsion » (*impetus tube*) et contenant 2 livres (907 gr.) de poussières de charbon.

Ces essais ont été effectués sans grisou.

#### Mode opératoire des essais allemands.

En Allemagne, on a utilisé d'autres conditions expérimentales.

Les essais ont été effectués dans la galerie d'essais de 200 m. (fig. 1) dont les 100 premiers mètres et les derniers 85 mètres se composent d'anneaux tubulaires en acier doux de 1<sup>m</sup>,80 de diamètre intérieur. La galerie métallique a une section transversale de 2,5 m<sup>2</sup>. Pour faciliter le travail dans ces parties de galerie de forme circulaire, on a ménagé une aire en béton à la partie inférieure. Entre le centième et le cent-quinzième mètre se trouve une partie de galerie intercalaire de 15 m. de longueur, en béton armé, dont la section transversale (2,5 m<sup>2</sup>), rectangulaire, correspond mieux aux conditions réelles du fond que la section circulaire des parties de galerie métalliques. Nous reviendrons encore ultérieurement sur cette section de galerie en béton armé.

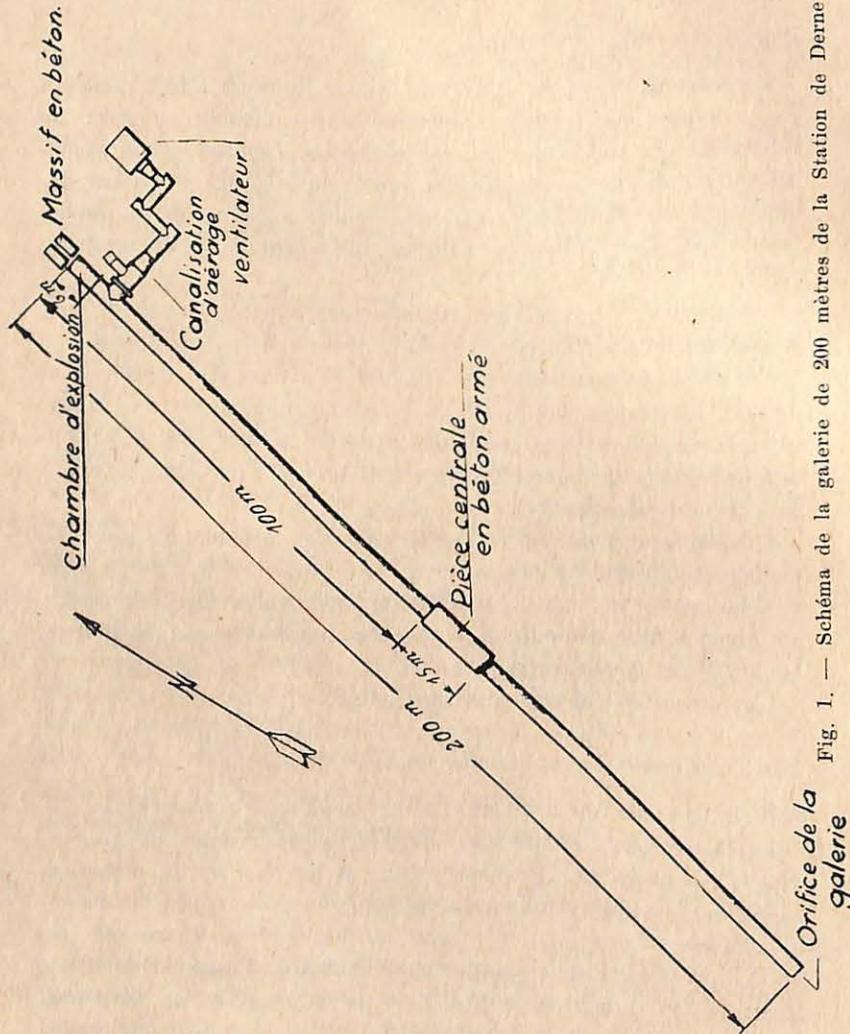


Fig. 1. — Schéma de la galerie de 200 mètres de la Station de Derne.

L'observation de la flamme d'explosion se fait à l'aide de 25 fenêtres fixées de distance en distance dans la galerie et pourvues de glaces de 25 mm. d'épaisseur.

*Poussières charbonneuses.*

Nous avons employé dans tous les essais une poussière de charbon obtenue par broyage de charbons aussi purs que possible dans notre broyeur.

Notons encore qu'en Allemagne, toute la poussière doit traverser intégralement le tamis n° 12 (ouverture intérieure des mailles : 490  $\mu$ ) pour être utilisée dans les essais.

Mais la poussière que nous employons est d'une finesse telle que plus de 95 % traverse le tamis allemand normal n° 80, qui a 6.400 mailles au  $\text{cm}^2$  (ouverture intérieure des mailles : 75  $\mu$ ).

Comme les charbons destinés aux essais de la station proviennent toujours de la même couche, la couche à charbon gras n° 4 de la mine voisine Gneisenau, la composition de la poussière de charbon est très uniforme. D'après les analyses effectuées dans notre laboratoire, la poussière de charbon présente les caractéristiques suivantes :

*Poussière de charbon gras de la veine 4 de la mine Gneisenau.*

1) *Epreuve de tamisage.*

Grosses particules : refus sur le tamis n° 12 (144 mailles/ $\text{cm}^2$ )	0,0 %
Fines particules : fraction comprise entre le tamis n° 12 et le tamis n° 80 (6.400 mailles/ $\text{cm}^2$ )	6,9 %
Très fines particules : fraction traversant le tamis n° 80	93,1 %
	100,0 %

2) *Analyse.*

Humidité	0,7 %
Matières volatiles	25,7 %
Coke	73,6 %
	100,0 %

## 3) Calcul sur la base du charbon pur.

Matières volatiles . . . . .	27,1	%
Coke . . . . .	72,9	%
	<hr/>	
	100,0	%

Comme la composition le fait déjà ressortir, il s'agit d'une poussière très dangereuse, dont une teneur de 70 gr. environ par m<sup>3</sup> suffit déjà, d'après nos essais, pour obtenir une explosion se propageant à travers toute la galerie.

Pour l'obtention des mélanges de poussières de charbon et de poussières stériles nécessaires, on a mis en œuvre une poussière de schiste ou une poussière de calcaire analogues à celles communément employées dans les mines du district industriel de la Rhénanie et de la Westphalie.

*Poussières stériles utilisées.*

Les poussières ont été examinées conformément aux prescriptions officielles pour l'autorisation d'emploi dans les mines.

D'après ces prescriptions, pour pouvoir être employée, la poussière stérile doit présenter les caractéristiques suivantes :

a) la poussière doit traverser intégralement un tamis de lampe de sûreté à 144 mailles/cm<sup>2</sup> (ouverture intérieure des mailles : 490  $\mu$ ). Elle doit traverser, au moins à concurrence de 50 %, le tamis normal allemand n° 80, à 6.400 mailles/cm<sup>2</sup> (ouverture intérieure des mailles : 75  $\mu$ ).

b) la poussière doit conserver sa dispersibilité, c'est-à-dire qu'on doit pouvoir la faire partir sous forme de nuage en soufflant avec la bouche, après un séjour de 7 jours au-dessus d'une nappe d'eau ou après un séjour d'un mois dans le fond.

c) elle ne peut contenir au maximum que 15 % de matières combustibles. Ce pourcentage doit être déterminé à l'aide d'un échantillon séché à l'air et passé à travers un tamis de lampe de sûreté.

*Poussières de schiste.*

La poussière de schiste que nous avons employée provient de la S. A. des Mines de Gelsenkirchen (Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft) et est préparée à leur mine Frédéric Thyssen.

près de Hamborn, avec du schiste argileux provenant du fond où il se trouve sous forme de roche houillère encaissant les veines.

Cette poussière répond à la composition granulométrique suivante :

Grosses particules : refus sur le tamis n° 12 (144 mailles/cm <sup>2</sup> ) . . . . .	0,2	%
Fines particules : fraction comprise entre le tamis n° 12 et le tamis n° 80 (6.400 mailles/cm <sup>2</sup> ) . . . . .	21,0	%
Très fines particules : passage à travers le tamis n° 80. . . . .	78,8	%
	<hr/>	
	100,0	%
Perte au feu . . . . .	12,0	%
CO <sub>2</sub> . . . . .	3,3	%

Matières combustibles . . . . . < 8,7 %

Les matières combustibles proviennent de petites intercalations charbonneuses dans le schiste. Sous le microscope, on pouvait observer d'une manière incontestable quelques particules de charbon.

A l'aide de liquides denses, on parvient à séparer une petite quantité de charbon et on a pu déterminer qu'il s'agissait également de charbon gras. Cette poussière de schiste possède une bonne dispersibilité et est suffisamment insensible à l'humidité. Elle est autorisée par l'Administration des Mines pour emploi dans le fond.

*Poussières de calcaire.*

La poussière de calcaire employée comme comparaison provient de la firme Mannesmann, à Düsseldorf (1), et répond également à toutes les prescriptions officielles allemandes. Elle est aussi autorisée pour emploi dans le fond et sert depuis longtemps à la schistification de galeries et pour les arrêts-barrages de plusieurs charbonnages importants.

La composition granulométrique de la poussière est la suivante :

Grosses particules : refus sur le tamis n° 12 (144 mailles/cm <sup>2</sup> ) . . . . .	0,1	%
--	-----	---

(1) Elle est exploitée dans une carrière de Néanderthal, connue par la découverte d'un crâne d'*homo primigenius*.

<i>Fines particules</i> : fraction comprise entre le tamis n° 12 et le tamis n° 80 (6.400 mailles/cm <sup>2</sup> ) . . . . .	17,5	%
<i>Très fines particules</i> : passage à travers le tamis n° 80. . . . .	82,6	%
	100,0	%
Perte au feu . . . . .	41,7	%
Teneur en CO <sub>2</sub> . . . . .	41,3	%
	< 0,4	%
Matières combustibles . . . . .		

Comme 44 % de CO<sub>2</sub> correspondent à du carbonate de chaux pur, le matériau employé par nous peut être considéré comme du calcaire presque pur.

D'après les prescriptions officielles allemandes, on doit déterminer la teneur en matières combustibles de chaque poussière stérile. Cette détermination se fait en général en dosant la perte au feu. Il est évident que dans le cas de poussières renfermant du CO<sub>2</sub>, ce dernier doit être soustrait de la perte au feu, pour obtenir les matières combustibles. Il en ressort cependant aussi que ce qui est considéré ainsi comme matériau combustible peut être, par exemple, de l'eau d'hydratation ou un autre composant analogue. Il n'a pas été recherché à quoi correspond la teneur de 0,4 % environ de matières combustibles trouvée pour la poussière de calcaire.

Le calcaire broyé a une finesse légèrement supérieure à celle du schiste ci-dessus, car environ 82,6 % de la poussière de calcaire traversent le tamis normal allemand n° 80. La dispersibilité de la poussière pure correspond aux prescriptions officielles; elle n'est cependant pas tout aussi bonne que celle de la poussière de schiste. Néanmoins, lorsque la poussière stérile est additionnée de poussière de charbon, la dispersibilité du mélange est la même, pourvu que le rapport entre la poussière de charbon et la poussière stérile ne s'écarte pas trop de l'unité, quelles que soient les poussières stériles utilisées, schistes ou calcaires.

Au point de vue de l'hygiène, il n'y a aucune objection à faire à ces mélanges. Les deux sortes de poussières stériles ont d'autre part été examinées également au laboratoire, par séparation pneumatique à l'appareil de Gonell, au point de vue de leur composition criblométrique. Ces recherches n'ont pas fait ressortir de différences notables. Dans les essais avec poussières de calcaire, l'appareil de Gonell

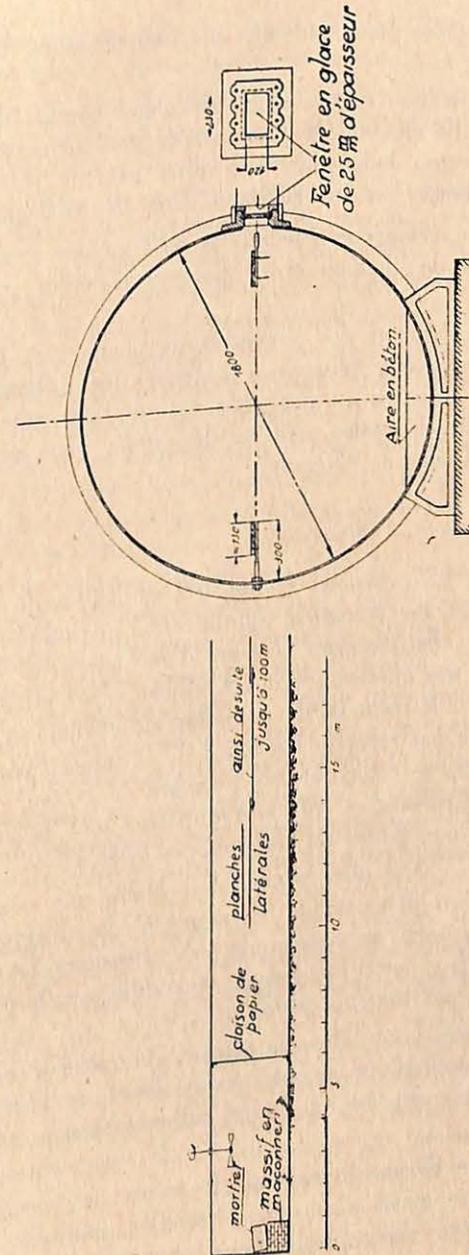


Fig. 2. — Coupes (à échelles différentes) de la galerie d'essai. A gauche : coupe longitudinale de la partie voisine du mortier; à droite : coupe transversale de la galerie.

a montré que les plus fines particules ont une tendance marquée à l'agglomération.

Comme la fabrication manuelle du très grand nombre de mélanges de poussières de charbon et de poussières stériles nécessaires aux essais aurait été trop laborieuse et n'aurait pas été suffisamment uniforme, les mélanges ont été effectués dans un mélangeur.

L'emploi de ce mélangeur a permis la mise en œuvre de mélanges de poussières de charbon et de poussières stériles entièrement homogènes.

Après cette description des poussières de charbon et des poussières stériles employées, passons à l'exposé des différents essais d'explosion. Ces essais n'ont pas pour but de faire ressortir l'efficacité des poussières stériles vis-à-vis du grisou, mais uniquement vis-à-vis des poussières de charbon.

#### *Essais de propagation d'explosion.*

En Allemagne, les poussières stériles sont employées de deux manières différentes, à savoir pour la schistification généralisée des galeries et pour les arrêts-barrages. L'essai d'une poussière stérile au point de vue de son efficacité à la schistification est effectué de la manière suivante : le mélange de poussières de charbon et de poussières stériles n'est pas répandu sur le sol de la galerie, mais sur une rangée de tablettes se composant de planches de 15 cm. de largeur et de 2 cm. d'épaisseur et qui sont disposées tout le long de la galerie, à mi-hauteur, fixées sur des supports (fig. 2).

Cette disposition doit nous permettre d'obtenir une mise en suspension aussi bonne que possible des poussières; nous croyons qu'en opérant ainsi, la mise en suspension des poussières est meilleure que lorsque celles-ci sont simplement répandues sur le sol. Même ce procédé n'est pas toujours parfait.

Dans nos essais, la mise en suspension du mélange poussiéreux est encore favorisée d'une manière particulière par l'amorçage de chaque coup de poussières à l'aide d'une explosion violente de grisou.

Cette méthode d'essais correspond le mieux aux conditions qui prévalent dans les mines allemandes. En effet, sauf pour quelques mines de la Silésie supérieure, les charbonnages allemands doivent toujours compter avec un dégagement de grisou.

Le mélange grisouteux (à 9-10 % de  $\text{CH}_4$ ) nécessaire pour amorcer l'explosion de poussières est emmagasiné dans la chambre d'explosion de 6 m. de longueur, située à l'extrémité fermée de la galerie. La chambre d'explosion est isolée, suivant le procédé ordinaire, à l'aide d'une cloison de papier.

L'inflammation du mélange grisouteux est provoquée par le tir de deux cartouches (soit 250 gr.) de dynamite n° 1 (à 65 % de N. G.) dans un mortier à fourneau de 55 mm. de diamètre.

Pour accroître encore davantage la facilité de transmission de la flamme du coup de grisou d'amorçage au mélange poussiéreux répandu sur les planches latérales voisines, on met encore en suspension dans la chambre d'explosion, peu avant le tir, deux kilogrammes de poussières fines de charbon gras pur.

La flamme d'une telle explosion atteint, sans intervention d'autres matières combustibles, généralement une longueur d'environ 36 m. dans la galerie; elle réalise la constance de l'explosion d'amorçage, en nature et en violence.

Comme les planches latérales sur lesquelles le mélange à essayer est répandu ne débute qu'à 10 m. du commencement de la galerie, la flamme de l'explosion d'amorçage pénètre encore d'environ 26 m. dans la zone à poussières et a toute facilité d'enflammer les poussières mises en suspension par l'onde explosive.

Du 10° au 100° mètre de galerie, donc sur une distance totale de 90 m., le mélange poussiéreux est distribué uniformément sur les planches latérales, de telle manière que la mise en suspension de toute la poussière doit produire une concentration donnée et calculée.

La distribution de la poussière sur les planches latérales s'effectue à la main.

Pour obtenir une distribution aussi uniforme que possible, les ouvriers chargés de ce travail ne reçoivent que quelques kilogrammes du mélange poussiéreux, avec lesquels ils doivent garnir une longueur déterminée de planches latérales.

Nous avons trouvé par expérience que, même dans les cas les plus favorables et pour des explosions très violentes, une partie des poussières gamissant les planches latérales demeurait sur celles-ci et n'intervenait donc pas dans l'explosion; aussi, avons-nous, dans nos essais, recueilli la poussière qui était demeurée sur les planches après les explosions.

Pour avoir une idée aussi exacte que possible de la poussière non mise en suspension dans la zone à poussière, la poussière était soi-

gneusement recueillie par tronçons de 10 m. de longueur de galerie et pesée séparément.

#### Résultats des essais.

##### A) Poussières de schistes.

Quant aux résultats d'essais, la figure 3 vous donne un diagramme qui montre la mise en suspension des poussières et la marche de la flamme d'explosion.

Les abscisses donnent les distances de 10 en 10 m. à partir de l'extrémité fermée de la galerie; les ordonnées représentent la moyenne de la quantité de mélange poussiéreux mis en suspension dans chaque longueur de galerie de 10 m. Le nombre supérieur de gauche donne la quantité de poussière employée pour l'essai (300 gr./m<sup>3</sup>), tandis que la ligne brisée, noire, donne la quantité de poussière effectivement mise en suspension.

La ligne pointillée horizontale donne la moyenne de la quantité de poussière effectivement mise en suspension.

En outre, immédiatement au-dessus de l'axe des abscisses, se trouve encore une ligne horizontale terminée par une flèche. Cette ligne indique la marche et la longueur de la flamme d'explosion, d'après les constatations faites aux différentes fenêtres d'observation.

Il est évident que la flamme observée ne s'est pas nécessairement arrêtée exactement au bord le plus éloigné de la dernière fenêtre éclairée, mais qu'elle a pu continuer encore dans tout l'espace intercalaire entre cette fenêtre et la fenêtre voisine.

Pour tenir compte de ce facteur d'incertitude dans l'observation de la longueur de flamme, on a fait l'hypothèse qu'une flamme d'explosion qui dépasse une fenêtre le fait sur une longueur de 3 m., comme on a admis d'autre part qu'une flamme d'explosion qui « reprend » ou se rétablit a débuté à 3 m. avant la fenêtre d'observation.

Le diagramme en question (fig. 3) a trait à un mélange de poussière de charbon et de poussière de schiste par parties égales (teneur en cendres : environ 45 %). Dans cet essai, la quantité de mélange poussiéreux employée correspondait à 300 gr. de poussière par m<sup>3</sup> de volume de la galerie.

Pour cela, la zone schistifiée de 90 m. de longueur devait comporter au total 67,5 kg. de mélange poussiéreux déposé sur les planches latérales ou 7,5 kg. par 10 m. de longueur de galerie.

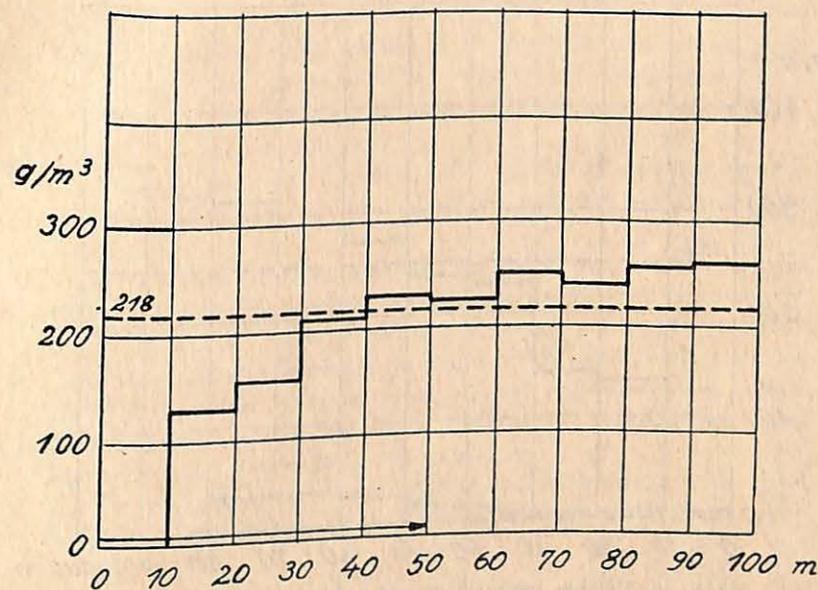


Fig. 3. — Mélange par parties égales de charbon et de schiste.  
Taux employé : 300 grammes par mètre cube.

L'essai a montré que le déplacement du mélange poussiéreux garnissant les 20 premiers mètres de la zone schistifiée était relativement faible. Plus de la moitié de la poussière restait sur les supports latéraux et n'exerçait donc aucun effet sur l'explosion.

Ce n'est qu'entre le 20<sup>e</sup> et le 30<sup>e</sup> mètre de la zone (c'est-à-dire entre le 30<sup>e</sup> et le 40<sup>e</sup> mètre compté à partir du commencement de la galerie) qu'une quantité suffisante de poussière était mise en suspension pour donner une teneur un peu supérieure à 200 kg./m<sup>3</sup>, soit les 2/3 de la quantité de poussière mise en œuvre dans cette partie de la galerie.

La quantité de poussière mise en suspension augmente ensuite lentement jusqu'à l'extrémité de la zone schistifiée; cependant, il reste toujours encore environ 15 % de la poussière sur les 10 derniers mètres de planches latérales.

Sur un total de 67,5 kg. de mélange poussiéreux mis en œuvre, environ 49 kg. seulement ont été mis en suspension par l'explosion, avec une teneur moyenne de 218 gr./m<sup>3</sup> seulement, au lieu des 300 gr./m<sup>3</sup> mis en œuvre.

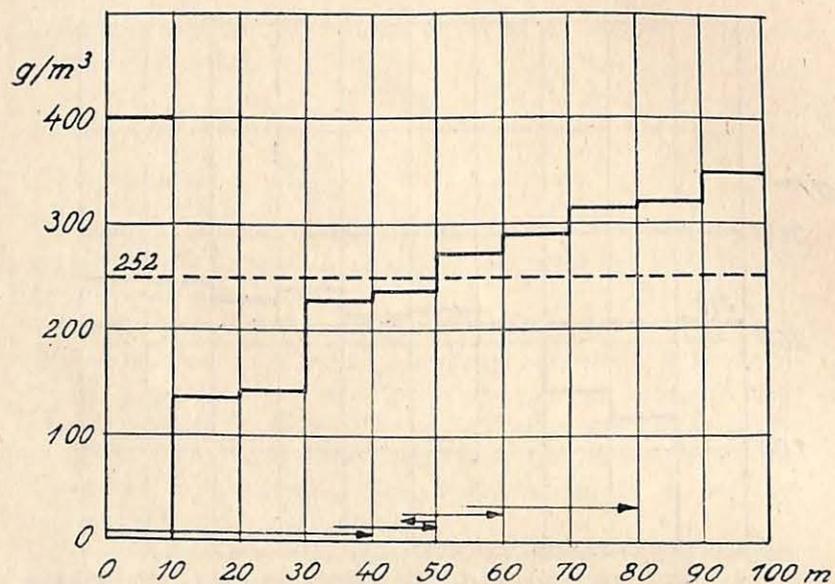


Fig. 4. — Mélange par parties égales de charbon et de schiste.  
Taux employé : 400 grammes par mètre cube.

Dans cet essai, la flamme d'explosion a pénétré d'une manière continue jusqu'au 50<sup>e</sup> mètre de galerie et a été arrêtée à l'intérieur de la zone de schistification.

Le mélange poussiéreux n'était pas capable, à cette concentration, de donner lieu à une propagation continue de l'explosion.

Même pour une concentration de 400 gr./m<sup>3</sup> du même mélange poussiéreux schiste-charbon par parties égales, la flamme n'atteignait pas l'extrémité de la zone schistifiée, mais était neutralisée après plusieurs balancements aux environs du 80<sup>e</sup> mètre de la galerie (fig. 4).

Comme dans l'essai précédent, la mise en suspension des poussières garnissant les 20 premiers mètres de supports était inférieure à la moitié du mélange employé.

Les 10 derniers mètres de planches latérales conservaient également encore 15 % de leurs poussières.

De la quantité de 400 gr./m<sup>3</sup> de poussière mise en œuvre, 252 gr./m<sup>3</sup> seulement sont intervenus dans l'explosion. Dans un essai de contrôle, effectué dans les mêmes conditions, la flamme a cependant dépassé de 37 m. la zone schistifiée pour atteindre le

137<sup>e</sup> mètre de galerie, montrant ainsi qu'un mélange par parties égales de charbon et de schistes, à la teneur de 400 gr./m<sup>3</sup>, peut donner lieu à une propagation de l'explosion. Cette propagation a été obtenue également avec le mélange et des concentrations supérieures (500, 600 et 700 gr./m<sup>3</sup>).

Il ne suffit donc pas d'ajouter à la poussière de charbon déposée dans une galerie une quantité égale de poussière de schiste pour la neutraliser.

Les différents résultats obtenus ressortent des diagrammes des figures 5, 6 et 7. La comparaison entre les diagrammes obtenus avec les concentrations de 600 et 700 gr./m<sup>3</sup> permet encore une remarque importante : non seulement la moyenne de la quantité de poussière mise en suspension dans les deux cas est pratiquement la même, mais également la moyenne de la quantité de poussière correspondant à chacune des longueurs de galerie de 10 m.

Dans nos conditions d'essai, il était inutile d'employer des concentrations supérieures à 600-700 gr./m<sup>3</sup>, car la quantité de mélange

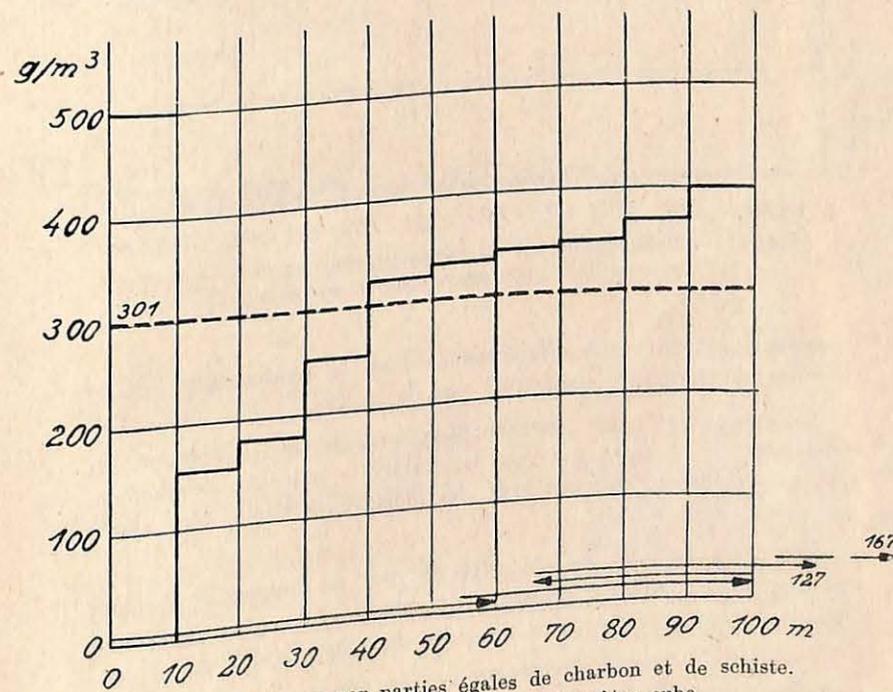


Fig. 5. — Mélange par parties égales de charbon et de schiste.  
Taux employé : 500 grammes par mètre cube.

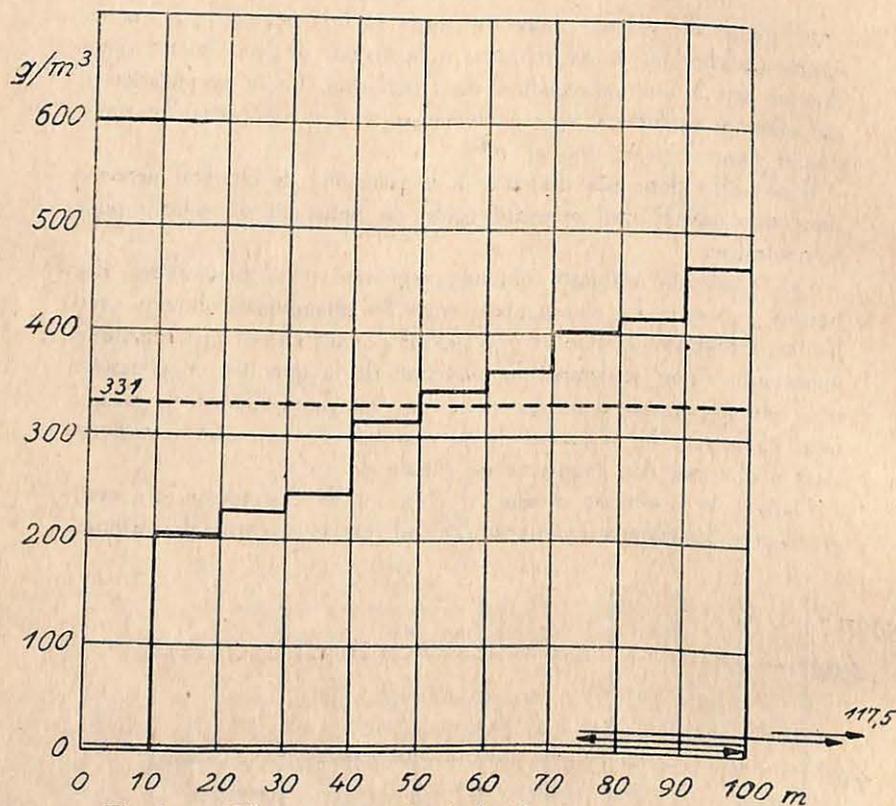


Fig. 6. — Mélange par parties égales de charbon et de schiste.  
Taux employé : 600 grammes par mètre cube.

poussiéreux intervenant efficacement dans la neutralisation de la flamme d'explosion n'augmentait pas de ce fait.

Comme d'après les considérations précédentes, le rapport de mélange 1/1 ne suffit pas pour neutraliser la poussière de charbon, des essais ont été entrepris avec des mélanges à teneur plus élevée en poussière de schiste.

Les essais suivants ont été effectués avec un rapport de mélange poussière de charbon à poussière de schiste égal à 1/1.15 (correspondant à un pourcentage en poussière de schiste égal à 53.5 %).

Comme ce mélange nous paraissait encore trop dangereux, nous ne l'avons employé dans les essais qu'à la concentration de 400

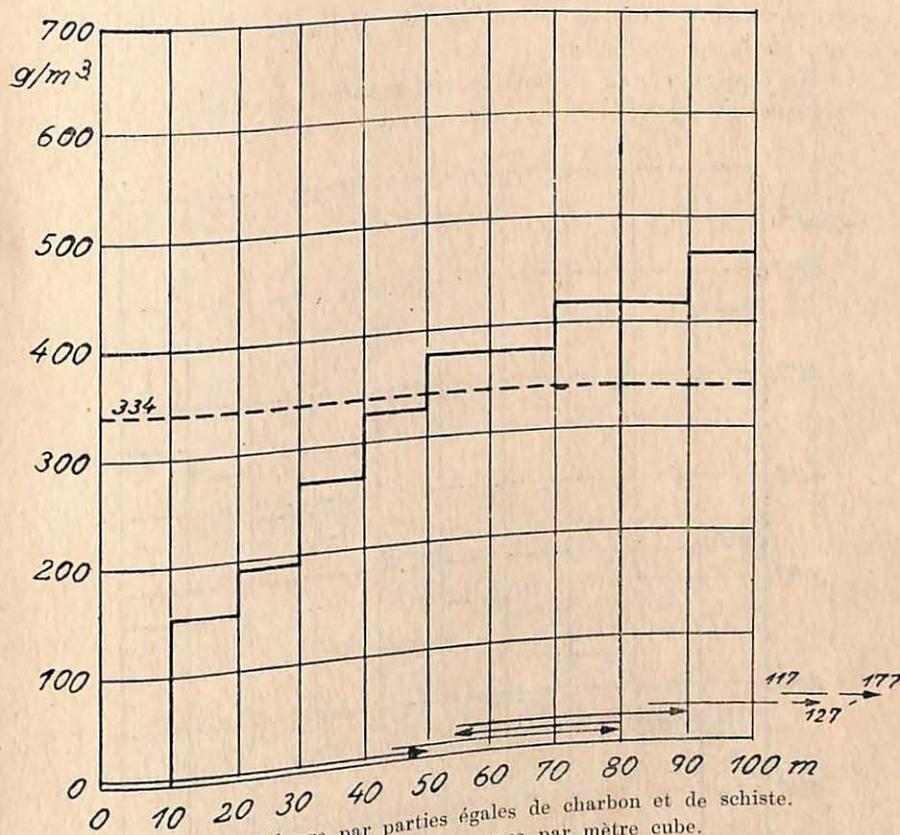


Fig. 7. — Mélange par parties égales de charbon et de schiste.  
Taux employé : 700 grammes par mètre cube.

gr./m<sup>3</sup> (correspondant à une teneur en poussière de charbon de 186 gr./m<sup>3</sup>).

Ces essais ne nous ont pas donné d'explosion avec propagation.

Pour des concentrations plus élevées et plus dangereuses, nous avons employé un rapport de mélange de 1/1.22 (correspondant à une teneur en schiste de 55 %). Les résultats obtenus avec ce mélange sont indiqués dans les diagrammes des figures 8 et 9. Pour une concentration de 560 gr./m<sup>3</sup> (à laquelle correspond une teneur en poussière de charbon de 250 gr./m<sup>3</sup>), la flamme d'explosion n'arrive que jusqu'au 60<sup>e</sup> mètre de galerie, et même pour une concentration de 680 gr./m<sup>3</sup> (fig. 9) (à laquelle correspond une teneur

en poussière de charbon de  $300 \text{ gr./m}^3$ ), la flamme meurt à l'intérieur de la zone schistifiée.

Ce rapport 1/1,22 de mélange de poussière de charbon et de poussière de schiste doit donc être considéré comme non dangereux.

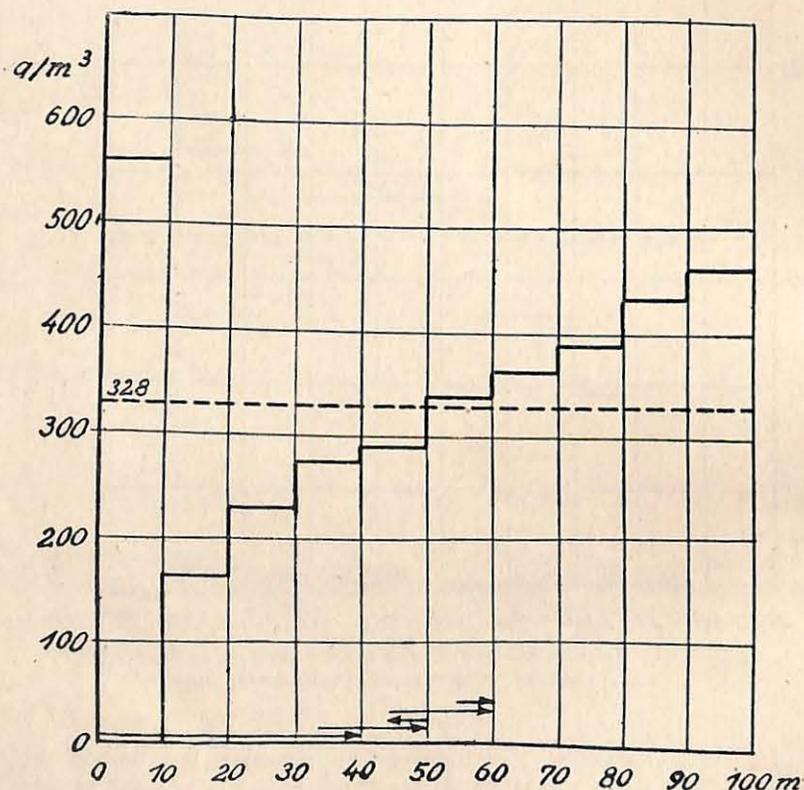


Fig. 8. — Rapport de charbon au schiste : 1 : 1,22.

Taux employé : 560 grammes au mètre cube.

#### B) Poussières de calcaire.

Compte tenu des résultats de nos essais avec la poussière de schiste, nous avons effectué, après quelques essais préliminaires, des essais approfondis avec des mélanges de poussière de charbon et de poussière calcaire, dans un rapport de 1/0,9 (correspondant à un pourcentage en poussière de calcaire égal à 47,4 %).

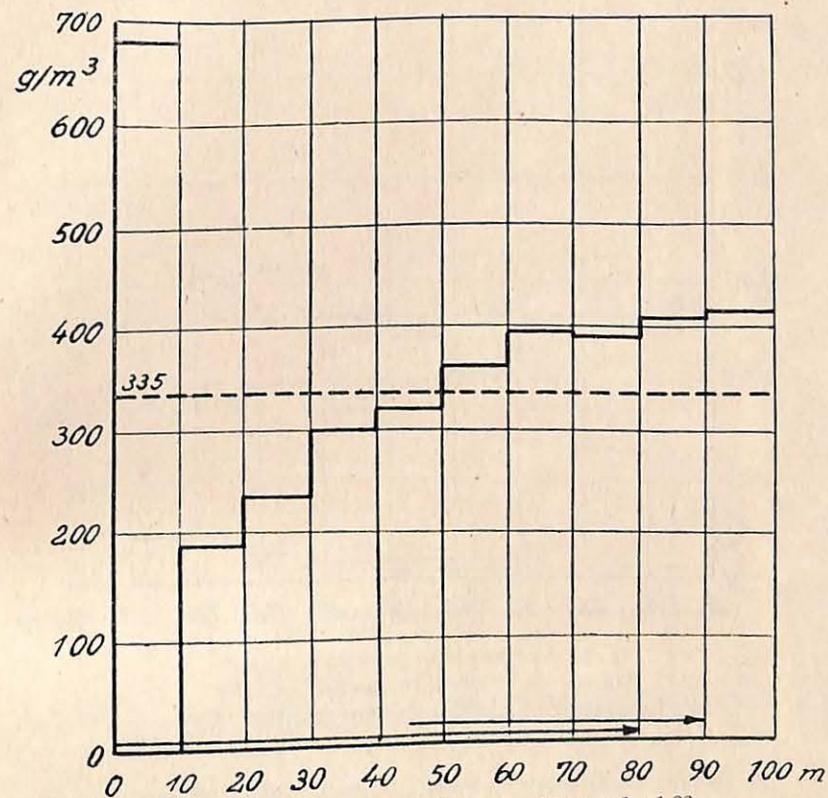


Fig. 9. — Rapport du charbon au schiste : 1 : 1,22.

Un premier essai a été fait avec une concentration de  $480 \text{ gr./m}^3$  (correspondant à une concentration en poussière de charbon de  $250 \text{ gr./m}^3$  (voir fig. 10).

La mise en suspension de la poussière était incomplète comme dans tous les essais antérieurs et la concentration du mélange poussiéreux obtenue à l'explosion n'était que de  $266 \text{ gr./m}^3$  (correspondant à  $140 \text{ gr./m}^3$  de poussière de charbon). La flamme d'explosion, après plusieurs balancements, a finalement atteint le 90<sup>e</sup> mètre de galerie et restait donc dans la zone neutralisée.

Pour une concentration plus élevée du mélange dans l'air, notamment  $560 \text{ gr./m}^3$  (correspondant à une teneur en poussière de charbon de  $300 \text{ gr./m}^3$ ), la quantité de poussière de calcaire contenue dans le mélange est trop faible pour neutraliser la flamme.

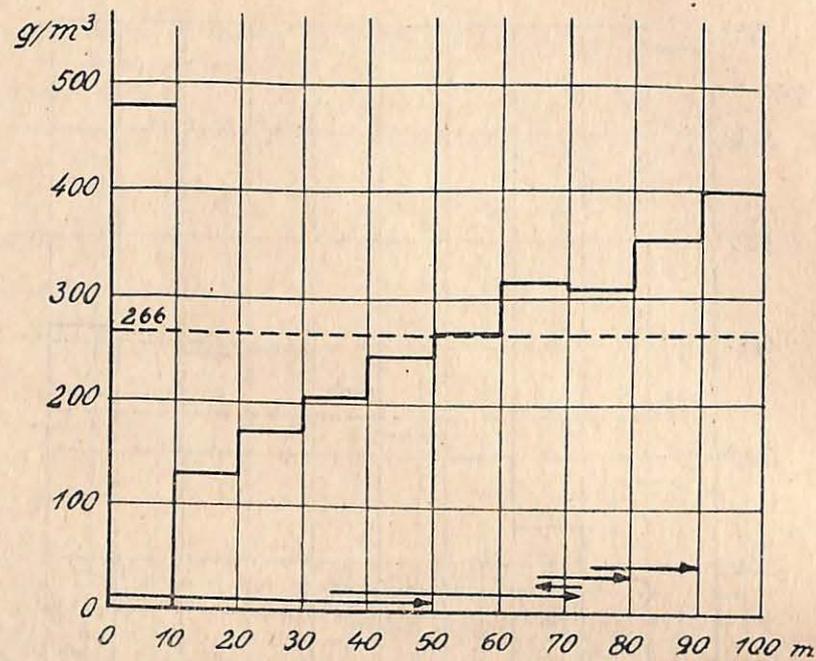


Fig. 10. — Essai avec poussières calcaires.  
Rapport du charbon au calcaire : 1 : 0,9.  
Taux employé : 480 grammes au mètre cube.

La flamme d'explosion traversait toute la galerie de 200 m. de longueur, c'est-à-dire qu'elle passait par les 100 m. de galerie dans laquelle il n'y avait pas de poussière combustible et dépassait encore de plus de 5 m. l'ouverture de galerie à l'air libre (voir fig. 11).

Avec les mélanges de poussière de charbon et de poussière de calcaire à parties égales (teneur en cendres : 52,5 %), on a obtenu, pour une concentration de 400 gr./m<sup>3</sup> (correspondant à une concentration en poussière de charbon de 200 gr./m<sup>3</sup>), une longueur de flamme de 87 m., mais dans deux essais de vérification, une longueur de flamme de 60 m. seulement a été obtenue (fig. 12 et 15).

Dans les 3 cas donc, la flamme d'explosion est restée dans la zone neutralisée.

Les essais montrent que, de même que pour les mélanges de poussière de charbon et de poussière de schiste, moins de la moitié de la

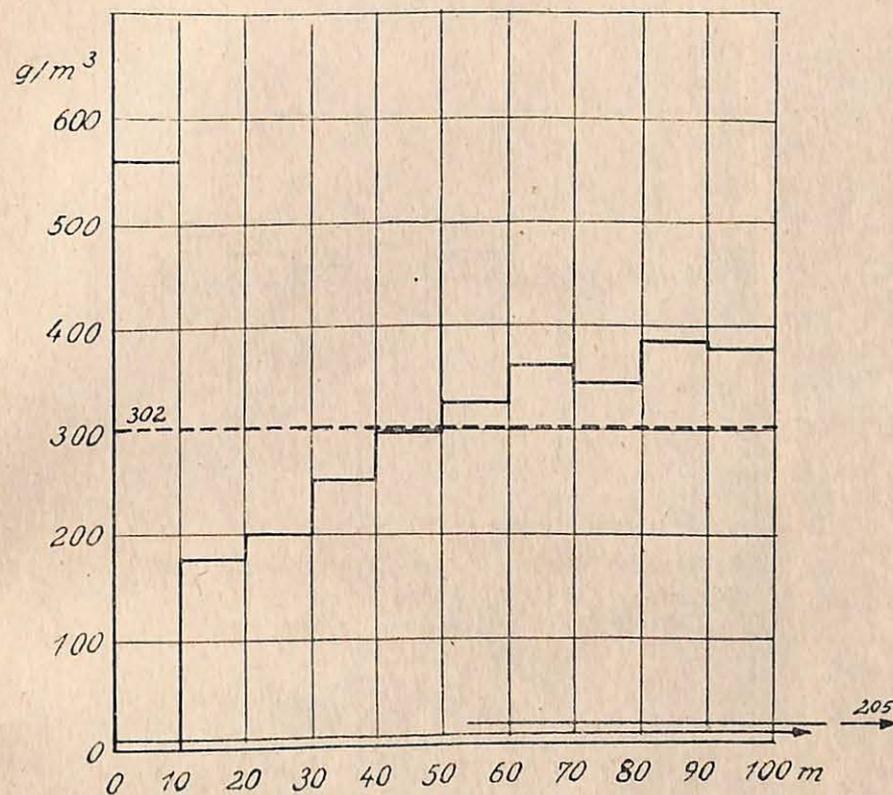


Fig. 11. — Rapport du charbon au calcaire : 1 : 0,9.  
Taux employé : 560 grammes au mètre cube.

poussière garnissant les 20 premiers mètres de supports latéraux avait été soulevée et mise en suspension.

Sur les 10 derniers mètres de supports latéraux, il restait plus de 50 % des poussières y déposées et la quantité moyenne de poussière mise en suspension était par conséquent un peu plus faible que dans les essais correspondants avec la poussière de schiste.

Il ressort également des diagrammes (fig. 14, 15 et 16) correspondant à des essais faits avec le même rapport de mélange 1/1, mais avec des concentrations en poussière croissantes, que le mélange de poussières de charbon et de poussière calcaire est d'une sécurité plus grande que le mélange correspondant de poussière de charbon et de poussière de schiste.

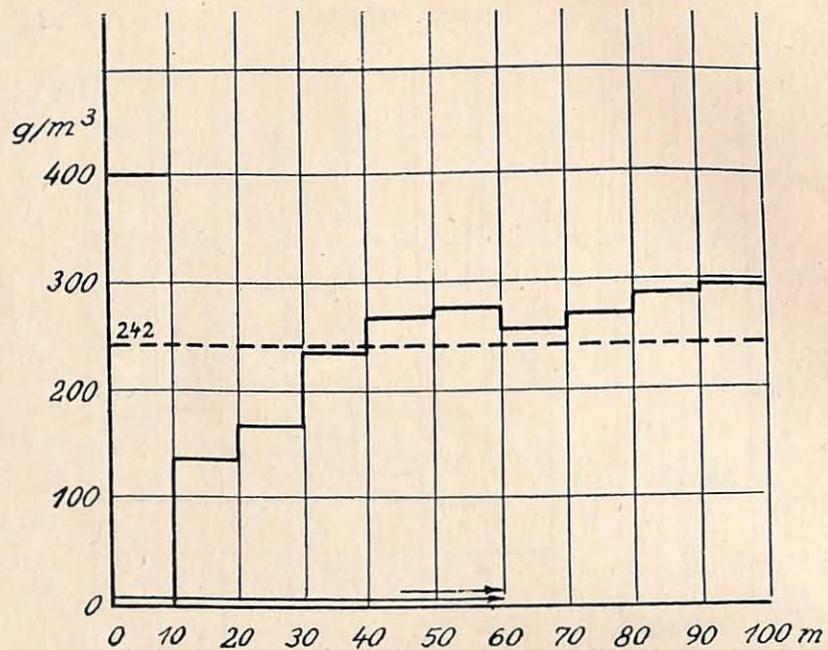


Fig. 12. — Rapport du charbon au calcaire : 1 : 1.  
Taux employé : 400 grammes au mètre cube.

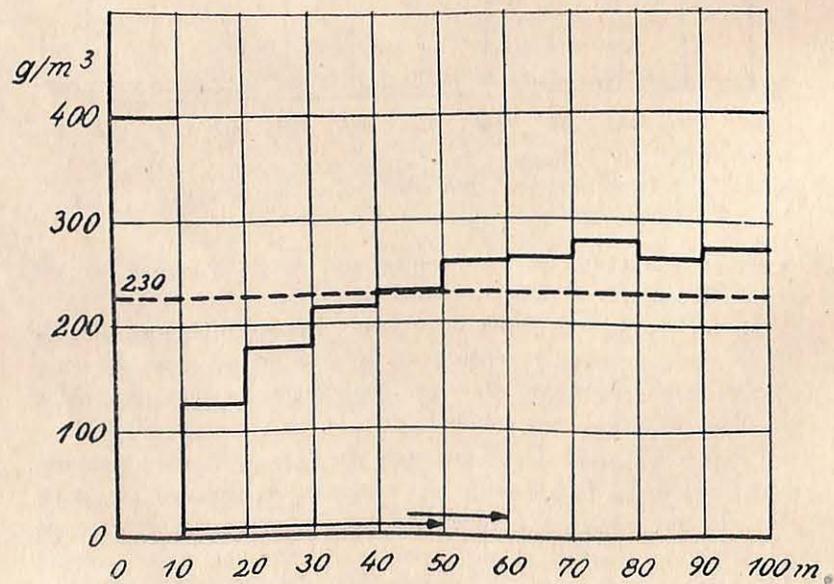


Fig. 13. — Mélange par parties égales de charbon et de calcaire.  
Taux employé : 400 grammes au mètre cube.

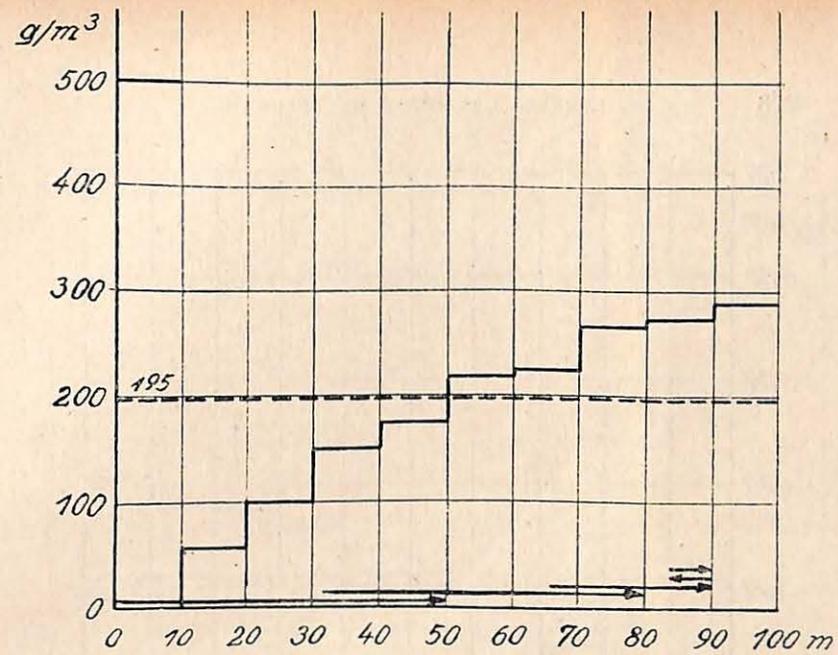


Fig. 14. — Mélange par parties égales de charbon et de calcaire.  
Taux employé : 500 grammes par mètre cube.

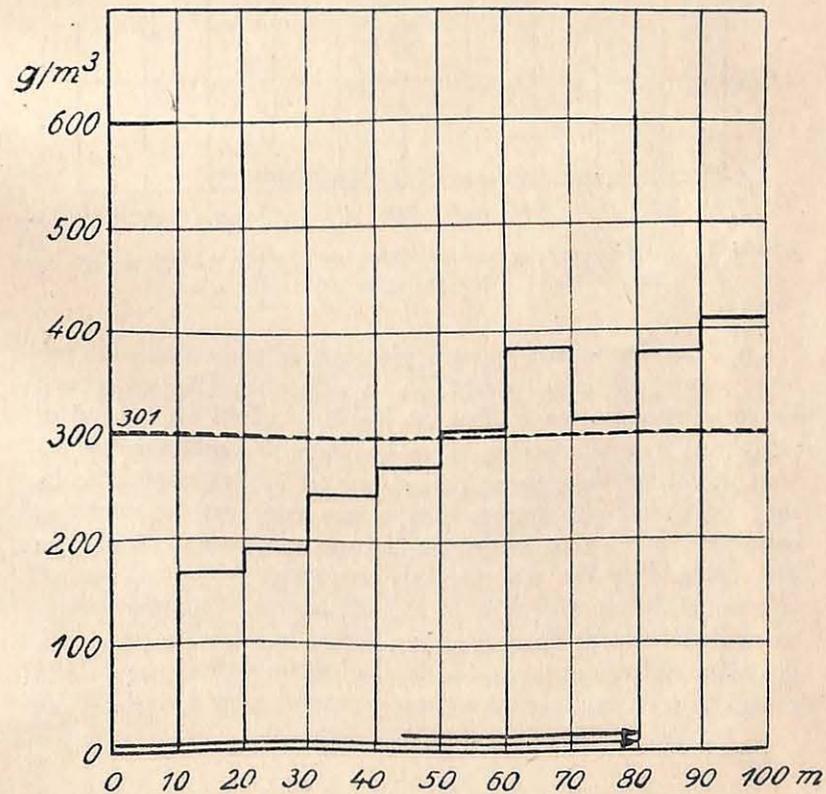


Fig. 15. — Mélange, par parties égales, de charbon et de calcaire.  
Taux employé : 600 grammes par mètre cube.

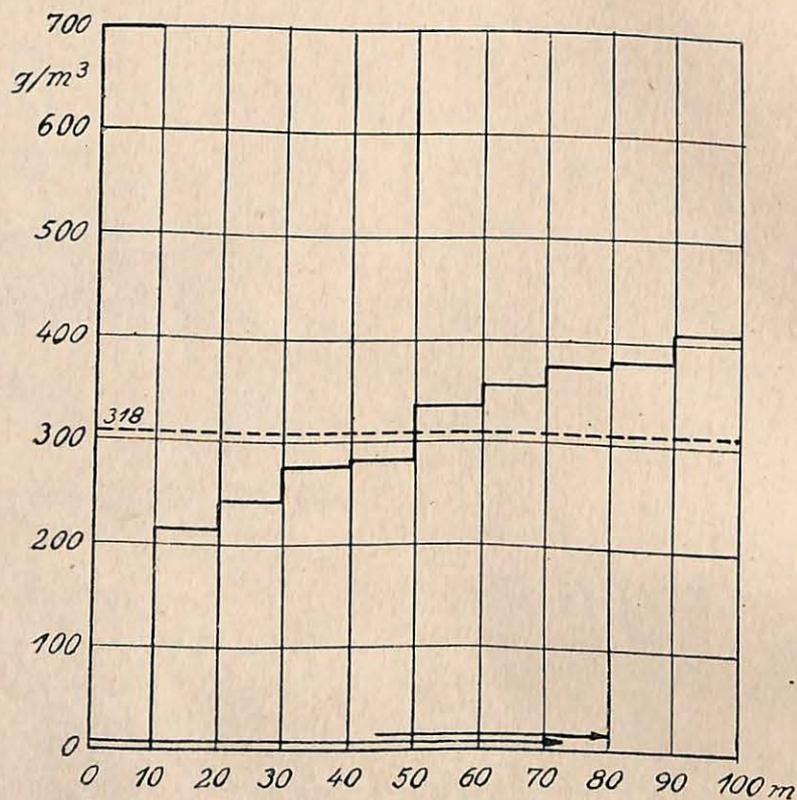


Fig. 16. — Mélange, par parties égales, de charbon et de calcaire.  
Taux exployé : 700 grammes par mètre cube.

Les deux diagrammes suivants montrent le pourcentage du mélange poussiéreux effectivement mis en suspension (fig. 17 et 18). Le commencement des courbes est hypothétique; il est indiqué en pointillé. On a admis l'hypothèse que pour les petites concentrations, la totalité du mélange poussiéreux est mis en suspension. La suite de l'allure des courbes montre que pour des concentrations croissantes, la mise en suspension devient relativement de plus en plus faible. Pour des concentrations supérieures à 600 gr. par m<sup>3</sup>, la quantité de poussière mise en suspension reste pratiquement constante. Il convient de noter aussi que l'aptitude à la mise en suspension d'un mélange de poussière de charbon ne dépend guère de la composition du mélange. Ainsi, par exemple, pour le mélange de

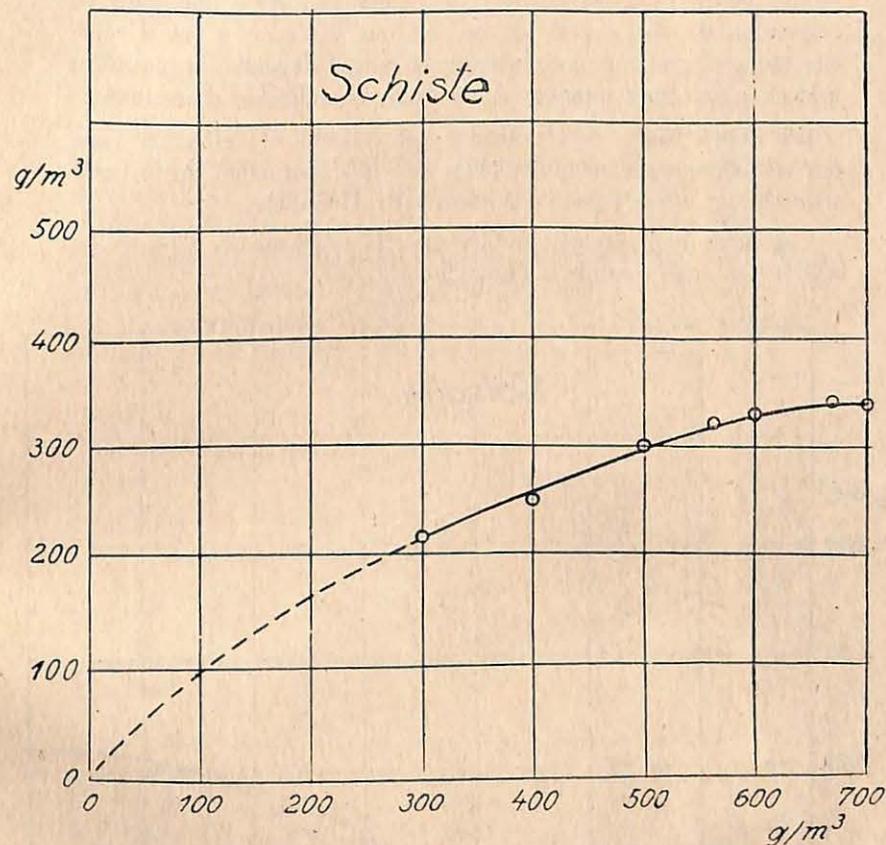


Fig. 17. — Mise en suspension, par l'explosion, du mélange charbon-schiste.

En abscisses : mélange épandu. — En ordonnées : mélange soulevé.

poussière de charbon et de poussière calcaire (fig. 18), les points correspondant aux mélanges 1/1 (marqués par des croix) se trouvent tout aussi bien sur la courbe que les points correspondant aux mélanges 1/0,9 (marqués par de petits cercles).

Même les points non marqués, correspondant à des rapports de mélange plus petits ou plus grands, se placent sur la courbe.

A noter encore spécialement, en ce qui concerne les mélanges de poussière de charbon et de poussière calcaire, le mélange représenté par un point dans un cercle, qui se rapporte à une concen-

tration de 500 gr./m<sup>3</sup> et qui n'a donné lieu qu'à une mise en suspension de 195 gr./m<sup>3</sup>, dû au fait que cet essai a été effectué au cours d'une journée pluvieuse, pendant laquelle la poussière calcaire a fixé une quantité relativement considérable d'humidité.

Les autres essais avec poussière calcaire ont été effectués dans des conditions expérimentales telles que la dispersibilité de la poussière calcaire n'avait pas eu à souffrir de l'humidité.

Ces précautions étaient inutiles avec la poussière de schiste, qui n'était pas aussi sensible à l'humidité.

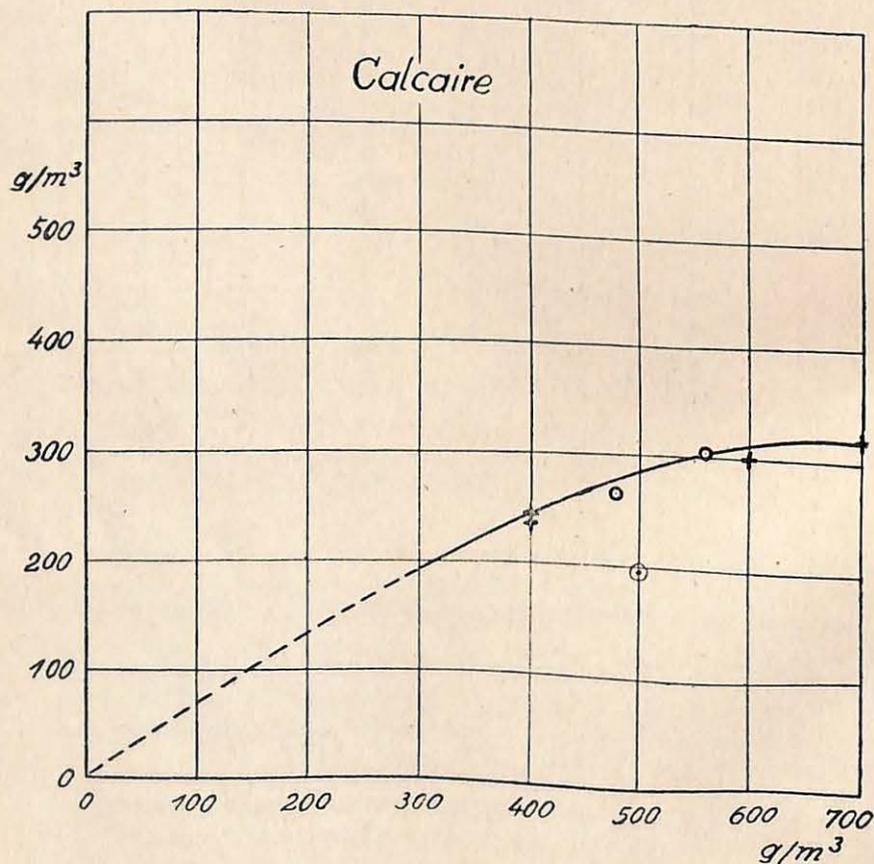


Fig. 18. — Mise en suspension, par l'explosion, du mélange charbon-schiste.  
En abscisses : mélange épandu. — En ordonnées : mélange soulevé.

### Comparaison des résultats.

Pour caractériser l'efficacité des deux sortes de poussières stériles vis-à-vis d'explosions de poussières de charbon, les différents résultats d'essais ont été groupés dans les 4 tableaux numériques suivants, qui d'une part se rapportent à la concentration de mélange poussiéreux employée et d'autre part à la concentration de poussière de charbon qui en résulte.

Ces tableaux comprennent en outre la composition du mélange, la teneur en cendres et la longueur de la flamme d'explosion.

Étudions maintenant les poussières de schiste et notons les résultats obtenus en fonction de la concentration de poussière.

### Schiste.

Composition du mélange : rapport du charbon au schiste	Teneur en cendres %	Concentration du mélange déposé en gr./m <sup>3</sup>	Concentration du mélange soulevé par l'explosion en gr./m <sup>3</sup>	Point d'arrêt de la flamme, en mètres à partir de l'extrémité fermée de la galerie
1/0,41	29,2	400	—	203
1/0,41	28,7	400	—	137
1/0,67	37,5	500	301	117,5
1/0,70	38,1	400	252	167
1/0,70	38,9	400	252	206
1/1	44,8	500	218	47
1/1	45,5	500	218	47
1/1	45,4	400	252	137
1/1	45,1	400	252	77
1/1	45,1	500	301	167
1/1	45,7	600	331	117,5
1/1	46,2	700	334	177
1/1,15	48,3	400	252	37
1/1,15	48,5	400	252	47
1/1,22	49,8	560	328	57
1/1,22	50,2	680	335	87
1/1,50	54,1	500	301	27
1/1,50	55,3	600	331	47

On voit que nos essais préliminaires ont débuté avec des mélanges de poussière de charbon et de poussière de schiste de 1/0,41, dont la teneur en cendres atteignait 29 %. La flamme d'explosion de ces mélanges, de même que celle correspondant aux mélanges faits dans les proportions 1/0,67 et 1/0,70, dépassait toujours la zone schistifiée.

Le danger d'inflammation diminue déjà pour un rapport 1/1 avec 45 % de cendres. (Remarquez que malgré le rapport de mélange 1/1, l'analyse n'a donné qu'une teneur en cendres égale à 45 %, car la poussière de schiste, comme indiqué précédemment, contient elle-même des parties combustibles et en outre du CO<sub>2</sub>.)

Pour des concentrations supérieures à 400 gr. de mélange par m<sup>3</sup>, la flamme dépassait généralement la zone schistifiée. Ce n'est qu'à partir d'un rapport de mélange de 1/1,15 (correspondant à une teneur en poussière de schiste de 53,5 % et une teneur en cendres de 48,5 %) que, pour une concentration de 400 gr./m<sup>3</sup>, la flamme restait à l'intérieur de la zone schistifiée.

Dans le cas de concentrations de poussière plus élevées et plus dangereuses, correspondant au rapport de mélange de 1/1,22 (teneur en poussière de schiste de 55 %), on n'a plus obtenu d'explosion traversant toute la zone schistifiée.

Le tableau numérique suivant donne les mêmes résultats d'essai, avec cette variante que les valeurs trouvées ne sont plus rapportées à la concentration du mélange employé, mais à celle de la poussière de charbon.

## Schiste.

Composition du mélange : rapport du charbon au schiste	Teneur en cendres %	Concentration de la poussière de charbon déposée gr /m <sup>3</sup>	Concentration de la poussière de charbon soulevée par l'explosion gr./m <sup>3</sup>	Point d'arrêt de la flamme, en mètres à partir de l'extrémité fermée de la galerie
1/0,41	29,2	284	—	203
1/0,41	28,7	284	—	137
1/0,67	37,5	300	180	117
1/0,70	38,1	236	148	167
1/0,70	38,9	236	148	206
1/1	44,8	150	109	47
1/1	45,5	150	109	47
1/1	45,4	200	126	137
1/1	45,1	200	126	77
1/1	45,1	250	151	167
1/1	45,7	300	166	117
1/1	46,2	350	167	117
1/1,15	48,5	186	117	37
1/1,15	48,5	186	117	47
1/1,22	49,8	252	148	57
1/1,22	50,2	306	151	87
1/1,50	54,1	200	120	27
1/1,50	55,3	240	132	47

Les tableaux suivants pour la poussière de calcaire sont subdivisés de la même manière. Le premier a trait à la concentration du mélange de poussières.

## Calcaire.

Composition du mélange : rapport du charbon au calcaire	Teneur en cendres %	Concentration du mélange déposé en gr./m <sup>3</sup>	Concentration du mélange soulevé par l'explosion gr./m <sup>3</sup>	Point d'arrêt de la flamme, en mètres à partir de l'extrémité fermée de la galerie
1/0,35	29,2	400	1	203
1/0,35	29,2	400	1	208
1/0,59	40,0	400	240	208
1/0,59	40,0	400	240	206
1/0,9	49,8	400	240	77
1/0,9	49,8	400	240	106
1/0,9	49,8	480	266	87
1/0,9	49,8	480	266	77
1/0,9	49,8	560	302	205
1/1	52,5	400	240	87
1/1	52,5	400	230	57
1/1	52,5	400	242	57
1/1	52,5	500	195 (1)	87
1/1	52,5	600	301	77
1/1	52,5	700	318	77

## Conclusions.

Il en ressort que des mélanges de poussière de charbon et de poussière de calcaire, dans les rapports de 1/0,35 et de 1/0,59, sont dangereux.

Pour un rapport égal à 1/0,9 (avec une teneur en cendres d'environ 50 %) et pour des concentrations élevées, on obtient encore occasionnellement des explosions qui dépassent la zone neutralisée.

(1) Rappelons que dans cet essai, une petite fraction seulement de la poussière mise en œuvre a été mise en suspension par suite de sa teneur en humidité.

Cependant, avec la poussière de calcaire, les mélanges dangereux sont en général assez voisins de ce rapport (1/0,9), car pour le rapport de mélange 1/1 (avec 52,5 % de cendres, en tenant compte de la teneur en cendres de la poussière de charbon), la flamme a toujours été arrêtée à l'intérieur de la zone neutralisée, même pour une concentration du mélange de 700 gr./m<sup>3</sup> mis en œuvre (correspondant à une mise en suspension de 318 gr./m<sup>3</sup>).

Le tableau suivant donne les mêmes résultats, sauf que les chiffres se rapportent non pas à la concentration du mélange poussiéreux employée, mais à celle de la poussière de charbon.

## Calcaire.

Composition du mélange : rapport du charbon au calcaire	Teneur en cendres %	Concentration employée de la poussière de charbon gr./m <sup>3</sup>	Concentration de la poussière de charbon soulevée par l'explosion gr./m <sup>3</sup>	Point d'arrêt de la flamme, en mètres à partir de l'extrémité fermée de la galerie
1/0,35	29,2	296	1	203
1/0,35	29,2	296	1	206
1/0,59	40,0	252	151	208
1/0,59	40,0	252	151	206
1/0,9	49,8	252	140	87
1/0,9	49,8	252	140	77
1/0,9	49,8	294	155	205
1/0,9	49,8	209	126	77
1/0,9	49,8	209	126	106
1/1	52,5	200	120	87
1/1	52,5	200	115	57
1/1	52,5	200	121	57
1/1	52,5	250	98	87
1/1	52,5	300	151	77
1/1	52,5	350	159	77

Les résultats des essais relatifs à l'efficacité de la schistification sont résumés dans le diagramme de la figure 19. Il en ressort que pour neutraliser une poussière de charbon gras très dangereuse, il

faut un rapport de mélange de 1/1,10 pour la poussière de schiste, tandis qu'un rapport de mélange de 1/0,95 suffit pour la poussière de calcaire.

- explosion traversant régulièrement.
- ⊙ id. id irrégulièrement.
- id régulièrement arrêtée.

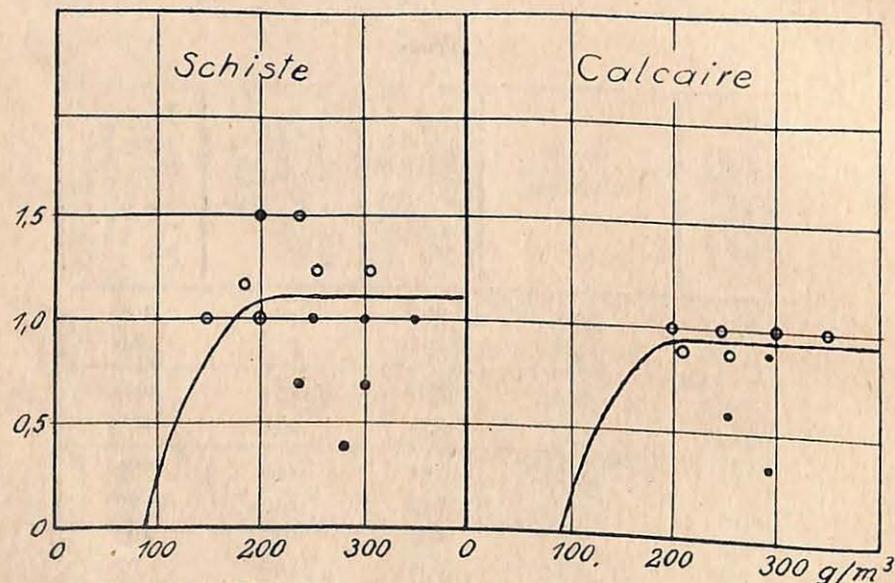


Fig. 19. — Efficacité comparée de la neutralisation par le schiste et par le calcaire.

En abscisses : concentration en charbon de la poussière épanchée dans la galerie.

En ordonnées : rapport du stérile au charbon.

Il en résulte que les poussières de calcaire sont plus efficaces au point de vue neutralisation des explosions que les poussières de schistes. Cependant, lorsque l'on envisage la teneur en cendres des mélanges qui sont très voisins de la limite d'explosibilité, on trouve que, dans les deux cas, la teneur en cendres se monte à environ 50 %.

D'après la teneur en cendres, il n'y a donc guère de différence entre la poussière de calcaire et la poussière de schiste.

#### Essais sur arrêts-barrages.

Pour étudier également l'efficacité des deux sortes de poussières sur les arrêts-barrages, on a établi un arrêt-barrage tel que ceux habituellement employés dans nos essais, à environ 100 m. de distance de l'extrémité fermée de la galerie, dans la partie intercalaire en béton (fig. 1) dont il a déjà été question précédemment.

Cet arrêt-barrage se compose de 3 supports de 75 cm. de largeur chacun, disposés transversalement à la galerie (fig. 20). Chaque support se compose de plusieurs planches de 18 mm. d'épaisseur, simplement placées les unes à côté des autres et qui reposent librement le long des deux côtés de la galerie sur des fers cornières de 4 cm. de largeur faisant saillie, sans que les planches touchent les parois.

Ces planches peuvent ainsi être culbutées librement par l'onde explosive. Un espace de 75 cm. est ménagé entre les différents supports. L'arrêt-barrage débutant au 103<sup>e</sup> mètre de galerie couvre une longueur de 5<sup>m</sup>,75.

Pour éviter que la poussière ne tombe à travers les interstices entre les différentes planches, on dispose un papier coupé à dimension du support sur les planches avant de déposer la poussière.

La hauteur du tas de poussière est fonction de la quantité de poussières stériles employée, car la largeur des 3 supports ne change pas.

Les plateformes sont exposées à un violent coup de poussière de charbon amorcé par une explosion de grisou.

L'inflammation du mélange grisouteux explosif emmagasiné dans la chambre d'explosion de la galerie d'essais est provoquée, comme dans les essais décrits précédemment relatifs à la schistification, à l'aide de 2 cartouches de dynamite. La flamme de cette explosion de grisou atteint la zone poussiéreuse, qui commence à 10 m. de l'orifice; de la fine poussière de charbon gras, pour y être déposée préalablement sur les planches latérales, est mise en suspension sous forme d'un nuage dense par l'explosion de grisou.

Dans chacun de ces essais, on a distribué au total 90 kg. de poussière de charbon, du 10<sup>e</sup> jusqu'au 100<sup>e</sup> mètre de galerie, soit théoriquement 400 gr./m<sup>3</sup> de galerie.

Une telle explosion se propage, en l'absence d'arrêt-barrage, avec grande violence, en 0,8 sec., à travers la longueur totale de 200 m.

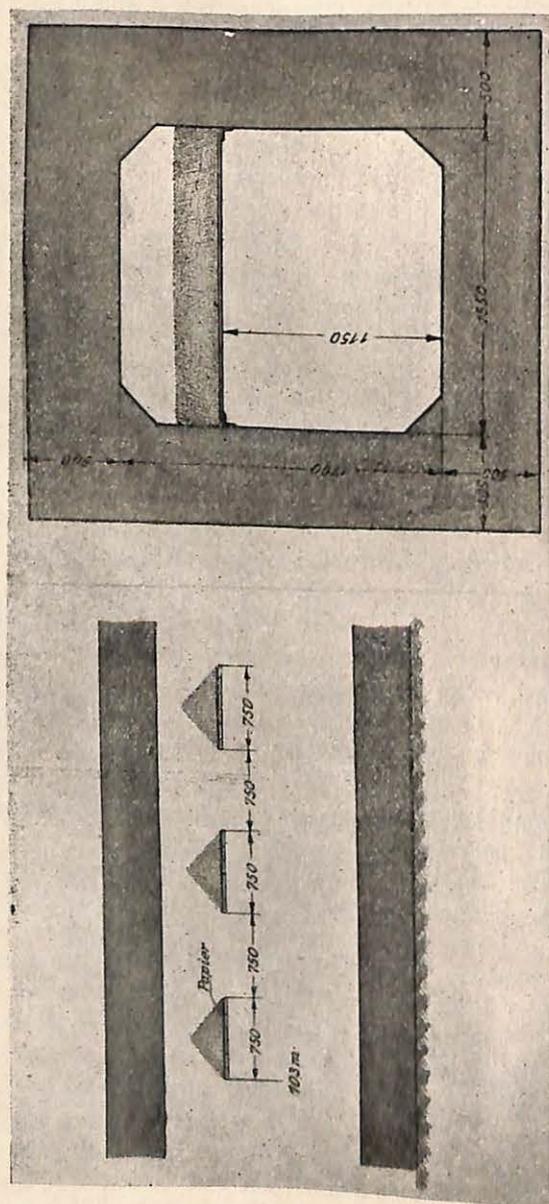


Fig. 20. — Disposition de l'arrêt-barrage dans la partie centrale bétonnée de la galerie.

A gauche : coupe longitudinale. — A droite : coupe transversale.

de la galerie, et la flamme dépasse encore l'ouverture de la galerie de 15 m. à l'air libre.

Pour avoir l'assurance que la flamme d'une telle explosion n'est plus susceptible d'enflammer la poussière de charbon lorsqu'un arrêt-barrage est établi dans la partie de galerie intercalaire en béton, on a répandu entre le 100<sup>e</sup> mètre de galerie et l'ouverture de celle-ci une quantité de poussière de charbon de 50 kg., correspondant théoriquement à une concentration de 200 gr./m<sup>3</sup>.

Cette poussière de charbon devait toutefois être répandue sur le sol de la galerie, étant donné que dans cette partie de la galerie, les planches latérales antérieurement installées étaient détruites à chaque explosion violente.

L'arrêt-barrage est jugé efficace lorsque la flamme d'explosion est neutralisée à environ 15 m. du dernier support. On peut donc encore voir une flamme à la fenêtre d'observation placée au 117<sup>e</sup> mètre, mais si l'arrêt-barrage est efficace, la fenêtre d'observation qui se trouve au 127<sup>e</sup> mètre doit rester totalement noire.

Les résultats des essais comparatifs ressortent du tableau suivant :

*Essais avec arrêts-barrages se composant de 3 plateformes  
de 75 cm. de largeur chacun.  
Distance entre les plateformes : 75 cm.*

Poussière mise en œuvre sur l'arrêt-barrage en kg.	Longueur de la flamme d'explosion en mètres	
	Poussière de schiste	Poussière de calcaire
200	117	117
200	167	157
250	117	117
250	117	117
250	127	127
300	117	117
300	117	117
300	117	117
400	117	117
400	112	117

Une charge de 200 kg. de poussière de schiste sur l'arrêt-barrage ne donne pas encore la sécurité absolue; car si dans chacun des essais, la flamme d'explosion a été neutralisée à peu de distance de l'arrêt-barrage, dans l'essai de contrôle, elle a dépassé l'arrêt-barrage.

L'arrêt-barrage chargé de 200 kg. de poussière de calcaire a donné les mêmes résultats. Deux séries de trois essais effectués avec une charge de 250 kg. de chacune des poussières sur l'arrêt-barrage a donné, par série d'essais, chaque fois une explosion qui n'a pas été neutralisée par l'arrêt-barrage.

Dès qu'on augmentait la quantité de poussière mise en œuvre, l'aptitude à la neutralisation d'une explosion de poussière de charbon était la même pour la poussière de schiste et la poussière de calcaire.

Il ressort des essais que, tant en ce qui concerne la schistification que les arrêts-barrages, il n'a pas été possible de mettre en évidence une différence notable entre le pouvoir de neutralisation de la poussière de schiste et de la poussière de calcaire.

On aurait peut-être pu s'attendre à une efficacité plus grande de la poussière de calcaire, étant donné le dégagement de  $\text{CO}_2$ .

Ce dégagement demande une certaine quantité de chaleur, enlevée à la flamme. D'autre part, le  $\text{CO}_2$  exerce par lui-même un certain effet extincteur. Mais en réalité, il ne saurait guère se produire de dégagement notable de  $\text{CO}_2$ .

Dans la décomposition du carbonate calcique à  $700^\circ \text{C}$ , la pression de dissociation du  $\text{CO}_2$  est de 50 mm. de Hg seulement. Si l'on suppose que la teneur en  $\text{CO}_2$  des gaz dans la flamme d'explosion est d'environ 20 %, on obtient, pour une pression totale des gaz de 2 kg./ $\text{cm}^2$ , comme nous l'avons constaté très souvent dans nos essais d'explosion, une tension partielle du  $\text{CO}_2$  de 304 mm. d'Hg.

La tension du  $\text{CO}_2$  dans les gaz de flamme est donc, dans les hypothèses faites, supérieure à la tension de dissociation du carbonate calcique. Dans ce cas, la décomposition de la poussière de calcaire est impossible.

Ce n'est qu'à  $850^\circ \text{C}$  seulement que la tension de dissociation monte à 370 mm. de Hg; à partir de cette température, on pourra donc escompter une certaine décomposition thermique de la poussière de calcaire.

On peut se demander si cette température est atteinte dans la flamme d'explosion d'un mélange de poussière de charbon et de poussière stérile qui se trouve à la limite d'explosibilité. Il est toutefois certain que cette température ne peut guère être dépassée. En ce cas, elle ne donne lieu alors à un dégagement de  $\text{CO}_2$  à partir du carbonate calcique d'une lenteur telle qu'on ne peut guère lui attribuer une influence notable sur la neutralisation de l'explosion.

Qu'il soit permis encore de signaler que la Station d'essais de Dortmund-Derne est d'avis que l'efficacité des poussières stériles contenant de l'eau d'hydratation est beaucoup meilleure.

Comme ces poussières contenant de l'eau d'hydratation perdent leur eau à des températures beaucoup plus basses (au maximum  $160^\circ$ ) que celles où le calcaire libère l'acide carbonique, on peut, dans ce cas, compter sur un dégagement notable de vapeur d'eau. Cette circonstance exige naturellement une grande quantité de chaleur, surtout si l'on tient compte de la forte chaleur de vaporisation de l'eau; de plus, la vapeur, en diluant les gaz combustibles présents dans la flamme, enraie elle-même l'explosion.

Mais les poussières stériles contenant de l'eau d'hydratation ne sauraient malheureusement pas être employées dans les mines allemandes, car elles perdraient en peu de temps leur dispersibilité, étant donné le degré hygrométrique élevé des courants d'air ventilateurs.

Il ne reste, d'après cela, pour les mines allemandes, que l'emploi de poussières de schiste ou de calcaire. Mais comme la poussière de schiste renferme souvent des constituants préjudiciables à la santé, qui peuvent occasionner des cas graves de silicose, la Station d'essais de Dortmund-Derne se propose de recommander à l'avenir uniquement l'emploi dans les mines de poussières de calcaire, à condition qu'il n'existe pas d'objections spéciales au point de vue hygroscopicité de la poussière envisagée.