

# Origine et dégagement du grisou

par le Pr. Dr. Ing. E. LINSEL

du Steinkohlenbergbauverein à Essen (Allemagne).

## SAMENVATTING

Aangezien de stratigrafische gegevens met betrekking tot de steenkolenlaag ontoereikend zijn gebleken, is de bepaling van de graad van inkoling voorwaarde voor talrijke natuurkundige onderzoeken van de kolen, b.v. voor de vaststelling van de in aanmerking komende inwendige oppervlakte.

Deze inwendige oppervlakte dient bekend te zijn teneinde de adsorptie-isothermen te kunnen opstellen, welke afhankelijk van de gasdruk in de kolen inlichtingen verschaft over de in de kolen voornamelijk door adsorptie gebonden hoeveelheden gas, de « gasinhoud » van de laag.

Het gas in de kolen komt vrij door een desagregatieproces, dat nog nader moet worden opgehelderd. De desagregatie wordt veroorzaakt door mechanische processen in het gesteente. Deze processen worden weer veroorzaakt door een storing van het evenwicht in het gesteente tengevolge van de winning.

De mechanische processen in het gesteente bepalen zich niet tot de winning zelf, maar de invloeden ervan doen zich tot aan de oppervlakte en tot ver in de vloerlaag gevoelen. Daardoor wordt het desagregatieproces uitgebreid tot een gebied, het « gasontwikkelingsgebied », waarvan de omvang nog niet vaststaat. Binnen dit gebied worden de aanwezige kolen al naar gelang de afstand waarop de winning plaats vindt en de aard van het gesteente op verschillende wijze gedesagregeerd. De « graad van gasontwikkeling » van de onderscheidene lagen moet worden vastgesteld en aan de hand van al deze gegevens kan de totale hoeveelheid gas welke zich per netto ton ontwikkelt worden berekend.

Het gas dat zich ontwikkelt in de laag welke geëxploiteerd wordt, wordt als « basisontwikkeling » beschouwd, het uit de naburige lagen stromende gas als « extra gas ». Terwijl men sinds 1940 erin geslaagd is het extra gas grotendeels uit de ondergrondse bedrijven te weren en het buiten de luchtgalerijen afzonderlijk af te voeren, bestaat er tot op heden nog geen soortgelijke, overal toe te passen

## RESUME

Dans beaucoup d'études physiques sur la houille, par exemple pour en déterminer la surface interne considérable, il y a tout d'abord lieu de préciser le degré de houillification, car il s'est avéré que les données stratigraphiques relatives à la veine sont insuffisantes.

Il faut connaître cette surface interne pour établir l'isotherme d'adsorption qui indépendamment de la pression du gaz dans le charbon, nous renseigne sur la quantité de gaz combinée essentiellement par adsorption c'est-à-dire sur la « teneur en gaz » de la veine.

Le gaz se trouvant dans le charbon se dégage par suite d'un processus de désagrégation, qu'il faudra encore élucider ultérieurement. Cette désagrégation est provoquée par des processus de mécanique des terrains. Ces processus sont à leur tour déclenchés par une rupture de l'équilibre du massif du fait de l'abattage.

Les processus de mécanique des terrains ne se limitent pas à l'abattage proprement dit, mais leurs effets se font sentir jusqu'à la surface et profondément dans le mur. Le processus de désagrégation s'étend donc à une zone, la zone de dégagement du gaz, dont l'étendue est encore controversée. A l'intérieur de cette zone, le charbon en place se désagrège différemment selon la distance des travaux d'abattage et la nature de la roche. Le « taux de dégagement » des diverses veines doit être établi, et l'on peut calculer à l'avance approximativement, sur la base de tous ces éléments, la quantité totale de gaz se dégageant par tonne nette.

Nous appelons « dégagement de base » le gaz se dégageant dans la veine en exploitation et « gaz complémentaire », le grisou s'écoulant des veines voisines. Alors que l'on est parvenu depuis 1940 à tenir une partie considérable de ce gaz complémentaire à l'écart des travaux miniers et à l'évacuer séparément en dehors des voies d'aéragage, nous ne disposons pas encore, jusqu'à présent, d'un procédé

methode ter beïnvloeding van de basisgasontwikkeling.

Bij de werkzaamheden welke ter voorbereiding van het gemeenschappelijke onderzoeksproject inzake mijngas regionaal worden verricht, wordt het verband tussen de mechanica van het gesteente en het vrijkomen, resp. wegstromen van het gas als het voornaamste doel van het onderzoek beschouwd.

Wij hopen dat de resultaten van de toekomstige onderzoekingswerkzaamheden — voor zover deze betrekking hebben op het ontstaan en het vrijkomen van mijngas — de mogelijkheid openen om het mijngas tijdig en nauwkeurig te berekenen en zodoende in het belang van de veiligheid in de mijnen de omstandigheden te beoordelen waaronder het mijngas in de winningsbedrijven vrijkomt.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Bestimmung des Inkohlungsgrades ist — da die stratigrafische Flözangabe sich als unzureichend erwiesen hat — Voraussetzung für manche physikalischen Untersuchungen der Kohle, z.B. für die Ermittlung ihrer beträchtlichen inneren Oberfläche.

Die innere Oberfläche wird zur Aufstellung der Adsorptionsisotherme benötigt, die uns in Abhängigkeit vom Gasdruck in der Kohle Aufschluss über die in der Kohle vorwiegend adsorptiv gebundene Gasmenge, den « Gasinhalt » des Flözes, gibt.

Das Gas in der Kohle wird durch einen Aufschliessungsvorgang, der noch näher geklärt werden muss, frei. Das Aufschliessen wird durch gebirgsmechanische Vorgänge ausgelöst. Ursache dieser Vorgänge ist das durch den Abbau selbst gestörte Gleichgewicht im Gebirgskörper.

Die gebirgsmechanischen Vorgänge beschränken sich nicht auf den Abbau selbst, ihre Auswirkungen reichen bis zur Tagesoberfläche und weit ins Liegende. Damit wird der Aufschliessungsvorgang auf einen Bereich, den « Ausgasungsbereich », ausgedehnt, dessen Umfang noch strittig ist. Innerhalb des Ausgasungsbereiches wird anstehende Kohle je nach Abstand vom Abbau und von der Art des Gesteins unterschiedlich aufgeschlossen. Der « Ausgasungsgrad » der einzelnen Flöze muss ermittelt werden, und man kann aus all diesem die insgesamt je  $t_{VF}$  freiwerdende Gasmenge angenähert vorausberechnen.

Das im gebauten Flöz freiwerdende Gas bezeichnen wir als Grundaussgasung, das aus den Nachbarflözen abströmende als Zusatzgas. Während es seit 1940 gelungen ist, das Zusatzgas den Grubenbauen in erheblichem Umfang fernzuhalten und ausserhalb der Wetterwege gesondert abzuführen, besitzen wir bis heute noch kein ähnliches, überall anwendbares Verfahren zur Beeinflussung der Grundaussgasung.

analogue et généralement applicable pour influencer sur le dégagement de base.

En raison des travaux effectués à l'échelon régional, en préparation du projet commun de recherche sur le grisou, la relation entre la mécanique du massif et le dégagement ou l'écoulement du gaz est devenue l'objet principal de la recherche.

Nous espérons que les résultats des futurs travaux de recherche se rapportant à la formation et au dégagement du grisou nous permettront d'effectuer en temps utile et avec précision un calcul prévisionnel du dégagement du grisou et, dans l'intérêt de la sécurité minière, d'apprécier ainsi exactement les conditions de dégagement prévalant dans les chantiers d'abattage.

### SUMMARY

The simple stratigraphic description of a seam having proved to be insufficient, the determination of the degree of coalification has become an indispensable pre-requisite for a number of physical tests for coal, e.g. for ascertaining its internal surface.

Particulars of the internal surface are required in connection with the graphic representation of the isotherms of adsorption, which, given the gas pressure inherent in coal, enables us to assess the gas content of the seam.

The gas contained in the coal is released by a breaking-up or disintegration process which still remains to be elucidated. This process is triggered off by rock movements resulting from the imbalance in the rock mass caused by coal-winning operations.

The effects of rock movements are not confined to the winnings, but extend as far as the surface and deep into the floor. This in turn carries the breaking-up process into the zone of gas emission, the extent of which is still largely unknown. Within this zone the coal is broken up in varying degrees according to its distance from the working and the type of rock involved. The degree of gas emission of each seam has to be ascertained, and it is then possible to estimate in advance the total volume of gas per  $t_{VF}$  likely to be released.

The gas released from a seam which is being worked is called basic gas, and that given off in adjacent seams additional gas. While it has been possible, since 1940, to keep a considerable proportion of the additional gas away from the workings and drain it off separately outside the air-ways, no similar and generally applicable method has as yet

Die regionalen Vorarbeiten zum gemeinsamen CH<sub>4</sub>-Forschungsvorhaben lassen die Verbindung zwischen Gebirgsmechanik und Freiwerden bzw. Abströmen des Gases zum Forschungsschwerpunkt werden.

Wir hoffen, dass uns diese Ergebnisse der zukünftigen Forschungsarbeiten — soweit sie sich auf die Entstehung und das Freiwerden des Grubengases beziehen — die Möglichkeit zu einer rechtzeitigen und genauen CH<sub>4</sub>-Vorausberechnung und damit zu einer im Interesse der Grubensicherheit liegenden zutreffenden Beurteilung der Ausgasungsverhältnisse in den Abbaubetrieben geben.

been found for dealing with the emission of basic gas.

Preparatory work at regional level on joint methane research projects suggests research should be focused on the interrelation between rock movements and gas emission and migration.

It is hoped that the results of future researches on the origins and emission of methane will provide the basis for devising a method of calculating the methane content accurately in advance and of assessing the gas-emission conditions in the workings for the purpose of ensuring greater safety in the mines.

### 1. INTRODUCTION (STATISTIQUES DES EXPLOSIONS)

Dans le bassin de la Ruhr, le nombre de coups de grisou est tombé de 100 à 5 pendant la période de 1881/85 (installation de la commission prussienne du grisou) à 1960, tandis que l'extraction annuelle passait de 30 à 100 millions de tonnes (fig. 1).

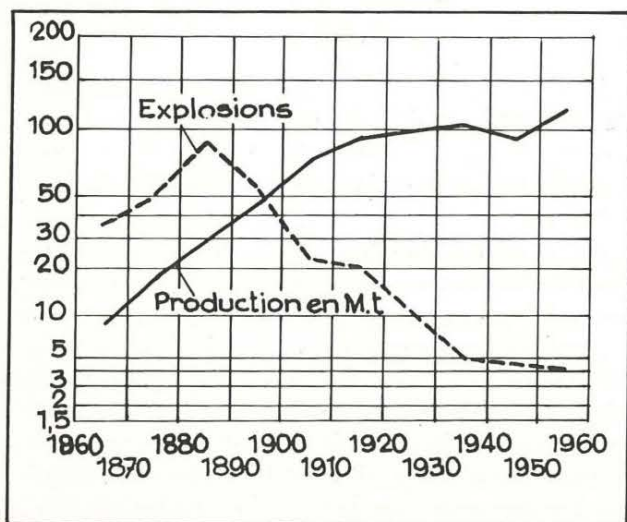


Fig. 1. — Moyennes décennales du nombre d'explosions de méthane et de poussières de charbon dans les mines de la Ruhr (1861-1960).

Si l'on considère l'évolution, en fonction de l'extraction du nombre des coups de grisou et du nombre des accidents mortels qu'ils ont entraînés, il apparaît qu'en un siècle le nombre des explosions est tombé de 4 à 0,04 par million de tonnes de charbon, mais que le nombre des accidents mortels n'accuse qu'une diminution de 3 à 0,085 par million de tonnes de charbon. Le nombre des accidents mortels par explosion n'est donc pas en diminution mais est passé au contraire d'une moyenne de 0,6 à 5 décès par explosion, soit environ 10 fois plus. Au

cours des années 1940/50, ce chiffre est même passé à 15 décès par explosion par suite des 408 victimes de la mine Grimberg 3/4 (fig. 2).

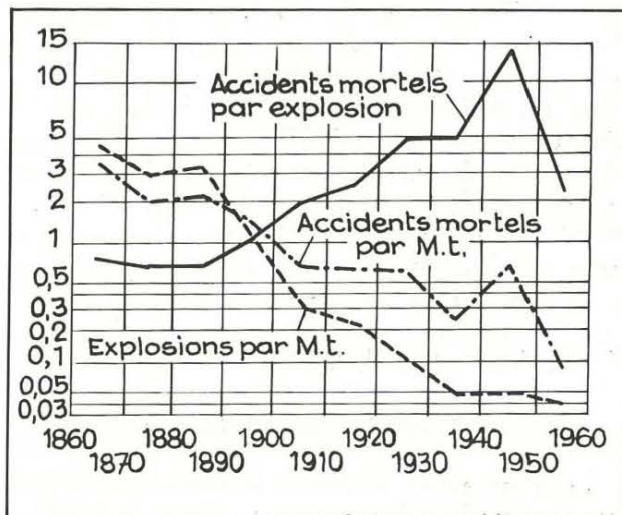


Fig. 2. — Moyennes décennales du nombre d'accidents mortels causés par des explosions de méthane et de poussières de charbon dans les mines de la Ruhr (1861-1960).

Au cours des 10 années 1950/60, on était en droit d'espérer qu'à la longue le nombre des accidents mortels par explosion pourrait également être abaissé. Le bureau divisionnaire des mines de Dortmund a pu enregistrer pour la première fois des explosions de méthane n'entraînant pas de décès au cours des années 1956, 1957 et 1960.

De 1959 à 1961, quatre pays de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier se sont attaqués, pleins d'espoir, à des travaux communs de recherche en matière de dégazage, tâche dont la charge financière est portée essentiellement par la Haute Autorité.

Malheureusement, l'année 1962 fut marquée par des catastrophes imprévues et graves, dues à des explosions, qui depuis lors jettent une ombre sur nos

travaux. Si l'étendue de telles explosions est essentiellement déterminée par les coups de poussière et leurs séquelles, il est néanmoins vrai que le coup de poussière est presque exclusivement provoqué par un coup de grisou qui le précède. Sans préjudice des mesures directes qui seront prises dans l'avenir contre la poussière de charbon, la réduction du danger du grisou, que l'on compte obtenir par les travaux de recherches sur le dégagement de ce gaz, pourrait aussi avoir un résultat heureux sous un double aspect.

## 2. ORIGINE ET APPARITION DU GRISOU

Je voudrais maintenant évoquer brièvement la formation et le dégagement du grisou, ainsi que les travaux en cours ou prévus du projet de recherche. Etant donné que la République fédérale d'Allemagne ne contribue à ces travaux que depuis peu de temps, les travaux entrepris chez nous avec l'aide de la Haute Autorité n'ont pas encore donné de résultats. C'est pourquoi je me bornerai à souligner les résultats remarquables des recherches sur le grisou qui ont été ou sont effectuées dans les Etats membres, à l'échelon régional, avec l'appui soit de l'industrie minière, soit de l'Etat. Du côté allemand, il convient de citer notamment les travaux de la commission de travail pour le dégazage, dont l'activité qui s'est étendue sur 6 années s'achèvera en 1963. Les résultats des études de cette commission nous permettent de démarrer dans de bonnes conditions la recherche supranationale sur le dégazage, dont il s'agit aujourd'hui.

### 21. Houillification biochimique.

Le grisou est un produit de la décomposition qui accompagne la sédimentation des veines de houille. Tant que ce processus se déroule à une température normale, sous une pression normale et le plus souvent à l'abri de l'air, dans la phase biochimique tout au moins, le méthane peut s'échapper vers la surface, cependant que le gaz carbonique formé simultanément peut s'échapper en raison de sa solubilité dans l'eau. Ainsi de très grandes quantités de méthane et de gaz carbonique — jusqu'à 350 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t et 200 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>/t — peuvent avoir disparu.

### 22. Houillification géochimique.

Dans une seconde phase de ce processus que nous appelons globalement la « houillification », les résidus de la première phase fournissent les matériaux de base pour la houillification géochimique à des températures plus élevées. Les détails de ces réactions et leur échelonnement dans le temps ne sont pas encore exactement connus. Selon l'ampleur et la durée de l'effet thermique, la houillification du

charbon se poursuit avec formation de méthane, ce qui signifie que les matières volatiles (qui n'ont aucun rapport direct avec le dégagement de grisou) sont de plus en plus transformées en carbone. Les macéraux de la houille réagissent différemment au cours de ce processus. La vitrinite étant le macéral que l'on rencontre le plus fréquemment, il est probable que le grisou provient pour la plus grande part de cette substance.

Au cours de cette seconde phase de houillification, les gisements houillers se modifient par suite de processus tectoniques : des plissements et des failles dérangent la stratification initialement régulière de la houille, de sorte que celle-ci se retrouve à des profondeurs différentes et que des parties de la même couche se trouvent exposées à des températures très différentes et atteignent ainsi des degrés de houillification très variés. En outre, un accroissement de la pression ralentit généralement le processus de houillification. Seules les différences de contrainte tectonique — la pression « dynamique » a ici un effet stimulant — conduisent à un clivage des terrains encaissants et de la houille, dont l'étendue dépend des différences pétrographiques et, partant, du degré de houillification atteint.

### 23. Détermination du degré de houillification.

Pour les recherches sur le méthane, il est donc devenu indispensable de déterminer à de brefs intervalles le degré de houillification des veines examinées puisque le classement stratigraphique ne suffit plus.

Le Steinkohlenbergbauverein, s'inspirant des travaux de McCartney (26\*), a mis au point au cours des années 1950/61 (47, 48, 102, 132, 85, 92) une méthode de détermination du degré de houillification fondée sur la mesure du pouvoir de réflexion du constituant principal de nos veines, à savoir la vitrinite. La méthode est suffisamment précise pour les travaux pratiques et elle a été adoptée entretemps par les autres pays de la C.E.C.A. également, surtout parce qu'elle ne réclame pas beaucoup de temps.

Ainsi qu'il ressort de la figure 3, les indices du « degré de houillification », c'est-à-dire la teneur en carbone d'environ 75 à 100 % ou en « matières volatiles » (0 à 45 %) présentent une certaine correspondance avec le pouvoir de réflexion de la vitrinite. Ils nous fournissent certains renseignements sur le résidu du processus global de houillification, mais n'apportent aucune donnée sur la quantité de méthane présente dans la veine.

(\*) Les chiffres entre parenthèses se rapportent à la bibliographie d'ensemble qui est imprimée à la suite des rapports.

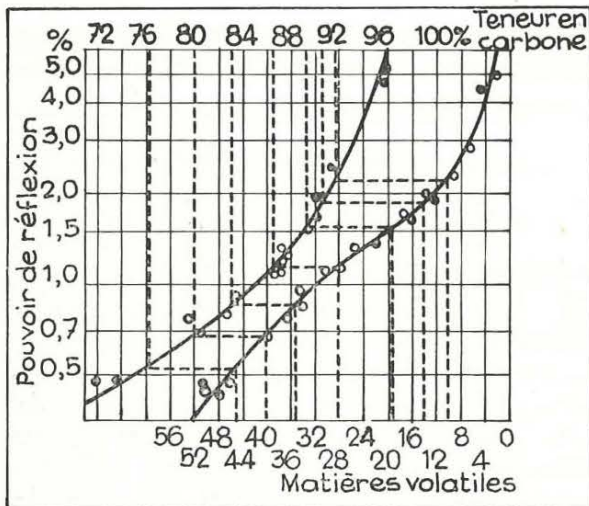


Fig. 3. — Degré de houillification (anthracite-lignite), Teneur en carbone, matières volatiles et pouvoir réflecteur de la vitrinite.

### 3. NATURE DE LA LIAISON ET DU GISEMENT DU METHANE DANS LE CHARBON EN PLACE

#### 31. Liaison physique du grisou dans la houille.

Le grisou présent dans la couche en place constitue un gisement de méthane d'une nature particulière. Alors que les gisements de gaz naturel consistent principalement en méthane sous pression remplissant les pores des roches, le gaz de la veine ne se trouve que pour une faible partie dans les pores de la houille tant que le massif n'a pas été influencé par l'abattage ou, dans certains cas, par des incidents tectoniques particuliers. La plus grande partie du gaz est physiquement liée à la houille. Nous devons cette connaissance aux travaux de Coppens (39, 40, 41, 42, 43, 44), Beckmann (8) et Itz et Maas (86).

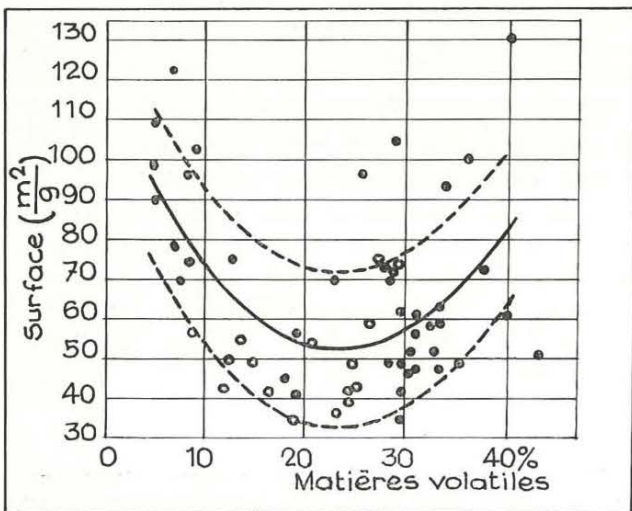


Fig. 4. — Surface interne et degré de houillification (matières volatiles).

La liaison est une sorption superficielle. La capacité d'adsorber de grandes quantités de méthane de la houille est due à son énorme surface interne.

La surface interne du charbon qui dépend de son degré de houillification se situe entre 30 et 120 m<sup>2</sup>/g (fig. 4). Les molécules de méthane ont une tendance à adhérer à cette surface. Ainsi s'explique que chaque tonne de charbon en place peut contenir jusqu'à 30 m<sup>3</sup> de méthane. Lorsque la pression du gaz se trouvant dans le charbon est à son niveau habituel (< 50 atm), la proportion du méthane remplissant les pores du charbon est insignifiante, 3 à 5 % du volume total. Un exemple typique, quoi qu'il ne soit pas d'application générale, permettra d'éclaircir cette question (fig. 5) :

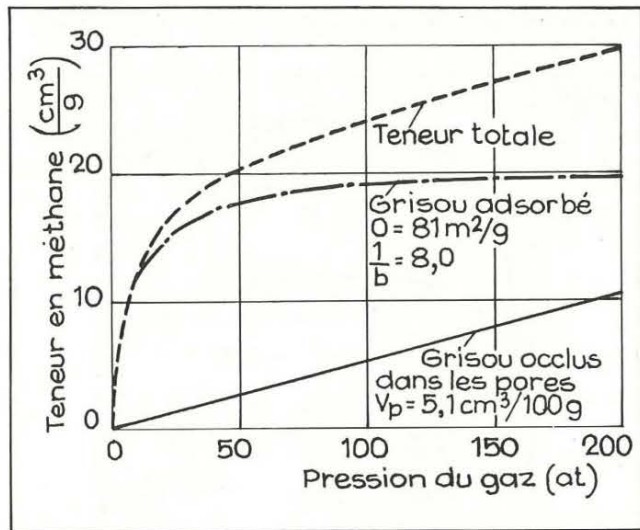


Fig. 5. — Teneur en méthane en fonction de la pression de gaz dans un charbon à 30 % de matières volatiles.

Sur une quantité totale de 20 cm<sup>3</sup> de méthane/g d'un charbon, 17 étaient adsorbés et 3 seulement contenus dans les pores. La surface intérieure mesurée était 81 m<sup>2</sup>/g.

La quantité de gaz libérée ultérieurement lors du dégagement par tonne de charbon, dépend de la capacité de sorption de la zone de terrains capables de libérer du gaz et des différentes capacités de sorption des veines intéressées ainsi que de la pression du méthane dans la houille. Il n'existe pas encore de constatations sûres au sujet d'une influence éventuelle des pressions de terrain ou de la teneur en eau de la houille sur la capacité de liaison du gaz.

Le Steinkohlenbergbauverein dispose depuis peu d'une balance de sorption sous vide, extrêmement sensible, pour déterminer avec la plus grande précision la surface interne du charbon. Elle permet de vérifier et de poursuivre les travaux fondamentaux d'Audibert (4, 5), de van Krevelen (211) et de leurs collaborateurs (230, 95, 185, 158, 91, 159, 93, 94) qui ont donné une orientation définitive à cette question.

Jusqu'à présent il s'est avéré que l'équilibre de sorption s'établit beaucoup plus lentement que les Néerlandais ne l'avaient calculé. Il est encore trop tôt pour faire rapport sur une phase ultérieure présumée de sorption plus lente, mais durant laquelle le méthane pénètre manifestement dans la masse du charbon.

### 32. Détermination de la capacité d'adsorption de gaz de la houille.

Au cours des dernières années il est déjà devenu courant, dans les pays de la Communauté, de déterminer au laboratoire, sous des conditions naturelles, le volume des pores et les isothermes d'adsorption de la houille (fig. 6). Il ressort de notre exemple que

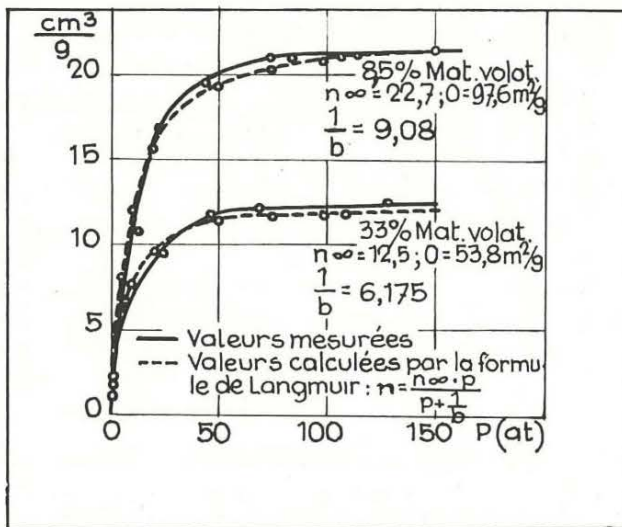


Fig. 6. — Isothermes d'adsorption du méthane de deux charbons.

l'antracite hautement houillifié (courbe supérieure) peut fixer beaucoup plus de méthane qu'un flambant faiblement carbonisé (courbe inférieure). A côté de ce procédé complexe, nous essayons maintenant de nous tirer d'affaire en établissant d'abord une courbe de désorption. A cette fin, on mesure la quantité de gaz libérée par le charbon sous différentes pressions et à une température constante. A l'aide de l'équation de Langmuir (106), déjà connue depuis longtemps (dans laquelle la surface interne du charbon est un des facteurs), on établit par extrapolation une courbe d'adsorption applicable au charbon examiné, qui indique la quantité maximale de gaz que le charbon peut fixer par adsorption. Ceci postule que l'adsorption et la désorption constituent les deux phases d'un phénomène réversible.

Dès que les difficultés actuelles dans le prélèvement d'échantillons seront surmontées, nous pourrions déterminer pour chaque veine sur laquelle on peut prélever un échantillon la quantité maximale de méthane qu'elle peut adsorber.

Le centre de Verneuil dispose d'installations analogues. Il se peut que le carottier étanche, à la mise au point duquel ce centre participe et qui sera bientôt mis à l'essai, soit supérieur au nôtre.

### 33. Quantité de méthane demeurée dans la veine et détermination de cette quantité.

Du point de vue scientifique, il est sans aucun doute intéressant de connaître la quantité maximale de méthane pouvant se trouver dans chaque veine, mais il nous importe davantage de connaître le pourcentage de cette quantité maximale réellement demeurée dans le charbon à abattre et pouvant par conséquent se libérer durant l'abattage (1). C'est ce que nous appelons la « teneur en gaz » de la houille.

Afin de pouvoir la déterminer à partir des isothermes d'adsorption du méthane, nous devons mesurer la pression du gaz dans la houille (qui peut atteindre 80 atmosphères). Cela pose un nouveau problème que nous espérons résoudre dans le cadre de notre programme commun de recherche.

Sous la forme décrite ci-dessus, le grisou peut se former et s'accumuler partout où se trouve un dépôt de matières organiques. Etant donné que cela peut se produire dans presque toutes les roches sédimentaires, on n'est à l'abri de surprises ni dans les mines de sel (accident survenu en Alsace en 1962) ni dans les mines métalliques (coups de grisou en Afrique du sud).

Néanmoins, la houille du carbonifère est de loin la roche la plus riche en méthane. Les terrains encaissants n'ont pas la capacité de sorption de la surface interne de la houille, ainsi que Coppens a été le premier à constater, de sorte que dans le massif vierge la proportion du méthane provenant des roches encaissantes est limitée au gaz accumulé dans les vides des pores (c'est-à-dire à des gisements secondaires).

Avant de passer à la deuxième partie de mon exposé, je tiens à faire une brève récapitulation dans l'ordre inverse de celui de la première partie.

Nous nous efforçons de déterminer la teneur en gaz de la veine. Il s'agit en fait d'un résidu de méthane qui s'est dissocié durant le processus de houillification, qui est un processus chimique, et qui a été fixé par le charbon sous l'effet des forces physiques de sorption.

(1) Le point de savoir d'où vient le grisou présent dans la veine, qu'il vienne de la veine exploitée elle-même ou d'autres horizons d'où il se serait infiltré et aurait été adsorbé sur le charbon de la veine en exploitation, ne nous intéressera qu'à un stade ultérieur.

Pour déterminer le gaz restant, nous devons connaître (mesure difficile) la pression du gaz dans la houille et disposer d'une isotherme d'adsorption pour la veine intéressée (dont la détermination est également complexe). En outre, si nous voulons en même temps déterminer théoriquement l'allure de l'isotherme d'adsorption, il faut connaître la surface interne de la houille, qui est un des facteurs du calcul. Cette surface dépend à son tour du degré de houillification que nous pouvons déterminer à l'aide du pouvoir de réflexion de la vitrine.

#### 4. DEGAGEMENT ET ECOULEMENT DU GRISOU CONTENU DANS LE CHARBON

##### 41. Mouvements de terrains, causes du changement de texture de la houille.

Les travaux miniers dérangent l'équilibre du massif suivant leur nature, leur étendue et leur vitesse d'avancement dans une mesure qui varie dans l'espace et dans le temps. En certains endroits, il en résulte une décharge des couches et en d'autres une surcharge. On observe un abaissement du toit et un gonflement du mur. Ces deux phénomènes vont de pair avec un décollement et un rapprochement des bancs de roche.

Dans le temps, ce processus s'accomplit en plusieurs phases de mouvement qui, selon les conditions variables de résistance du massif, la situation des fronts d'abattage et des galeries, varient d'un endroit à l'autre. On assiste en même temps à des efforts de broyage et de cisaillement qui modifient manifestement la microstructure de la houille et libèrent d'abord la faible proportion de gaz contenue dans les pores, puis la part plus importante de grisou adsorbé (33).

Alors que dans l'exposé ci-dessus, sur la quantité de méthane contenue par tonne de charbon de la veine, nous étions partis du principe qu'il s'agissait d'un faisceau de couches non influencées par l'abattage, nous devons traiter la question du dégagement et de l'écoulement du grisou sur l'ensemble du massif dans lequel a lieu l'abattage. Outre le toit et le mur directs de la veine exploitée, ce massif comprend un grand nombre d'autres couches au toit et au mur ; en outre, il comprend, en direction, les espaces situés en avant et en arrière du chantier d'abattage dans les parties encore vierges de la veine, y compris leurs couches au toit et au mur dans cette zone qui, le cas échéant, ne sont affectés qu'à un stade ultérieur.

Alors qu'au début des années 30, seule la veine exploitée avec les bancs du toit et du mur immédiats était considérée comme source de dégagement dans la zone exploitée, on a supposé par la suite que l'abattage influe également sur des veines au toit et au mur plus éloignées et que le grisou peut se dégager de ces zones et s'infiltrer dans la zone d'abattage. Forstmann (66) a été le premier à présenter cette hypothèse en 1940. Des observations accidentelles faites dans un sondage de la mine Mansfeld (20) ont confirmé en 1943 l'influence présumée de l'abattage sur le dégagement de gaz dans une zone beaucoup plus étendue. A l'heure actuelle, l'étendue exacte de la zone des dégagements n'est toujours pas fixée.

Nous sommes certains qu'elle se situe à l'intérieur de la « zone d'influence de mouvements possibles du terrain » mais qu'elle est probablement moins étendue que celle-ci.

La photographie d'un essai sur modèle réduit (fig. 7) montre les mouvements de terrains immé-

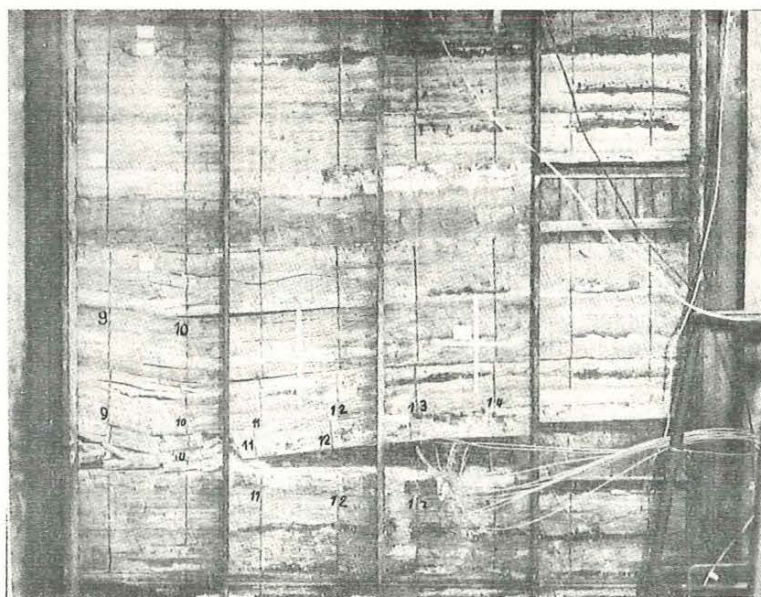


Fig. 7. — Mouvements des terrains autour d'une taille (recherche sur modèle de la station d'étude des soutènements et de la mécanique des roches).

diatement au-dessus et au-dessous d'une taille et ne reproduit donc qu'une tranche de la zone de dégagement.

Suivant l'origine du grisou dégagé, nous désignons le méthane venant de la veine d'abattage elle-même par « dégagement de base » et celui provenant des veines voisines par « dégagement complémentaire » que nous subdivisons autant que possible en grisou complémentaire provenant du toit ou du mur (223, 224).

Il y a lieu d'admettre que les phénomènes de mécanique des terrains provoquant le dégagement de grisou sont les mêmes pour le dégagement de base que pour le dégagement complémentaire. Toutefois, les opinions divergent encore sur ce point. D'aucuns estiment que l'onde de charge qui précède l'abattage, provoquant la fragmentation de la houille, est à l'origine du dégagement dans la veine exploitée ; en revanche, d'après des théories plus récentes, le dégagement complémentaire est considéré plutôt comme le résultat des efforts de cisaillement provoqués par les affaissements plus ou moins prononcés en tel ou tel point. La modification qui en résulte dans la microstructure (2) de la houille est provisoirement désignée par le terme « ouverture de la houille ».

**42. Ecoulement du grisou dans les ouvrages miniers.**

Alors que dans une veine qui n'a pas encore été influencée, la teneur en gaz par tonne de charbon demeure dans des limites relativement étroites (0 à environ 35 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t) dans nos régions minières, la quantité totale de méthane dégagée dans un chantier d'abattage s'étend sur une gamme bien plus large (0 à environ 100 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t nette).

L'écoulement du grisou dans les ouvrages miniers dépend de deux conditions :

- 1) il faut qu'il y ait entre la houille et l'air de la mine un gradient de pression du gaz et
- 2) il faut qu'il y ait une voie d'écoulement sur laquelle le gradient de pression puisse agir.

Les mouvements de terrain exercent une influence tant sur le dégagement du grisou de la houille que sur la résistance à l'écoulement des voies du gaz. Etant donné que le grisou se dégage parfois dans beaucoup de veines à la fois et que les nombreuses

(2) Le rayon des pores de la houille en place atteint au maximum 200 Å, soit 200 fois le diamètre d'une molécule de méthane (= 8 × 10<sup>-5</sup> mm) mais dans le charbon abattu ce rayon peut atteindre 5.000 Å (= 5 × 10<sup>-4</sup> mm). Il se peut que le déséquilibre entre les quantités de méthane libres et liées provoque l'écoulement du gaz contenu dans les pores qui fraie ainsi la voie dans la microstructure pour le dégagement du gaz fixé. Cette microstructure joue également un rôle tout particulier dans les dégagements instantanés de grisou. M. Stassen approfondira cette question.

voies de migration ont des résistances à l'écoulement différentes et pas toujours prévisibles, il est difficile de prévoir le dégagement de grisou, c'est-à-dire de calculer à l'avance la quantité totale de grisou qui se dégagera à la suite d'une exploitation.

Actuellement, nous disposons de deux méthodes de calcul prévisionnel qui nous ont déjà beaucoup servi. Il s'agit de la méthode de Schulz et de celle de Winter qui est voisine de la méthode de Stuffken (Pays-Bas).

Ces méthodes de calcul prévisionnel mettent très clairement en évidence les questions qui nous intéressent dans cette recherche sur le grisou. C'est pourquoi je souhaite vous donner une idée d'un calcul prévisionnel du dégagement, bien que les éléments aient été sensiblement simplifiés par souci de concision et de clarté.

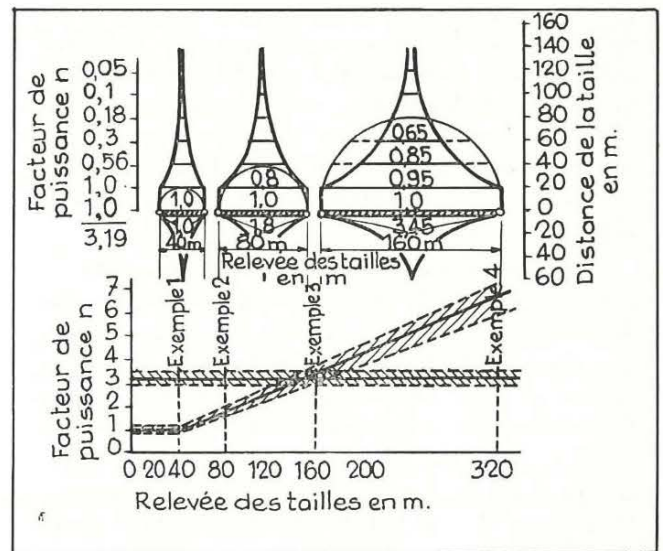


Fig. 8a. — Prévisions du dégagement de CH<sub>4</sub> (Schulz, Winter et Stuffken).

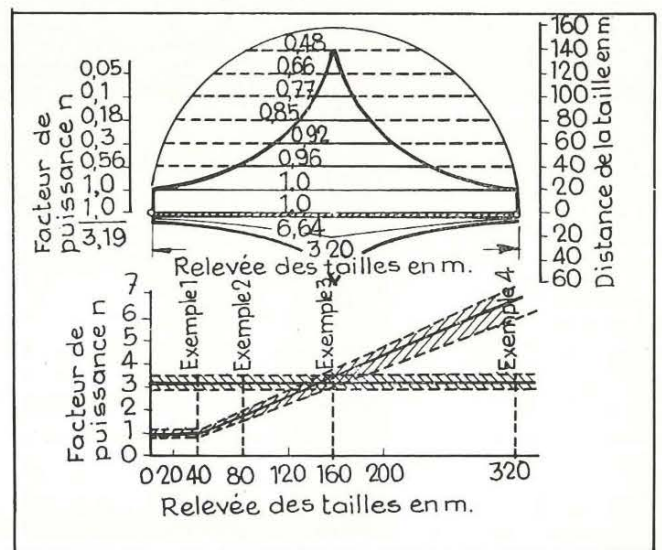


Fig. 8b. — Prévisions du dégagement de CH<sub>4</sub> (Schulz, Winter et Stuffken).



Dans un terrain houiller se trouvent à intervalles réguliers de 20 m des veines de puissance uniforme de 1 m. Les figures 8a et 8b représentent quatre tailles de relevée différente (longueur des tailles : 40 m, 80 m, 160 m et 320 m).

Sur la base d'un grand nombre de mesures, Schulz (174, 175) a trouvé empiriquement qu'il obtient la meilleure concordance avec la réalité lorsqu'il trace au-dessus de la taille un demi-cercle de rayon égal à la moitié de la relevée et qu'il admet pour les parties de veines situées dans cet hémisphère un dégazage complet (1,0) sur la longueur de toit considérée. Pour le mur, il prévoit un segment sphérique qui, au milieu de la taille, pénètre de 20 m dans le mur. Ce n'est que pour faciliter le dessin que le segment sphérique est remplacé par un triangle à peu près correspondant en projection.

Winter (227) considère dans tous les cas 120 à 140 m au toit et 60 m au mur. Il prend toujours la surface complète de la veine mais adopte des coefficients de dégagement différents selon la distance à la veine exploitée.

Si l'on incorpore dans les deux méthodes de calcul les mêmes teneurs en gaz pour chacune des veines, le résultat du calcul prévisionnel est à peu près le même avec les deux méthodes pour des relevées variant entre 140 et 180 m.

Pour des relevées de moins de 100 m, les quantités de méthane, déterminées selon le calcul prévisionnel de Schulz, sont inférieures à celles obtenues par Winter/Stuffken et, pour des longueurs de taille de plus de 200 m, les valeurs de Schulz sont supérieures à celles de Winter/Stuffken.

Les deux méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients. Le demi-cercle de Schulz est un moyen auxiliaire sans doute digne de foi, mais jusqu'à présent on n'a pas encore pu le rattacher aux lois de la mécanique des terrains. Selon Winter, l'étendue de la zone d'influence est indépendante de la relevée, de sorte que, à la différence du procédé de Schulz, le débit de méthane par tonne nette ne dépend pas de cette relevée (fig. 8b en bas). Cette hypothèse non plus n'est pas conforme aux conceptions déduites des études effectuées jusqu'à présent dans la mécanique des terrains (111).

Le Pr. Maas exposera de façon plus approfondie les relations entre le dégagement de gaz et l'abatage.

#### 43. Résultats provisoires des travaux effectués jusqu'à présent à l'échelon régional dans les quatre pays.

En Allemagne, la « commission de travail sur le dégagement de grisou », à laquelle participent l'administration des mines, le Steinkohlenbergbauverein et la Westfälische Berggewerkschaftskasse, fondée en 1958 sur l'initiative du ministère de l'économie,

des classes moyennes et des transports, avait entre autres pour objet de contribuer à élucider la relation manifestement étroite existant entre les dégagements et les mouvements de terrains.

Je tiens à signaler brièvement quelques résultats provisoires intéressants de ces travaux sur « le dégagement de grisou et les mouvements de terrains », notamment ceux traitant de l'écoulement de gaz en dehors des voies normales d'aéragage.

Spickernagel (189) a apporté du point de vue du géomètre une contribution à l'étude des mouvements de terrains au toit, provoqués par un chantier d'abatage penté à 30°. Les observations étaient effectuées depuis une voie en direction sous laquelle la taille était passée en chassant, de sorte que le plan d'observation était parallèle à la direction de l'abatage.

Winter (229) a étudié le dégazage complémentaire en relation avec les mouvements de terrains en dehors du voisinage immédiat de la galerie d'observation. Il ne commença qu'après le passage de l'abatage au-dessous de la veine et s'accrut suivant une fonction exponentielle. La différence des vitesses d'affaissement de points voisins ouvre dans le charbon des voies de dégagement au grisou. Néanmoins, il n'a pas encore été confirmé que la vitesse maximale d'affaissement et, partant, le taux de desserrement le plus favorable coïncident toujours avec le dégazage maximal, comme cela a lieu dans le cas examiné.

Wagener (219) a observé le mouvement du terrain au toit et au mur d'une veine à partir de deux travers-bancs d'où des sondages avaient été effectués dans le toit et dans le mur. Cet exemple a montré l'influence d'une taille chassant sous un travers-bancs, de sorte que le plan d'observation se trouvait perpendiculairement à la direction de l'abatage.

Otto (150), effectuant les mesures de méthane au cours des essais précités, a utilisé pour la première fois une sonde de télévision 42, nouvellement mise au point pour des sondages de faible diamètre et de sécurité vis-à-vis du grisou, destinée notamment à repérer les fissures, les fentes et autres modifications intervenues dans la paroi du sondage sous l'influence de l'abatage. Il n'a pas trouvé de vides de Weber pouvant être considérés comme espaces d'accumulation, mais bien des fissures et des crevasses pouvant servir de voie d'écoulement au grisou de la veine sous-cavée ou sus-cavée, vers la taille ou l'arrière-taille. Il a été intéressant de constater que des crevasses de 0,1 mm de largeur constituaient déjà de bonnes voies d'écoulement pour le gaz, alors que le charbon lui-même, qui se distingue très facilement malgré le peu de contraste dans le massif houiller, n'accusait encore aucune fissure. Le débit maximum de gaz était déjà dépassé longtemps avant

que le décollement des bancs ait atteint son point culminant.

Il convient de mentionner également des essais de plusieurs centres tendant à mesurer, à l'aide de sondes spéciales, les quantités de grisou dégagées en divers horizons des sondages d'observation.

Dans un autre rapport, Otto (151) signale que le débit maximal de grisou et la vitesse maximale d'affaissement n'évoluent pas toujours parallèlement et que l'écoulement de grisou est déterminé non seulement par la pression du gaz, essentiellement nécessaire à l'intérieur de la veine, mais encore par la perméabilité des terrains encaissants. Les observations faites sur ces sondages montrent que les excavations minières parallèles au front d'abattage sont manifestement exposées à des dangers supplémentaires particuliers de dégagement de grisou.

L'expérience acquise dans les Mines d'Etat (*Pays-Bas*) en matière de grisou a été exposée dans des mémoires présentés à l'occasion de la conférence sur le grisou à Hoensbroek en 1961. Ces travaux d'Arets, Maas, Muyskens, Stuffken et Wijffels (5) ont apporté des contributions précieuses pour la détermination des courbes d'adsorption, la mesure de la pression du gaz et la grisoumétrie dans le charbon.

Les travaux belges se rapportent surtout au domaine des dégagements instantanés de grisou (197).

Les travaux effectués en France accusent à plusieurs égards un certain parallélisme avec les recherches allemandes que l'on vient d'évoquer un peu plus en détail. Les essais sur l'extraction de carottes inaltérées pour mesurer l'adsorption de méthane et pour mesurer la vitesse de dégagement méritent particulièrement de retenir l'attention. La mise au point d'une sonde à rayons gamma pour le repérage des veines dans les sondages nous semble également importante.

Dans cet ordre d'idées, je me permets d'attirer tout particulièrement l'attention sur les études effectuées au Royaume-Uni dans le domaine du dégagement bien qu'il me soit impossible, faute de temps, d'examiner en détail les nombreux résultats intéressants obtenus par ces recherches (22).

## 5. MOYENS DE COMBATTRE LE GRISOU AUTRES QUE L'AÉRAGE

### 51. Elimination de la majeure partie du dégagement complémentaire par captage méthodique du méthane au moyen de sondages et de galeries de captage.

Les travaux de l'ancienne commission de travail pour le méthane de l'association des intérêts miniers (1938-1945), dont Forstmann a fait un compte rendu, ont conduit, suivant l'exemple de la mine Mans-

feld, à la réalisation, à partir de 1943, d'un captage méthodique du grisou pour décharger le réseau d'aérage des ouvrages miniers. Il s'agissait en tout premier lieu d'un problème de technique de sondage, qui à l'époque fut étudié et rendu applicable à l'exploitation par le centre de recherches sur le méthane de l'association précitée (67, 68, 99, 217, 213, 21, 49, 223, 199).

Le procédé qui consiste à se servir de galeries au lieu de trous de sonde résulte également d'une initiative des charbonnages de la Ruhr. Il fut appliqué pour la première fois en 1947 dans la mine Emscher-Lippe. Ce procédé ayant été appliqué sur une échelle plus large dans un charbonnage de la Sarre est de ce fait souvent désigné aussi par procédé « Hirschbach » (217).

Il n'est plus nécessaire de s'attarder encore à l'extension du captage du grisou à la quasi-totalité des bassins houillers du monde (173). Il se peut que nous n'ayons pas encore atteint dans nos charbonnages l'extension maximale du captage de grisou. Dans l'avenir immédiat, l'accentuation de la concentration des exploitations nécessitera un captage méthodique du grisou dans les veines au toit et au mur dans une proportion beaucoup plus grande des chantiers qu'actuellement.

Afin de se mettre à l'abri de surprises par suite de prévisions erronées, il est nécessaire d'améliorer et de perfectionner les méthodes de calcul prévisionnel, en tenant compte de l'influence du déroulement de l'exploitation, qui est examinée par le Pr. Maas.

Espérons que les moyens fournis par la Haute Autorité permettront d'aboutir à une mise au point parfaite, sur le plan économique et de la sécurité, du captage méthodique du méthane, de façon que le gaz complémentaire et tout autre gaz provenant des zones perturbées soient éliminés du courant d'aérage. A l'heure actuelle déjà, on parvient souvent à évacuer séparément quelque 40 à 60 % de la totalité du grisou dégagé dans les chantiers, par des conduites de captage, isolées du courant d'aérage.

### 52. Elimination d'une partie du dégagement de base par captage du méthane.

Dans certains cas, on est même parvenu récemment à capter directement une partie du dégagement de base par des sondages horizontaux immédiatement au-dessus de la taille. La mine de charbon bitumineux de Fohnsdorf (Autriche), riche en méthane, est un exemple de ce procédé (64).

Dans un charbonnage américain en Virginie, on a réalisé un dégazage préalable par des sondages dans la veine elle-même (112). Les premières amorces de ce procédé sont signalées dans les charbonnages de la Ruhr également. Toutefois, l'efficacité et les possibilités d'application générale du procédé font encore l'objet de controverses.

### 53. Autres moyens d'influer sur le dégagement en dehors de l'aérage.

En dehors de l'aérage, il n'existe guère d'autres procédés pour combattre le dégagement de gaz.

Un de ceux-ci consiste à refouler le méthane hors du charbon par l'injection de liquides ou de gaz. La première méthode est fondée sur un phénomène secondaire que l'on peut observer lors de l'injection en veine. A ce sujet on ne dispose pas de données précises, pas plus que pour l'injection de gaz (U.R.S.S.).

Dans certaines conditions, on peut encore obtenir un captage efficace du grisou par une meilleure séparation du courant d'aérage et du massif, c'est-à-dire par l'étanchéification des couches du massif, devenues poreuses par suite de l'abattage. Un certain nombre de méthodes d'étanchéification ont été essayées dans le pays et à l'étranger, et il semble bien qu'elles constituent un perfectionnement précieux du procédé de captage du grisou.

L'influence que l'abattage exerce sur le massif nous donne une possibilité, inespérée il y a vingt ans, de détourner le gaz des veines voisines par des sondages, des galeries de captage et des conduites avec ou sans étanchéification supplémentaire de la roche, de façon qu'il ne s'infiltré pas dans le courant d'aérage du chantier d'abattage.

Ce captage méthodique du grisou postule un calcul prévisionnel sûr du grisou présent. Pour ce faire, il faut connaître exactement la teneur en gaz des veines intéressées ainsi que leur degré de dégazage, c'est-à-dire la proportion du grisou dégagé par rapport à la teneur en gaz.

Afin d'établir ce pourcentage, il faut se servir de sondes spéciales pour déterminer les débits de gaz et leur teneur en méthane et observer le comportement des couches voisines de la veine à l'intérieur des sondages de dégazage.

Les essais corroborent l'hypothèse selon laquelle le dégagement et l'écoulement du grisou hors de la

houille, sont imputables à une modification de la texture de celle-ci, provoquée par des processus de mécanique des terrains. Si nous disposons déjà d'un grand nombre de données d'observation, nous ne sommes néanmoins pas encore en mesure de définir des correspondances régies par des lois précises.

## 6. CONCLUSION

Nous avons ainsi circonscrit les problèmes sur lesquels porteront essentiellement les recherches futures en matière de grisou. Pour l'avenir immédiat, il faudra accomplir les tâches suivantes :

### 1°) détermination

de la teneur en gaz des veines,  
du degré de dégazage des veines,  
de la zone de dégagement autour des chantiers ;

### 2°) élucidation

des processus de houillification,  
des processus de sorption,  
du processus d'ouverture et du dégagement du gaz de la houille en relation avec les lois de la mécanique des terrains.

Nous espérons que, grâce à des méthodes perfectionnées pour le calcul prévisionnel du grisou et l'exploitation des résultats de recherches dans le domaine de la mécanique des terrains (80, 87, 190), le projet commun de recherche jouissant de l'appui particulier de la Haute Autorité nous offrira dans le domaine particulier de « la formation et le dégagement du grisou » la possibilité, dans l'intérêt de la sécurité, d'apprécier à temps et à leur juste valeur les conditions auxquelles il faut s'attendre dans le dégagement.

En outre, nous comptons obtenir des indications nous permettant de réaliser peut-être dans un avenir pas trop lointain un dégazage méthodique préalable de nos chantiers d'abattage de façon que les conditions d'aérage y soient moins contraignantes.