



**Conseil économique
et social**

Distr.
GÉNÉRALE

ECE/ENERGY/GE.4/2007/7
20 décembre 2006

FRANÇAIS
Original: RUSSE

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

COMITÉ DE L'ÉNERGIE DURABLE

Groupe spécial d'experts du méthane
provenant des mines de charbon

Troisième session
Genève, 7-9 mars 2007
Point 6 de l'ordre du jour provisoire

**ÉTAT ACTUALISÉ DE LA SITUATION ET DES ACTIVITÉS DE L'ÉQUIPE
SPÉCIALE DES AVANTAGES ÉCONOMIQUES DÉCOULANT DE
L'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ DANS LES MINES DE CHARBON
GRÂCE À L'EXTRACTION ET À L'EXPLOITATION DU MÉTHANE
DE CES MINES**

Approches conceptuelles applicables à l'exploitation de gisements de houille très grisouteux

Documents présentés par l'expert de la Fédération de Russie

1. Le présent dossier a été établi par M. L. A. Poutchkov, recteur de l'École des mines de Moscou et membre correspondant de l'Académie des sciences de Russie, M. S. V. Slastounov, vice-recteur de l'École des mines de Moscou chargé des travaux scientifiques, professeur et docteur en sciences appliquées, et M. G. M. Present, docteur en sciences appliquées et directeur exécutif du département «charbon» de l'entreprise Mittal Steel Temirtau à Karaganda (Kazakhstan).

**I. APPROCHE INTÉGRÉE DE LA PRISE DE DÉCISIONS
EN MATIÈRE DE PROJETS**

2. En vue de définir une stratégie d'exploitation intensive des gisements de houille très grisouteux, il importe d'envisager les aspects tant techniques qu'économiques pour aider la direction d'une entreprise à considérer tous les problèmes globalement, et non comme un

ensemble décousu de questions distinctes, forme sous laquelle se présentent aujourd'hui en règle générale les études scientifiques et techniques.

3. Vu la spécificité et la structure du bilan gazier des gisements des mines de Vorkouta (où les remblais occupent une place importante, aussi bien dans les tailles en exploitation que dans celles qui sont épuisées), le grisou est un élément déterminant dans le système global d'exploitation, qui tient compte à la fois de l'aspect économique et de la sécurité des travaux miniers. Ces bassins doivent donc être exploités comme des gisements de charbon et de méthane.

II. PRINCIPE DE L'EXPLOITATION D'UN GISEMENT HOULLER EN TANT QUE GISEMENT DE CHARBON ET DE MÉTHANE

4. La récupération du méthane de houille et l'extraction du charbon sont étroitement liées: l'exploitation intensive du méthane extrait des veines de charbon dans les mines en activité augmente considérablement la productivité et la rentabilité de l'exploitation du charbon tout en procurant du gaz à l'industrie. Il en résulte en fin de compte un accroissement de la part du charbon dans le bilan énergétique du pays. En même temps, les activités minières engendrent une décompression du massif et une augmentation de la quantité de méthane pouvant être extraite des roches carbonifères saturées en gaz. Cependant, pour assurer des débits stables de méthane (tant en termes de volume que de concentration), il faut tenir compte des caractéristiques des émissions de méthane provenant tant de couches de charbon qui n'ont pas subi de décompression (extraction préalable du méthane avant le démarrage des travaux miniers) que de filons qui ont subi une décompression, et des galeries désaffectées de mines en activité et de mines abandonnées, ainsi que de l'influence de la filtration de l'air dans le massif exploité sur les paramètres du mélange air-gaz extrait.

5. En mettant à profit les caractéristiques des émissions de méthane de la roche carbonifère et en élaborant des techniques visant à extraire ce gaz plus efficacement aux différents stades de la mise en valeur des gisements de charbon (avant le démarrage des travaux miniers, pendant le processus d'exploitation de la mine, et après sa fermeture), on peut combiner au mieux la production de charbon et l'extraction en parallèle du gaz de houille.

6. Le principe fondamental d'un mode d'exploitation associant méthane et charbon dans le cas de gisements très grisouteux consiste à extraire le méthane à tous les stades de la mise en valeur des gisements de charbon en tenant compte des variations induites par les travaux miniers dans les propriétés de filtration de la roche carbonifère qui contient du gaz.

7. La mise en œuvre d'une telle conception doit se fonder sur une évaluation suffisamment fiable des ressources en méthane contenues dans le périmètre des mines en construction, en projet, en activité ou abandonnées, et sur l'utilisation de techniques d'extraction du gaz adaptées dans chaque cas aux conditions géologiques et minières.

8. L'extraction du gaz est entreprise préalablement, de cinq à dix ans avant le démarrage des opérations minières. La configuration et les paramètres d'implantation des forages doivent tenir compte du plan des travaux d'extraction de charbon. Un dégazage substantiel des couches exploitées réduit d'autant le risque de coups de grisou lors de l'abattage du charbon.

9. Les méthodes mises au point par l'École des mines pour augmenter la perméabilité au gaz des couches de charbon au moyen de puits de fracturation hydraulique assurent un niveau élevé de dégazage (qui s'accroît progressivement entre le début des travaux d'extraction du gaz et le démarrage de la production de charbon), le débit des puits étant de l'ordre de 1 à 2 m³/mn. Dans la mine Lénine (bassin houiller de Karaganda), la technologie élaborée par l'École des mines de Moscou a permis d'extraire en l'espace de huit ans, au moyen de 14 forages, plus de 18 millions de m³ de méthane concentré à près de 100 % de l'épaisse couche D₆, très grisouteuse. Des résultats à peu près identiques ont été obtenus aux États-Unis à l'aide d'une technologie analogue (sauf dans le bassin de San Juan où un microgisement de gaz naturel a été découvert).

10. Les travaux miniers effectués tout au long de la période d'exploitation de la mine entraînent une décompression de la roche carbonifère, ce qui augmente la quantité de méthane libérée par les strates saturées en gaz. Il convient pendant cette période d'employer des méthodes d'extraction du gaz, associant les puits forés à partir de la surface, utilisés antérieurement pour le dégazage préalable, et des puits souterrains reliés en réseau. La décompression de la roche augmente considérablement le débit des puits; cela étant, les appels d'air provenant des galeries augmentent également et la concentration du gaz s'abaisse, ce qui nécessite des mesures propres à maintenir les paramètres de qualité du mélange air-gaz récupéré. Le dégazage souterrain pratiqué dans le bassin de la Petchora, par exemple, produit environ 300 millions de m³ de méthane par an, sa concentration dans le mélange extrait variant entre 7 – 12 % et 35 – 40 %. Jusqu'à 80 % du gaz provient des remblais, qui représentent des réservoirs naturels de méthane dont les émissions se poursuivent pendant plusieurs années après la fin des travaux d'exploitation.

11. Pour assurer des débits stables de méthane (tant en termes de volume que de concentration), il faut tenir compte des caractéristiques des émissions de méthane des zones de détente et des remblais, ainsi que de l'effet des processus de filtration de l'air dans les roches exploitées sur les paramètres du mélange air-gaz extrait.

12. Lors de la fermeture des mines, il reste dans les vieux travaux une importante quantité de méthane (qui représente, selon des estimations, de deux à trois fois le volume de gaz libéré pendant l'extraction du charbon). La Russie n'a pas d'expérience en matière d'extraction de méthane à partir de filons épuisés, mais les résultats obtenus dans d'autres pays confirment l'intérêt économique du captage du gaz provenant des galeries de mines abandonnées:

a) En Australie, dans la mine Balmain fermée en 1942 après une explosion, 365 millions de m³ de gaz (pour un débit moyen de 33,5 m³/mn) contenant de 50 à 60 % de méthane et 3 % d'éthane ont été récupérés en 25 ans, rapportant plus de 40 millions de dollars;

b) Dans la Sarre, en Allemagne, 265 millions de m³ de gaz (pour un débit moyen de 20,2 m³/mn) ont été extraits de la mine Santa-Barbara entre 1959, année de sa fermeture, et 1985, ce qui a rapporté au total 29,15 millions de dollars;

c) En France, dans le Nord-Pas-de-Calais, des travaux d'extraction du méthane ont été effectués dans les veines épuisées de mines de charbon, depuis la fin des années 70. De 1982 à 1984 (en trois ans environ), 9 millions de m³ de gaz ont été récupérés (pour un débit moyen

de $6,5\text{m}^3/\text{mn}$ et une concentration de méthane allant jusqu'à 70 %). Le volume total de méthane extrait pour la seule année 1985 a été de 55 millions de m^3 (pour un débit moyen de $104,6\text{ m}^3/\text{mn}$), soit un montant de 6,05 millions de dollars.

13. Les techniques nécessaires à l'extraction du gaz doivent donc évoluer en fonction des changements constatés dans la désorption et le drainage du méthane aux différents stades de la mise en valeur des gisements de charbon. On peut distinguer trois phases d'extraction du méthane, correspondant à des états de la roche fondamentalement différents selon les contraintes et les déformations qu'elle subit:

a) *La période de conception et de construction de la mine*, au cours de laquelle le méthane est extrait de roches n'ayant pas subi de décompression;

b) *La période d'exploitation* (avancement des travaux miniers, obtention de la quantité de charbon prévue et baisse de la production) s'écoulant jusqu'à l'épuisement complet des réserves ou la fermeture de la mine pour d'autres motifs, au cours de laquelle le méthane est extrait des zones de détente;

c) La période allant de l'abandon de certains filons ou de *la fermeture de la totalité de la mine* à l'épuisement complet des réserves de gaz de la couche exploitée, au cours de laquelle le méthane est extrait des anciennes galeries.

14. Ces trois phases n'étant pas clairement délimitées dans le temps, puisque les contraintes et les déformations du terrain rocheux (de l'état naturel à l'arrêt des déplacements en bloc) changent en permanence pendant le processus d'exploitation du charbon, elles peuvent se dérouler simultanément à l'intérieur d'une même mine. La solution la plus rationnelle consiste donc à recourir à une technologie à phases multiples, qui suppose l'utilisation des mêmes forages pour l'extraction du méthane à tous les stades d'exploitation du gisement. Cependant, ces forages seront utilisés différemment entre le premier et le dernier stade.

15. Les systèmes de dégazage utilisés au cours de la phase d'exploitation de la mine (dégazage de la roche ayant subi une décompression en raison des activités minières) doivent répondre aux prescriptions suivantes:

a) Assurer la sécurité des travaux d'extraction du charbon en ramenant la teneur en gaz des tailles au niveau requis et en évitant que le gaz se propage dans les galeries, ce qui améliore nettement le rendement de la mine;

b) Maintenir un débit correspondant aux normes pour le mélange gaz-air par différents moyens: création d'un système de contrôle et de gestion du débit et de la concentration de méthane dans le réseau de conduites; mise en place d'un système de préparation du mélange gaz-air récupéré à livrer aux consommateurs; longueur minimale de conduites afin d'augmenter leur degré d'étanchéité et de réduire les entrées d'air dans le système (d'où une moindre dilution du méthane); contrôle aérodynamique de la répartition du méthane dans le remblai; nécessité d'isoler efficacement les filons épuisés des tailles en service, etc. (les impératifs de qualité du mélange méthane-air extrait sont déterminés par la technique d'exploitation du méthane, le débit pouvant varier de $1,5$ à $15\text{ m}^3/\text{mn}$ et plus et la concentration de 0,5 à 80 % et plus);

c) Amortir les dépenses liées à l'extraction et à la commercialisation du méthane, grâce au choix optimal de paramètres technologiques tenant compte des caractéristiques du flux de méthane dans les puits de dégazage;

d) Assurer la sécurité des travaux du point de vue tant de la stabilité et de la fiabilité du fonctionnement de l'ensemble du système d'extraction du gaz que des normes sanitaires et écologiques.

L'adoption d'une telle approche par phases pour extraire le méthane pendant la mise en valeur d'un gisement, permet non seulement de tirer parti au maximum de ses ressources naturelles, mais également d'extraire la houille plus efficacement: la diminution des émissions de gaz dans l'atmosphère de la mine accroît considérablement la sécurité et la productivité du travail et abaisse le coût des opérations.

16. Dans l'optique de cette approche en trois phases pour l'extraction du méthane, la solution la plus rationnelle pour le dégazage des couches exploitées réside dans une combinaison de forages orientés différemment. Pour des couches rapprochées, exploitées à une profondeur maximale de 400 à 450 m, on utilise des puits forés à partir de la surface et, pour les grandes profondeurs, des puits souterrains forés à partir des ouvrages de soutènement des couches adjacentes. Dans le cas des galeries désaffectées situées à une profondeur maximale de 400 à 450 m, on utilise des puits forés à partir de la surface et, pour les grandes profondeurs, des puits souterrains forés à partir d'ouvrages conservés qui sont au contact des zones en question (ouvrages adjacents, de ventilation, de drainage, etc.) en combinaison avec un régime optimal de circulation d'air.

17. On trouvera dans le tableau ci-après les principaux indicateurs relatifs à l'extraction de méthane provenant des zones de détente, par source d'émission.

Tableau: Principaux indicateurs relatifs à l'extraction du méthane provenant des zones de détente, par source d'émission

Indicateur	Source de méthane (zone faisant l'objet du dégazage)			
	Couches exploitées	Couches adjacentes (havage préliminaire)	Galeries désaffectées	Sources combinées (schémas complexes)
Débit moyen de méthane (m ³ /mn)	jusqu'à 3,0	de 16 à 20	de 10 à 17	—
Concentration du méthane à la tête du forage (%)	de 95 à 100	de 80 à 90	de 10 à 80*	—

Indicateur	Source de méthane (zone faisant l'objet du dégazage)			
	Couches exploitées	Couches adjacentes (havage préliminaire)	Galeries désaffectées	Sources combinées (schémas complexes)
Concentration de méthane dans la batterie de pompes à vide (%)	de 35 à 45	de 35 à 40	de 8 à 70*	de 25 à 40
Rayon d'action du forage (m)	de 10 à 15	entre 20 – 25 et 140 – 260*	de 80 à 120	—
Coefficient de dégazage (%)	de 15 à 30	De 35 à 40	de 35 à 60 (jusqu'à 95 *)	de 60 à 90

* Dans l'hypothèse d'un dégazage par des forages pratiqués depuis la surface.

18. L'efficacité de l'extraction de méthane dans les zones où sont pratiquées des activités minières dépend pour beaucoup de la technologie d'extraction du charbon et de la qualité d'exécution des travaux de dégazage, c'est-à-dire du respect des normes d'utilisation des technologies mises en œuvre. Lorsque les travaux de dégazage sont réalisés avec compétence, le prix de revient du méthane extrait des mines de charbon n'est pas supérieur au coût d'extraction du gaz naturel (qui est en moyenne de l'ordre de 8,8 dollars pour 1 000 m³).

III. EXEMPLE DE DÉGAZAGE PRÉALABLE DE ROCHES CONTENANT DU CHARBON ET DU GAZ ET N'AYANT PAS SUBI DE DÉCOMPRESSION PAR DES FORAGES PRATIQUÉS DEPUIS LA SURFACE À LA MINE LÉNINE DANS LE BASSIN DE KARAGANDA

19. La technologie de dégazage préparatoire préalable et préliminaire consiste à extraire le méthane des mines de charbon au moyen de forages pratiqués depuis la surface. L'extraction du méthane est précédée de travaux visant à augmenter artificiellement la perméabilité des veines de charbon par différents procédés pneumatiques, hydrauliques, physico-chimiques et autres agissant sur la couche carbonifère et gazéifère.

20. Depuis 1962, différentes modifications ont été apportées à la technologie élaborée par l'École des mines de Moscou et mises en application dans plus d'une vingtaine de mines des bassins houillers de Karaganda et du Donetz.

21. Il a été démontré que l'effet du dégazage préalable des mines par fracturation hydraulique des couches de charbon au moyen de forages pratiqués depuis la surface persiste de 3 à 12 ans et permet d'extraire jusqu'à 5 millions de m³ de méthane concentré à 95 – 100 % par forage, sans compter le méthane supplémentaire extrait après la décompression de la roche pendant l'avancement des travaux miniers.

22. Le dégazage préalable peut entraîner une réduction de 75 à 80 % de la teneur en gaz des chantiers d'abattage.
23. Les éléments essentiels de la technologie d'extraction préalable de méthane sont tous protégés par plus de 90 brevets et droits d'auteur.
24. L'École des mines de Moscou détient des brevets protégeant les principaux procédés et opérations de dégazage préalable des gisements de charbon sur le territoire de la Fédération de Russie.
25. Elle a élaboré les principaux documents normatifs utilisés dans ce domaine, notamment des instructions, méthodes, projets types et spécifications techniques.
26. L'expérience acquise dans le bassin houiller de Karaganda, où sont utilisés plus de 20 procédés de dégazage, montre que le dégazage du filon proprement dit est une étape indispensable du dégazage d'ensemble dans le cas de chantiers d'abattage produisant plus de 5 000 tonnes de charbon par jour. L'efficacité du dégazage souterrain de filons peu perméables est très limitée dans les tailles situées à de grandes profondeurs (ce qui est notamment le cas du gisement de Vorkouta), en raison du manque de temps pour extraire le méthane et de l'impossibilité d'augmenter artificiellement la perméabilité pour intensifier ce processus en réalisant des travaux d'ingénierie à proximité des chantiers. En l'occurrence, la seule solution consiste à recourir au dégazage préalable préparatoire au moyen de forages pratiqués depuis la surface.
27. Les principaux aspects techniques du dégazage préalable sont décrits ci-après.
28. Les couches de charbon sont dégazées par fracturation hydraulique lorsqu'elles ont une teneur naturelle en gaz supérieure à 10 m³/t et sont situées dans des roches imperméables dont la résistance n'est pas inférieure à la moyenne.
29. Le dégazage préalable (avant exploitation) est effectué pendant trois ans au minimum (voire cinq à sept ans), et le dégazage préliminaire en cours d'exploitation (pratiqué de façon autonome ou combiné avec des forages en couche) pendant trois ans au maximum.
30. Sur le plan technique, le dégazage se décompose en trois étapes principales: I – l'action hydrodynamique; II – la mise en service des forages (évacuation des boues de forage à l'aide de pompes ou de forages en couche, extraction du gaz); III – le pompage du gaz à partir des vieux travaux après extraction du charbon autour des forages.
31. Aux fins du dégazage préalable, les forages sont pratiqués à une distance minimale de 300 m des chantiers en activité suivant la direction du système principal de fissuration naturelle des filons; leur rayon d'action doit s'étendre jusqu'aux dislocations d'une amplitude supérieure à l'épaisseur de la couche traitée.

IV. ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DU DÉGAZAGE PRÉALABLE PRÉPARATOIRE À LA MINE LÉNINE

32. Les récents travaux réalisés à la mine Lénine (bassin houiller de Karaganda) où des forages ont été pratiqués depuis la surface il y a plus de huit ans pour extraire le méthane de l'épaisse

couche D₆, particulièrement grisouteuse, ont permis de démontrer de manière certaine l'intérêt économique et le bien-fondé du dégazage préalable. En huit ans, 18 millions de m³ de méthane concentré à 100 % ont été extraits à l'aide de 14 forages, ce qui a ramené à 6-9 m³/t la teneur en gaz du filon. L'extraction du gaz se poursuit et les puits ont actuellement un débit supérieur à 1-2 m³/mn.

33. L'efficacité économique de ces travaux tient aux éléments suivants:

a) Réduction de 1 500 m des galeries doubles en pan incliné le long de l'aile est de la couche D₆, dont 50 % seulement des réserves sont traitées par fracturation hydraulique, soit une économie de 24 milliards de roubles;

b) Augmentation des quantités de charbon extraites dans les zones traitées par fracturation hydraulique. Selon la méthode actuelle, la récupération par dégazage de 1 million de m³ permet l'extraction supplémentaire de 22 500 tonnes de charbon. Par conséquent, le captage préalable de 20 millions de m³ de gaz assure une extraction supplémentaire de 450 000 tonnes de charbon, ce qui – compte tenu d'un coût de dégazage équivalent à 25 % du total – rapporte 18 milliards de roubles;

c) Utilisation du gaz récupéré par les forages de fracturation hydraulique pour le chauffage d'un nouveau puits de remontée. En trois saisons, 1,6 million de m³ de gaz, a ainsi été consommé, ce qui équivaut à 3 000 tonnes de charbon d'un coût supérieur à 4 millions de roubles.

34. L'effet positif global se chiffre, rien que pour ces trois éléments, à 46 millions de roubles. Compte tenu du coût des 14 forages de fracturation hydraulique, soit 6 millions de roubles en prix courants, le gain économique procuré par les travaux d'extraction préalable du méthane à la mine Lénine est de l'ordre de 40 millions de roubles.

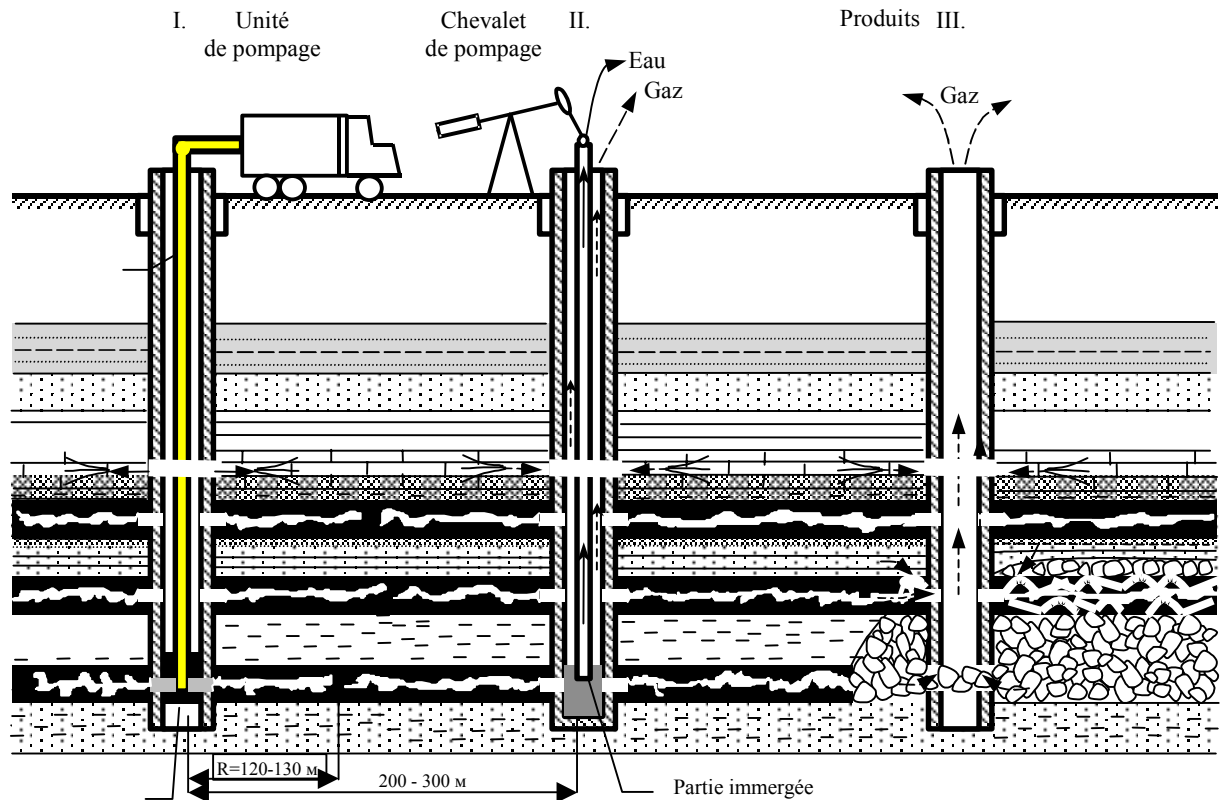
35. Outre les éléments positifs susmentionnés, il convient de signaler l'amélioration de la sécurité des activités minières dans les zones ayant fait l'objet de travaux de fracturation hydraulique. À la réduction de la teneur en gaz des tailles s'ajoute une forte diminution des risques de jets de grisou. Au cours des travaux miniers réalisés dans cette section, on a enregistré 106 phénomènes de dynamique des gaz d'intensité variable dans la couche D₆: pratiquement tous sont survenus hors du rayon d'action des forages de fracturation hydraulique, le dernier incident en date ayant entraîné la mort de trois mineurs.

36. L'effet environnemental de ces travaux est également très positif. L'installation pilote de récupération du méthane mise en place à la mine Lénine utilise actuellement 20 m³/mn de méthane et, dans un avenir proche, on prévoit d'en exploiter 60 m³/mn, dont 40 m³/mn de méthane extrait des forages de fracturation hydraulique. Or l'utilisation de 510 m³ de méthane permet d'économiser une tonne de charbon de chaudière et réduit de 55 kg les émissions nocives dans l'atmosphère.

37. Se fondant sur les preuves incontestablement représentatives de l'efficacité du dégazage préalable au moyen de forages réalisés depuis la surface, le département «charbon» de l'entreprise Ispat-Karmet, issue du groupe Karagandaougol, a adopté un programme d'expansion

prévoyant 150 forages dans le bassin de Karaganda, programme qui, ces sept dernières années, a été rigoureusement exécuté.

Figure 1. Technologie de dégazage par étapes d'une série de couches de charbon au moyen de forages pratiqués à partir de la surface



- I. Fracturation hydraulique et autres opérations effectuées sur une série de couches n'ayant pas subi de décompression
- II. Mise en service des forages (extraction d'eau et de méthane)
- III. Dégazage du remblai
