

Evolution des méthodes de prévision du dégagement grisouteux

Zbigniew Pokryszka, Christian Tauziède

▶ **To cite this version:**

Zbigniew Pokryszka, Christian Tauziède. Evolution des méthodes de prévision du dégagement grisouteux. Journée de présentation des résultats INERIS à CdF, Jun 1994, Hombourg-Haut, France. pp.42-53. ineris-00971891

HAL Id: ineris-00971891
https://ineris.hal.science/ineris-00971891

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

EVOLUTION DES METHODES DE PREVISION DU DEGAGEMENT GRISOUTEUX

Zbigniew POKRYSZKA, Christian TAUZIÈDE
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

1. CONTEXTE

Depuis plus de 25 ans maintenant, nous disposons en France comme dans divers pays européens, des méthodes de prévision du dégagement moyen de grisou utilisables pour les tailles et pour les chantiers de creusement.

Ces méthodes développées dans le passé et améliorées à plusieurs reprises donnent en général de bons résultats (JEGER, 1980; CERCHAR, 1990; POKRYSZKA et al., 1992) mais restent limitées du fait du changement des conditions d'exploitation. En effet, l'approfondissement de l'exploitation et l'augmentation de la vitesse d'avancement des chantiers ont deux conséquences principales :

- la période de mise en régime du dégagement en début d'exploitation prend une importance relative parfois très grande,
- les variations du dégagement autour du niveau moyen sont également importantes.

Les figures 1 et 2 montrent à titre d'exemple les évolutions du dégagement de méthane, au cours d'avancement d'une taille et d'un traçage des Houillères du Bassin de Lorraine.

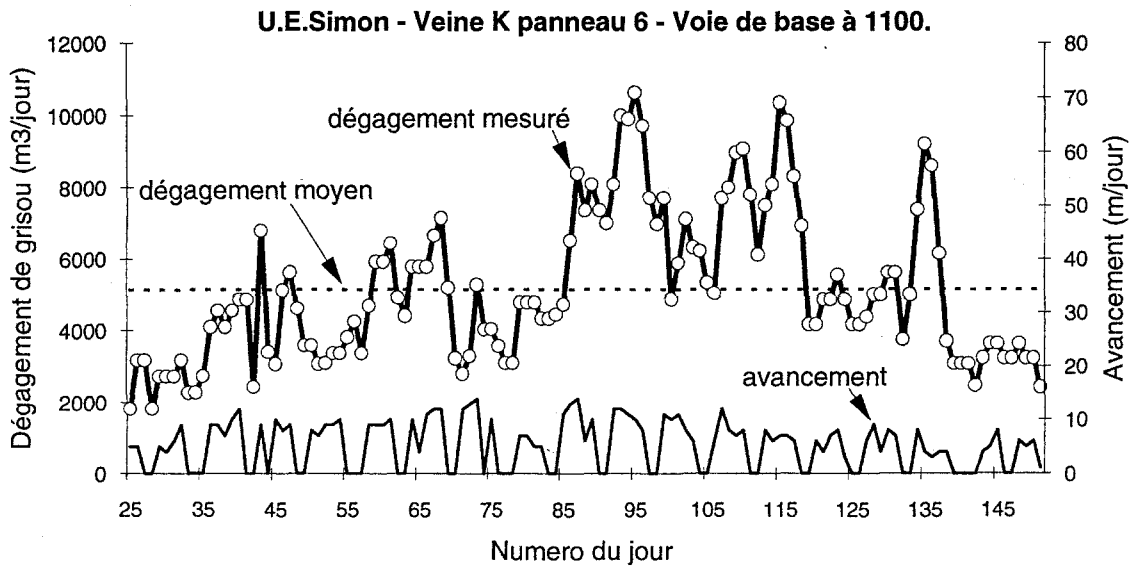


Fig.1. Exemple des variations du dégagement de grisou dans un traçage.

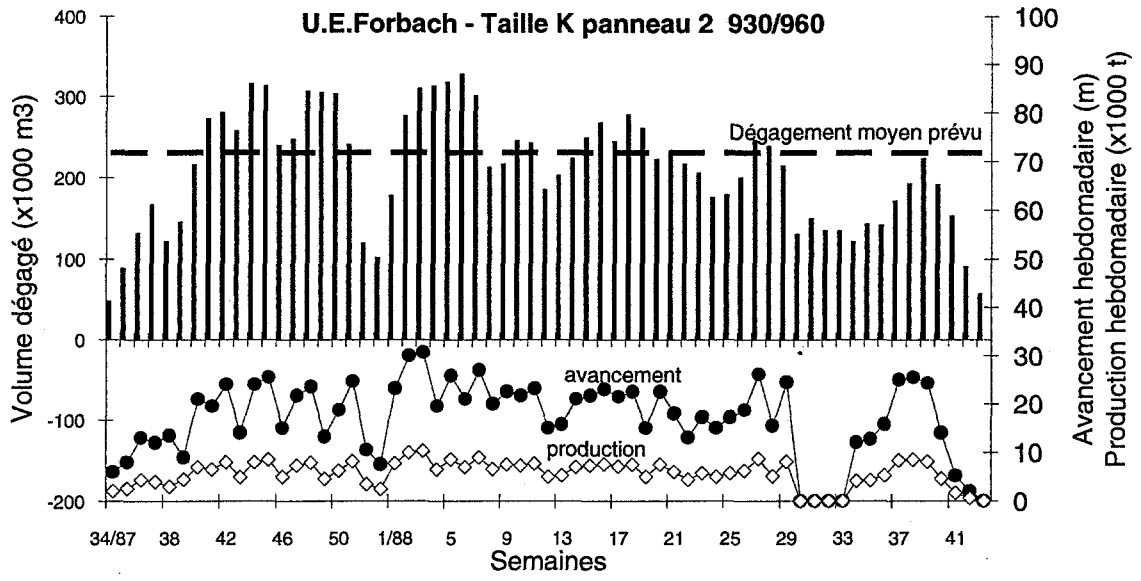


Fig.2. Exemple de la variation du dégagement hebdomadaire de grisou dans une taille.

On peut y apercevoir l'importance des variations du dégagement de grisou en fonction du rythme d'avancement et l'étendue relativement grande de la période de mise en régime grisouteux.

Les méthodes de prévision du dégagement moyen ne peuvent permettre d'appréhender ces deux phénomènes. Pourtant il est intéressant de pouvoir prévoir, dès le stade de la planification d'un chantier, le dégagement de grisou et ses irrégularités, dans les conditions géologiques et d'exploitation dans lesquelles il se situe, ceci dans un double but :

- de productivité : par un meilleur choix de l'équipement en matériel (dimensionnement de l'installation de ventilation par exemple) et en hommes (répartition des postes de production dans le temps),
- de sécurité : par une diminution du nombre et de la durée des dépassements des teneurs limites réglementaires grâce à l'ajustement de la vitesse d'avancement aux capacités d'aérage.

De même, les méthodes utilisées actuellement reposent, en principe, sur les observations et les lois générales et traitent le chantier examiné comme un cas moyen. Par conséquent, elles ne prennent pas suffisamment en compte la variabilité du mécanisme du dégagement grisouteux. En effet, la pratique d'exploitation montre que ce mécanisme peut être sensiblement différent selon les conditions géologiques et les paramètres d'exploitation, même parfois pour les chantiers situés dans un même quartier.

Ainsi apparaît-il utile de développer des méthodes de prévision dynamiques précisant les effets du temps et de la vitesse d'avancement sur le dégagement de grisou ainsi que prenant en compte la spécificité locale du mécanisme de ce dégagement.

Dans le présent document nous avons proposé deux méthodes de prévision dynamique : l'une pour les chantiers de creusement et l'autre pour les tailles.

2. PREVISION DYNAMIQUE DU DEGAGEMENT QUOTIDIEN DE GRISOU EN TRACAGE

La méthode présentée ici est une proposition de prévision dynamique du dégagement quotidien de grisou pour un chantier de creusement basée sur un modèle physico-empirique. Les paramètres de ce modèle font l'objet d'un calage sur des résultats expérimentaux ce qui permet de prendre en compte les conditions locales du chantier.

2.1 - Description du modèle d'emission de méthane utilisé dans la méthode.

Le creusement d'une galerie entraîne une détente des terrains avoisinants et une fissuration de ces derniers. Celle-ci est propice au dégagement du méthane contenu sous forme de gaz libre dans les roches et surtout de gaz adsorbé dans le charbon.

La zone de fissuration atteint au bout de quelques temps une limite qui est considérée dans la méthode comme finie et de la forme d'un cylindre axé autour de la galerie (figure 3). Le rayon de ce cylindre d'influence qui est habituellement de l'ordre de 6 à 10 fois le rayon équivalent de la galerie fait l'objet du calage du modèle utilisé dans la méthode de prévision.

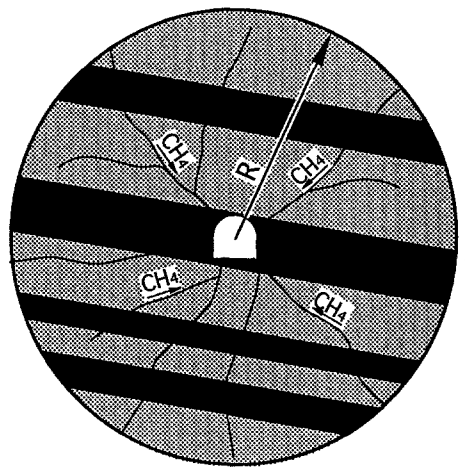


Fig 3. Schéma de la zone d'influence d'une galerie.

Le modèle prend en compte le dégagement de grisou en provenance :

- des parements de la veine découpée,
- des terrains dans la zone d'influence de la galerie (roches et veines satellites),
- des produits abattus et transportés pendant leur séjour dans le chantier.

On considère ainsi que le taux de dégazage dans la zone d'influence de la galerie décroît avec la distance au parement selon une courbe expérimentale montrée à la figure 4.

Cette variation du taux de dégazage est représentée analytiquement dans le modèle par la fonction :

$$\tau(r) = \exp\left[-\left(\frac{r}{r_o}\right)^2\right] \qquad /1/$$

où :

- τ (r) est le taux de dégazage (sans dimension),
- r est la distance au parement, en m,
- r_o est un paramètre représentant l'étendue de la zone de dégazage car proportionnel au rayon d'influence du creusement R, en m.

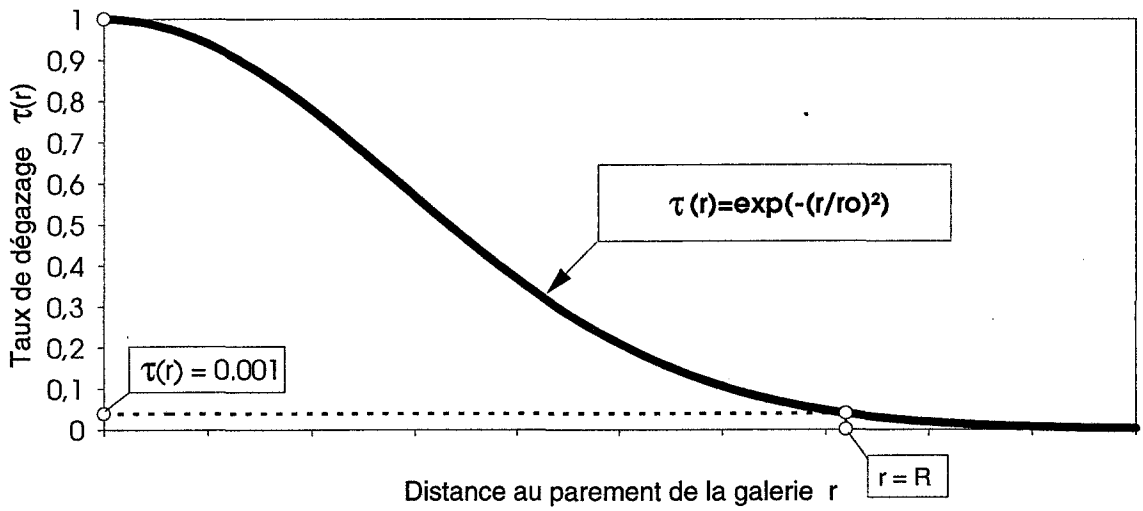


Fig.4.Variation du taux de dégazage en fonction du distance au parement de la galerie

Le taux de dégazage prend la valeur 1 pour r = 0 et il est considéré comme nul pour r = R (rayon d'influence).

On observe que le dégagement de méthane des terrains dure pendant une certaine période et le volume émis vers un tronçon élémentaire de galerie varie en fonction du temps selon les courbes représentées à la figure 5.

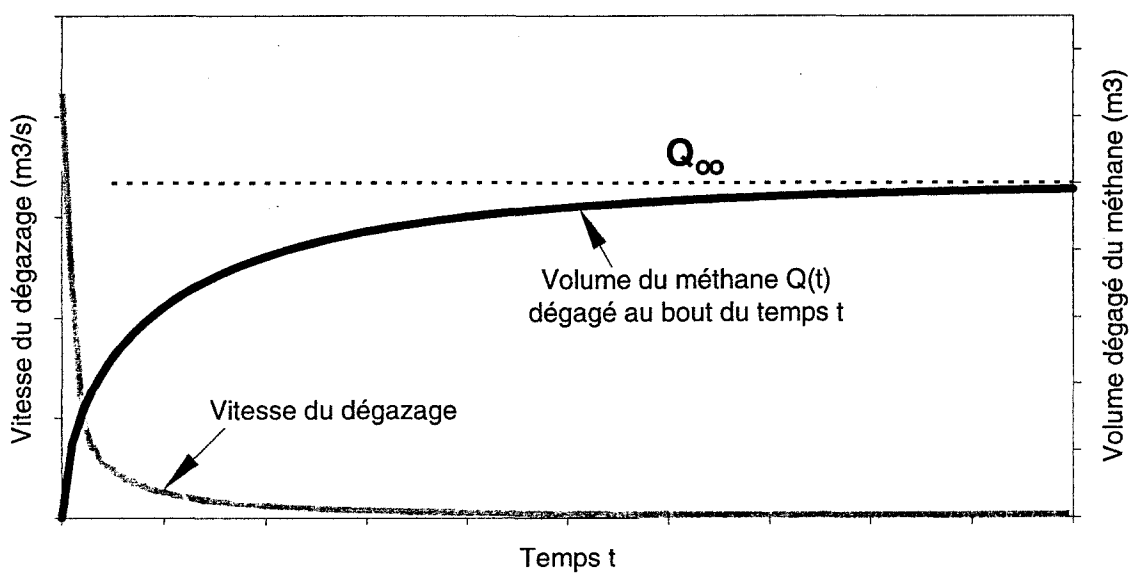


Fig.5. Evolution du dégagement de méthane vers le tronçon élémentaire de la galerie

Au bout d'un temps qui peut être considéré comme fini (quelques mois), les terrains encaissants ont dégagé vers la galerie la totalité du méthane susceptible d'être libéré dans la zone d'influence conformément à la courbe du taux de dégazage.

Dans la présente méthode on représente mathématiquement la variation dans le temps du dégagement cumulé de méthane vers un tronçon élémentaire de galerie par la fonction :

$$Q(t) = Q_\infty \left[1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{t_o}\right)^\alpha\right)\right] \qquad /2/$$

où :

- Q_∞ est le volume total de méthane susceptible de se dégager de la zone d'influence, en m^3,
- t est le temps, c'est-à-dire l'âge du tronçon en question, en jours,
- α est un paramètre inférieur à 1, sans dimension et exprimant la plus ou moins grande vitesse initiale de dégagement,
- t_o est un paramètre de relaxation ayant la dimension d'un temps.

Ainsi, si l'on considère que le traçage est à un moment donné la juxtaposition de tronçons quotidiens dans laquelle les jours d'arrêt du creusement sont représentés par les tronçons fictifs de longueur nulle, le volume total de méthane qui se dégagera le Nième jour à partir des parements de l'ensemble du traçage sera :

$$Gp(N) = \sum_{i=1}^{N} q(i) \qquad /3/$$

où :

q(i) volume dégagé dans le tronçon i, est d'après (2) :

$$q(i) = Q(N - i + 1) - Q(N - i) \qquad /4/$$

car, en effet, son âge est N - i

On a donc, d'après (2), (3) et (4) :

$$Gp(N) = \sum_{i=1}^{N} Q_\infty(i) \left[\exp\left(-\left(\frac{N - i}{t_o}\right)^\alpha\right) - \exp\left(-\left(\frac{N - i + 1}{t_o}\right)^\alpha\right]\right. \qquad /5/$$

Le calcul de $Q_\infty(i)$ se fait par sommation des volumes élémentaires de méthane provenant de chacun des bancs, veines de charbon ou bancs de roches se trouvant dans le volume d'influence défini précédemment. Chaque portion de banc de roche ou de veine contribue à $Q_\infty(i)$ en fonction de son taux de dégazage qui dépend de sa distance au parement de la galerie comme évoqué précédemment.

Le méthane provenant de produits abattus et transportés dans le chantier est pris en compte dans le modèle bien que, des expérimentations réalisées en laboratoire ont montrée la faible importance de celui-ci (TAUZIEDE et al., 1991).

Le volume total dégagé le jour N par l'ensemble du traçage est la somme des volumes de gaz provenant de la zone d'influence et des produits abattus et s'exprime donc par :

$$G(N) = G_p(N) + G_A(N) \qquad /6/$$

où $G_A(N)$ est le volume de méthane provenant du charbon abattu et transporté et $G_p(N)$ provient de la formule (5).

2.2 - Principe du calcul. Recherche des paramètres

Le principe de la méthode consiste à caler le modèle analytique présenté précédemment sur les résultats expérimentaux provenant d'un chantier réel. Ce calage est réalisé par un ajustement des paramètres α, t_o, r_o utilisés dans le modèle.

Si l'on dispose, pour un chantier de référence, des mesures permettant de connaître le dégagement réel jour par jour de méthane dans ce traçage G_{mes} (N) pour N = 1 à Z (durée totale du chantier en jours calendaires), on recherche les valeurs des paramètres qui minimisent les écarts entre des volumes mesurés et les volumes calculés selon la formule (6).

Il faut donc chercher le minimum de la fonction :

$$e(\alpha, t_o, r_o) = \sum_{N=1}^{Z} [G_{mes}(N) - G(N)]^2 \qquad /7/$$

Cette fonction dépend des trois paramètres : α, t_o, r_o décrits précédemment.

Pour les besoins des calculs, un programme informatique a été créé dans lequel les opérations sont réalisés de la façon suivante :

- pour r_o fixé au départ , on recherche le couple (α, t_o) qui minimise la fonction e de la formule (7),
- ensuite on vérifie que :

$$\sum_{N=1}^{Z} G_{mes}(N) = \sum_{N=1}^{Z} G(N) \qquad /8/$$

Si tel n'est pas le cas, on ajuste r_o par pas jusqu'à ce que l'on trouve un couple (α, t_o) qui satisfait l'équation (7), avec un écart acceptable (fixé à l'avance à 5 ou 10 % en valeur relative, par exemple).

Lorsque l'on a déterminé ces trois paramètres, il est possible d'effectuer toutes les simulations souhaitées pour un chantier futur dans les mêmes conditions avec des hypothèses d'avancement différentes.

On obtient, par l'expression (6) l'évolution prévisible, pour chacune des situations, du débit total susceptible de se dégager jour par jour dans le chantier pendant toute sa durée de vie.

Pour les calculs de recherche des paramètres du modèle et les calculs prévisionnels, il faut connaître les données suivantes :

- <u>données concernant la stratigraphie</u> :
  - l'épaisseur des veines de charbon,
  - l'épaisseur des bancs de roche,
  - la porosité des bancs de roche (s'il n'y a pas de mesures directes des porosités, on prend leurs valeurs moyennes selon la nature des roches)
  - la position des veines de charbon et des bancs de roche par rapport à la veine découpée.

- <u>données concernant le gisement de grisou</u> :
  - les concentrations en CH_4 et leurs variations dans l'espace,
  - l'isotherme de sorption de méthane de la veine découpée,

- <u>données concernant le chantier</u> :
  - la largeur de la galerie,
  - la section de creusement,
  - l'ouverture de la veine de charbon découpée,
  - la longueur et la vitesse des convoyeurs,

- <u>historique de l'avancement et du dégagement de grisou</u> :
  - les avancements journaliers (avancement prévu pour les calculs prévisionnels),
  - les volumes de CH_4 dégagés chaque jour (seulement pour la recherche de paramètres du modèle)

Il est évident que dans le cas de calculs de recherche des paramètres pour un chantier existants, les donnée ci-dessus seront des résultats, des mesures et observations "in situ". Par contre, dans le cas de calculs prévisionnels, on sera obligé d'utiliser pour certains paramètres les valeurs estimatives ou prévues (avancements, épaisseur de la veine, concentration en CH_4, etc.....)

2.3 - <u>Validation de la méthode sur des cas reels.</u>

Pour vérifier la pertinence de la méthode du dégagement de grisou proposée, elle a été testée sur plusieurs traçages (TAUZIEDE et al., 1991, POKRYSZKA et al., 1992).
Les tests consistaient à examiner la possibilité d'une reconstitution analytique avec le modèle de calcul décrit précédemment du dégagement réellement observé dans ces chantiers.

Pour les calculs, l'INERIS a utilisé les données réelles provenant des chantiers retenus des Houillères du Bassin de Lorraine.

Les résultats des essais effectués se sont avérés très positifs. Pour une grande majorité des cas traités, nous avons obtenu une bonne correspondance entre les niveaux du dégagement de méthane calculés par la méthode et ceux effectivement observés dans les chantiers. Les variations du dégagement au cours de l'avancement des chantiers ont été aussi reconstituées assez fidèlement.

Des exemples de résultats obtenus sont illustrés sur les figures 6 et 7 : on a porté les courbes des dégagements quotidiens de méthane mesurés et calculés en regard du temps ainsi que l'avancement journalier.

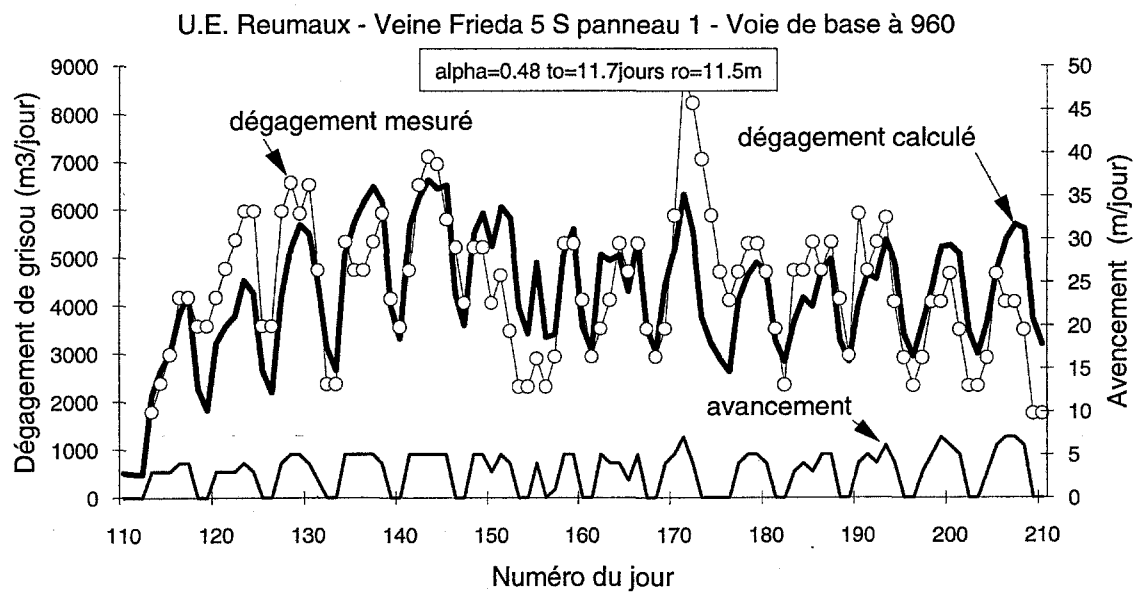


Figure 6. Comparaison des dégagements quotidiens mesurés et reconstitués par modèle de calcul (exemple 1)

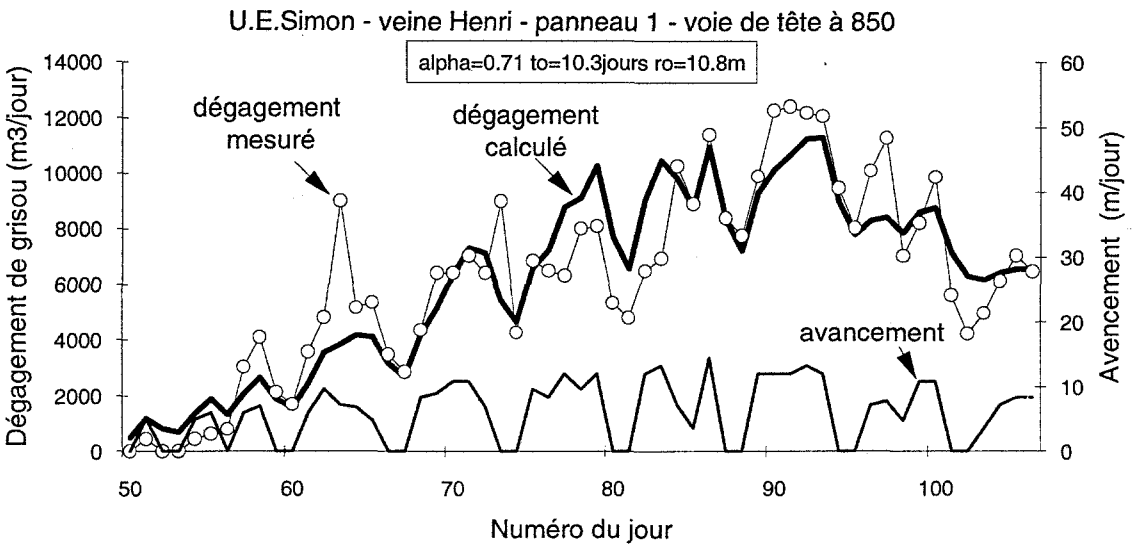


Figure 7. Comparaison des dégagements quotidiens mesurés et reconstitués par modèle de calcul (exemple 2)

Les calculs effectués ont permis également de définir un premier catalogue des valeurs de référence des paramètres du modèle pour les chantiers des Houillères du Bassin de Lorraine (voir tableau 1).

Tableau 1. Valeurs des paramètres du modèle α, t_o, r_o obtenues pour certains chantiers de creusement des Houillères du Bassin de Lorraine.

Veines - chantiers	α	t_o (jours)	r_o (m)
K 6 voie de base à 1100	0,65	33,5	12,0
K 5 voie de base à 1100	0,64	122,9	9,0
K 7 voie de base à 1150	0,65	139,5	9,5
Irma 1N voie de base à 1140	0,56	42,3	9,0
Henri 1 voie de tête à 850	0,71	10,3	10,8
Dora 1 voie de tête à 686	0,66	29,2	10,0
Frieda 5 1S voie de base à 960	0,48	11,7	11,5
Wohlwerth voie de tête à 850	0,65	27,5	11,0
Wohlwerth voie de tête à 950	0,62	30,0	10,5
Wohlwerth voie de retour d'air à 1050	0,67	33,2	11,0
Moyenne	**0,62**	**48**	**10,5**
Ecart-type	**0,07**	**45**	**1,0**
Coefficient de dispersion	**0,11**	**0,94**	**0,10**

Pour tous les chantiers étudiés, il est à noter une très faible variation du paramètre α. Au contraire, on peut constater une plus forte dispersion du paramètre t_o représentant les propriétés de la veine de charbon à dégager vite son grisou. Les valeurs de celui-ci varient entre 12 et 140 jours.

Il nous semble alors que la dispersion du paramètre t_o provient des différences dans la perméabilité des veines du charbon et dans l'état de leurs fissurations in situ. Cette hypothèse reste à confirmer par l'usage.

On peut aussi constater que les valeurs des paramètres obtenues pour les chantiers creusés dans des conditions similaires sont très proches (par exemple : la voie de base à 950 et la voie de tête 850 en veine Wohlwerth à l'Unité d'Exploitation Forbach, la voie de base du panneau 5 à 1050 et la voie de base du panneau 7 à 1150 en veine K à l'Unité d'Exploitation Simon).

L'ensemble des résultats obtenus confirme ainsi la pertinence des lois de modélisation retenues pour la méthode de prévision et montre qu'il est possible de reconstituer l'historique du dégagement d'un traçage avec une précision relativement satisfaisante à partir du modèle de calcul proposé.

2.4 - Exemples d'application pratique de la méthode

L'application pratique de la méthode peut s'effectuer de 3 façons différentes, en fonction de situations et des données disponibles pour le calcul de prévision (POKRYSZKA et TAUZIEDE, 1994) :

- Si le chantier est creusé dans une zone pour laquelle on ne dispose pas de chantier de référence convenable, on peut réaliser les prévisions estimatives en utilisant les valeurs moyennes des paramètres α, t_0, r_0 déterminées pour le Bassin de Lorraine (tableau 1).

  Cette option d'application de la méthode sera, bien sûr, la moins précise et doit être traitée comme une prévision préliminaire et estimative, donnant l'ordre de grandeur du dégagement de grisou.

- S'il existe un chantier de référence creusé dans les conditions similaires que celles du chantier étudié, il est possible d'utiliser les paramètres du modèle déterminés avec les données du chantier de référence, afin de faire des prévisions dans le creusement en question.

  La figure 8 montre un exemple d'une telle prévision réalisée pour la voie de retour d'air à 1050 en veine Wohlwerth à l'Unité d'exploitation Forbach. Les calculs ont été effectués avec les données réelles d'avancement journalier, de concentration en gaz de charbon des dimensions géométriques et de géologie. Les paramètres du modèle appliqués ont été obtenus à partir d'un chantier de référence creusé en même veine Wohlwerth à l'Unité d'exploitation Forbach. Il s'agit de la voie de base à 950 (tableau 1).

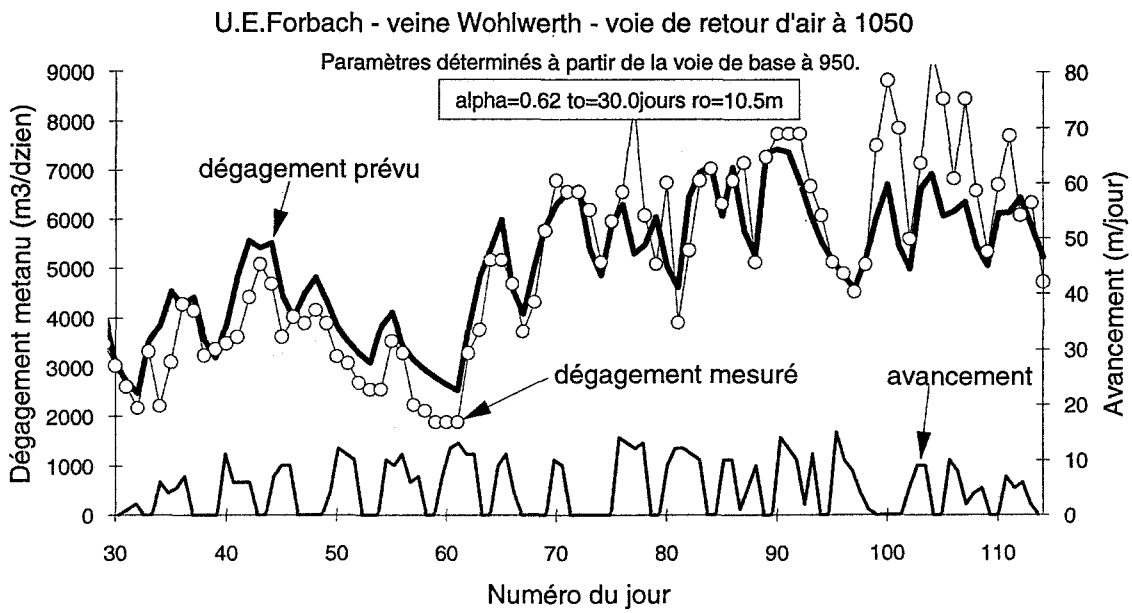


Fig.8. Exemple de prévision avec des paramètres déterminés sur un chantier de référence situé dans la même veine.

On peut constater que dans ce cas d'application de la méthode, il a été possible d'obtenir une bonne correspondance dans les variations du dégagement journalier de

méthane calculé et du dégagement réellement mesuré et aussi une assez bonne concordance entre les niveaux généraux des dégagements observés et prévus.

- Si une partie du chantier étudié est déjà terminée, on peut caler le modèle et déterminer les valeurs des paramètres sur les données provenant de cette partie du traçage et les utiliser pour la suite du creusement.

Ce dernier type de prévision est surtout intéressant pendant le creusement des galeries très longues pour ajuster la vitesse d'avancement aux capacités d'aérage. La figure 9 illustre un exemple de la simulation du niveau du dégagement dans la voie de tête à 850 en veine Henri à l'Unité d'Exploitation Forbach avec plusieurs hypothèses sur la vitesse d'avancement.

Les calculs effectués avec les valeurs des paramètres α, t_0, r_0 trouvées sur la première partie du creusement montrent, par exemple, qu'il aurait été impossible de continuer le creusement avec une vitesse d'avancement de 12m/jour, tout en respectant la teneur limite de CH_4 de 1,5%, si le débit d'air était de 6 m^3/s. Par contre, l'avancement avec une vitesse égale ou inférieure à 10 m/jour aurait été possible à réaliser.

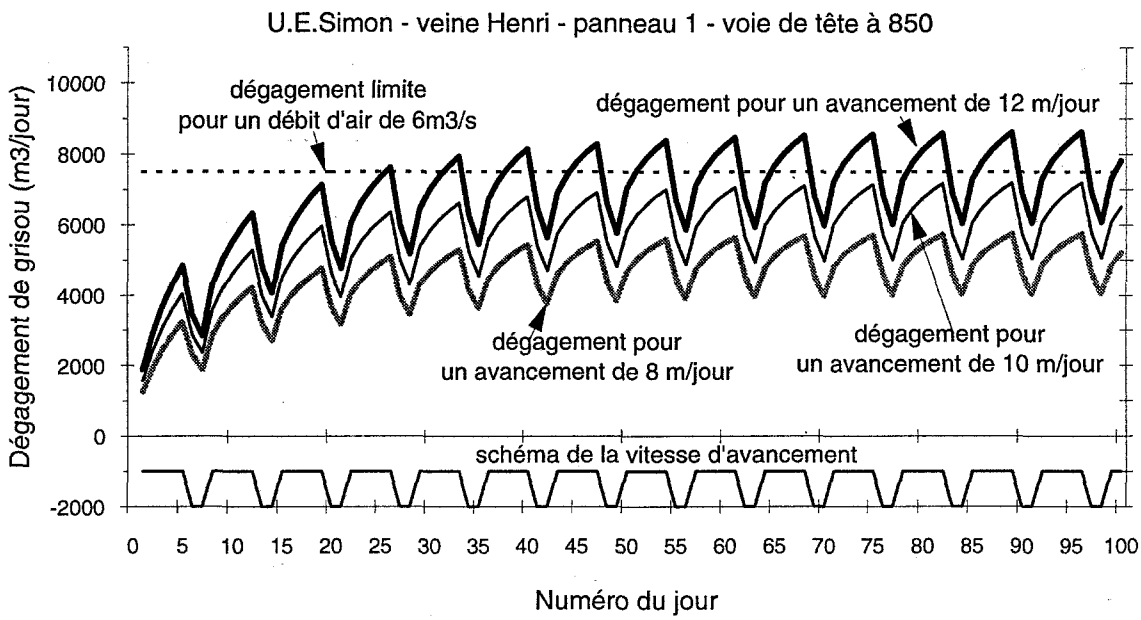


Fig.9. Simulation du dégagement de grisou pour différentes vitesses d'avancement avec les paramètres du modèle obtenus sur la première partie du creusement

Un autre exemple d'application de la méthode concerne la voie de retour d'air en veine Wohlwerth à l'Unité d'Exploitation Forbach. La recherche des paramètres a été faite sur les 98 premiers jours du creusement pendant lesquels on a mesuré le dégagement de méthane. Cette période correspond à 489 m d'avancement de la voie. Les valeurs de paramètres obtenues sont présentées dans le tableau 1. Il est à noter que ces valeurs de paramètres ont permis de reconstituer les dégagement dans la période concernée avec une bonne concordance par rapport au dégagement réellement observé (figure 10).

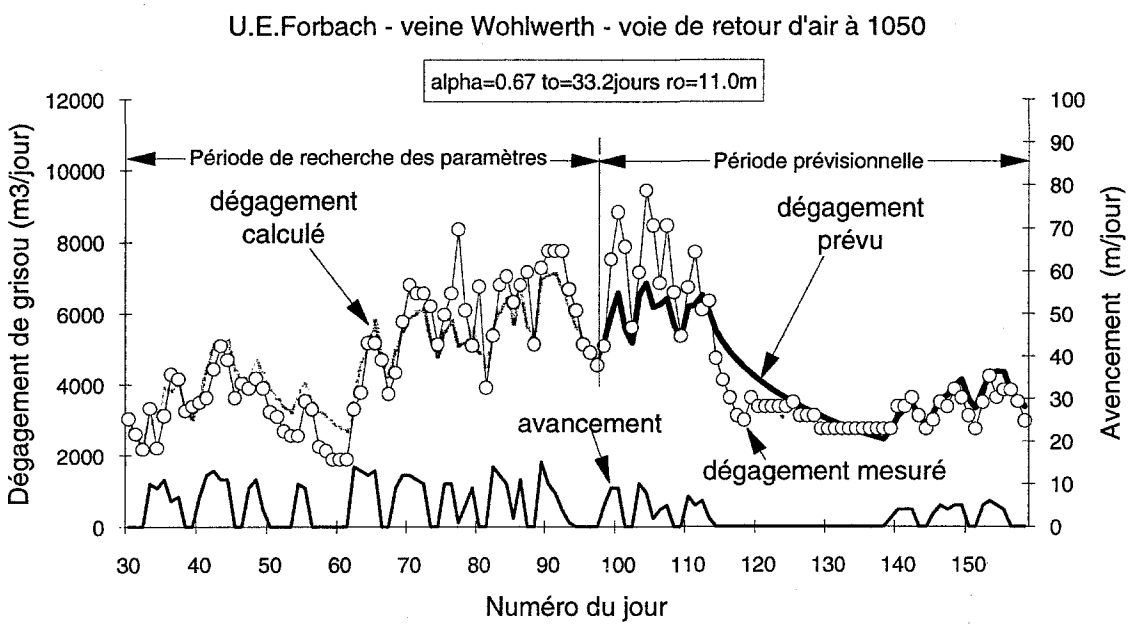


Fig.10. Exemple de prévision pour la suite de traçage avec des paramètres déterminés sur la première partie de la même voie.

Avec les valeurs des paramètres ainsi obtenues, et en utilisant les données réelles d'avancement et celles prévues pour la concentration en gaz du charbon de même que l'ouverture de la veine (dernières valeurs mesurées avant la période prévisionnelle), nous avons effectué une prévision du dégagement grisouteux pour la suite du creusement qui correspond à 60 jours et 123 m d'avancement. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure 10 où l'on fait une comparaison entre les dégagements prévus et les dégagements réellement mesurés par la suite. On peut y constater un bon accord dans les variations des dégagements prévus et mesurés.

Il convient aussi de souligner que la concordance entre le dégagement prévu et le dégagement mesuré est assez bonne pour les 25 jours de la période prévisionnelle correspondant à un avancement nul (arrêt des travaux pendant les congés).

Ce dernier exemple montre ainsi que la méthode de prévision proposée permet à partir des valeurs de paramètres déterminées sur la première partie du creusement de prévoir le dégagement pour la suite du creusement, et également pour les périodes d'arrêt de longue durée.

Il est à signaler que cette méthode est depuis environ 18 mois en cours de test pour des chantiers du Bassin de la Ruhr par Deutsche Montan Technologie. Les premiers résultats obtenus sont également trés interessants (TAUZIEDE et al., 1994).

3. PREVISION DYNAMIQUE DU DEGAGEMENT DE GRISOU EN TAILLE

L'analyse du bilan grisouteux de nombreuses tailles et la pratique d'exploitation montrent qu'il existe une liaison évidente entre le dégagement de grisou et la production ou l'avancement d'un chantier (BRUYET, 1967; BOROWSKI, 1969; KAFFANKE, 1980). L'observation de ce fait nous a permis d'établir une méthode de prévision dynamique du dégagement hebdomadaire par une approche statistique.

3.1 - Description de la méthode

Comme évoqué précédemment, le dégagement de grisou d'une taille dépend de l'historique de sa production (ou avancement, ce qui revient au même).

Pour savoir jusqu'à combien de temps en arrière cette dépendance s'étend, nous avons étudié sur un échantillon de 12 tailles des Houillères du Bassin de Lorraine la corrélation du dégagement d'une semaine donnée avec l'avancement d'une semaine passée.

Par les calculs de régression linéaire simple, nous avons obtenu le corrélogramme présenté à la figure 11. Malheureusement, on n'observe pas de cette façon de tendance évidente. Pour certaines tailles, on observe même des relations difficiles à comprendre, par exemple que le dégagement d'une semaine donnéee dépend de la même façon des avancements de 9 semaines précédentes (cas des tailles Irma II Sud et Frieda 5 Sud).

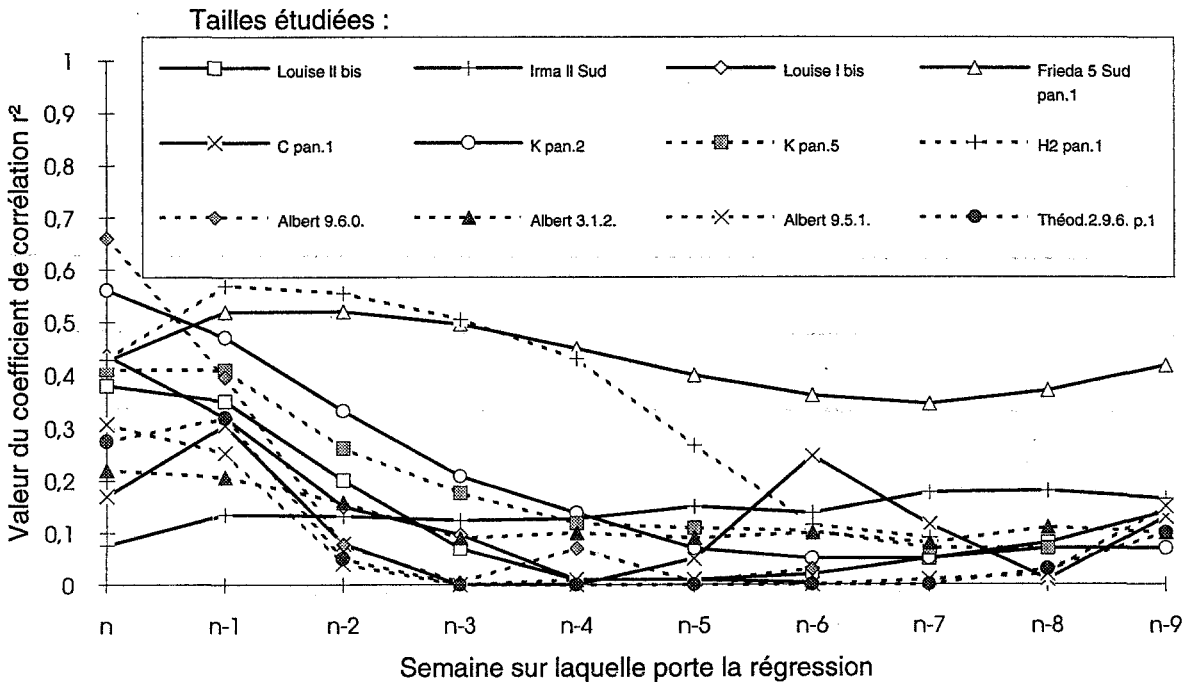


Fig.11. Résultats de l'analyse de la corrélation entre le dégagement de la semaine donnée et l'avancement dans les semaines précédentes (calculs sur l'ensemble des données).

Il a donc été constaté que ceci provenait du fait que nous avions utilisé pour cela l'ensemble des données de la vie des 12 tailles. Or le phénomène qui se produit au début de la vie d'une taille, l'accroissement en hauteur du volume d'influence, est différent du phénomène qui se produit dans la période postérieure, où se fait, a priori, une simple translation du volume d'influence. La liaison statistique ne peut pas, à la fois, représenter ces deux phénomènes de nature différente. Pour cette raison, nous avons, dans un deuxième temps, éliminé, pour la recherche statistique, les données correspondant à la phase de démarrage.

Afin de définir l'étendue de la phase de démarrage, une analyse de l'évolution du rapport du dégagement spécifique quotidien au dégagement spécifique moyen en fonction de l'avancement a été effectuée.

Ce rapport tend, pour l'ensemble des tailles étudiées, vers 1 lorsque la longueur cumulée d'avancement atteint 220 mètres (voir figure 12). Il s'agit ici d'une valeur d'avancement cumulé moyenne pour la famille des tailles examinées, à partir de laquelle la taille se trouve donc en régime grisouteux permanent.

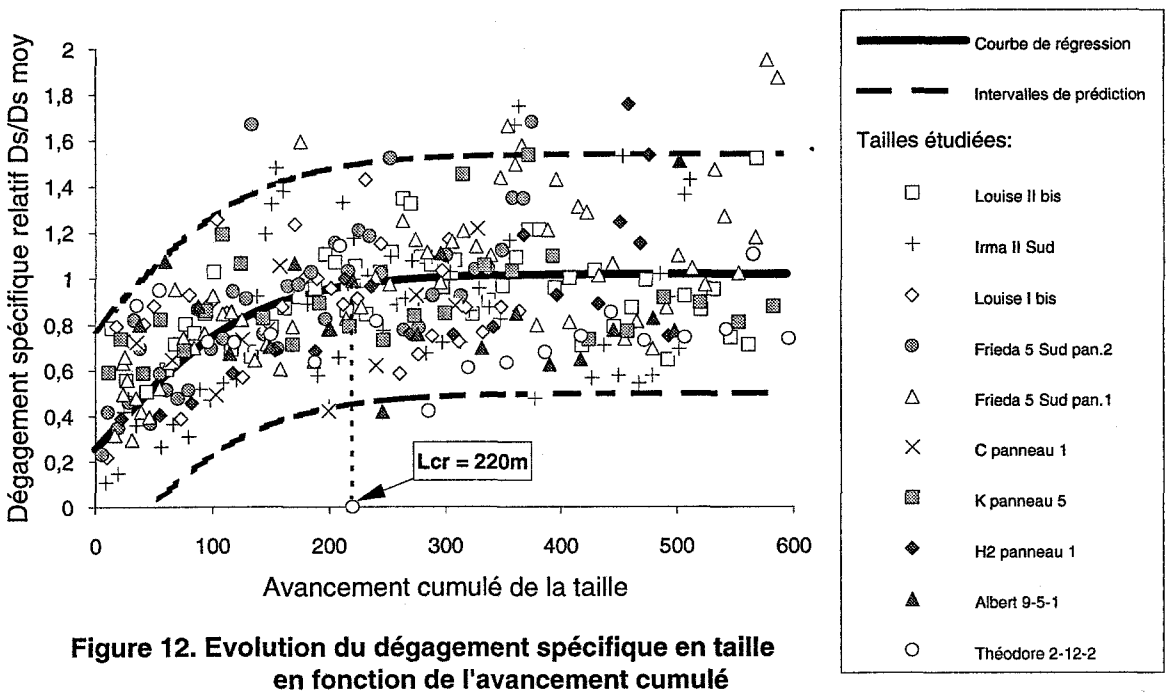


Figure 12. Evolution du dégagement spécifique en taille en fonction de l'avancement cumulé

Ainsi l'élimination de la partie de données correspondant aux avancements cumulés inférieurs à 220 mètres a amélioré trés nettement les résultats des régressions linéaires précédentes (figure 13).

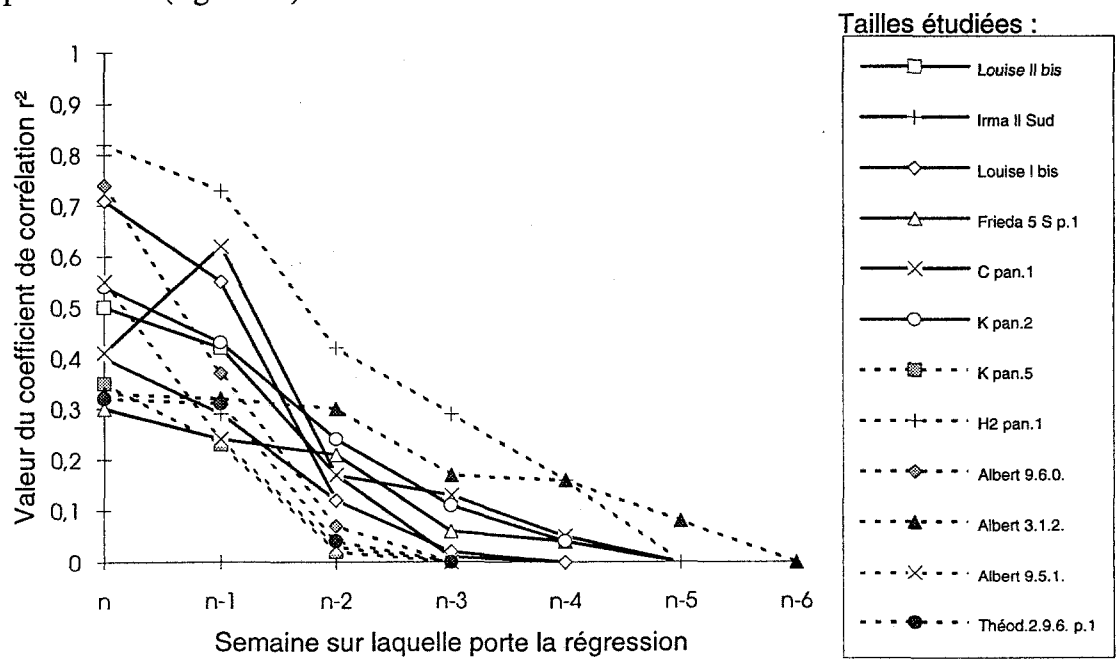


Fig.13. Corrélation entre le dégagement de la semaine donnée et l'avancement des semaines précédentes (données correspondant à l'avancement cumulé supérieur à 200m).

Les coefficients de corrélation n'étant plus significatifs au delà de la semaine n-3, cela veut dire que le dégagement de grisou au cours d'une semaine dépend en pratique de l'avancement dans cette semaine ainsi que des avancements des deux semaines précédentes. En général, cette dépendance est plus forte pour l'avancement de la semaine en question et décroît avec le temps, ce qui est en bon accord avec les modèles physiques du dégagement de grisou (GUNTHER, 1965; ETTINGER, 1966 ; AIREY, 1971).

On peut ainsi exprimer le dégagement Dn de la semaine n de la façon suivante :

$$D_n = D_S (a_n A_n + a_{n-1} A_{n-1} + a_{n-2} A_{n-2} + C_a) \qquad /9/$$

où :

- D_n est le dégagement au cours de la semaine n en m^3,
- D_S est le dégagement spécifique moyen de la taille, en m^3 de CH_4 par mètre d'avancement du front,
- A_n, A_{n-1}, A_{n-2} sont les avancements de la semaine n et des deux semaines précédentes, en m,
- a_n, a_{n-1}, a_{n-2}, C_a sont des constantes.

Il est possible d'obtenir une formulation analogue en exprimant le dégagement d'une semaine n en fonction des tonnages produits au cours des semaines n, n-1 et n-2 (POKRYSZKA et al., 1992). Ceci est justifié par le fait que dans les conditions du gisement très régulier du Bassin de Lorraine, l'avancement d'une taille et sa production sont quasiment proportionnels, ce qui a été, par ailleurs, vérifié statistiquement sur un échantillon de tailles des Houillères du Bassin de Lorraine.

La relation ci-dessus constitue une formule de base sur laquelle se reposent les calculs prévisionnels du dégagement hebdomadaire de grisou en fonction de l'avancement de la taille.

En effet, si l'on dispose comme données, du dégagement spécifique moyen prévu d'une taille, des avancements de deux semaines précédentes et de l'avancement prévu pour la semaine actuelle, il est possible, en appliquant la formule (9), d'effectuer des prévisions du dégagement de grisou dans cette taille avec des hypothèses différentes d'avancement (ou de production) hebdomadaire, ceci à condition de connaître les valeurs des paramètres a_n, a_{n-1}, a_{n-2} et C_a.

La recherche des paramètres nécessaires pour les prévisions peut se faire, d'une façon analogue à celle de la méthode de prévision dynamique en traçage, sur un chantier de référence pour lequel il faut connaître les dégagements de grisou et les avancements (ou productions) hebdomadaires concernant une période suffisamment longue (au moins 12 à 20 semaines).

Les calculs de recherche des paramètres sont réalisés grâce à la méthode de régression linéaire multiple par laquelle on trouve les valeurs de coefficients a_n, a_{n-1}, a_{n-2} et C_a permettant le meilleur ajustement des dégagements calculés par la formule (9) aux dégagements réels (TAUZIEDE et POKRYSZKA, 1993).

3.2. Validation de la méthode

Pour vérifier les relations décrites précédemment, les essais de la méthode ont été entrepris sur la même famille de 12 tailles des Houillères du Bassin de Lorraine.

Les essais consistaient à relier statistiquement par une régression linéaire multiple le dégagement de grisou d'une taille au cours d'une semaine au dégagement spécifique moyen et aux avancements (ou productions) de la semaine en question et des deux semaines précédentes.

Des corrélations significatives et ayant un sens physique (valeurs positives des constantes) ont été obtenues pour 7 tailles. Les résultats des calculs et les valeurs des paramètres de corrélation trouvées sont présentés dans le tableau 2.

Compte tenu des variations relativement faibles des valeurs de ces paramètres, on a retenu leurs valeurs moyennes (tableau 2) qui peuvent servir comme valeurs de référence pour les tailles du Bassin de Lorraine. Il faut noter que la majorité des tailles pour lesquelles on a obtenu des corrélations non-significatives ou des constantes aberrantes sont, soit des tailles influencées par d'autres travaux, soit des tailles ayant fait l'objet d'un captage très intensif.

Tableau 2. Paramètres de la correlation entre le dégagement hebdomadaire et l'avancement obtenus pour certaines tailles des Houillères du Bassin de Lorraine.

Unité d'exploitation - Taille	a_n	a_{n-1}	a_{n-2}	C_a
U.E. Reumaux - Louise II bis	223	124	76	5980
U.E. Reumaux - Irma II Sud	143	41	50	5410
U.E. Reumaux - Louise I bis	339	219	56	2590
U.E. Reumaux - Frieda 5 Sud panneau 1	344	167	127	6140
U.E. Forbach - H2 panneau 1	413	268	66	4830
U.E. Forbach - K panneau 2	344	167	127	6140
U.E. La Houve - Albert 9.6.0.	451	116	46	7700
Valeurs moyennes	**306**	**150**	**76**	**5470**
Ecarts-types	**117**	**70**	**29**	**1430**

En appliquant à la formule (9) les valeurs des coefficients a_n, a_{n-1}, a_{n-2} et C_a obtenues par les calculs de régression (tableau 2) ainsi que les données réelles concernant l'avancement et le dégagement spécifique moyen, il était possible de reconstituer

mathématiquement le dégagement hebdomadaire de grisou pour une majorité des tailles étudiés. La figure 14 montre, à titre d'exemple, le résultat d'un calcul de reconstitution réalisé pour la taille Louise I bis à l'U.E Reumaux, comparé au dégagement mesuré dans cette taille. Il est à noter une bonne concordance entre calcul et mesure.

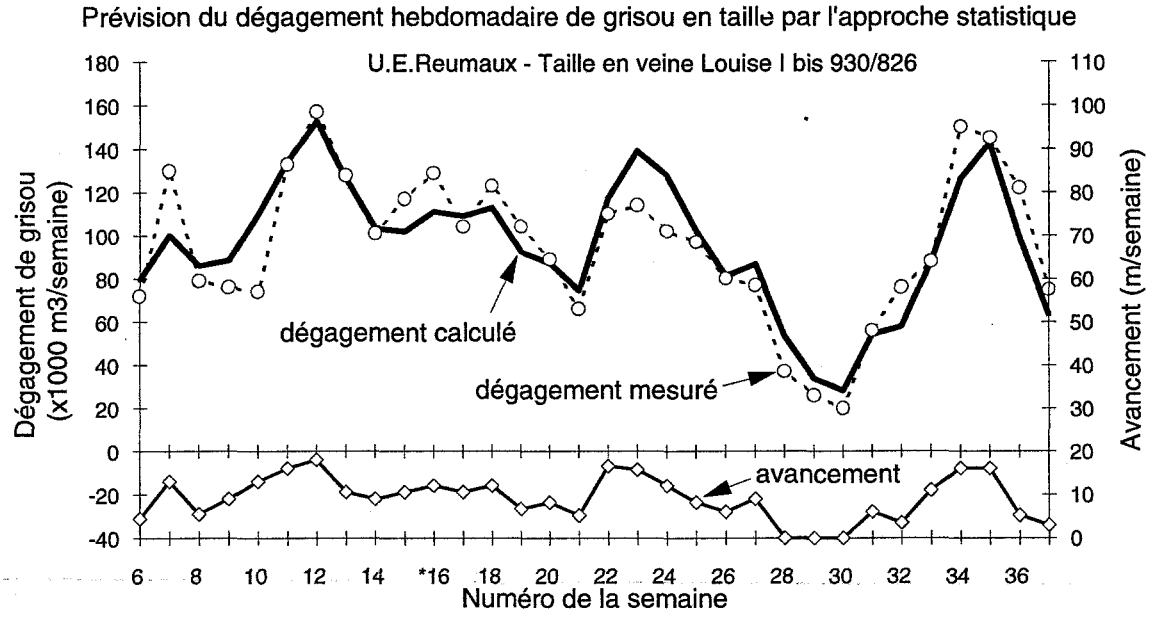


Fig.14. Exemple de reconstitution du dégagement en taille par modèle de calcul

Ces résultats positifs ont confirmé qu'il devrait être possible de mettre au point une méthode de prévision du dégagement de CH_4 reposant sur les relations statistiques entre l'émission de méthane et l'avancement ou la production.

3.3 - Exemples d'application pratique de la méthode

En fonction du niveau de planification et de la situation d'exploitation, la méthode peut être utilisée de 4 façons différentes :

- Avant l'exploitation, quand on ne connaît pas les valeurs de paramètres de corrélation, on peut utiliser les valeurs moyennes déterminées à partir d'un échantillon de tailles représentatif pour le Bassin.

  Cette application de la méthode qui a le caractère d'une prévision préliminaire et estimative peut donner dans certains cas des résultats assez satisfaisants comme montre la figure 15. On présente ici l'exemple d'une prévision effectuée a posteriori pour la taille Albert 9-5-1 quartier 03 à l'Unité d'Exploitation La Houve. Pour le calcul, nous avons utilisé les valeurs moyennes des coefficients a_n, a_{n-1}, a_{n-2} et C_a (tableau 2) ainsi que les vrais avancements hebdomadaires de la taille.

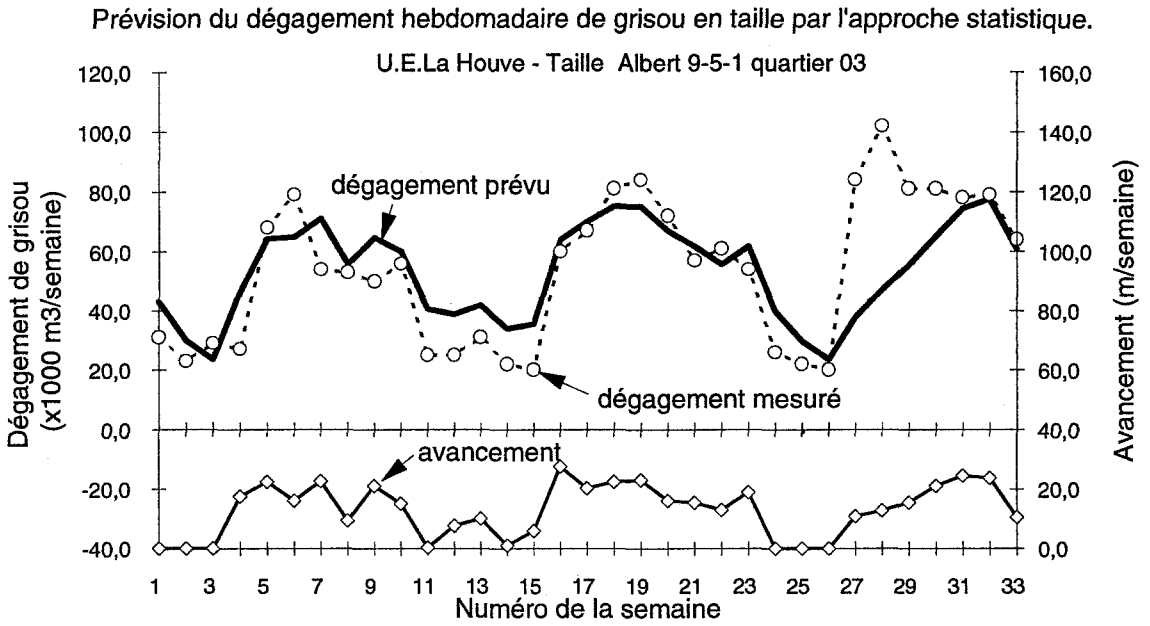


Fig.15. Prévision en fonction de l'avancement avec les valeurs moyennes des paramètres

- On peut déterminer les valeurs des paramètres dans un chantier de référence et les utiliser pour faire des prévisions dans des chantiers situés dans les conditions de gisement similaires (panneau voisin par exemple).

  L'utilisation de la méthode de cette façon est surtout intéressante s'il existe (ou existait) une taille voisine, exploitée dans la même veine, donc dans les conditions quasiment identiques. Certaines précautions sont néanmoins à prendre, s'il s'agit d'une prévision avec les paramètres de corrélation trouvés sur le premier panneau exploité dans une veine donnée du fait que la zone d'influence (le dégazage) n'est pas souvent la même pour un premier panneau et pour des panneaux suivants.

  Un exemple de la prévision réalisée a posteriori pour la taille avec les paramètres de la corrélation déterminés sur un panneau en amont dans la même veine est présenté à la figure 16. On note une très bonne concordance entre les dégagements calculés et réels.

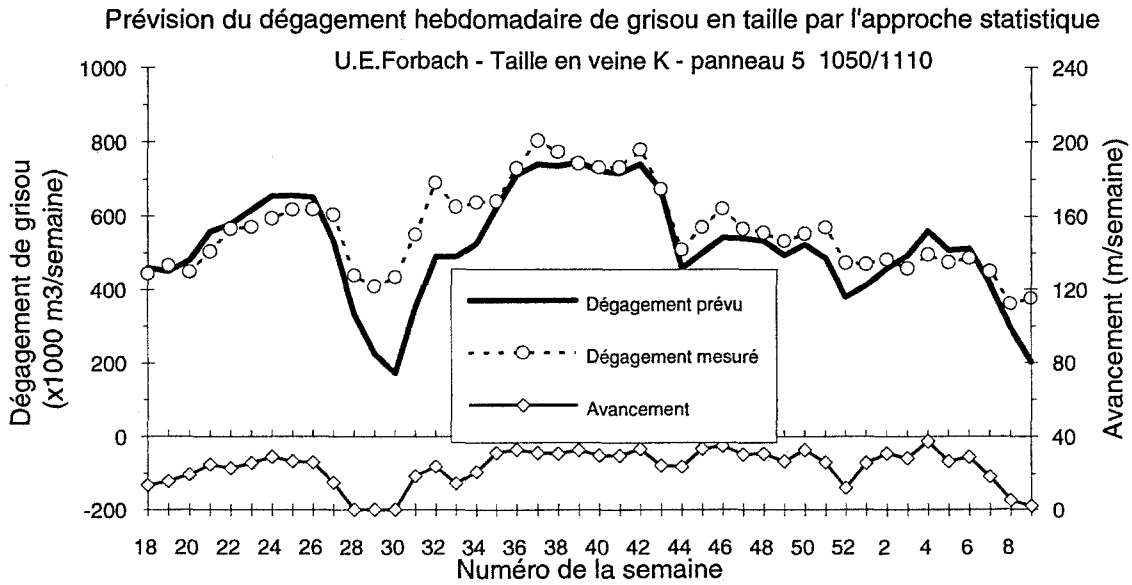


Fig.16. Prévision en fonction de l'avancement avec les valeurs des paramètres trouvées sur les données du panneau 2 à 930/960 en même veine

- Pour une taille en exploitation on peut déterminer les valeurs des paramètres sur une partie de la vie d'une taille et les utiliser pour faire des prévisions pour le reste de la vie de cette taille.

  Une telle application de la méthode est possible dans le cas des panneaux relativement longs, exploités pendant minimum une vingtaine de semaines. Ceci est nécessaire pour avoir un nombre des données suffisamment grand pour la recherche des paramètres (les avancements et le dégagement de grisou pendant 10 semaines minimum). Dans le cas où les conditions d'exploitation et de gisement sont stables toute la longueur du panneau, ce type de prévision donne en général de bons résultats, comme le montre un exemple de calcul réalisé pour la taille en veine Louise panneau II bis à l'U.E. Reumaux (figure 17).

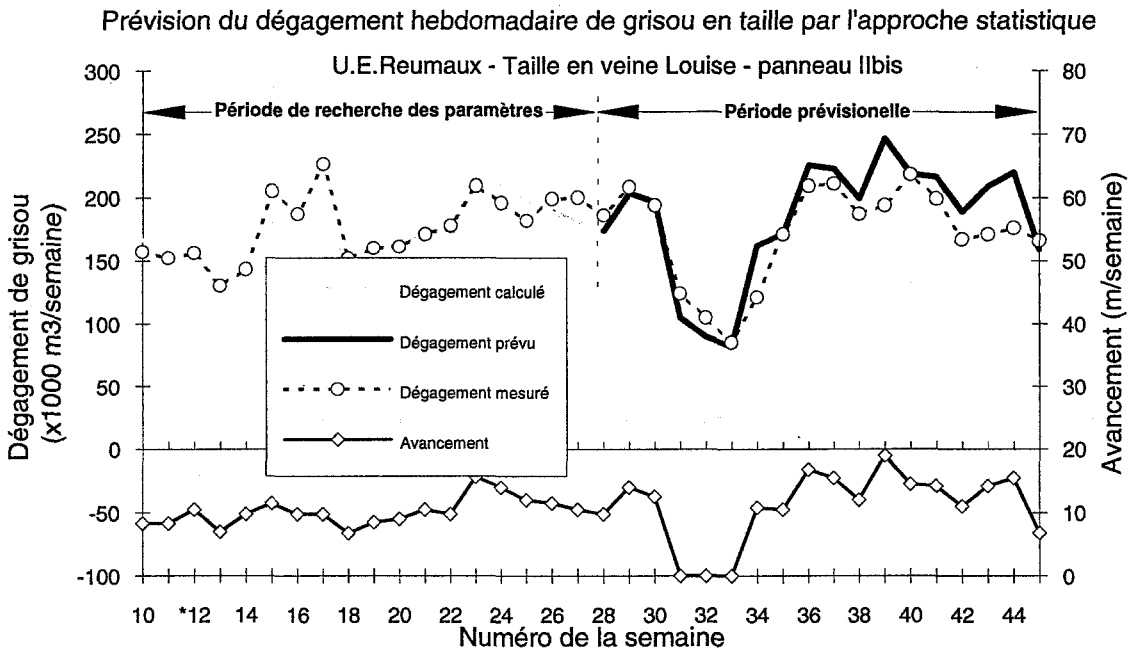


Fig.17. Prévision en fonction de l'avancement avec les valeurs des paramètres trouvées sur la première période d'exploitation

- Comme variante de l'application qui précède, on peut enfin réajuster les valeurs des paramètres pour une taille au fur et à mesure qu'elle avance et faire des prévisions pour les périodes à venir.

  Les prévisions effectuées de cette façon, actuellement en cours d'examen, doivent se caractériser par une précision plus importante par rapport aux applications décrites précédemment.

  En effet, les calculs de calage du modèle sur les données actualisées parallèlement à l'avancement de la taille permettent de trouver les valeurs des paramètres les mieux adaptées aux conditions locales d'exploitation, donc, donnant à priori un meilleur ajustement des dégagement calculés aux dégagements observés. Par conséquent, la probabilité d'obtenir des prévisions plus précises pour les périodes futures en utilisant ces paramètres est également plus élevée.

La figure 18 donne un exemple d'une telle auto-prévision effectués pour la taille Albert 9-6-0 à l'U.E. La Houve avec les paramètres de corrélation recalculés tous les 150 m d'avancement du front d'exploitation.

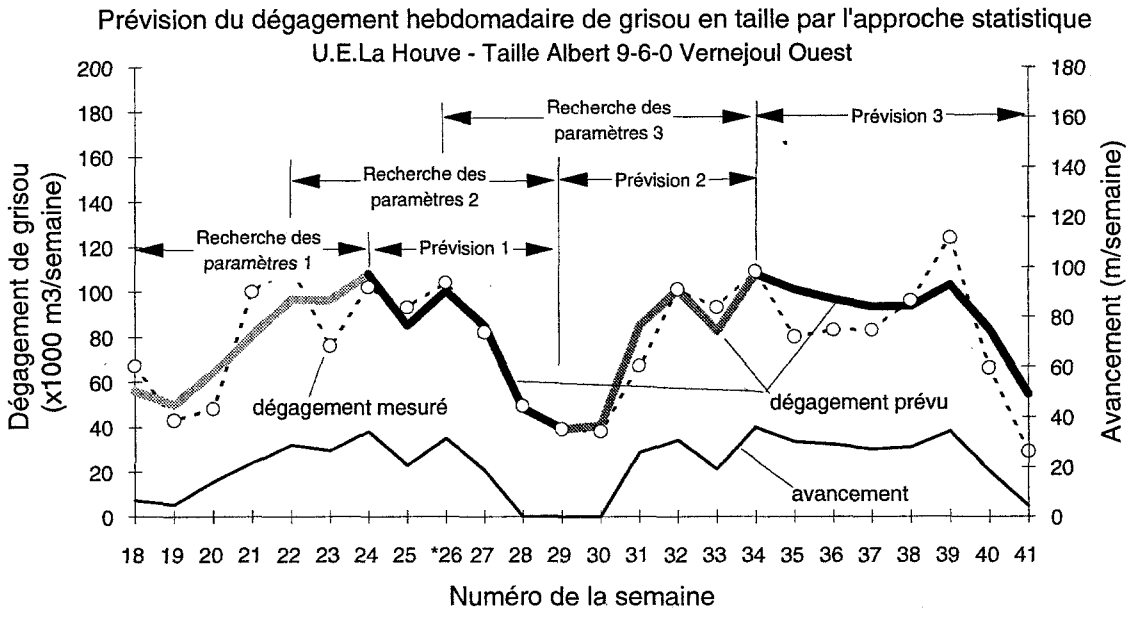


Fig.18. Exemple de prévision avec les valeurs des paramètres ajustées tous les 150 m environ d'avancement de la taille

Une comparaison entre les dégagements prévus et réels permet de constater que la méthode proposée a donné dans ce cas des résultats très satisfaisants.

3.4 - Limites de la méthode et développements en cours

Les considérations qui précèdent montrent que la méthode de prévision dynamique du dégagement du CH_4 en taille par l'approche statistique donne des résultats très prometteurs. Différentes options d'application de la méthode ont été présentées selon la situation dans laquelle se trouve le chantier examiné.

Il convient néanmoins de signaler que les cas traités représentent en majorité des tailles pour lesquelles le taux de grisou capté n'était pas trop élevé. Une vérification de la méthode sur des tailles avec un captage intensif et une définition des modalités pratiques d'utilisation de la méthode dans ce cas restent à réaliser.

De même, la méthode proposée ne peut pas théoriquement être utilisée, dans sa forme actuelle, pour la première période de la vie de la taille, correspondant à la phase de montée en régime du dégagement grisouteux.

Ces limitations d'utilisation de la méthode ainsi que la résolution d'autres problèmes, comme son applicabilité dans le cas où les conditions d'exploitation ou de gisement évoluent au cours d'exploitation, font l'objet de travaux de développement en cours de réalisation .

4. CONCLUSIONS

On a présenté ici deux méthodes de prévision dynamique du dégagement de grisou :

- une méthode analytique de prévision du dégagement quotidien en traçage qui est déjà mise au point et a donné de bons résultats sur plusieurs chantiers,
- une méthode statistique de prévision du dégagement hebdomadaire en taille qui est au cours du développement et donne des résultats très.prometteurs.

On a montré également des exemples d'application pratique de ces deux approches qui ne représentent néanmoins qu'une partie de nombreux essais et examens pratiques réalisés au cours de l'établissement des méthodes proposées et de leur vérification. De même, la description des modèles analytiques utilisés pour paramètrer le phénomène du dégagement grisouteux a été présenté ici d'une façon simplifiée. Les lecteurs intéressés par des informations supplémentaires pourront les trouver dans les rapports et les publications de l'INERIS cités dans la bibliographie.

Les deux approches proposées sont de nature à fournir aux exploitants des outils permettant des prévisions du dégagement grisouteux de plus en plus précises. En effet, la productivité instantanée des chantiers de taille étant de plus en plus grande, la prévision du dégagement moyen ne suffit plus. Il faut pouvoir prévoir au mieux ce que sera le dégagement de la semaine à venir, du jour à venir ou même du poste à venir, ceci pour optimiser les moyens humains et matériels des chantiers en fonction des capacités de production toujours liées au dégagement de grisou, quelque soit la richesse en grisou du gisement.

Les méthodes de prévision présentées, même si leur développement mérite encore des perfectionnements, sont un progrès dans cette direction et finalement doivent permettre d'aboutir à une meilleure productivité des chantiers ainsi qu'à plus de sécurité.

REMERCIEMENTS

Les travaux dont les résultats sont présentés ici l'ont été grâce au financement par Charbonnages de France, la Commission des Communautés Européeennes, Direction du Charbon, ainsi que par le Ministère Français de l'Industrie.

Il convient de plus de remercier les ingénieurs et techniciens des Houillères du Bassin de Lorraine et de l'INERIS ayant apporté leur concours efficace dans la réalisation de ces travaux.

BIBLIOGRAPHIE

AIREY E.M. (1971) - A theory of gas emission in mining operations - International Conference on Safety in Mines Research Institutes - Donetzk.

BOROWSKI J. (1969) - Les relations entre la production et le dégagement en taille - Travaux du GIG - Publication n° 472 - Katowice.

BRUYET B. (1967) - Les variations de teneurs dans les retours d'air de tailles - Influence des facteurs d'exploitation - Publication CERCHAR n°1815 - Verneuil-en-Halatte.

CERCHAR (1990) - Irrégularités du dégagement de grisou en traçage - Rapport final du projet de recherche CECA 7220-AC/318 - Verneuil-en-Halatte.

ETTINGER I.L. (1966) - Capacité d'absorption des gaz par le charbon - Edition Nedra - Moscou.

GUNTHER (1965) - Etude de la liaison gaz-charbon - Revue de l'Industrie Minérale, volume 47, n°10 - Saint-Etienne.

JEGER C. (1980) - Eléments nouveaux dans la prévision du dégagement de grisou dans les tailles - Journées d'information : Grisou, climat et aérage dans les charbonnages de la Communauté Européenne - Luxembourg.

KAFFANKE H. (1980) - Prévision à moyen terme du dégagement de grisou dans les voies de retour d'air des chantiers - Journées d'information : Grisou, climat et aérage dans les charbonnages de la Communauté Européenne - Luxembourg.

POKRYSZKA Z., TAUZIEDE C., MARION C. (1992) - Application de la connaissance du mode de dégagement du grisou pour la conduite des exploitations rapides - Rapport final du projet de recherche CECA 7220-AC/319 - INERIS - Verneuil-en-Halatte.

POKRYSZKA Z., TAUZIEDE C. (1994) - Dynamic prediction method of methane emission on drivages and its applications in French coal mines - Conference on firedamp danger in coal mines -Ustron.

TAUZIEDE C, JOSIEN J-P., SCHROETER P. (1991) - Prévision du dégagement quotidien de grisou en traçage - 24ème conférence internationale des instituts de recherches scientifiques sur la sécurité dans les mines - Donetsk.

TAUZIEDE C, POKRYSZKA Z. (1993) - Prévision dynamique du dégagement de grisou en taille.- 25ème Conférence Internationale des Instituts de Recherche sur la Sécurité dans les Mines - Pretoria.

TAUZIEDE C., POKRYSZKA Z., NOACK K., KOPPE U. (1994) - New French dynamic prediction method of methane emission on drivages and its applications in French and German coal mines - Glückauf (sous presse)