

## Bibliographie

### LES CONSTITUANTS SECONDAIRES DU CHARBON

par **A.C. Monkhouse**  
(Coke & Gaz, oct. 1950).

Le charbon, étant d'origine végétale, peut être considéré comme un matériau organique. Mais la constitution chimique des matières organiques du charbon est très mal connue. Il semble cependant qu'au cours du processus de la transformation des lignites en anthracites, il y ait un accroissement progressif en structures aromatiques.

Le charbon contient également des matières inorganiques provenant des matières minérales des plantes originelles, des minéraux associés et des eaux d'infiltration. Les minéraux associés sont classés en schistes ou argiles, matières pyriteuses et carbonates.

Les trois constituants principaux du charbon sont : C, H, O.

Les constituants secondaires se répartissent en catégories :

- 1) Ceux qui se trouvent en quantité assez grande et ont une importance spéciale (N, S).
- 2) Ceux qui se trouvent en plus petite quantité, mais ont une influence notable au cours de l'emploi du charbon (Cl, P, F, As).
- 3) Eléments en traces (Germanium, Gallium, Bore).

L'azote provient principalement des protéines des plantes originelles et se trouve sous forme de composés organiques mal définis, qui semblent faire partie de la composition fondamentale du charbon.

Lors de la carbonisation du charbon, l'azote se répartit entre les produits : 11 à 17 % sous forme d'ammoniaque, 50 à 80 % dans le coke, le reste dans les bases du goudron ou dans le gaz (HCN et N<sub>2</sub>). L'azote restant dans le coke est combiné avec le carbone et ne peut être libéré sans celui-ci (le rapport C/N reste constant pendant la gazéification du coke). Cette propriété a été utilisée dans le procédé Mond qui permet d'obtenir, sous forme d'ammoniaque, 70 % de l'azote se trouvant initialement dans le charbon.

Le soufre se trouve dans le charbon sous forme organique et sous forme inorganique. Les principaux composés organiques du soufre n'ont pu être séparés et semblent faire partie de la composition fondamentale du charbon.

Le soufre inorganique se trouve principalement dans des pyrites, marcassites et quelques sulfates.

Dans certains cas, le soufre des pyrites a pu être récupéré pour la fabrication d'acide sulfurique.

La présence du soufre dans le charbon présente de nombreux inconvénients : lors de la combustion, le soufre est transformé principalement en SO<sub>2</sub> qui pollue l'atmosphère, sans pouvoir être économiquement récupéré. En plus des dommages causés par la corrosion, il se produit des dépôts adhérents de sulfates sur des tubes de chaudières; des dépôts acides se produisent dans les parties les plus froides (certains tubes ou plaques de préchauffeurs d'air ne résistent que quelques mois). Lors de la carbonisation, certains composés résiduels (tels que CS<sub>2</sub>) passent dans le gaz; lors de la combustion, ils forment du SO<sub>2</sub>, provoquant des corrosions et autres effets nocifs.

Lors de la carbonisation, le soufre se répartit entre les produits. Une proportion typique est la suivante : dans le coke, 60 %; dans le goudron, 1 %; dans les liqueurs ammoniacales sous forme de soufre, 10 %; dans le gaz (H<sub>2</sub>S), 27 % et dans le gaz (CS<sub>2</sub>), 2 %.

Le phosphore se trouve principalement sous forme de phosphates (souvent associés au fluor). Lors de la combustion en atmosphère réductrice et à une température supérieure à 1.600° C, des composés de phosphore peuvent se volatiliser et provoquer des dépôts de condensation dans la chaudière. Ces dépôts extrêmement adhérents et insolubles dans l'eau provoquent de grandes pertes de temps pour le nettoyage des chaudières.

Lors de la carbonisation, le phosphore reste dans le coke et, si celui-ci est utilisé pour la métallurgie, le phosphore se retrouve dans la fonte et l'acier.

Le chlore se trouve normalement dans le charbon sous forme de chlorures alcalins (surtout Na Cl) répartis dans tout le charbon et provenant probablement des plantes originelles et des eaux d'infiltration. Dans les chaudières où la température de combustion est élevée, les chlorures alcalins sont volatilisés; ils réagissent ensuite avec SO<sub>2</sub> et SO<sub>3</sub> pour former des dépôts adhérents. Des cas de corrosion par HCl ont été remarqués dans les parties les plus froides de petites chaudières mobiles. A haute température, les chlorures peuvent produire la détérioration des parois réfractaires des fours.

Le fluor se trouve dans le charbon sous forme de fluorapatite : 3 Ca<sub>3</sub> (PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> . Ca F<sub>2</sub> . et, par suite, la teneur en phosphore donne une indication sur la teneur en fluor. A haute température, le fluor se dégage, peut former des dépôts en association avec l'acide phosphorique et provoquer la corrosion. Les

charbons à haute teneur en fluor, pas plus que ceux contenant de l'arsenic, ne peuvent être utilisés pour le séchage du malt dans les fours où il y a contact entre les gaz et le malt.

L'arsenic est associé aux matières minérales de charbon (mispickel). Lors de la combustion, la volatilisation de l'arsenic est facilitée par la présence du chlore.

Les éléments en traces sont intimement associés avec la substance du charbon. Plus de 30 éléments ont été déterminés.

Le bore est associé aussi bien aux matières minérales qu'aux matières organiques. Lors de la combustion, le bore est volatilisé et peut produire des dépôts sur les tubes de chaudières. Lors de la carbonisation, du bore a été trouvé dans le goudron et les liqueurs ammoniacales.

Du plomb et du zinc ont été trouvés dans beaucoup de charbons. Lors de la carbonisation, ils se concentrent dans le goudron.

Parmi les éléments rares, le germanium a retenu l'intérêt. Lors de la combustion, le germanium est volatilisé et il se retrouve dans les poussières de cheminée, d'où on peut l'extraire. Lors de la carbonisation, du germanium est trouvé dans le goudron.

L'association des éléments peu communs avec la matière organique du charbon a fait l'objet de nombreuses hypothèses. Ils proviendraient peut-être du sol d'où ils auraient été absorbés par les plantes originelles. Des analyses ont montré qu'il y a une plus forte teneur en éléments en traces dans les feuilles et l'humus que dans le sol.

Les éléments considérés dans l'article sont repris ci-dessous avec indications de leur teneur dans les charbons britanniques et de leur association avec les substances du charbon.

Azote	1	à 2	% Subst <sup>ce</sup> du charbon.
Soufre	0,5	- 4,0	% Subst <sup>ce</sup> du charbon et mat <sup>res</sup> min <sup>les</sup> accessoires.
Phosphore	0,001	- 0,1	% Mat <sup>res</sup> min <sup>les</sup> accessoires.
Chlore	0,01	- 1,0	% Dispersé dans toute la subst <sup>ce</sup> du charb.
Fluor	0,0001	- 0,05	% Mat <sup>res</sup> min <sup>les</sup> accessoires.
Arsenic	0,0001	- 0,006	% Idem.
Bore	0,0005	- 0,01	% Idem et subst <sup>ce</sup> du charbon.
Germ. <sup>ium</sup>	0,0002	- 0,008	% Subst <sup>ce</sup> du charbon.
Gallium	0,0003	0,001	% Idem.
Vanadium	0,001	- 0,003	% Idem.
Plomb	0,001	- 0,003	% Princip <sup>ment</sup> mat <sup>res</sup> minérales accessoires.
Cuivre	0,0005	- 0,005	% Idem.
Zinc	0,0005	- 0,7	% Idem.

G.A. MOULAERT.

### QUELQUES APPLICATIONS DE DETONATEURS ELECTRIQUES A COURTS RETARDS DANS LES MINES

par D.M. McFarland

(Transactions A.I.M.E. — Mining Engineering, novembre 1950).

A la suite des bons résultats obtenus avec des détonateurs à courts retards (25 à 50 millisecondes) dans les carrières et les travaux publics, il n'est pas étonnant que des essais aient été tentés dans des travaux souterrains.

Dans un creusement de galerie en calcaire, l'on a remplacé trois séries de détonateurs à retards ordinaires par trois séries de détonateurs à courts retards sans rien changer aux autres conditions du minage et les résultats suivants ont été obtenus : le tas de déblai a été projeté plus loin des fronts (exposant une plus grande face de ceux-ci) et concentré suivant l'axe de la galerie, et la fragmentation a été accrue.

L'expérience montre que, lorsqu'on fait un essai de remplacement de détonateurs ordinaires par ceux à courts retards dans un creusement de galerie ou de puits, il convient de réduire la charge normale d'explosif d'au moins 1/4. Mais il ne faut pas s'en tenir aux méthodes actuelles et tout le problème du minage doit être reconsidéré en tenant compte des possibilités offertes par les courts retards. Par exemple, un bouchon pyramidal à quatre trous peut être tiré avec deux détonateurs « O » et deux « I » ; un bouchon en V, à six trous, peut être tiré avec trois paires de détonateurs de retards croissants; cette méthode réduit les projections.

Il convient d'étudier attentivement des procédés qui, sans frais supplémentaires, permettent aux mineurs d'utiliser efficacement une plus grande fraction de l'énergie des explosifs.

G.A. MOULAERT.

### UNE METHODE A THERMOMETRES MULTIPLES POUR MESURER LA TEMPERATURE DANS LES SONDAGES

par S.C. Mossop, M. Sc.

(Mining Journal, février 1951).

La méthode décrite est une amélioration de celle de Krige. Au lieu de descendre un seul étui avec thermomètres au bout d'un fil, plusieurs étuis sont attachés au fil à intervalles réguliers. Les thermomètres à maximum (du type des thermomètres médicaux), gradués en 0,1° C, sont placés dans des tubes métalliques étanches pour résister à la pression. Les tubes sont mis dans un étui en deux pièces serré sur le fil. Il est conseillé de mettre trois thermomètres dans chaque étui pour éviter toute erreur de lecture. Le fil est une corde de piano en acier de 100 kg de charge de rupture. Les thermomètres atteignent la température de l'eau du sondage en

15 min. La précision des mesures est de 0,05° C. La méthode a été employée avec succès en Afrique du Sud dans des forages de 1.000 à 2.000 m de profondeur environ.

G.A. MOULAERT.

## UNE APPLICATION D'UN NOUVEL EXPLOSIF EQUIVALENT A UN EXPLOSIF GAINE

par R. Haslam et J. Hancock  
(Transactions of the Institution  
of Mining Engineers, octobre 1950).

Au cours de ces dernières années, un nouveau type d'explosifs de sécurité a été admis dans les charbonnages britanniques. Cette classe d'explosifs est désignée par le symbole « Eq. S », abréviation de « Equivalent to Sheathed ». Il a été officiellement reconnu que ces explosifs donnent une sécurité au moins égale à celle des explosifs gainés et, de plus, comme ils sont homogènes, la sécurité ne dépend plus de l'état d'une gaine qui peut être endommagée ou enlevée, soit accidentellement, soit volontairement. Le premier explosif créé dans cette classe a été dénommé « Unibel ».

L'Unibel a été créé pour pouvoir remplacer les deux groupes d'explosifs à la nitroglycérine, gainés, suivants :

- 1) Sheathed high — strength nitroglycérine powders.
- 2) Sheathed medium — strength nitroglycérine powders.

La composition de l'Unibel est approximativement celle d'un des explosifs du premier groupe dont la matière de la gaine aurait été mélangée à l'explosif.

### Minage en charbon.

Des essais ont été tentés dans un grand nombre de chantiers en remplaçant l'explosif gainé, antérieurement employé, par de l'Unibel, afin de comparer les capacités de minage. Par rapport aux explosifs du premier groupe (N/G à haute puissance), les essais ont été favorables à l'Unibel dans 72 % des cas; par rapport au deuxième groupe (N/G moyenne puissance), ils l'ont été dans 95 % des cas.

Les cartouches gainées utilisées étaient du type I in. 7/16 × 4-oz : diamètre total avec la gaine I in. 7/16 (36,5 mm), longueur 5 in. 3/4 (146 mm), poids nominal (explosif seul) 4 oz. (113 g), poids total avec gaine 6 oz (170 g). Les cartouches d'Unibel étaient du type I in. 1/4 × 4 oz; diamètre I in. 1/4 (32 mm), longueur 5 in. (127 mm), poids nominal = poids total 4 oz (113 g). L'Unibel a été employé en cartouches de diamètre moindre de façon à ce que les charges ne soient pas concentrées sur une trop petite longueur au fond des trous de mines, pour assurer un abatage complet jusqu'au front. Dans les comparaisons entre explosifs gainés et Unibel, il ne faut pas perdre de vue que, pour les premiers, les charges sont toujours données en poids

nominal, gaine non comprise, tandis que pour l'Unibel, il s'agit du poids total, matières inertes et refroidissantes incluses. Suivant les conditions de gisements, les conclusions suivantes ont pu être tirées des essais :

L'Unibel donne les résultats les plus satisfaisants dans les couches minces (moins de 1 m) de charbon friable, où une seule série de trous est nécessaire. Dans les couches plus épaisses, l'emploi de l'Unibel ne soulève que peu de difficultés, pour autant que la saignée de havage soit faite à mi-hauteur. Les difficultés les plus nombreuses ont été rencontrées dans les couches les plus épaisses contenant des intercalations stériles, où le charbon était havé au mur et où l'abatage nécessitait le tir de deux ou trois séries de mines.

L'Unibel a une vitesse de détonation plus faible que les explosifs qu'il est appelé à remplacer. Ceci est souvent un facteur défavorable pour le minage. Mais d'un autre côté, cette propriété a eu dans de nombreux cas comme conséquence d'accroître la proportion de charbon de gros calibre. Par exemple dans un cas, des criblométries du charbon de la même couche abattu d'abord avec explosif gainé, puis avec l'Unibel, montraient que la proportion de « plus de 90 » passait de 18,2 à 27,9 %. Dans un autre charbonnage, cette proportion est passée de 18 à 22 %.

Un autre avantage, dû à la faible vitesse de détonation de l'Unibel, est de réduire l'ébranlement des bancs du toit. Ce fait a non seulement accru la sécurité aux fronts de taille, mais a également réduit la quantité de stérile abattu avec le charbon.

Dans les autres travaux en charbon, les résultats obtenus ont été semblables à ceux observés dans les tailles.

### Coupage de bancs.

En général, l'Unibel est un explosif trop faible pour pouvoir être utilisé au coupage des bancs. Pourtant, dans certains cas favorables, en terrain tendre, où des poudres N/G gainées de moyenne puissance étaient utilisées, des résultats favorables ont été obtenus avec l'Unibel. Dans cette application, comme il était nécessaire d'avoir une plus forte puissance disponible et comme la question d'abatage des « fronts » a moins d'importance que pour le minage du charbon, les cartouches d'Unibel utilisées avaient le même diamètre extérieur que les cartouches d'explosif gainé : soit I in. 7/16 (36,5 millimètres). Peu de difficultés ont été rencontrées et l'augmentation de consommation d'explosif a été comprise entre 0 et 15 % (ce qui correspond en réalité à une réduction de consommation puisqu'une augmentation nominale de 1/3 correspond à l'égalité en poids total).

G.A. MOULAERT.

## UN NOUVEL EXPLOSIF EQUIVALENT A UN EXPLOSIF GAINE

par **J. Taylor** et **G.P. Sillitto**  
(Transactions of the Institution  
of Mining Engineers, mai 1951).

Dans la catégorie des explosifs équivalents aux explosifs gainés, le premier réalisé a été l'« Unibel » qui est capable de remplacer les poudres à la nitroglycérine gainées de moyenne et forte puissance. Ensuite, l'« Unikol » a été introduit pour remplacer les explosifs gainés à faible densité. Enfin, un nouvel explosif a été mis au point, nommé l'« Unigex », et dont on espère qu'il aura les propriétés nécessaires pour remplacer les gélatines gainées. Tous les besoins des charbonnages en explosifs de sécurité pourraient ainsi être couverts par des explosifs « Eq. S » (Equivalent to Sheathed) au lieu d'explosifs gainés.

### Propriétés des gélatines autorisées.

Les gélatines sont les explosifs autorisés les plus denses. A égalité de poids, elles ne sont pas aussi puissantes que certaines poudres autorisées, ceci, par suite d'une certaine relation entre la densité, la puissance et l'aptitude à subir avec succès les épreuves officielles. Toutefois, grâce à leur densité élevée, les gélatines sont les plus puissantes à égalité de volume.

Lorsque, par suite de la dureté de la roche ou du charbon à miner, l'on désire obtenir la plus grande concentration possible d'énergie, ce sont les gélatines qui ont la préférence.

Leur résistance à l'eau est également une propriété remarquable. Une cartouche de gélatine dont l'enveloppe a été enlevée peut être mise dans l'eau pendant plusieurs jours et cependant rester apte à l'emploi. Les autres types d'explosifs autorisés n'ont qu'une très faible résistance à l'eau, due principalement à l'enveloppe imperméable. Ils ne peuvent être employés s'ils doivent passer plus de quelques minutes dans l'eau.

Les propriétés énumérées ci-dessus doivent se retrouver dans tout « Eq. S » destiné à remplacer des gélatines gainées autorisées.

### Composition de l'« Unigex ».

L'Unibel avait pu être produit assez facilement en incorporant à une poudre à la nitro-glycérine (Polar Dinobel n° 2) une quantité de chlorure de sodium approximativement égale au poids de bicarbonate de sodium, qui aurait été utilisé pour gagner cet explosif. Mais un tel traitement ne pouvait être appliqué à aucun autre explosif autorisé sans modifier considérablement ses propriétés explosives ou physiques, et d'autres procédés ont dû être utilisés.

Pour pouvoir ajouter 30 % de chlorure de sodium à une gélatine et conserver cependant une consistance favorable, il a fallu réduire la proportion de nitroglycérine. On a obtenu ainsi une poudre à haute densité ou semi-gélatine et un traitement spécial a dû lui être appliqué pour lui donner une résistance à l'eau comparable à celle des gélatines. D'autre part, on a utilisé du chlorure d'ammonium

et du nitrate de sodium au lieu de nitrate d'ammonium et de chlorure de sodium.

### Composition de l'Unigex :

	% extrêmes
Nitroglycérine et nitroglycol .....	15,7 - 17,7
Nitrocellulose .....	0,1 - 1,1
Nitrate de sodium .....	43,5 - 46,5
Chlorure d'ammonium .....	28,0 - 30,0
Sciure de bois .....	1,0 - 3,0
Farine de blé .....	0,5 - 1,5
Carboxy-méthyl cellul. de sodium	0,5 - 1,5
Stéarate de calcium .....	0,1 - 1,1
Kaolin .....	3,0 - 5,0
Densité de l'Unigex .....	1,3 g par cm <sup>3</sup>

La puissance déterminée au moyen du mortier balistique est équivalente à celle d'une des gélatines gainées avec sa gaine.

Pour déterminer l'« équivalence » au point de vue de la sécurité ou de toute autre propriété, il faut comparer un certain poids d'explosif Eq. S au même poids total d'explosif gainé, y compris la gaine. Mais dans l'usage courant, les cartouches gainées sont désignées par le poids de l'explosif interne seul, la gaine représentant un supplément d'environ 1/3 du poids. Aussi, lorsque l'on utilise un explosif Eq. S, on doit s'attendre à une augmentation des charges de 1/3 par rapport au poids nominal de l'explosif gainé précédemment employé. Comme le coût de l'opération de gainage est élevé, il est possible de vendre les explosifs Eq. S à un prix tel que, malgré une augmentation de consommation de 1/3, les frais totaux en explosifs ne sont pas plus élevés qu'avec l'explosif gainé.

### Effet du carboxy-méthyl cellulose de sodium et du stéarate de calcium dans l'« Unigex ».

Ces produits ont pour effet d'augmenter la résistance à l'eau.

Le carboxy-méthyl cellulose de sodium a pour propriété de gonfler et d'acquiescer la consistance d'une gelée lorsqu'il entre en contact avec l'eau. Grâce à cette propriété, il forme une barrière s'opposant à la pénétration de l'eau dans la cartouche. L'intérieur de celle-ci reste sec et apte à la détonation pendant un temps considérable. Le stéarate de calcium est une substance difficile à mouiller par l'eau et il ralentit l'humidification de l'explosif, donnant le temps de réagir au carboxy-méthyl cellulose de sodium.

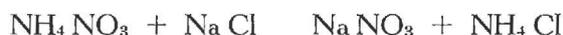
Par suite de la présence de ces ingrédients, une cartouche dont l'extrémité a été percée pour introduire un détonateur et dont la surface cylindrique a été perforée, peut rester sous l'eau pendant 48 heures sans perdre son aptitude à la détonation. Il semble qu'une telle résistance à l'eau est suffisante pour tous les usages normaux dans les charbonnages.

### Effet du chlorure d'ammonium et du nitrate de sodium dans l'« Unigex ».

La plupart des explosifs autorisés contiennent du nitrate d'ammonium et du chlorure de sodium. Mais ces deux substances ne sont pas stables à tempéra-

ture ordinaire; par double décomposition, la paire stable obtenue est : chlorure d'ammonium et nitrate de sodium. Les deux sels contenus à l'état solide dans les explosifs peuvent réagir avec une vitesse dépendant entre autres de l'humidité et de la température.

En pratique, dans la plupart des explosifs autorisés, la réaction n'a pas d'effet marqué parce que la proportion de chlorure de sodium est faible. Dans les explosifs Eq. S, au contraire, la proportion de chlorure de sodium devrait être beaucoup plus élevée pour assurer la sécurité, et les quantités de nitrate d'ammonium et de chlorure de sodium se balanceraient à peu près pour la réaction :



En présence d'humidité, la réaction peut se produire, du chlorure d'ammonium et du nitrate de sodium peuvent cristalliser et provoquer un durcissement de la cartouche. L'usage de chlorure d'ammonium et de nitrate de sodium, qui sont les produits stables, évite ce durcissement.

L'effet du remplacement du nitrate d'ammonium et du chlorure de sodium par du chlorure d'ammonium et du nitrate de sodium sur la sécurité et la sensibilité est faible, mais favorable. La puissance

de l'explosif reste inchangée, car elle est pratiquement indépendante de l'état de combinaison des radicaux ammonium et nitrate.

### Essais pratiques.

Divers essais, encore peu nombreux, ont été menés dans des travaux préparatoires et des coupages de schistes et de grès, pour comparer l'Unigex aux gélatines gainées. Des résultats favorables ont été obtenus avec des charges de 0 à 25 % plus élevées que les charges d'explosifs gainés normalement utilisés.

L'Unigex contenant du chlorure d'ammonium et du nitrate de sodium a été comparé à une composition correspondante, mais contenant du nitrate d'ammonium et du chlorure de sodium. Aucune différence n'a pu être décelée entre ces deux compositions au point de vue du minage ni dans les fumées produites, et ce, aussi bien dans les travaux en roches qu'en charbon.

Il résulte, tant des essais pratiques préliminaires que des expériences de laboratoire et des épreuves à la station d'essais, que l'Unigex semble acceptable à tous points de vue comme explosif équivalent aux gélatines gainées autorisées.

G.A. MOULAERT.