

A un moment donné, il se produisit un éboulement important qui ensevelit le premier chariot et l'ouvrier et qui obstrua complètement le bouveau.

A l'endroit de l'éboulement, la galerie, dont la hauteur était de 1<sup>m</sup>,65, était étançonnée au moyen de cadres, formés d'une bèle soutenue par deux étançons, et espacés de 0<sup>m</sup>,40 au maximum. Bêles et étançons, en sapin, avaient de 0<sup>m</sup>,18 à 0<sup>m</sup>,20 de diamètre. Entre ces cadres se trouvait un lambourrage presque jointif, constitué de bois d'essences diverses.

L'excavation, qui s'est produite dans le toit, avait toute la largeur du bouveau, soit 2<sup>m</sup>,40, et une longueur de 1<sup>m</sup>,40; elle s'élevait à 3 mètres de hauteur, en pointe, dans des bancs de schiste désagrégés par le passage assez abondant d'eaux d'infiltration.

Aucune pièce des cadres de boisage n'a été brisée par l'éboulement.

D'après les témoignages recueillis, aucune marque de pression sur le boisage n'a été observée avant l'accident.

# LA Carbonisation à basse température

## EN ANGLETERRE

PAR

CHARLES DEMEURE

Ingénieur au Corps des Mines, à Mons.

(Suite) (1)

### § II. FOURS ROTATIFS.

#### L'usine de la « Sensible Heat Distillation Ltd » à Barnsley

Cette Société a été fondée pour l'exploitation d'un procédé de carbonisation à basse température, appartenant à MM. Bryan Laing et Harald Nielsen. Ses bureaux sont situés à Londres, 100, Victoria Street; elle possède un laboratoire de recherches et d'analyses dans Russell Square, et une usine d'expérimentation, d'une capacité de 10 tonnes par jour, à Barnsley (Yorkshire).

#### I. — Description du procédé « L et N »

Le procédé « L et N » a été découvert en 1918, par M. Harald Nielsen. Il présente deux caractéristiques, qui le différencient nettement des autres procédés de carbonisation par chauffage interne.

1. Le gaz chauffant, qui opère la carbonisation du charbon, est produit, et amené à la température néces-

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, tome XXVI, 4<sup>e</sup> livraison.



nement est d'empêcher le charbon de s'amonceler en masse, et en même temps de le diriger vers l'orifice de déchargement du semi-coke.

La carbonisation du charbon s'effectue en grande partie dans les compartiments du cloisonnement transversal, à des températures qui croissent de 150° à 350° (v. fig. 9). Elle s'achève dans le cloisonnement longitudinal, à des températures comprises entre 350° et 600°.

Le semi-coke s'écoule, par un orifice commandé par le registre  $R_1$ , dans le sas annulaire 6 qui fait corps avec la cornue: il s'y refroidit et est enfin déchargé à l'extérieur par un orifice commandé par le registre  $R_2$ .

## 2. Circulation du gaz.

Le gaz chauffant est introduit, à une température de 650° à 700°, par une tuyère pénétrant axialement dans l'extrémité abaissée de la cornue. Le joint étanche, qui doit exister entre la tuyère (fixe) et la cornue (mobile) pour empêcher les rentrées d'air, est représenté en 7°: des ressorts spéciaux  $S$  poussent un manchon, coulissant sur la tuyère, contre un anneau de fonte bien dressé, qui appuie lui-même contre la cornue. Ce joint permet la dilatation longitudinale de la cornue sous l'effet de la chaleur.

Le gaz chauffant traverse ensuite, successivement, le cloisonnement longitudinal et le cloisonnement transversal, carbonisant progressivement le charbon sur son passage et se chargeant des matières volatiles qu'il contient. Il quitte la cornue, par l'extrémité élevée, à une température comprise entre 150° et 200°: cette température élevée a pour but de maintenir les huiles à l'état de vapeurs pendant le passage du gaz à travers le dépoussiéreur; on peut ainsi débarrasser le gaz de ses poussières, tout en maintenant en suspension les huiles qui restent entraînées par le gaz sous forme de vapeurs et

qui ne sont condensées qu'ensuite. Le gaz est évacué par une tuyère axiale, avec joint étanche analogue à celui qui vient d'être décrit; cette tuyère entoure le dispositif d'introduction du charbon: la vanne  $V$  empêche tout départ de gaz vers la trémie 2. Une conduite descendante, branchée sur la tuyère, emmène le gaz vers les installations de dépoussiérage et de récupération des sous-produits.

## II. — Variantes et applications diverses du procédé « L et N ».

Les caractéristiques qui viennent d'être exposées concourent au procédé « L et N » une remarquable souplesse, qui lui permet de s'adapter au traitement des matières les plus diverses, et de se prêter à l'obtention des produits les plus variés.

— 1. Suivant que la matière à traiter est en morceaux plus ou moins gros, on augmente ou on diminue la durée de son passage dans la cornue, *en faisant varier la vitesse de rotation de celle-ci*. Plus la cornue tournera vite, plus grande aussi sera la rapidité avec laquelle le charbon la traversera de l'une à l'autre extrémité.

La carbonisation complète de morceaux de charbon de 4 pouces d'épaisseur demande 5 à 6 heures, tandis que de fines particules de charbon sont carbonisées en quelques secondes à la température de 600°.

On peut dès lors, en faisant varier convenablement la vitesse de rotation de la cornue, traiter des morceaux de n'importe quelle grosseur, les seules limites étant celles imposées par les dimensions des orifices d'introduction et de déchargement. Il convient, toutefois, de remarquer qu'afin de réduire au minimum la perte unitaire de chaleur par rayonnement extérieur, il est préférable de dimi-

nuer la durée de l'opération, et dans ce but de réduire la grosseur des morceaux par un broyage préalable.

Les matières les plus diverses ont été traitées avec succès par le procédé « L et N » : fines brutes, poussier non lavé, lignite (une usine va être érigée dans ce but à Halle) et même boues de ville (on a pu retirer, des boues de Londres, 18 à 20 gallons d'huiles animales et végétales par tonne de boue sèche, le résidu étant vendu comme engrais phospho-calciqne à 4 % de  $\text{Ca}_3\text{PO}_4$ ).

— 2. On peut, également, prolonger plus ou moins le séjour de la matière dans tel ou tel compartiment de la cornue, *en modifiant le profil du revêtement intérieur* dans ce compartiment, de façon à le rendre plus ou moins horizontal. Si l'on désire, par exemple, que la carbonisation du charbon s'effectue en majeure partie à la température de 300°, on prolongera le séjour de la matière dans le compartiment du cloisonnement transversal où cette température se trouve réalisée, en diminuant l'inclinaison du revêtement intérieur dans ce compartiment.

— 3. On peut modifier à volonté la température de carbonisation, *en réglant la température d'introduction du gaz chauffant* (v. plus loin).

— 4. On peut, enfin, faire varier dans une très large mesure la quantité et la richesse du gaz obtenu, *en employant diverses espèces de gaz chauffants*. Le procédé « L et N » est susceptible, dans cet ordre d'idées, d'un grand nombre de variantes, dont nous indiquerons ci-après les principales, qui ont été essayées avec succès à l'usine d'expérimentation de Barnsley.

— a) Le gaz chauffant est du gaz de gazogène ordinaire, produit, dans un gazogène séparé, à l'aide d'une partie du semi-coke provenant de la carbonisation à basse température. Ce gaz est envoyé directement dans le four,

à la température de sortie du gazogène, sans réchauffage complémentaire.

Le gaz obtenu (après condensation des produits liquides) a un pouvoir calorifique de 210 à 230 B. T. U. par pied cube (1.870 à 2.050 calories par mètre cube). C'est du gaz de gazogène enrichi, convenant pour des usages industriels (chauffage de fours, de chaudières, emploi dans des moteurs à explosion, etc.). On en recueille environ 40.000 à 45.000 pieds cubes (1.127 à 1.267 mètres cubes) par tonne de charbon, les autres produits obtenus étant : 18 à 22 gallons (81,6 à 99,7 litres) d'huiles de goudron; et 0,45 à 0,50 tonne de semi-coke (déduction faite du semi-coke employé dans le gazogène).

— b) Le gaz chauffant est du gaz à l'eau, produit dans un gazogène à marche alternée, à l'aide de la totalité du semi-coke provenant de la carbonisation à basse température. Avant d'être envoyé dans le four, ce gaz est épuré, puis réchauffé à 800° environ dans une sorte de petit appareil Cowper. Deux de ces réchauffeurs sont en service à l'usine de Barnsley: on chauffe les empilages de l'un à l'aide du gaz à l'air, produit pendant les périodes de soufflage du gazogène, tandis que l'autre cède sa chaleur au gaz à l'eau produit pendant les périodes d'injection.

Le gaz obtenu a un pouvoir calorifique de 380 à 390 B. T. U. par pied cube (3.390 à 3.480 calories par mètre cube). C'est du gaz à l'eau enrichi; il convient comme gaz de ville; la quantité produite est de 40.000 à 45.000 pieds cubes (1.127 à 1.267 mètres cubes). On recueille, en outre, 18 à 20 gallons (81,6 à 90,7 litres) d'huiles de goudron; mais pas de semi-coke.

— c) Le gaz chauffant est du gaz à l'eau comme ci-dessus; mais au lieu de gazéfier la totalité du semi-coke

produit, on en conserve une partie pour la vente, et on obtient dès lors une quantité plus faible de gaz mais d'un pouvoir calorifique plus élevé: en effet, les hydrocarbures produits par la distillation d'un même tonnage de charbon vont enrichir une quantité plus faible de gaz à l'eau. On obtient ainsi du gaz de 420 à 425 B. T. U. par pied cube (3.740 à 3.790 calories par mètre cube).

— *d*) Le gaz chauffant est le « gaz de distillation », produit par la carbonisation à basse température elle-même. Après épuration et enlèvement des produits condensables, on prélève une partie de ce gaz pour la faire repasser à travers le four après lui avoir fait subir un chauffage préalable dans les appareils Cowper mentionnés ci-dessus. Ces appareils sont eux-mêmes chauffés par la combustion de gaz de gazogène, que l'on produit à l'aide d'une partie du semi-coke obtenu.

Grâce à cette circulation répétée à travers le charbon à distiller, le gaz subit un enrichissement considérable. Les quantités en excès sont retirées de la circulation d'une façon continue, et l'on recueille ainsi finalement, par tonne de charbon:

— 2.000 à 3.000 pieds cubes (56,5 à 84,6 mètres cubes) de gaz, de 650 à 750 B. T. U. par pied cube (5.800 à 6.700 calories par mètre cube);

— 18 à 22 gallons (81,6 à 99,7 litres) d'huiles de goudron;

— 0,60 à 0,63 tonne de semi-coke (déduction faite du semi-coke employé dans le gazogène).

— *e*) Une cinquième variante du procédé « L et N » consiste à employer, comme gaz chauffant, les produits de combustion d'un gaz de gazogène ordinaire, mélangés à une certaine quantité de gaz de distillation. On brûle simplement le gaz de gazogène dans une chambre de com-

bustion (qui peut être celle d'un des réchauffeurs Cowper mentionnés ci-dessus) et on mélange le gaz brûlé à du gaz de distillation, à la fois pour abaisser sa température et pour l'enrichir. Cette méthode donne un gaz de distillation trop pauvre pour être commercialement vendable: elle est pratiquée à l'usine d'expérimentation de Barnsley où l'on ne peut, de toutes façons, faute de débouchés, écouler le gaz produit, mais ne serait évidemment pas à envisager dans le cas d'une installation réellement industrielle.

### III. — Description de l'usine de Barnsley.

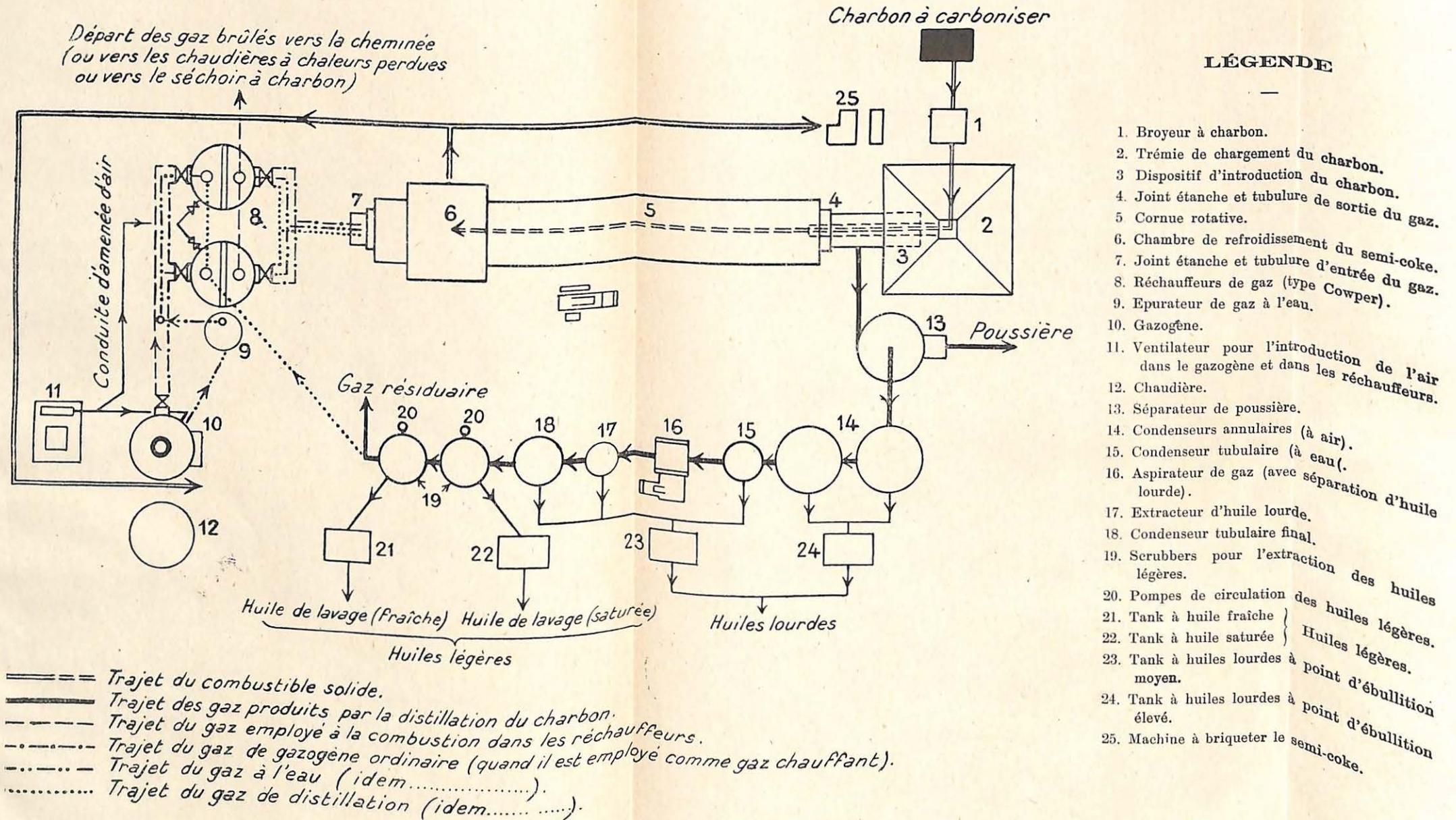
Cette usine, d'une capacité de 10 tonnes par jour, a été construite uniquement dans un but d'expérimentation. L'écoulement des produits obtenus, et notamment du gaz, n'a pas été envisagé dans le choix de l'emplacement: les installations ont été érigées sur un terrain dont on disposait, à Barugh (près de Barnsley), dans les propriétés de la « Old Sirkstone Collieries Ltd ». L'usine de la « Sensible Heat Distillation Ltd » se trouve ainsi établie, par pure coïncidence, à proximité d'une autre usine de carbonisation à basse température, actuellement arrêtée; appartenant à la « Low Temperature Carbonisation Ltd ».

La disposition schématique de l'usine est donnée à la fig. 10. L'appareil de carbonisation a été décrit précédemment. On voit, d'autre part, comment les installations ont été organisées, en vue de permettre la réalisation de l'une ou l'autre des variantes du procédé « L et N ». Le groupe des appareils 8-9-10-11-12, ainsi que des conduites qui les relie, permet d'employer à volonté, comme gaz chauffant, soit du gaz de gazogène ordinaire, soit du gaz à l'eau, soit du gaz de distillation, soit les produits de combustion du gaz de gazogène, soit un

CH. DEMEURE. — La carbonisation à basse température en Angleterre. (Suite).

FIGURE 10.

Disposition schématique de l'usine de Barnsley.



mélange quelconque de ces gaz. Le gazogène 10, d'une capacité de 1 tonne 1/2 par 24 heures, peut fonctionner comme gazogène ordinaire ou comme gazogène à l'eau.

Les gaz brûlés dans les réchauffeurs Cowper sont envoyés directement à la cheminée; ils pourraient être utilisés, dans une usine plus vaste, pour produire de la vapeur dans des chaudières, ou pour sécher et réchauffer le charbon brut avant distillation. Ce séchage préalable a une importance considérable au point de vue du bilan thermique du procédé: on a constaté, en effet, qu'un charbon à 10 % d'humidité exige, pour sa carbonisation, environ le double de la chaleur nécessaire pour carboniser un charbon à 1 ou 2 % d'humidité.

— *Epuration du gaz de distillation et condensation des huiles.*

1. Le gaz de distillation, au sortir du four, traverse un extracteur de poussière 13, du type « cyclone »: il s'y débarrasse des *poussières* dont il est chargé, sans qu'aucune parcelle des vapeurs d'huile qu'il entraîne puisse s'y condenser. Ce dernier résultat est obtenu grâce à la température élevée (150° à 200°) à laquelle le gaz sort du four, grâce aussi à l'abaissement de la tension de vapeur de ces huiles, due au grand volume de gaz dans lequel elles sont diluées.

2. Le gaz passe ensuite à travers deux condenseurs annulaires 14, refroidis à l'air: chacun d'eux a 25 pieds de haut, 4 pieds de diamètre pour le cylindre intérieur, et 5 pieds pour le cylindre extérieur. Le gaz, en traversant successivement les espaces annulaires de ces deux condenseurs mis en série, s'y refroidit jusqu'à une température finale de 25°. Il en résulte une condensation des *huiles lourdes à point d'ébullition le plus élevé*: ces huiles sont recueillies au bas des espaces annulaires et dirigées vers un tank d'emmagasinage 24.

3. Le gaz traverse, alors, un condenseur tubulaire 15, refroidi à l'eau; un ventilateur aspirant et soufflant 16, du type Waller, mû par un moteur Brooke de 2 1/2 HP, donnant une dépression de 8 pouces d'eau; un extracteur d'huile lourde 17, du type « P et A »; et un condenseur tubulaire final 18. Chacun de ces appareils concourt à l'extraction des *huiles lourdes à point d'ébullition moyen*: celles-ci vont se déposer dans un tank 23.

4. Le gaz traverse, enfin, deux scrubbers 19 à huiles légères, sortes de tours remplies de morceaux de coke, sur lesquels on fait ruisseler constamment les *huiles légères* extraites du gaz et qui servent, jusqu'à saturation, au lavage de celui-ci. La circulation des huiles de lavage dans les scrubbers est assurée par des pompes 20; les quantités en excès sont retirées continuellement du circuit et emmagasinées dans les tanks 21 et 22.

Le gaz épuré et débarrassé de tous produits condensables, est alors disponible, soit pour la vente, soit pour l'utilisation comme gaz chauffant après passage préalable dans les réchauffeurs 8.

**IV. — Rendements du procédé en produits divers.**

L'usine d'expérimentation de Barnsley a permis de faire des essais de carbonisation à grande échelle, sur de nombreux échantillons de charbons anglais. Nous donnons ci-après les résultats d'un de ces essais, effectué sur 20 tonnes de poussier à coke de la couche « Barnsley Bed », suivant la méthode de la variante « d » (emploi de gaz de distillation comme gaz chauffant).

D'autre part, la « Sensible Heat Distillation Ltd » a conçu et réalisé un appareil de laboratoire, que nous avons décrit au début de ce mémoire, lors de l'étude des installations du « Fuel Research Board » (v. fig. 2). Cet appareil permet d'effectuer la carbonisation à basse tem-

pérature par chauffage interne, et les résultats obtenus concordent avec ceux des fours industriels, sauf en ce qui concerne la richesse du gaz après épuration, comme nous l'avons fait remarquer précédemment. Mais lorsque le four industriel est un four « L et N » marchant suivant la méthode de la variante « d », la concordance entre les résultats de l'essai de laboratoire et ceux de la carbonisation industrielle est complète, même en ce qui concerne la richesse du gaz obtenu. Celui-ci, en effet, dans la variante « d », n'est plus dilué dans une masse de gaz inertes, et présente la même composition que le gaz obtenu dans l'essai de laboratoire après condensation de la vapeur surchauffée qui lui a servi de véhicule.

On trouvera, dans les pages qui vont suivre, les résultats d'un de ces essais de laboratoire, effectué sur un échantillon de charbon à haute teneur en cendres, provenant des mines de Lens.

### 1. — Analyse du charbon.

	Barnsley Bed		Charbon de Lens	
	Charbon brut	Charbon sans humidité ni cendres	Charbon brut	Charbon sans humidité ni cendres
<i>Analyse sommaire</i>				
Humidité . . . . .	4,33	0,00	1,06	0,00
Matières volatiles, . . . . .	32,77	36,95	24,11	34,80
Carbone fixe . . . . .	55,78	63,05	45,11	65,20
Cendres . . . . .	7,12	0,90	29,72	0,00
To al. . . . .	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Analyse complète</i>				
	(charbon sec)			
Carbone . . . . .	78,21	84,93	57,23	84,92
Hydrogène . . . . .	4,71	5,11	3,40	5,05
Oxygène . . . . .	6,89	7,45	4,78	7,10
Soufre . . . . .	0,98	1,06	0,98	1,45
Azote . . . . .	1,34	1,45	1,00	1,48
Cendres . . . . .	7,87	0,00	32,61	0,00
Total, . . . . .	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Pouvoir calorifique</i>				
En calories (kgr ) . . . . .	(charb. brut) = 6.866	—	= 5.530	—
	(charbon sec) = 7.200	—	—	—
Rapport $\frac{C}{H}$ . . . . .	16,6	—	—	—

### 2. — Rendements en produits divers par tonne de charbon.

	Barnsley Bed		Charbon de Lens	
	Charbon brut (par tonne)	Charbon sans humidité ni cendres (par tonne)	Charbon brut (par tonne)	Charbon sans humidité ni cendres (par tonne)
1. <i>Semi-coke</i> (tonnes) . . . . .	0,705	—	0,835	—
— <i>Id.</i> (déduction faite du semi-coke employé dans le gazogène) . . . . .	0,638	—	—	—
2. <i>Huiles de goudron</i>				
(Gallons) . . . . .	17,5	19,75	11,00	16,00
(Litres) . . . . .	79,5	—	50,00	72,50
(Kilogrammes) . . . . .	83	—	52,00	—
3. <i>Gas</i>				
(Pieds cubes) . . . . .	3360	3790	2270	3330
(Mètres cubes) . . . . .	96	—	64,00	94,00
(Kilogrammes) . . . . .	—	—	57,00	—

### 3. — Semi-coke.

Le semi-coke obtenu par le procédé « L et N » est friable et poreux: cette porosité, jointe à sa teneur assez élevée en matières volatiles, permet de le brûler dans des foyers ouverts, lorsqu'il se présente sous forme de morceaux. Mais il convient de remarquer que la proportion de morceaux de semi-coke est faible, par suite de la trituration que subit la matière au cours de son passage dans le four rotatif: en outre, nous avons vu qu'on lui faisait subir, avant carbonisation, un broyage préalable, dans le but de la réduire en morceaux de petite dimension, et de diminuer ainsi le temps que demande sa pénétration complète par la chaleur.

Les morceaux de semi-coke supportent d'ailleurs malaisément le transport, à cause de leur grande friabilité.

Il résulte de ce qui précède que, pour pouvoir vendre le semi-coke « L et N » comme combustible domestique, il est nécessaire de l'agglomérer. Or, l'agglomération à l'aide d'un liant, tel que le brai, a pour inconvénient de réintroduire, dans le combustible, les matières fumeuses que l'on est parvenu à éliminer par la carbonisation à basse température.

Ces considérations ont déterminé la « Sensible Heat Distillation Ltd » à étudier un procédé de briquetage à haute température, sans liant, analogue à celui qui a été expérimenté par le « Fuel Research Board ». Ce procédé n'est pas encore complètement au point à l'heure actuelle.

Le semi-coke « L et N » paraît devoir se prêter mieux à l'utilisation comme combustible industriel: il donne un excellent combustible pulvérisé, par suite de son absolue siccité (il n'a été soumis, en effet, à aucune extinction humide); il convient également, après broyage et lavage pneumatique, pour faire des mélanges cokéfiabiles avec du charbon brut à trop haute teneur en matières volatiles.

Analyse du semi-coke « L et N »:

	Semi-coke provenant du « Barnsley Bed »		Semi-coke provenant du charbon de Lens	
	Semi-coke brut	Semi-coke sans humidité ni cendres	Semi-coke brut	Semi-coke sans humidité ni cendres
<i>Analyse sommaire :</i>				
Humidité . . . . .	0,00	0,00	0,00	0,00
Matières volatiles. . .	10,15	11,14	9,84	16,45
Carbone fixe . . . . .	80,95	88,86	50,04	83,55
Cendres. . . . .	8,90	6,00	40,12	0,00
Total. . . . .	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Analyse complète :</i>				
Carbone . . . . .	81,66	89,61	52,73	90,03
Hydrogène . . . . .	2,80	3,08	1,83	3,12
Oxygène . . . . .	3,61	3,96	4,04	6,85
Soufre . . . . .	1,47	1,62		
Azote . . . . .	1,58	1,73		
Cendres. . . . .	8,88	0,00	41,40	0,00
Total. . . . .	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Pouvoir calorifique :</i>				
Calories (kgm.) . . . .	6 800	—	4.700	—
B. T. U. (lb.). . . . .	12.000	—	8.500	—
Rapport $\frac{C}{H}$ . . . . .	29,1	—	—	—

4. — Huiles et goudron.

Les huiles obtenues par la carbonisation du charbon de la couche « Barnsley Bed » ont été soumises à des essais et à des analyses dont on trouvera les résultats

ci-dessous. Celles provenant de la distillation du charbon de Lens n'ont été soumises qu'à la détermination du poids spécifique (1,040 à 15° centigrades) et du pouvoir calorifique (9.100 calories par kilog.).

Le poids spécifique de l'huile brute, provenant du charbon de la couche « Barnsley Bed », est de 1,046 à 20° C. Le rendement total par tonne de charbon brut est, comme nous l'avons vu, de 17,5 gallons (79,5 litres); soit, en poids, 83,1 kgs par tonne anglaise (1.015 kgs) de charbon, ou 8,18 % en poids du charbon traité. Cette quantité se décompose comme il suit:

— a) 16,20 gallons — soit 92,6 % — d'huiles lourdes, recueillies dans les condenseurs.

— b) 1,30 gallon — soit 7,4 % — d'huiles légères (essence de moteur) recueillies dans les scrubbers.

— Distillation fractionnée des huiles recueillies dans les condenseurs (huiles lourdes) d'après la méthode d'Engler:

— Fraction de 0° à 170° C.	0,3 %	Poids spécifique .	0,860
— » 170° à 230°	13,1 %	»	0,945
— » 230° à 270°	19,5 %	»	0,977
— » 270° à 360°	31,2 %	»	0,987
— » 360° à 400°	18,5 %	»	1,026
— Brai . . . . .	15,2 %		
— Perte . . . . .	2,2 %		
Total . . . . .	100,00		

— Le pourcentage d'huile recouvrable dans l'huile lourde est donc de 100 — (15,2 + 2,2) = 82,6 %.

— D'autre part, le pourcentage de matières insolubles dans le chloroforme (poussière de gazogène et charbon) est de 1 à 1,2 % pour l'ensemble de l'huile brute.

— Pourcentage d'eau apparaissant dans l'huile brute après un dépôt de 24 heures = 3,3 % à 5,5 %.

— Pourcentage de matières acides dans l'huile brute = 42 %.

— Pourcentage de soufre = 0,32 %.

— Pouvoir calorifique = 15.600 B. T. U. par lb. = 8.700 cal./kg. par kg.

L'huile recueillie dans les scrubbers a un poids spécifique de 0,8220 et un point d'ébullition maximum de 180° centigrades.

Un autre essai de distillation fractionnée, avec intervalles de 100°, a été fait sur l'huile lourde recueillie dans les condenseurs, ainsi qu'un essai de détermination des principaux constituants chimiques de cette huile. Les résultats de ces essais sont donnés ci-après:

— Distillation fractionnée, à intervalles de 100°, de l'huile lourde anhydre (16 gallons environ) provenant des condenseurs:

— Fraction de 0° à 200 . . . . .	=	3 %
— » 200° à 200 . . . . .	=	38 %
— » 300° à 400 . . . . .	=	43 %
— Brai . . . . .	=	16 %
Total . . . . .	=	100 %

— Analyse de cette huile:

a) Huiles neutres

de 0° à 200° = 0,5 gallons, soit 3,12 % de l'huile lourde anhydre

200° à 250° = 0,7	»	4,36 %	»	»
250° à 300° = 1,2	»	7,50 %	»	»
300° à 400° = 3,1	»	19,42 %	»	»

Total huiles neutres = 5,5 gallons, soit 34,40 % » »

b) Huiles acides (crésols et phénols).

de 200° à 300° = 2,9 gallons, soit 18,15 %	»	»
300° à 400° = 5,3	»	15,05 %

Total huiles acides = 5,3 gallons, soit 33,20 % » »

## c) Paraffine

molle (40 %) = 1,2 lbs		de l'huile lourde
		anhydre
dure (60 %) = 1,8 lbs		» - »
Total . . . = 3,0 lbs, soit 0,32 gallons, soit	2,00 %	» - »

d) Pyridine et ses homologues = 0,15 gallons, soit

	0,94 %	» - »
e) Brai = 25 lbs soit en volume =	15,60 %	» - »
f) Pertes au raffinage = 2,4 gallons, soit	13,86 %	» - »

— Récapitulation des produits vendables contenus dans l'ensemble des huiles:

— Essence de moteur = 1,3 gallon provenant des scrubbers, plus 0,5 gallon (huiles neutres de 0° à 200°), provenant de la distillation de l'huile des condenseurs . . . . .	=	1,8 gall.
— Huile de chauffage = huiles neutres de 200° à 300°, provenant de la distillation de l'huile des condenseurs = 0,7 gall. + 1,2 gall. . . . .	=	1,9 gall.
— Huile de graissage = huiles neutres de 300° à 400°, provenant de la distillation de l'huile des condenseurs = 3,1 gallons, moins 0,9 gallon (perte au raffinage de l'huile de graissage) . . . . .	=	2,2 gall.
— Crésols et phénols . . . . .	=	5,3 gall.
— Paraffine . . . . .	=	3 lbs.
— Pyridine et homologues . . . . .	=	0,15 gall.
— Brai . . . . .	=	25 lbs.

Les qualités lubrifiantes de l'huile de graissage ont été déterminées au Laboratoire National de Physique à Teddington: sa viscosité est de 1.030 secondes Redwood pour

une quantité de 50 cc. à 70° Fahrenheit, et le coefficient de frottement est de 0,114 à 0,118 à 19,8° C., à des pressions variant de 20 à 120 lbs par pouce carré. La fraction de 330° à 400° convient comme huile de cylindres pour moteurs à combustion interne, celle de 300° à 310° convient comme huile pour arbres tournant à grande vitesse.

On remarquera le pourcentage élevé en huiles de la série paraffinique, et notamment le pourcentage élevé en huile lourde de graissage (20 p. c. environ de l'huile lourde totale). Cette particularité est due au fait que les vapeurs de distillation du charbon sont entraînées; sitôt produites, dans des zones de température moins élevée, grâce à la circulation « en contre-courant » pratiquée dans le four: ces vapeurs sont dès lors soustraites à tout danger de cracking.

## 5. — Gaz.

Le gaz produit par la carbonisation du charbon de Lens a un pouvoir calorifique de 6,200 calories/kg. par mètre cube.

Celui provenant de la distillation du charbon de Barnsley a fait l'objet d'une série de déterminations, dont les résultats sont donnés ci-après:

— Analyse du gaz (en volume):

CO <sub>2</sub> . . . . .	}	5,20 %
H <sub>2</sub> S . . . . .		
C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> . . . . .		2,00 »
O <sub>2</sub> . . . . .		0,80 »
CO . . . . .		8,40 »
H <sub>2</sub> . . . . .		26,40 »
CH <sub>4</sub> . . . . .		47,20 »
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> . . . . .		4,20 »
N <sub>2</sub> et pertes . . . . .		5,80 »
Total . . . . .		100,00 »

- Poids spécifique par rapport à l'air = 0,56.
- Poids par mètre cube = 0 kg.,6656.
- Poids par pied cube = 0 lb.,0422.
- Proportion d'éléments combustibles = 88,2 %.
- Proportion d'éléments inertes = 11,8 %.
- Pouvoir calorifique en calories/kg. par mètre cube = 5.975.

Pouvoir calorifique en B. T. U. par pied cube = 675.

Le gaz produit par le procédé « L et N », variante « d », est donc du gaz très riche, qui se prête parfaitement à un transport à grande distance et qui peut convenir pour l'enrichissement du gaz de ville. Les quantités de ce gaz qui sont produites par tonne de charbon brut sont toutefois, comme nous l'avons vu, assez faibles (96 mètres cubes pour le charbon de Barnsley et 64 mètres cubes pour le charbon de Lens).

#### V. — Rendement thermique du procédé « L et N ».

Nous donnons ci-après le bilan thermique de l'usine de Barnsley, tel qu'il résulte de l'essai effectué sur les 20 tonnes de charbon de la couche « Barnsley Bed ». Nous y joignons, à titre de comparaison, le bilan thermique de l'essai de laboratoire, effectué sur l'échantillon de charbon des mines de Lens.

##### Bilan thermique par tonne de charbon traitée.

###### A. Charbon de la couche « Barnsley Bed ».

1. Chaleurs apportées = 1 tonne de charbon brut à 6.866 calories . . . = 6.866.000 cal.
  2. Chaleurs recouvrées dans les produits obtenus:
    - 0,638 tonne de semi-coke à 6.800 calories . . . . . = 4.340.000 »
    - 83,1 kgs d'huiles de goudron à 8.700 calories . . . . . = 723.000 »
    - 96 mètres cubes de gaz à 5.975 calories . . . . . = 572.500 »
- Total des chaleurs recouvrées = 5.635.500 cal.

3. Chaleurs perdues = 6.866.000 C. — 5.635.500 C. = 1.230.500 calories.

$$\text{— Rendement thermique de l'usine} = \frac{5.635.500}{6.866.000} =$$

82,1 %.

###### B. Charbon des mines de Lens.

1. Chaleurs apportées = 1 tonne de charbon brut à 5.500 calories . . . = 5.500.000 cal.

Il faudrait y ajouter la chaleur apportée par le fluide chauffant (vapeur). Cette chaleur n'a pas été déterminée.

2. Chaleurs recouvrées dans les produits obtenus:

0,835 tonne de semi-coke à	
4.700 calories . . . . .	= 3.920.000 cal.
52 kgs d'huiles de goudron à	
9.100 calories . . . . .	= 473.000 »
64 mètres cubes de gaz à 6.200	
calories. . . . .	= 397.000 »

Total des chaleurs recouvrées = 4.790.000 cal.

3. Chaleurs perdues = 5.500.000 C. — 4.790.000 C. . . . . = 710.000 cal.

$$\text{Rendement thermique (incomplet)} = \frac{4.790.000}{5.500.000} =$$

87,2 %.

Le rendement complet (en tenant compte de la chaleur du fluide chauffant) serait de 80 % environ.

Ces rendements thermiques sont assez satisfaisants, si l'on considère que, dans le premier cas, il s'agit d'une usine d'expérimentation de faible capacité (10 tonnes par jour) et où, par conséquent, les pertes de chaleur par rayonnement sont élevées par unité de poids traitée : dans le second cas, il s'agit d'un simple appareil de laboratoire.

## VI. -- Résultats commerciaux.

L'usine de Barnsley pourrait, à ce que disent ses propriétaires, fonctionner d'une façon commerciale, quoiqu'elle soit de dimensions beaucoup trop faibles, et que son emplacement n'ait pas été choisi en vue de permettre l'écoulement de ses produits.

Elle n'a, en tout cas, fonctionné jusqu'ici que dans des buts d'expérimentation et de démonstration. Les résultats y obtenus permettent toutefois de dresser approximativement le bilan commercial d'une usine plus vaste, d'une capacité de 100 tonnes par jour par exemple, les rendements de cette usine en produits divers, par tonne de charbon traitée, étant ceux qui viennent d'être indiqués.

## 1. — Marché et prix des matières et des produits.

Si l'on adopte, comme matière à carboniser, le poussier à coke de la couche « Barnsley Bed », le prix de ce *charbon*, rendu à l'usine de Barnsley, est de 10 sh. la tonne.

D'après l'opinion des dirigeants de la « Sensible Heat Distillation Ltd. », le *prix de vente du semi-coke* ne doit pas être considéré, dans un bilan estimatif, comme pouvant être supérieur au prix de vente du charbon dont il provient. Il s'agit, en effet, d'un produit nouveau, qui n'a pas encore de marché régulier, et auquel il faut habituer graduellement les consommateurs. Ceux-ci admettront difficilement, au moins dans les débuts, que le simple fait d'enlever, du charbon, un certain nombre de produits de valeur permette de leur faire payer plus cher le résidu solide qui en résulte.

Le *prix de vente de l'huile brute* a été fixé à 4 pence le gallon. Ce prix est basé sur celui que l'on peut retirer de la vente des produits de distillation de cette huile.

Nous avons vu que les 17,5 gallons d'huile brute, pro-

venant de la carbonisation d'une tonne de charbon, donnent les produits suivants :

— Essence de moteur = 1,8 gall. Le prix actuel du marché est de 1 sh. à 1 sh. 1 d. le gallon. En la comptant seulement à 8 d., on a . . . . .	14 d.,40
— Huile de chauffage = 1,9 gall. Prix du marché = 1 sh. à 1 sh. 1 d. le gallon. En la comptant à 7 d., on a . . . . .	13 d.,30
— Huile de graissage = 2,2 gall. Prix du marché = 1 sh. 4 d. à 2 sh. 2 d. le gallon. En la comptant à 17 d., on a . . . . .	37 d.,40
— Crésols et phénols = 5,3 gall. Prix du marché = 1 sh. à 1 sh. 4 d. le gallon. En les comptant à 8d., on a . . . . .	42 d.,40
— Paraffine = 3 lbs. Prix du marché = 4 d. à 5 d. par lb. En la comptant à 4 d. par lb., on a . . . . .	12 d.,00
— Pyridine et homologues = 0,15 gall. Prix du marché = 15 sh. à 18 sh. le gall. En les comptant à 10 sh. le gallon, on a . . . . .	18 d.,00
— Brai = 25 lbs. Prix du marché = 60 sh. à 65 sh. la tonne. En le comptant à 60 sh. la tonne, on a . . . . .	8 d.,00
Total . . . . .	145 d.,50

pour les produits de 17,5 gallons d'huile brute, soit par gallon  $\frac{145,50}{17,5} = 8 \text{ d.,}3$ .

En fixant donc à 4 d. le gallon le prix de vente de l'huile brute, on laisse aux usines de distillation une marge de profits de plus 100 %.

Le prix de vente du gaz a été fixé à 2 d. par « therm ». Ce prix est loin d'être exagéré, si l'on songe que la « Midland Coal Products Ltd » obtient actuellement le même prix pour un gaz beaucoup moins riche : quoique le prix soit établi sur une base thermique, il n'en est pas moins vrai qu'une même quantité de calories a une valeur plus grande sous forme concentrée que sous forme diluée.

2. — Coût de l'usine, frais d'exploitation et dépenses diverses.

a) Le coût d'une usine pouvant traiter 100 tonnes de charbon par jour, en un seul four semblable à celui précédemment décrit, serait de 20.000 livres st., y compris les installations de chauffage et de condensation. En comptant 12 1/2 % du capital pour l'amortissement et les réparations, on arrive à  $\frac{20.000 \times 12,5}{100} = 2.500$  liv.

st. par an (c'est-à-dire pour 35.000 tonnes de charbon traitées) ; soit par tonne :  $\frac{2.500 \text{ liv. st.}}{35.000} = 1 \text{ sh. } 5 \text{ d.}, 45.$

b) Frais de déchargement et de manœuvre des wagons : 3 d. par tonne de charbon traitée.

c) Main-d'œuvre : 3 hommes par poste, 3 postes par jour, soit  $3 \times 3 \times 350 = 3.150$  journées à 9 sh. en moyenne = 28.350 sh. pour 35.000 tonnes, soit par tonne :

$$\frac{28.500}{35.000} = 0 \text{ sh. } 9 \text{ d.}, 78.$$

d) Combustible pour le gazogène : 0,067 tonne de semi-coke à 10 sh. la tonne = 0 sh. 8 d., 05.

e) Force motrice, eau = 0 sh. 3 d., 3.

f) Approvisionnements, entretien = 0 sh. 4 d.

g) Frais généraux, divers = 0 sh. 8 d., 42.  
Total des dépenses à la tonne = 4 sh. 6 d.

3. — Bilan commercial d'une usine « L et N » de 100 tonnes par jour, par tonne de charbon traitée.

a) Dépenses et frais divers :

	L.	Shill.	Pence
— Charbon traité: 1 tonne à 10 sh.	0	10	0
— Frais d'exploitation et divers .	0	4	6,00
Total . . .	0	14	6

b) Recettes :

— Semi-coke = 0,705 tonne à 10 sh.	0	7	0,60
(Le semi-coke employé dans le gazogène ne doit plus être déduit, ayant été compté dans les frais.)			
— Huiles = 17,5 gallons à 4 d.	0	5	10,00
— Gaz = 96 mètres cubes à 5.975 calories = 572.500 calories =			
$\frac{572.500}{2.280.000 \text{ B. T. U.}} = 0,2515$			
22,8 «therms» à 2 d. par therm =	0	3	9,8
Total . . .	0	16	8,4

Bénéfice à la tonne = 16 sh. 8 d., 4 — 14 sh. 6 d. = 2 sh. 2 d., 4,

soit par an (ou pour 35.000 tonnes). 3.850 L.

ou en % du capital engagé . . .  $\frac{3.850}{20.000} = 19,25 \%$ .

## VII. — Conclusion.

Le procédé « L et N » se recommande spécialement:

1. Par sa grande souplesse, qui lui permet de s'adapter au traitement des matières les plus diverses: charbons à haute teneur en cendres, lignite, boues de ville, etc.;

2. Par la possibilité qu'il offre de produire du gaz à pouvoir calorifique élevé, pouvant être distribué à longue distance;

3. Par son haut rendement en huiles de grande valeur marchande;

4. Par la simplicité de ses installations et son coût de premier établissement peu élevé.

Son inconvénient est la qualité médiocre du semi-coke produit, qui ne peut guère convenir que pour des usages industriels, principalement sous forme de combustible pulvérisé.

Une usine de carbonisation de capacité suffisante (100 tonnes par jour au moins) établie suivant le procédé « L et N », à proximité de charbonnages qui lui fourniraient à bas prix leurs charbons gras de qualité inférieure, aurait de sérieuses chances de succès commercial. Il convient de remarquer que la possibilité de produire du gaz riche ne rend plus nécessaire d'avoir, sur place, l'écoulement du gaz produit, ce qui donne plus de latitude dans le choix de l'emplacement de l'usine.

Je suis vivement reconnaissant aux Directeurs ou Associés de la « Sensible Heat Distillation Ltd » et, notamment à M. Bryan Laing et à l'Amiral Campbell, de l'amabilité qu'ils ont apportée à me faire visiter leurs installations et à me donner tous renseignements utiles. Je dois aussi tous mes remerciements, à cet égard, à l'inventeur du procédé, M. Harald Nielsen.

\*\*\*

(A suivre).

## NOTE

*Au cours de la publication de cette partie de mon mémoire, j'apprends que des efforts couronnés de succès ont été faits tout récemment par la « Sensible Heat Distillation Ltd », en vue d'améliorer la qualité du semi-coke produit.*

*Voici les caractéristiques du semi-coke obtenu actuellement à l'usine de Barnsley, en carbonisant du bon charbon à coke à faible teneur en cendres:*

Analyse Sommaire		Essai de Tamisage	
Humidité	= 2 à 2,5 %	Morceaux > 1"	= 75 %
Matières volatiles	= 2,5 à 3 %	id. < 1" et > ½"	= 14 à 15 %
Carbone fixe	= 86,5 à 87 %	id. < ½"	= 10 à 11 %
Cendres	= 8 à 8,5 %		

*La teneur en matières volatiles du semi-coke a été réduite afin d'enrichir le gaz obtenu par la carbonisation. Celui-ci a un pouvoir calorifique de 500 B. T. U. par pied cube; il en est recueilli 8.000 à 9.000 pieds cubes par tonne de charbon traitée.*

*Malgré sa faible teneur en matières volatiles, le semi-coke peut être enflammé à l'aide de feuilles de papier. Cette ignition facile est due au fait que le semi-coke conserve à peu près la structure originelle du charbon dont il provient.*