

Emploi et valorisation de la houille

Conférence organisée à Essen le 6 novembre 1951
par la Deutsche Kohlenbergbau-Leitung.

RAPPORT PAR INICHAR (Suite) (1)

Obtention de gaz pauvre par gazéification des déchets de préparation des charbons

par Dipl. Ing. W. PUFF, Essen.

Traduction adaptée de « Glückauf » du 12 avril 1952, par INICHAR.

SAMENVATTING

Het blijkt mogelijk op economische wijze arm gas voort te brengen door de vergassing van de afval der kolenwasserijen en zelfs van een gedeelte van de afval der zevertijen.

Het voortgebrachte gas kan gebruikt worden voor de verwarming van cokes-ovens, hetgeen de besparing mogelijk maakt van een belangrijke hoeveelheid rijk gas.

De valorisatie van deze afval biedt nog andere voordelen; ze vergemakkelijkt de techniek van de mechanische verwerking der kolen door de toepassing van een oordeelkundige snede toe te laten bij het wassen. In een groot aantal gevallen laat ze tevens toe het wassen op twee producten toe te passen. Ze vermijdt tevens het ontstaan van steenstortbranden en laat de benutting toe van een product dat tot nu toe waardevol en hinderlijk was.

RESUME

Il paraît possible de gazéifier économiquement, en vue de la production de gaz pauvre, les déchets de lavage du charbon, et même une partie des déchets de triage. Le gaz ainsi produit peut être utilisé, notamment pour la chauffe des fours à coke, ce qui libère une quantité intéressante de gaz riche. Cette valorisation des déchets de préparation mécanique apporte encore d'autres avantages; elle améliore la technique de préparation en permettant un placement judicieux de la coupure du lavage; elle permet, dans un grand nombre de cas, le lavage à deux produits. Elle supprime le danger d'incendie dans les terrils et constitue enfin une valorisation d'un produit qui, précédemment, était considéré comme sans intérêt.

Dans les charbonnages du Bassin de la Ruhr, la proportion des déchets de préparation des charbons est d'environ 20 % de la production brute; sur une production valorisable de 100 millions de tonnes, on dispose donc de 25 millions de tonnes de déchets de lavage et de triage. La possibilité de valoriser les deux tiers de ces déchets, qui tiennent 12 ou 13 % de carbone, conduirait à un sup-

plément de production de 2 millions de tonnes par an.

A une époque de pénurie de charbon, de gaz et de courant électrique, ces considérations sont à la base du développement intensif de la valorisation de ces sous-produits considérés jusqu'à présent comme sans valeur.

Il est possible de produire du gaz pauvre par la gazéification des déchets de la préparation des charbons. Cette gazéification doit nécessairement s'effectuer à proximité immédiate des installations de trai-

(1) Voir « Annales des Mines de Belgique », septembre 1952, p. 615-629.

tement, car le combustible ne pourrait supporter des frais de transport.

Le gaz pauvre produit peut être employé à divers usages :

1) Le chauffage des fours à coke, d'où résulte une production supplémentaire de gaz riche, qui peut être envoyée dans le réseau de distribution du gaz de ville;

2) le chauffage des chaudières, et partant, la production d'énergie.

Depuis quelques dizaines d'années, les essais et les propositions n'ont pas manqué; mais les procédés laissent à désirer pour des raisons techniques ou économiques. C'est pourquoi, il nous a paru utile de passer en revue les différents éléments du problème de la gazéification des déchets de préparation : matières premières, possibilités techniques et rentabilité.

A. Les matières premières.

Les déchets de préparation proviennent pour les $\frac{3}{4}$ du lavage et, pour $\frac{1}{4}$, du triage. De ces derniers (déchets de triage); $\frac{1}{4}$ (ou plus s'ils sont concassés) est exploitable.

La nature des déchets de lavage (granulométrie de 0 à 80 mm) dépend de la précision de la coupure des appareils de lavage et, plus encore, de la position de la coupure.

Cette nature dépend de l'état d'avancement des techniques d'utilisation des déchets; s'il n'existe en effet aucune possibilité de les valoriser, il faut réduire au minimum leur teneur en charbon. Ceci implique qu'une part élevée des matières minérales doit se trouver dans les mixtes. Si l'on veut faire de ces mixtes un combustible convenant au chauffage des chaudières, il faut corrélativement augmenter leur teneur en charbon.

Le tableau I (première partie) donne un exemple de composition des mixtes et des déchets ou refus qui sont tous deux un mélange de charbon, de barrés et de schistes charbonneux, de schistes argileux et gréseux. Ces deux fractions sont toutes deux hétérogènes par suite de concentrations en carbone différentes de leurs constituants; mais, en plus, leur degré d'hétérogénéité lui-même varie par suite de la participation différente de chacun des constituants dans le mélange.

Tableau I.

Composition du combustible en fonction de la position de la coupure.

Echelon de densité	Partie de la production brute					
		5 % Mixte		15 % Refus		20 % Mélange «a»
< 1,5		27 %		1 %		7,5 %
1,5 — 1,8		42 %		3 %		13,0 %
> 1,8		31 %		96 %		79,5 %
	1,25 % Dans le charbon	1,75 % Mixte véritab.	2 % Dans le refus			17 % Mélange «b»
< 1,5	61 %	16 %	14 %			2,5 %
1,5 — 1,8	26 %	62 %	36 %			7,0 %
> 1,8	13 %	22 %	50 %			90,5 %

On a, d'une part, un combustible pour chaudière, relativement médiocre, à 40 % de cendre et, d'autre part, un refus dont la gazéification en gaz pauvre est à envisager.

Il semblerait, à première vue, que le mélange « a », obtenu en supprimant la séparation entre mixtes et refus, permette d'obtenir un produit qui, par sa teneur plus élevée en carbone, convienne mieux pour la gazéification que le refus. D'après les plus récentes recherches, ceci n'est pas toujours vrai. En

effet, les teneurs relativement élevées en charbon et en « mixtes » dans le mélange, font que le degré admissible d'hétérogénéité (ou la « limite d'hétérogénéité ») serait largement dépassé. Cela signifie qu'il existe des inégalités trop fortes dans les concentrations en carbone, et par suite, dans l'aptitude à réagir des trois composants du mélange. Il en découle un déroulement irrégulier de la réaction dans les couches de combustibles qui provoque, soit de trop grandes pertes en imbrûlés, soit une consommation trop faible de produits combustibles.

Au point de vue de la densité de ses éléments, le refus devrait être composé comme suit : 3 à 4% de substances de densité inférieure à 1,5 et 9 à 10 % entre 1,5 et 1,8. Mais la teneur en cendres moyenne n'est donc pas le seul point dont il faut se préoccuper dans la fabrication des mélanges; il importe aussi de considérer et de ne pas dépasser la « limite d'hétérogénéité ».

Dans l'exemple du tableau I (2^{me} partie), on a déplacé la coupure de telle façon que 40 % des anciens mixtes passent maintenant dans la fraction refus, tandis que 25 % passent dans le charbon.

Il reste donc de vrais mixtes dont la quantité équivaut à 35 % des anciens. Par mélange avec le refus, on obtient un mélange « b », respectant dans les deux cas les conditions imposées par la limite d'hétérogénéité.

On constate donc que la valorisation des résidus a fait évoluer la technique de préparation des charbons dans le sens d'un déplacement logique des coupures. Le tableau II fait apparaître que les diverses fractions sont obtenues par l'application d'un principe naturel qui permet de rester en dessous de la limite d'hétérogénéité.

Tableau II.

Participation théorique des fractions au point de vue densité dans les résultats de préparation.

Densité	< 1,5	1,5 — 1,8	> 1,8
Charbon	grande	petite	très petite
Mixtes	petite	grande	petite
Déchet ou refus	très petite	petite	grande

Ces considérations techniques relatives au traitement des déchets ont déjà été envisagées. La limite inférieure de la teneur en carbone, compatible avec une valorisation économique des déchets par gazéification, serait de 12 %; la limite supérieure se situe à 20 % de carbone par suite, d'une part, de la limite d'hétérogénéité et, d'autre part, du fait que, dans des refus plus riches en carbone, les mixtes n'existent qu'en quantité limitée.

D'ailleurs, il faut toujours s'attendre à des variations dans la teneur en carbone de déchets de préparation, variations plus ou moins importantes et dépendantes des conditions de travail; or, ce n'est pas de la moyenne des teneurs en carbone dont il faut tenir compte pour la gazéification, mais bien de la teneur inférieure; en effet, une quantité donnée de comburant ne peut convertir qu'une quantité donnée de carbone et on ne peut jamais travailler avec un excès de comburant.

Possibilités techniques.

Un procédé de gazéification des déchets de préparation mécanique est subordonné aux conditions fondamentales suivantes :

1) température de travail située en dessous du point d'agglomération des cendres; ceci pour éviter le plus possible les pertes de volume et ne pas augmenter la dureté des résidus, car les déchets dégazés sont utilisés habituellement pour le remblayage, le plus souvent pneumatique;

2) bilan thermique économique, obtenu par :

- a) une dépense calorifique minimum, ce qui corrobore la condition précédente;
- b) des pertes de chaleur réduites dans le gaz et dans les résidus par la récupération poussée des chaleurs sensibles;

3) de faibles vitesses du courant gazeux dans le générateur pour éviter l'entraînement des poussières aux conséquences désagréables et coûteuses.

Le procédé par courant transversal de la firme Dr. C. Otto et Cie semble satisfaire aux précédentes conditions; il a l'avantage d'avoir été expérimenté depuis de longues années dans une installation de distillation de schistes bitumineux, traitant 400 tonnes/jour.

Comme, en outre, on disposait dans l'installation d'essai de la firme du Dr. Otto d'un petit four de distillation, les essais préliminaires furent accélérés. La collaboration entre la D.K.B.L., la Ruhrgas A.G. et la firme Otto a favorisé l'acheminement du four de distillation en générateur à gaz pauvre.

La figure 1 montre le schéma de principe du procédé : les déchets descendent de façon continue dans un four à chambre verticale, tandis que les éléments de gazéification sont introduits perpendiculairement à l'avancement du combustible à travers les couches de celui-ci.

On récupère au maximum les chaleurs sensibles par :

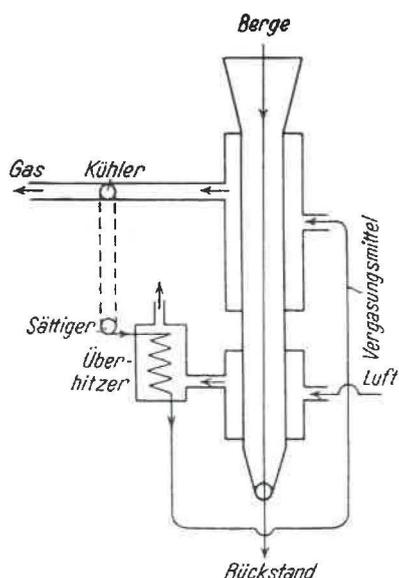


Figure 1. — Procédé par courant transversal.

Berge	==	Déchets;
Kühler	==	Réfrigérant;
Sättiger	==	Saturateur;
Ueberhitzer	==	Surchauffeur;
Vergasungsmittel	==	Elément de gazéification;
Rückstand	==	Résidus;
Luft	==	Air.

1) utilisation dans le saturateur d'air de l'eau chaude obtenue dans le réfrigérant du gaz;

2) introduction d'air dans la partie inférieure du gazogène pour refroidir les résidus et achever partiellement la combustion du combustible restant;

3) utilisation de la chaleur sensible des gaz chauds dans un surchauffeur pour le préchauffage des éléments de gazéification.

Après les recherches préliminaires de 1950, un gazogène expérimental de 9 à 15 tonnes de capacité journalière fut d'abord installé; à l'aide de cet appareil, on a pu entreprendre, depuis le début de cette année, toute une série de recherches fondamentales qui ont apporté d'importants enseignements concernant :

1) la capacité spécifique d'enfournement et de production de gaz du générateur;

2) le rendement et le pouvoir calorifique du gaz qu'il est possible d'atteindre aux températures maxima dans le générateur, celles-ci devant se trouver à environ 150° en dessous de la limite d'agglomération (en moyenne : 1100° C) des cendres;

3) les concessions à faire aux dépens du rendement et du pouvoir calorifique du gaz pour améliorer le bilan thermique et la capacité d'enfournement et atteindre ainsi la rentabilité maximum.

Parallèlement à ces recherches, la Société « Rheinische Stahlwerke » a entrepris dans un de ses charbonnages un essai de remblayage pneumatique à l'aide des déchets dégazés; l'essai a prouvé qu'il était possible d'employer un tel produit pour le remblayage, même dans des conditions difficiles.

L'appréciation prudente des résultats des essais, sans tenir compte de la possibilité d'améliorations ultérieures du procédé, permet d'obtenir, en gazéification à l'échelle industrielle, les rendements et chaleurs spécifiques indiqués par les courbes de la figure 2.

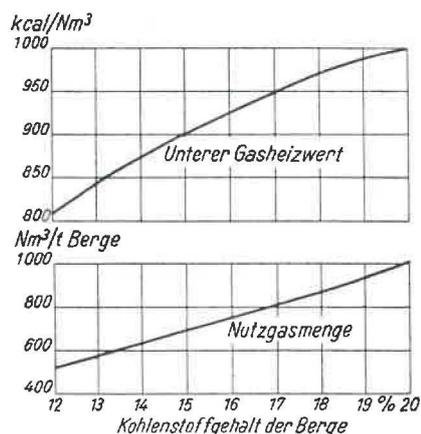


Figure 2. — Production de gaz utile et pouvoir calorifique du gaz en fonction de la teneur en carbone du combustible.

Unterer Gasheizwert	==	Pouvoir calorifique inférieur;
Nutzgasmenge	==	Quantité de gaz utile;
Kohlenstoffgehalt der Berge	==	Teneur en carbone des déchets.

On pourrait donc obtenir par tonne de déchets, et suivant leur teneur en carbone qui varie de 12 à 20 %, de 530 à 1000 Nm³ de gaz d'un pouvoir calorifique compris entre 800 et 1000 Kcal/Nm³.

Ce gaz, malgré son pouvoir calorifique relativement faible, est très inflammable et brûle convenablement. Lors de l'utilisation pour le chauffage des fours à coke, il est non seulement possible, mais encore avantageux de le mélanger avec un volume de gaz riche proportionnellement peu important pour atteindre l'effet thermique optimum.

Le goudron produit en petites quantités doit, directement ou indirectement, améliorer le bilan thermique de la gazéification.

La figure 3 représente le plan d'une installation industrielle capable de produire de 750.000 à

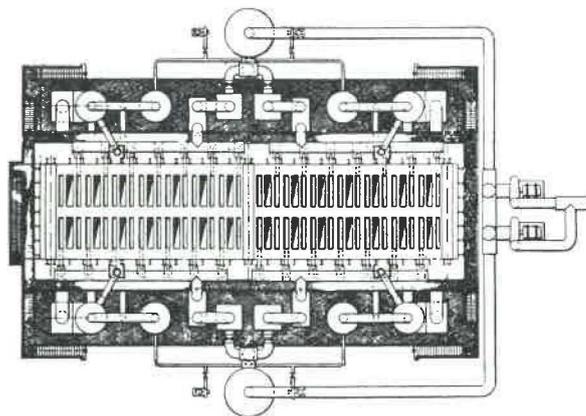


Figure 3. — Générateur à courant transversal pour la gazéification des déchets de lavage (vue en plan).

900.000 Nm³ de gaz, suivant la teneur en carbone des produits traités (12 à 20%). Dans les 28 chambres de gazéification constituant une batterie, chaque groupe de 7 chambres possède un réfrigérant, un saturateur d'air et un surchauffeur. La production de gaz d'une telle installation utilisée pour la chauffe de fours à coke, serait suffisante pour un enfournement de 930 à 1400 tonnes de fines à coke humides.

L'ensemble des frais d'établissement, y compris le transport des produits traités et du gaz, les silos, le briquetage à froid des déchets menus, etc., s'élèverait à environ 5 millions de D. M.

Considérations économiques.

Des calculs préliminaires du prix de revient du gaz pauvre obtenu par gazéification de déchets de

préparation des charbons ont été faits en appliquant le système standard des charbonnages. On les a établis sur la base de 300 jours de travail par an; en effet, par suite du manque de possibilités de stockage du gaz riche, il peut être nécessaire de diminuer sa production les dimanches et jours fériés, pour autant qu'il n'existe pas d'autre possibilité d'utiliser le gaz pauvre.

Industriellement, un arrêt complet et une remise en marche de l'installation ne font aucune difficulté.

D'un autre côté, on fait des calculs pour 350 jours de fonctionnement, ceci dans le cas où il existerait des moyens suffisants de stockage du gaz riche ou si l'on utilisait le gaz pauvre pour le chauffage des chaudières. Les frais d'exploitation sont rassemblés dans le tableau suivant :

Jours de fonctionnement par an	300	350
	D. M./année	D. M./année
Salaires, traitements, y compris la séc. soc.	133.000	155.000
Entretien	164.000	190.000
Courant, eau, etc.	261.000	305.000
Frais ordinaires	117.000	137.000
Amortissement et intérêt	600.000	600.000
Total	1.275.000	1.387.000

Les prix de revient spécifiques du gaz pauvre dépendent de la capacité de production du gazogène pour les différentes teneurs en carbone du produit traité (fig 4). Lorsque la teneur s'élève, la

quantité de déchets traitée à l'heure par mètre carré de section du gazogène diminue; par contre, le volume de gaz produit augmente. C'est ainsi que, si l'on considère comme nulle la valeur d'un combustible dont la teneur approximative en ballast est comprise entre 74 et 82 %, le prix de revient du gaz diminue de façon constante avec l'augmentation de la teneur en carbone du combustible gazéifié.

On a calculé, suivant les barèmes de la D.K.B.L. et pour des teneurs en carbone supérieures à 15 %, la valeur de la fraction « mixtes » dans les déchets; si l'on tient compte de cette valeur dans le calcul des prix de revient, ceux-ci augmentent légèrement avec la teneur en carbone, ainsi que l'indique la courbe en traits interrompus de la figure 4.

Le prix de revient d'un volume de gaz pauvre correspondant à 10⁶ Kcal varie donc, si l'on ne tient pas compte de la valeur du combustible, de 4,80 à 7,05 D. M. pour 300 jours de travail et de 4,46 à 6,58 D. M. pour 350 jours. Si l'on tient compte de la valeur du produit traité, les prix varient de 6,38 à 7,05 pour 300 jours et de 5,95 à 6,75 D. M. pour 350 jours de travail, ces prix étant de l'ordre de grandeur de ceux des calories obtenues à partir du charbon ou du coke.

Le prix de revient correspondant du Nm³ de gaz riche obtenu, sans tenir compte bien entendu de l'épuration et de la compression, varie dans le premier cas entre 2 et 3 Dpf. et, dans l'autre, entre 2,6 et 3 Dpf. La chauffe au gaz pauvre inférieur

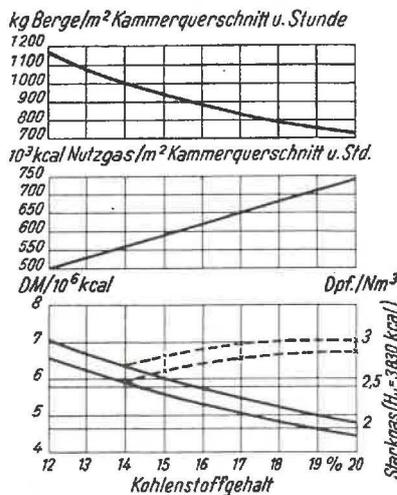


Figure 4. — Rendement du générateur et prix de revient en fonction de la teneur en carbone du combustible.

- Kg. Berge/m² Kammerquer = Kg de déchets par m² de section schnitt u. Stunde de chambre et par heure.
- 10³ Kcal Nutzgas/m² Kam- = 10³ Kcal contenues dans le gaz merquerschnitt u. Std par m² de section de chambre et par heure.
- Starkgas (H_u : 3850 kcal) = Gaz riche (P_c = 3850 Kcal).
- Kohlenstoffgehalt = Teneur en carbone.

libère un supplément de 12 % de gaz riche dont le pouvoir calorifique est de 3830 Kcal/Nm³.

Il est caractéristique de comparer, comme on l'a fait à la figure 5, les pourcentages du prix de revient qui, dans la gazéification du coke, du poussier et des déchets de préparation, incombent à chacun des trois postes : prix du combustible, frais d'exploitation, capital.

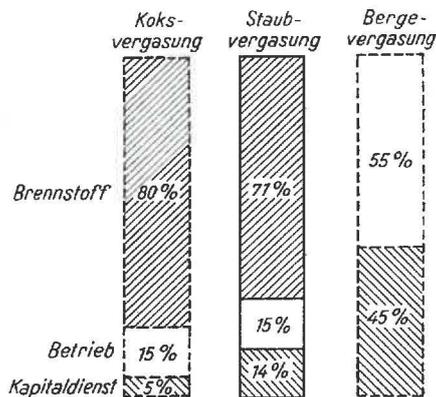


Figure 5. — Constitution du prix de revient de la gazéification du coke.

Koksvergasung	==	Gazéification du coke.
Staubvergasung	==	Gazéification du poussier.
Bergevergasung	==	Gazéification des déchets
Brennstoff	==	Combustible.
Betrieb	==	Exploitation.
Kapitaldienst	==	Capital.

Dans la gazéification du coke et du poussier, les frais d'investissement ont peu d'importance, tandis que le coût du combustible a une influence fondamentale; par suite des prix de revient élevés qui en résultent, le procédé n'est applicable qu'à la couverture des besoins de pointe.

Dans la gazéification des déchets de préparation, le coût du combustible est nul, mais il y a de lourdes charges préalables dues aux investissements élevés. Le prix de revient est relativement bas et ce procédé est uniquement applicable pour de fortes utilisations, et donc pour le relèvement de la fourniture de base du gaz.

Il est compréhensible que la rentabilité de la gazéification des déchets de préparation soit subordonnée à certaines conditions bien déterminées. Elle dépend dans une mesure élevée, d'une part, de la quantité de déchets, et partant de la capacité de l'installation, et d'autre part, de la nature de ces déchets. Il existe aussi des considérations locales telles que, par exemple, le fait de devoir tenir compte d'importants frais de transport pour le combustible ou le gaz.

On ne peut donc considérer la gazéification des déchets comme économiquement applicable dans toutes les circonstances, même abstraction faite de ce que le capital nécessaire pour établir une installation relativement coûteuse n'est pas toujours disponible.

Vu la rareté des capitaux en Allemagne, la question essentielle est de savoir s'il est possible actuellement de justifier les grands investissements que nécessite la gazéification de déchets de préparation. Pour y répondre, il faut considérer que la gazéification des déchets signifie :

- 1) gain supplémentaire de combustible;
- 2) production du combustible récupéré sous forme de gaz;
- 3) prix de revient relativement bas.

En chiffres, cela apparaît par exemple comme suit : un investissement de 5 millions de D. M. permet la libération de 150.000 Nm³ de gaz de ville par jour pour la distribution (de 45 à 55 millions de Nm³ par an).

Cela correspond, dans le cas de la production de gaz pauvre par gazéification de poussier, à une quantité de charbon de 140 tonnes par jour (42.000 à 50.000 tonnes/an). Cela équivaut à un investissement de 100 à 119 D. M. par tonne de production annuelle de charbon, rendue disponible par l'utilisation des déchets.

Pour obtenir le même résultat sans valorisation de déchets, il faudrait investir :

- de 50 à 60 D. M. par tonne supplémentaire de production annuelle pour l'extraction;
- de 30 à 40 D. M. par tonne de production annuelle pour la gazéification.

En outre, 25 à 40 D. M. d'investissement par tonne de production annuelle de charbon vont être compensés par l'économie à attendre de la production de gaz pauvre par la gazéification des déchets. Le bilan des investissements est ainsi équilibré.

Mais, last but not least, la valorisation des déchets apporte d'autres avantages :

- 1) du point de vue de la préparation des charbons :
 - a) elle rend possible le placement de la coupure de lavage suivant les principes naturels de la technique de la préparation mécanique;
 - b) elle rend possible la marche à deux produits pour un charbon brut ne contenant pas trop de barrés.
 - 2) du point de vue économique de l'énergie dans les sièges :
 - a) elle accroît le rendement des chaudières par l'utilisation d'un combustible largement débarrassé de son ballast;
 - b) elle permet un supplément de chauffage par l'emploi de gaz pauvre.
 - 3) du point de vue de la sécurité de la mine, elle diminue le danger d'incendie dans les mines et les terriils;
 - 4) du point de vue de l'économie de la nation :
 - a) elle augmente la production de combustible;
 - b) elle crée une source d'énergie à bon marché.
- Tous ces avantages sont obtenus par la valorisation d'un produit qui jusqu'alors n'avait aucune valeur.