

## ESSAI DE GAZEIFICATION SOUTERRAINE A DJERADA

## A. — GENERALITES

Sur le plan économique, l'extraction de la houille rend cette source d'énergie chère. C'est ainsi qu'il a fallu un grand effort de mécanisation et de concentration minières aux U.S.A., ou l'institution de taxes élevées sur les produits pétroliers en France, pour que le charbon puisse rivaliser avec les fuels.

Sur le plan humain, le métier de mineur au charbon reste rude et dangereux le recrutement d'une main-d'œuvre spécialisée s'avère de plus en plus difficile.

Aussi, la pensée qu'on puisse utiliser les réserves charbonnières, sans avoir à les extraire, est-elle particulièrement séduisante à l'esprit : il suffirait de leur faire subir sur place, « in situ », une première combustion, comme il s'en produit dans les gazogènes, et de canaliser jusqu'à la surface le gaz combustible recueilli.

L'idée n'est pas neuve : elle a été formulée il y a une cinquantaine d'années par plusieurs chimistes célèbres. Mais, dans la pratique industrielle, l'idée n'est rien, seule importe la mise au point de la technique correspondante ; il faut ensuite que celle-ci fasse la preuve de sa supériorité économique. Tout est donc une question de qualité des résultats obtenus.

\*\*

Que savons-nous à cet égard de l'étranger ?

L'U.R.S.S. peut s'enorgueillir à juste titre de la priorité dans la réalisation pratique. C'est en effet dès 1933 que le trust d'état Pozemcaz organisa un concours panfédéral pour le meilleur projet de gazéification souterraine, concours qui mit en lumière beaucoup d'idées dont certaines restent encore valables aujourd'hui.

Pendant les années qui suivirent, plusieurs essais pratiques furent menés, dont le plus intéressant fut certainement celui de Goriovka, dans le Donetz, où, brûlant du charbon à 30 % de cendres et 17 % de matières volatiles, on aurait obtenu, assez régulièrement, un débit de l'ordre de 2.000 m<sup>3</sup>/h. d'un gaz à 1.000 cal/m<sup>3</sup>.

Les réalisations ultérieures nous sont très mal connues. Nous ne disposons, que d'une bibliographie et le plus souvent de seconde main. Quand la source n'est pas commune, les recoupements ne s'y avèrent pas toujours concordants et le dépouillement exige une certaine interprétation. Il semble bien qu'en 1941 une station de type industriel était en exploitation dans le Donetz avec un débit de gaz de 30.000 m<sup>3</sup>/h. Quoiqu'il en soit, le plan quinquennal 1945-1950

qui mentionnait un très gros effort à cet égard ne prévoyait pour 1950 qu'une production de l'ordre de 100.000 m<sup>3</sup>/h.

Les essais *belges* et *américains* nous sont mieux connus, mais sont aussi moins favorables.

Des rapports détaillés ont été fournis, sur les résultats de chantier de Gorgas, dans l'Alabama. En résumé, on peut dire qu'on a brûlé correctement du charbon qui contenait d'ailleurs 35 % de matières volatiles, mais qu'on a obtenu des fumées, souvent très chaudes, mais non du gaz combustible. Les essais se poursuivent.

En ce qui concerne les résultats obtenus en *Belgique*, il en est, en gros, de même. Lors d'une première expérience, au printemps de 1948, on avait réussi à brûler partiellement du charbon, mais en donnant surtout du gaz carbonique. Certaines compositions de gaz avaient été cependant plus favorables et compte tenu des matières volatiles distillées, on avait pu recueillir pendant quelque temps un gaz presque combustible, aussi les essais furent-ils repris avec un caractère d'ailleurs international, par un comité directeur Belgo-Polono-Français. La seconde expérience, qui vient de s'achever, s'est avérée moins favorable que la précédente, tant sur la qualité du gaz obtenu que sur la régularité de marche.

Un chantier a été ouvert récemment en *Angleterre*, nous n'avons encore aucune information relative à son sujet.

\*\*

En France, les recherches remontent à la fin de 1946. Auparavant, les techniciens français s'étaient tenus informés, par l'étude bibliographique, de ce qui avait pu être réalisé à l'étranger, mais aucun projet sérieux n'avait été proposé. Les houillères françaises avaient un lourd programme de reprise à assurer ; de plus, nos gisements charbonniers de la métropole, dont la plupart des lambeaux d'accès facile ont été exploités, en tout ou en partie, même en charbon sale, dans les périodes d'autarcie forcée, se prêtaient mal à un essai restreint de gazéification.

C'est effectivement hors de la métropole, en *Afrique du Nord*, que prirent naissance les premières recherches : d'abord dans les lignites tunisiens du Cap Bon, projet qui fut rapidement abandonné ; puis au *Maroc*, dans le bassin d'anhracite de Djérada, sous l'impulsion de M. Eirik Labonne, alors Résident général.

\*\*

Les caractères particuliers à l'essai *marocain*, et le but poursuivi, ont été précisés en mai-juin 1947, par un comité d'études, chargé d'en fixer les conditions générales : « Il apparaît, dit un procès-verbal, que, pour la plupart, les réalisations étrangères ont obtenu du gaz combustible à partir des produits de distillation du charbon, mélangés au gaz carbonique provenant de la combustion totale d'une partie du coke restant. Cette solution de facilité est impossible dans le cas de l'antracite (5 % de matières volatiles seulement), et c'est la gazéification réelle du charbon en oxyde de carbone, d'un rendement bien supérieur, qui devra être réalisée, avec les ressources des techniques de chauffe modernes. L'expérience dispose, à Djé-rada, de conditions particulièrement favorables : affleurement du panneau, pendage presque vertical de la couche, absence de venues d'eau, éloignement de tous autres travaux, qui en justifient le choix ;... en revanche, la composition du charbon et la faible puissance du gisement obligent à une mise au point serrée du projet... ».

C'est dans cet esprit qu'a été réalisé le chantier actuel. Il a été financé d'abord par les services résidentiels, ensuite, depuis le début de 1950, par le centre d'études et recherches des charbonnages de France.

Son aspect actuel est le résultat d'une minutieuse mise au point fait en particulier par le directeur du chantier, M. Marteau, ingénieur thermicien de la société des charbonnages nord-africains depuis octobre 1948. En particulier une première tentative de marche continue, du 17 au 26 novembre 1949, a bien mis en évidence, par des situations parfois critiques, les grosses difficultés que créent la forte pression et la température élevée qui règnent dans ce chantier. L'appareillage commence maintenant à être bien au point.

L'essai actuel a été allumé le 22 août. A partir du 25 août on obtient du gaz combustible, brûlant au laboratoire de façon régulière jusqu'au 10 septembre, sauf quelques périodes d'arrêt dues à des causes accidentelles (en particulier un accident mortel au chantier).

Sur le plan spectaculaire, cet essai, qui obtient pour la première fois, dans le monde occidental, un gaz régulièrement combustible et d'une qualité industrielle, peut être considéré comme une réussite.

Sur le plan scientifique, obtenir du gaz n'est pas l'unique préoccupation. On veut avant tout « expérimenter », c'est-à-dire observer les phénomènes causés pour toute modification de réglage du souffle d'air ou de la fréquence des inversions. Il importe de déterminer, pour un tonnage horaire de charbon brûlé, qui reste régulièrement de l'ordre de 4 à 500 kgs, les parts relatives de la chaleur sensible des gaz (température de sortie), de leur chaleur latente (pouvoir calorifique) et des pertes par le massif.

A cet égard, les résultats obtenus doivent être considérés comme satisfaisants mais encore nettement insuffisants. Il sera nécessaire de poursuivre à fond l'essai actuel, d'effectuer les travaux de reconnaissance de l'état du chantier après l'arrêt et d'ouvrir de nouveaux chantiers avant de passer au stade suivant, celui de chantier semi-industriel. C'est le début d'un travail de longue haleine.

## B. — PRECISIONS TECHNIQUES

### I. — CONDITIONS GÉNÉRALES DE L'ESSAI.

L'essai a été financé par les services de la Résidence puis par le centre d'études et recherches des charbonnages de France ; sa réalisation confié à la société des charbonnages nord-africains (directeur de l'essai : M. Marteau) sous la haute direction d'un comité composé de trois membres, MM. Audibert, Bucher, Friedel, et d'un rapporteur, M. Doumenc.

Le programme qui suit a été élaboré dans le courant de l'année 1946.

### II. — OBJECTIFS DE L'ESSAI.

Les objectifs principaux sont de déterminer pour une marche à l'air non suroxygéné :

- si la combustion du charbon « in-situ » peut être entretenue sur une grande longueur de taille dans un combustible à faible teneur en matières volatiles ;
- si cette combustion peut être suivie d'une réduction assez complète pour que le gaz obtenu ait un pouvoir calorifique industriellement utilisable. Ce pouvoir calorifique se situe aux environs de 800 calories/m.

Les objectifs secondaires sont de déterminer :

- si les pertes calorifiques dans les terrains encaissants (pertes au massif) sont admissibles ;
- si la tenue des épontes permet une marche prolongée dans une couche en dressant ;
- si les pertes par imbrulés solides sont admissibles.

### III. — CARACTÉRISTIQUES DE LA COUCHE.

Le chantier est situé dans un dressant de couche B, puissance moyenne 1.10 m. pendage 77°.

L'analyse des terrains donne les résultats suivants :

#### a) Charbon :

— Humidité .....	2 %	} sur sec.
— Cendres .....	5,4	
— M.V. ....	5,6	
— C. fixe .....	89	

Aspect du coke = pulvérulent

b) Schistes du toit :

— Perte au feu en creuset fermé	10,2	%
— Cendres .....	89,8	
— Si 02 .....	63,9	
— Fe2 : 03 .....	11,7	
— Al2 : 03 .....	21,5	
— CA O .....	1,8	
— Mg O .....	0,5	

c) Schistes du mur :

— Perte au feu en creuset fermé	8,1	%
— Cendres .....	91,9	
— Si 03 .....	68,3	
— Fe2 : 03 .....	10,7	
— Al2 : 03 .....	19,1	
— CA O .....	1,1	
— Mg O .....	0,3	

IV. — DONNÉES TECHNIQUES D'ENSEMBLE.

41. Il a été décidé que la zone de feu serait limitée à une taille horizontale montante, en dressant, desservie par deux descenderies terminales, en couche, au pendage, le feu rabattant vers l'affleurement. Ce schéma à l'avantage de maintenir constante la longueur de la zone de feu et d'éviter l'obstruction du front de feu par les cendres et les éboulements : il risque en revanche d'ouvrir une trop large section au gaz si la venue du toit et du mur est trop tardive.

Par analogie avec les données russes (Gerlovka) la longueur du front a été fixée à 100 mètres.

42. Des considérations élémentaires de rendement thermique et de cinétique chimique ont conduit à poser les principes pratiques suivants :

a) Chercher à étendre à toute la longueur du front de taille la zone des réactions ; c'est-à-dire mener l'essai de façon à ce que les gaz sortent de la taille à une température de l'ordre de 850°, soit environ 800° à la tête des descenderies.

b) Assurer un certain réchauffage de l'air soufflé ; le pouvoir calorifique demandé (800 cal) ne pouvant être atteint avec de l'air froid, dans les conditions de cinétique les plus favorables, que si les pertes au massif sont inférieures à 15-17 % du pouvoir calorifique du charbon brûlé ; ce chiffre risquant d'être optimiste, on a donc admis le principe d'un réchauffage de l'air à 400° minimum, ce qui fournit le pouvoir calorifique demandé pour 30 % de pertes.

L'importance des échanges thermiques conduit à adopter la solution simple de régénérateurs à alternance de souffle à l'air et au gaz.

43. Le principe d'inversions périodiques du sens du souffle au sein du chantier souterrain a été adopté pour deux raisons :

a) De telles inversions doivent contribuer au maintien du front rectiligne de la taille de feu, ou du moins du front symétrique.

b) Cette solution permet de résoudre de façon particulièrement simple et rationnelle le problème de la distribution de l'air et du gaz dans les régénérateurs. En faisant coïncider, comme il a été décidé alternances et inversions, on supprime tout vannage sur les gaz chauds.

44. Si efficace que soit le mode d'allumage initial de la couche (bûchers, bombes, etc...) on peut craindre qu'il ne s'établisse un régime de combustion localisé, qui corresponde à un certain équilibre thermique, et par conséquent empêche la propagation du feu à toute la taille.

Aussi a-t-il paru indispensable de porter préalablement toute la taille et les deux descenderies à leur température moyenne, de régime, c'est-à-dire de *préchauffer la taille*.

Ainsi, les zones de combustion et de réduction se situeront spontanément aux points les plus judicieux.

V. — SOUFFLAGE DE L'AIR.

Des considérations théoriques ont conduit à adopter un débit de l'ordre de 7.000 m<sup>3</sup>/h. standard par mètre de puissance de couche.

Compte tenu de l'altitude du chantier (1.000 m.) et de l'épaisseur moyenne de couche, le matériel de soufflage comprend :

1	surpresseur de 4700M <sup>3</sup> /H	puissance 150 CV.
1	»	2280M <sup>3</sup> /H » 76 CV.
1	»	1140M <sup>3</sup> /H » 51 CV.

Ces surpresseurs, type volumétrique ROOTS, sont prévus pour contre-pression maxima de 0.7 HpZ, le cas échéant, en série, ils peuvent donner 1,3 Hpz.

VI. — PROTECTION DES DESCENDERIES.

La limitation du feu au seul front de taille oblige à protéger les parois au charbon des descenderies.

Le dispositif adopté doit réaliser les conditions suivantes :

- a) canaliser de façon étanche l'air de soufflage et les gaz sortant de la taille ;
- b) s'éliminer de lui-même, aussi totalement que possible, à hauteur de la taille de feu, et à ce moment seulement ;
- c) maintenir les parois des descenderies de manière à éviter tout éboulement venant boucher à la base le circuit des gaz.

Après de multiples essais, la solution adoptée a consisté à réaliser une gaine rectangulaire limitée par des murs en briques à plat appuyés tous les 2 m. sur des dalles en béton, chaque dalle portée par un rail potelé aux épontes, prend appui sur le massif ; elle basculera et se désagrègera lors de la combustion du charbon.

En certains points, où l'irrégularité de la couche donne une puissance inférieure à 1 m. les épontes ont été laissées à nu.

La section moyenne de passage est de 0.6 m. 2.

Chaque descenderie a été ensuite remplie de poteries de drainage.

#### VII. — RECHAUFFAGE DE L'AIR PAR RÉGÉNÉRATEURS.

L'élément de base est en brique locale, suffisamment réfractaire.

Chaque régénérateur est constitué par une galerie de niveau, équipée de briques creuses régulièrement disposées, et la base d'un petit puits, remplie de morceaux calibrés de briques pleines. L'ensemble contient une cinquantaine de tonnes de briques, auxquelles il convient d'ajouter les briques des parements des descenderies.

#### VIII. — BRÛLEURS A FUEL.

Pour assurer le préchauffage de la taille et réaliser les tampons de gaz inerte nécessaires aux inversions, on a adopté le principe de brûleurs à fuel, groupés à la tête de chacune des descenderies dans des chambres de combustion en réfractaire.

Ces chambres ont été prévues pour que toutes les opérations soient possibles, même si le chantier est sous forte pression, dans le cas d'éboulements au fond.

Chaque chambre comprend 4 brûleurs, capables, chacun, d'un débit normal de fuel de 75 kg/h. et un petit brûleur à pétrole, avec allumage par électrodes, capable d'une vingtaine de kgrs à l'heure. Seul ce dernier brûleur servira aux inversions, les gros brûleurs étant prévus pour le préchauffage, avec adjonction d'air secondaire de refroidissement.

#### IX. — CONTROLE.

Les grandeurs à mesurer s'énumèrent comme suit, compte tenu de ce que la fonction finale

F. consiste à extraire de la mine le maximum de chaleur totale.

F — est le résultat de trois fonctions f1, f2, f3 qui sont par ordre d'importance :

- primaire f1 — Pouvoir calorifique du gaz,
- secondaire f2 — Chaleur sensible du gaz,
- ternaire f3 — Débit du gaz.

$$F = f3 \times (f1 + f2)$$

Les variables (nos moyens d'actions étant indiqués entre parenthèses) sont :

- v1 : débit d'air soufflé (nombre de surpresseurs en service et réglage des vannes),
- v2 : température de l'air soufflé (fréquence des inversions),
- v3 : pression de soufflage (imposés par les circonstances).

Pour chacune de ces grandeurs est prévu l'appareil suivant :

f1 = PC du gaz : calorimètre-enregistreur Junkera,

f2 = chaleur sensible : pyromètre-enregistreur MECI.

La composition du gaz est contrôlée par deux appareils d'Orsat et un analyseur continu à CO2 OTIC.

f3 = débit du gaz : débitmètre-enregistreur Montrouge par diaphragme sur les chandelles de sortie.

v1 = débit d'air : deux débitmètres-enregistreurs Montrouge sur diaphragmes,

v2 = température d'air : pyromètre MECI,

v3 = pression : manomètre.

Pour la surveillance des progrès du feu remontant dans la taille dix pyromètres ont été enfoncés dans la couche le long des descenderies.

Un sondage axial en couche, tubé en 2" permet, en cours d'essai, toute opération de contrôle jugée nécessaire.