

# La gazéification de la tourbe à l'état brut humide et son application à la chauffe du four à chaux, à gaz et à combustion interne

par M. MIGEON

## RESUME

*Après un rappel historique des efforts tentés, au cours des âges, en vue de valoriser la tourbe, l'auteur analyse les causes d'insuccès et les difficultés rencontrées.*

*Deux facteurs particulièrement importants sont à retenir : d'une part, la nécessité de judicieuses récupérations calorifiques pour abaisser la teneur en eau et d'autre part, l'obligation de présenter sur la grille du gazogène de la tourbe en morceaux plus ou moins calibrés.*

*L'auteur décrit un gazogène de sa conception et donne les caractéristiques obtenues en marche industrielle.*

*Dans une note subséquente, l'auteur étudie un type de four à chaux, à gaz et à combustion interne, qui constitue un progrès sur les fours à chaux du type courant. Ce four peut éventuellement être alimenté par le gaz du gazogène à tourbe.*

*Dans les pays pauvres en charbon, notamment dans les colonies africaines, les procédés décrits par l'auteur méritent de retenir l'attention. C'est le cas, par exemple, pour l'est du Congo, où les gisements de tourbe paraissent devoir être de quelque importance.*

## CHAPITRE I

### LA GAZEIFICATION DE LA TOURBE A L'ETAT BRUT HUMIDE

La tourbe fut avec le bois, et dans certaines régions peut-être avant le bois, le premier combustible de l'homme primitif, si l'on s'en rapporte aux découvertes des spéléologues qui, dans certaines cavernes, découvrirent parmi des ossements des tourbes malaxées et comprimées à la main, mais aucune trace de bois carbonisé.

Dans nos temps historiques, la tourbe fut longtemps un combustible apprécié; un édit anglais du XI<sup>me</sup> siècle exonère de taxes les tourbiers alimentant Londres; au XIII<sup>me</sup> siècle, un évêque de Thérouanne accorde aux moines de l'abbaye de Clairmarais, à St-Omer, le monopole d'exploitation des énormes tourbières de la région, ce qui provoque une émeute sanglante.

Cette exploitation a été, croyons-nous, l'ancêtre des industries des engrais chimiques, car jusqu'au XVIII<sup>me</sup> siècle la tourbe y était brûlée en meules et les cendres vendues aux horticulteurs et même exportées.

Philippe le Bon accorde d'importantes concessions territoriales aux exploitants des gisements tourbiers, situés à cette époque le long du littoral

belge et actuellement submergés par l'avance de la mer.

On conservait avant 1914, dans une collection particulière à Nieuport, une machine à malaxer et boudiner la tourbe en briquettes, construite entièrement en bois et datant du XV<sup>me</sup> siècle.

En 1681, Becher en Angleterre prit un brevet pour la carbonisation de la tourbe et la production de goudron, brevet qui constitue une indéniable antériorité à de nombreux brevets modernes pris par l'industrie de la cokerie et de la carbonisation.

En 1719, Johann Degueur publie le premier traité d'exploitation de la tourbe, intitulé « Disertation Physica de Torfis ».

Depuis nos ancêtres des cavernes, l'exploitation s'est modifiée, elle s'est mécanisée, mais le principe de la valorisation en vue d'en faire un combustible n'a pas varié; il consiste toujours à malaxer la tourbe, puis l'exposer à l'air et attendre sa dessiccation.

Des statistiques récentes évaluent à 52 millions d'hectares (sauf pour l'U.R.S.S.) la superficie des tourbières connues en Europe, dont certaines et les

meilleures atteignent parfois 11 à 12 mètres d'épaisseur.

Elles affleurent généralement le sol, quand elles sont en formation, ou se présentent sous des épaisseurs variables de morts-terrains, allant de 30 centimètres dans la Somme à plusieurs mètres sur la côte de la mer du Nord.

Certains de ces gisements, composés de tourbe fibreuse, sont exploités normalement, pour les propriétés absorbantes, comme litière, tourbe d'emballage ou comme isolant thermique et sonore, plus économique et très supérieur au liège.

Mais la plupart de ces gisements sont inexploités ou exploités sporadiquement en vue d'une production de combustible de remplacement.

Ces exploitations sont éphémères et régulièrement déficitaires.

La cause de ces insuccès répétés réside principalement dans les frais élevés des multiples manu-

eau (%)	...	90	88	84	82	80	75	70	65	60	55
cal	.....	56	60	322	415	525	820	1.110	1.250	1.695	1.990
eau (%)	...	50	45	40	35	30	25	20	15	10	0
cal	.....	2.280	2.560	2.865	3.145	3.450	3.740	4.025	4.270	4.620	5.200

L'Institut allemand des Combustibles a établi une classification des divers modes d'inclusion de l'eau dans la tourbe :

- a) eau d'imprégnation retenue dans la masse;
- b) eau d'adhérence aux fibres;
- c) eau colloïdale;
- d) eau d'osmose;
- e) eau chimique dégagée par carbonisation.

C'est un fait connu de tous les vrais tourbiers que, par compression ou par égouttage tout comme dans une éponge, il est possible d'éliminer les eaux sous rubriques a) et b) et d'abaisser ainsi la teneur initiale à 70 % et même, par forte compression, à 60 %.

Les eaux sous rubriques c) et d) ne peuvent s'éliminer par les pressions les plus élevées. Tout le problème de la dessiccation de la tourbe réside dans cette impossibilité.

Chaque molécule d'eau est enrobée dans une gaine d'acide humique à consistance gélatineuse, qui ne peut se détruire ou éclater que par broyage et malaxage, suivis de dessiccation thermique, soit par exposition à l'air, tributaire des conditions atmosphériques, soit par emploi onéreux de calories externes.

L'exposition à l'air d'une durée normale de 30 à 50 jours exige une main-d'œuvre abondante, pour dépôt et retournements sur terrains, mise en lanterne, puis stockage.

La superficie des terrains de dépôt nécessaires croissant avec l'importance de l'exploitation, les distances de transport croissent proportionnellement et élèvent le prix de revient au lieu de l'abaisser.

La main-d'œuvre de ces exploitations étant saisonnière est d'ailleurs généralement de rendement médiocre.

A part de rares exceptions, en Irlande et en Hol-

landes nécessaires pour abaisser la teneur initiale en eau, qui est de 85 à 90 %, à 40 % pour son emploi en gazogène

à 30 % pour son emploi comme combustible

à 20 % comme matière première de carbonisation avec récupération.

Une tonne de tourbe théoriquement sèche (désignée T.S. dans la suite de cette note) retient à 85 % : 5.667 kg d'eau.

à 40 % elle retient 667 kg d'eau ou à éliminer : 5.000 kg eau

à 30 % elle retient 428 kg d'eau ou à éliminer : 5.239 kg eau

à 20 % elle retient 250 kg d'eau ou à éliminer : 5.497 kg eau.

Une tourbe moyenne T.S. et décendrée d'un pouvoir calorifique de 5.200 cal/kg, présente aux diverses teneurs en humidité les pouvoirs calorifiques suivants :

lande où la configuration des tourbières permet le fraissage sous épaisseur réduite, l'enlèvement mécanique après dessiccation et l'emploi en foyers spéciaux, l'exploitation tourbière reste, surtout avec l'augmentation des salaires et des charges, ce qu'elle a été pendant des siècles, une exploitation artisanale ou familiale à rendement limité et consommation locale.

Certains procédés, placés dans des conditions particulièrement favorables d'exploitation, produisent des briquettes de tourbe d'excellente qualité, mais les investissements énormes de capitaux et de matériel, peu en rapport avec l'importance de la production et augmentant considérablement le prix de la calorie-tourbe, n'apportèrent pas la solution de l'emploi économique de celle-ci.

L'utilisation de cette richesse carbonifère abondante méritait d'être reconsidérée en cette époque où, dans tous les pays, toutes les sources calorifiques, houille, gaz, électricité, déjà à des prix élevés, ont tendance à de nouvelles augmentations.

Ne recherchant pas une hypothétique production de combustible solide de remplacement, cette valorisation a été réalisée par gazéification de la tourbe, directement, à l'état brut humide, c'est-à-dire, comportant uniquement les frais minimes de l'extraction qui pour la tourbe se résume à un simple déblai.

Aux prix réduits de production de la matière première-combustible s'ajoutent pour l'usager le bénéfice du coefficient élevé de la chauffe au gaz et ses facilités d'applications.

Malgré une grande diversité d'origines végétales, sphaignes, carex, bruyères, roseaux, hypnum, typhas, etc., ainsi que des conditions de formation, la composition moyenne des tourbes d'Europe — pour les tourbes de même âge géologique — est sensiblement la même.

Composition sans cendres :	C.	H.	O.	N.	S.
tourbes françaises .....	55,31	6,57	36,74	1,13	0,25
» allemandes .....	59,34	6,06	33,61	0,99	0,05
» hollandaises ....	59,15	5,67	34,07	1,—	0,10
» irlandaises .....	60,02	5,88	33,15	0,95	—
» suisses .....	57,70	6,10	34,20	0,70	0,30

La teneur en carbone, par destruction lente de la cellulose, peut s'élever à 65 et 70 %, dans les tourbes anciennes (vingt siècles et plus).

Avant le développement des réseaux ferrés et fluviaux en Allemagne, la tourbe fut largement utilisée dans l'industrie du verre, de la chaux, du ciment, des briques, porcelaine et poteries, même dans la métallurgie, ceci grâce aux salaires très réduits payés dans ces régions défavorisées et à l'emploi d'une main-d'œuvre plus économique encore, celle des prisonniers de droit commun dont les primes de rendement étaient payées par des journées de réduction de peine.

La verrerie de Bohême, malgré un prix de revient élevé, utilise encore la tourbe pour ses fabrications de verre de luxe.

Pendant la dernière guerre, grâce à l'affectation de nombreux prisonniers polonais à l'extraction de la tourbe, celle-ci fut utilisée pour la production de

carburant de synthèse; actuellement en U.R.S.S., la tourbe sert de base à la production du méthanol.

La gazéification directe de la tourbe brute humide, par le procédé que nous étudions, s'applique à toutes les tourbes, sauf les tourbes fibreuses qui trouvent déjà des débouchés.

Les variations de rendement sont volumétriques et non calorifiques.

Les firmes importantes les plus spécialisées dans la construction des gazogènes, Siemens, Didier, Trenkler, Deutz, Mond, Wintherthur, etc. réalisèrent des installations de gazéification de tourbe, généralement satisfaisantes; mais tous ces procédés exigent un abaissement préalable de la teneur en humidité à 40 % et moins, ainsi qu'un malaxage-briquetage, ce qui par le prix élevé et l'importance de la main-d'œuvre, enlève à son emploi l'intérêt industriel et financier et tout l'intérêt économique.

Voici quelques chiffres de rendement cités par ces firmes :

Firme	Eau (%)	Rend. Vol. (m <sup>3</sup> )	P. Calor. (cal.)
anglaise Mond .....	37,5	2,55	1.201
» allemande Deutz ....	32,4	1,86	1.420
» suisse Wintherthur ...	35,7	2,65	1.230

Le procédé étudié n'a pas la prétention d'améliorer ces rendements; l'innovation consiste uniquement à réaliser, par de judicieuses récupérations calorifiques, un abaissement de la teneur en eau et à effectuer en dehors de toute main-d'œuvre, par un mode de chargement particulier à l'appareil, les opérations indispensables pour présenter sur la

grille de la tourbe en morceaux plus ou moins libérés.

Ce procédé est appliqué depuis de nombreuses années à l'étranger à la chauffe de fours à chaux et à briques et les chiffres de rendements calorifiques ont été — sans variations sensibles — en moyenne de :

Pouvoir calorifique de la tourbe T.S. ....	=	4.225 cal/kg
Teneur en humidité à l'extraction :		
Installation polonaise .....	=	91,5 %
Installation Vardar .....	=	88,2 %
Analyse du gaz :		
CO <sub>2</sub> .....	=	5,5 % en vol.
CO .....	=	28,5
CH <sub>4</sub> .....	=	2,5
C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub> .....	=	0,8
H <sub>2</sub> .....	=	5,5
S .....	=	0,2
N .....	=	57,0
Rendement volumétrique par kg de tourbe T.S. ....	=	2,6 m <sup>3</sup> 15°/760
Pouvoir calorifique .....	=	1.225 cal/m <sup>3</sup>
Pouvoir calorifique par kg de tourbe T.S. ....	=	3.185 cal
Rendement du gazogène .....	=	73 %

Pour le fonctionnement normal d'un gazogène à tourbe, certaines conditions spéciales de construction doivent être respectées.

Ceci explique les échecs répétés des essais d'utilisation de la tourbe, dans les gazogènes à

houille ou à coke, sans procéder aux modifications indispensables.

1) Un pourcentage important de la tourbe doit se présenter sur la grille en morceaux plus ou moins

calibrés, faute de quoi la tourbe se tasse, fuse avec dégagement uniquement de CO<sub>2</sub> et non de gaz.

2) La réaction C + O est lente et ne devient normalement active qu'à des températures élevées, d'où nécessité d'allure vive et chaude de marche.

3) L'air primaire insufflé exige une pression élevée, vu la hauteur de couche compacte, il exige également une répartition uniforme sur l'ensemble de la surface de grille, à cause de la densité très faible du combustible; sans cela, il se forme dans la masse des cheminements de passage direct de l'air et des combustions, sans gazéification.

Dans la présente construction, la grille a été particulièrement étudiée.

4) Le maintien de l'allure chaude ne s'obtient que par réchauffage de l'air primaire.

5) Le déchargement doit pouvoir s'effectuer sans modification à la composition et au volume de l'air.

fectuant d'ailleurs normalement, dans le stock que toute usine doit se constituer quel que soit le combustible employé.

Cet abaissement de la teneur en humidité ne s'effectue que sur tourbe brute et cesse sur tourbe malaxée; pour le réaliser, il suffit d'isoler le stock du sol du dépôt par des claies de roseaux, pris à la tourbière, ou par des fascines.

Dans l'installation du Pripet — dont la reconstruction est envisagée — les stocks doivent constituer les réserves d'hiver; ils sont formés par des tas coniques recouverts de roseaux, d'environ 3 m 50 de hauteur, qui se réduisent rapidement par contraction à moins de 2 mètres.

L'égouttage se continuait même en hiver, le stock n'étant gelé que sous une épaisseur externe de 25 à 30 cm.

La durée de stockage, pour réduire la teneur à 70 %, est en moyenne de 80 à 90 jours.

### GAZOGÈNE À LA TOURBE BRUTE HUMIDE

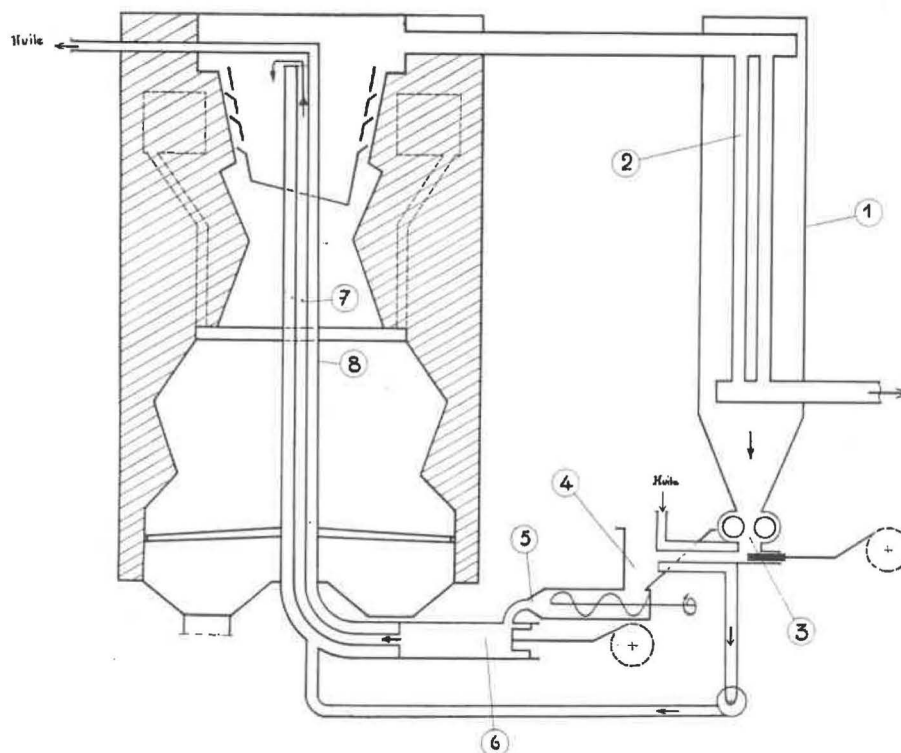


Fig. 1.

Nous avons vu plus haut que l'eau incluse dans la tourbe pouvait se classer sous deux rubriques :

- a) l'eau s'éliminant par pression ou égouttage;
- b) l'eau exigeant une intervention thermique et mécanique.

L'élimination par pression étant nécessairement coûteuse, nous n'envisageons que l'égouttage, s'é-

Les hautes eaux nécessitaient également un stockage d'hiver dans notre installation du Vardar, mais sous l'action des vents, la dessiccation des couches extérieures vers 40 à 45 % présentait un inconvénient car la tourbe à cette teneur, lors des opérations de chargement du gazogène, ne s'aggl-

mère plus aussi parfaitement, par contraction, que la tourbe à 60 %.

A la teneur de 85 %, une tonne tourbe T.S. s'accompagne de 5.667 kg d'eau.

A 70 % cette teneur est de 2.333 kg d'eau.

Le stockage-égouttage élimine  $5.667 - 2.333 = 3.334$  kg.

Reprise au stock, la tourbe brute est chargée en silo (1).

Celui-ci a pour fonction de :

- a) réfrigérer le faisceau tubulaire (2) disposé verticalement en son centre, condenser les vapeurs venant, comme nous le verrons plus loin, de la zone de dessiccation du gazogène;
- b) récupérer dans la tourbe une partie des calories, élever sa température, au besoin la dégeler;
- c) constituer un stock d'alimentation pour 24 heures de marche et économiser de la main-d'œuvre.

Du silo, la tourbe tombe dans la trémie de la presse plate (3) qui, comme toute l'installation d'alimentation, marche en continu.

La section en hauteur de cette presse est de 45 millimètres, la pression du piston-bourreur est réglable par ressort de 5 à 8 kg au  $\text{cm}^2$ , l'eau s'élimine par compression et s'évacue par des chicanes cloisonnées.

Ce réglage de la compression permet d'alimenter le gazogène en tourbe, à une teneur régulière en eau voisine de 60 %.

La presse est munie d'une double enveloppe qui sert de réfrigérant à la circulation d'huile, que nous examinerons par la suite.

Une partie des calories est ainsi récupérée et l'effet de celles-ci s'ajoute aux calories récupérées en silo.

La presse plate débite en (4) dans un malaxeur-défibreur. En (5), le malaxeur déverse une pâte homogène dans un piston (6) qui refoule dans un faisceau tubulaire (7) qui la remonte à travers le laboratoire du gazogène dans la zone supérieure de dessiccation, sous la forme d'un cylindre aggloméré de 60 mm de diamètre, qui après dessiccation complète se contractera en tronçons d'environ 35 mm de diamètre.

Le faisceau tubulaire (7) constitué par neuf tubes, est logé dans une enveloppe (8), à circulation d'huile, afin de :

- a) répartir entre tous les tubes une température uniforme et progressive, facilement réglable;
- b) protéger ces tubes contre les corrosions thermiques dans la zone de réaction à haute température du gazogène.

Le circuit de circulation de l'huile est assuré par pompe. L'huile est introduite à la base à la température moyenne de 80° C, elle sort au sommet à 150° C environ.

La réfrigération de l'huile est assurée par le passage dans la double enveloppe de la presse plate, où elle abandonne ses calories à la tourbe.

Le dispositif du faisceau tubulaire (7) constitue une des revendications essentielles du procédé de chargement.

Il n'a pas pour mission d'éliminer un pourcentage quelconque d'humidité; son rôle consiste à :

- a) filer la pâte de tourbe en vue d'obtenir des morceaux réguliers;
- b) élever progressivement la température de la tourbe vers 95° C, ce qui donne à la pâte une certaine consistance.

Si cette élévation de température n'était pas réalisée et si l'aggloméré pâteux de tourbe était placé brusquement dans l'ambiance chaude qui règne au sommet de la zone de dessiccation du gazogène, la tourbe tomberait en poussière et le principal objectif de notre procédé de chargement, qui est de présenter à la gazéification des morceaux agglomérés, ne serait pas atteint.

Le faisceau tubulaire débite sous l'effet du piston (6) des cylindres qui se fractionnent en longueurs différentes mais de même diamètre, en tombant dans les cônes de dessiccation.

L'ensemble de dessiccation est composé de deux cônes renversés, s'emboîtant, dont le sommet est coupé en sifflet afin d'empêcher les engorgements dans la descente aux endroits de moindre section.

Ces cônes en tôle présentent à la base une section circulaire et, au sommet, une section elliptique.

Ils sont placés dans un massif réfractaire, où les gaz à haute température provenant du laboratoire du gazogène circulent dans des carnaux en chicanes et où ils abandonnent une partie des calories de leur chaleur d'échauffement.

Le trajet des gaz dans le massif est réglable par l'extérieur afin de régler l'échange calorifique entre la masse tourbeuse et le fluide chauffant.

L'eau vaporisée est évacuée, sans contact possible avec les gaz, vers le condenseur (2) placé dans le silo de chargement (1) comme on l'a vu précédemment.

Grâce à un dispositif automatique, l'action de vide est freinée et réduite à environ 50 mm d'eau, ce qui est suffisant pour assurer l'évacuation rapide des vapeurs.

La tourbe, introduite au sommet de la zone de dessiccation à 60 % d'humidité et 95° C de température, arrive au bas de cette même zone vers 35 à 40 %.

A 60 %, une tonne de tourbe T.S. s'accompagne de 1.500 kg d'eau; à 40 %, sa teneur est réduite à 667 kg. Il faut donc éliminer :  $1.500 - 667 = 833$  kg d'eau. Nous établirons par la suite le calcul calorifique de cette élimination.

Nous avons vu que la grille d'un gazogène à tourbe devait présenter d'autres caractéristiques que la grille d'un gazogène à coke ou à houille.

La grille est constituée ici par quarante barreaux, affectant en plan la forme triangulaire tronquée.

Vingt de ces barreaux sont fixes et alternent avec vingt barreaux pivotant autour d'un axe en acier-nickel.

En élévation, les barreaux fixes présentent une forme triangulaire, empêchant les cendres de s'y fixer.

Du côté central, l'axe est logé dans un bloc métallique; du côté périphérique, il se prolonge à travers la paroi du gazogène, ce qui permet de le faire pivoter et de provoquer la chute des cendres.

Les espaces rayonnants, ménagés entre les barreaux fixes et mobiles, assurent une parfaite répartition uniforme de l'air primaire insufflé.

Le décentrage s'effectue à deux reprises par un

personnel qui n'a d'ailleurs en dehors de ce travail qu'une besogne de surveillance.

Les cendres sont recueillies dans des cônes étanches munis de by-pass.

Le gazogène du type normal du procédé étudié présente les caractéristiques suivantes :

Production de calories-heure .....	2.800.000
Diamètre intérieur .....	2,60 m
Surface de grille nette, faisceau tubulaire déduit .....	5 m <sup>2</sup>
Surface de grille par m <sup>3</sup> /heure de gaz .....	22 cm <sup>2</sup>
Gazéification par m <sup>2</sup> grille tourbe T.S. ....	175 kg
Gazéification par heure tourbe T.S. ....	875 kg
Gazéification par 24 heures tourbe T.S. ....	21 t
Hauteur du combustible dans laboratoire : cendres .....	150 mm
tourbe .....	1.600 mm
Température air primaire insufflé .....	300 °C
Volume d'air théorique kg tourbe T.S. insufflé .....	2,8 m <sup>3</sup>
Volume d'air réel kg tourbe T.S. insufflé .....	3,5 m <sup>3</sup>
Apport calorifique air primaire par kg tourbe .....	330 cal
Pression air primaire .....	275 mm
Quantité de gaz par kg tourbe T.S. ....	2,6 m <sup>3</sup>
Pouvoir calorifique du gaz 15° C 760 mm .....	1.225 cal
Calories par kg tourbe T.S. ....	3.185 cal
Température de dégagement du gaz dans laboratoire .....	1.250 °C
Chaleur d'échauffement du gaz par m <sup>3</sup> .....	477 cal
Chaleur d'échauffement du gaz par kg tourbe .....	1.240 cal
Chaleur d'échauffement tourbe à 60 % eau, 95° C par kg .....	180 cal
Total chaleur d'échauffement gaz + tourbe .....	1.420 cal
Température de sortie du gaz du gazogène .....	400 °C
Chaleur d'échauffement du gaz/m <sup>3</sup> à la sortie .....	135 cal
Chaleur d'échauffement du gaz/kg tourbe T.S. ....	350 cal
Abandon de calories zone de dessiccation par m <sup>3</sup> .....	342 cal
Abandon de calories zone de dessiccation par kg tourbe T.S. ....	890 cal
Eau à vaporiser réduction 60/40 % par kg tourbe T.S. ....	833 g
Dépense calorifique de vaporisation par kg eau .....	900 cal
Dépense calorifique de vaporisation pour 833 g eau .....	750 cal
Récupérateur calories condenseur silo .....	320 cal

De ces quelques chiffres contrôlés par une marche industrielle normale, nous déduisons :

- 1) les abaissements successifs de la teneur en eau peuvent être obtenus sans l'intervention de main-d'œuvre, autre que celle de stockage et de chargement du silo du gazogène;
- 2) la gazéification est obtenue avec un minimum de dépense de force motrice, un gazogène du type normal décrit, exigeant un moteur unique de 15 CV;
- 3) la teneur élevée en eau de la tourbe, après égouttage, exige nécessairement son emploi à proximité du lieu d'extraction.

Dans les régions industrielles, on trouve fréquemment des tourbières à proximité des centres où l'on dispose de chaux et d'argile.

Les calories/tourbe peuvent également être transformées sur place en force motrice.

- 4) une exploitation sur les bases sus-indiquées exige un gisement d'une certaine importance, mais une tourbière de 20 hectares assure l'alimentation de l'installation pendant plus de trente ans.

Chaque exploitation tourbière constitue un cas d'espèce.

Dans ces conditions, il est malaisé d'établir des prévisions et de chiffrer les économies réalisables en remplaçant, par la tourbe brute, le combustible utilisé, houille ou coke.

Une production horaire de 2.800.000 calories ou 67 millions de calories/jour, exige 21 tonnes de tourbe, calculée sur combustible théoriquement sec.

Ce tonnage exige une extraction de la tourbière de 140 m<sup>3</sup> de tourbe brute ou, pour un travail de 8 heures/jour, 17,5 m<sup>3</sup>/heure.

Par extraction mécanique, y compris le stockage à proximité, l'expérience fixe à 6 hommes le personnel nécessaire et la dépense de force motrice à 15 CV.

Dans certaines conditions, en tourbières drainées, l'extraction à la main permet d'obtenir le même tonnage avec une équipe de 10 hommes.

A titre de comparaison, le rendement normal de la houille maigre à 7.500 calories est en gazogène de 5.640 calories.

Un kilogramme de tourbe théoriquement sèche, donnant 3.185 calories, remplace donc caloriquement 0,565 kg de houille.

Ces chiffres font apparaître immédiatement l'économie réalisable par l'emploi de la tourbe brute

humide, gazéifiée par le procédé.

A cette considération s'ajoute, pour l'usager, l'avantage de posséder un combustible personnel dont les variations de prix coûtant ne peuvent être affectées que dans de faibles proportions.

## CHAPITRE II

### UNE APPLICATION DE LA CHAUFFE PAR LA TOURBE BRUTE HUMIDE LE FOUR A CHAUX, A GAZ A COMBUSTION INTERNE

La technique de la production de la chaux n'a guère évolué depuis l'époque romaine.

Le four ovoïde de Forenzo en Italie, qui date des premiers siècles de notre ère, s'identifie exactement aux fours actuels de construction récente, prônés par des firmes spécialisées.

Le four à chaux des indigènes du centre africain, creusé dans une termitière, présente sur nos réalisations de civilisés l'avantage de posséder une soufflerie et un récupérateur, évidemment sommaire, pour l'air primaire, ce qui a permis à certaines firmes d'en breveter la priorité.

Depuis ces époques éloignées, le combustible seul a changé, la houille, le coke ou le lignite remplaçant le bois.

Le seul progrès sensible est l'emploi généralisé de revêtements réfractaires, remplaçant les anciennes garnitures en galets, et une meilleure ventilation par placement d'une cheminée ou d'un ventilateur.

La complication de certains systèmes de déchargement mécanique, l'usure rapide de mouvements placés dans la poussière de calcaire enlèvent tout intérêt à la plupart de ceux-ci.

Les systèmes mécaniques exigent une fabrication régulière alors que le four possède une allure incontrôlable. La marche du four est fonction de la qualité du combustible, des conditions atmosphériques, du plus ou moins de soin de l'ouvrier chargeur.

Cette stagnation dans le progrès semblerait prouver que le principe de simplicité adopté n'est pas perfectible.

Nous croyons que le manque de progression, dans cette branche comme dans beaucoup d'autres, est imputable au fait que dans de nombreux pays l'industrie des calcaires — à part quelques gros producteurs vraiment industrialisés — revêt la forme artisanale à débouchés locaux limités, réalisés avec un minimum d'investissements.

Le système de taxation rend automatiquement l'exploitation bénéficiaire et n'engage pas l'industriel à modifier ses installations, exigeant de nouveaux investissements.

Cependant un jour viendra où la libre concurrence jouera et où le producteur, n'étant plus protégé par les taxations, se trouvera dans l'obligation de serrer ses prix de revient, d'adopter des méthodes qui lui permettront, non seulement d'améliorer la qualité de ses produits, mais aussi

d'économiser le combustible dont les prix élevés se grèvent de frais de transport régulièrement en hausse.

Ce que nous disions pour le calcaire, nous pouvons tout aussi bien l'affirmer pour les produits argileux, briques, tuiles, poteries, etc., auxquels s'adressent nos procédés de chauffe par tourbe brute humide.

Les économies qui peuvent être réalisées dans l'industrie des calcaires, sont :

- a) économie sur la dépense calorifique;
- b) économie sur l'entretien du revêtement du four;
- c) économie résultant de l'amélioration de la qualité.

Les dépenses du département carrière sont conditionnées par les frais de salaires, le prix des explosifs, éventuellement le transport et la situation du gisement.

Ce sont là des dépenses incompressibles dont l'importance doit avoir été établie préalablement par une étude minutieuse, avant d'en décider l'exploitation.

Dans la note précédente, nous avons exposé, en nous basant sur des chiffres contrôlés de plusieurs années de marche industrielle, les possibilités de production, par la gazéification directe de la tourbe brute humide, de gaz d'une valeur calorifique normale, mais à un prix de revient très réduit, comparé à celui des autres combustibles, houille, coke ou lignite.

Nous insistons sur les possibilités de cet emploi car, à notre connaissance, de très nombreux gisements importants de tourbe se situent à proximité immédiate de bancs de calcaires ou de gisements d'argile.

Des tentatives d'emploi de la tourbe dans les fours à chaux à combustion interne ont été faites. Ces essais ont été tous négatifs.

Ils furent effectués, soit en mélangeant à la houille de la tourbe brute, soit par emploi de la tourbe seule après briquetage et dessiccation.

Le mélange de deux combustibles aussi différents que la houille et la tourbe, ne peut donner aucun résultat satisfaisant.

L'emploi de la tourbe seule, sèche, briquetée — d'un emploi plutôt onéreux — amène, par écrasement du combustible de faible résistance, l'obstruction des espaces libres entre morceaux de calcaires, d'où diminution de section de passage des fumées.

Or, la dissociation du carbonate de chaux ne s'effectue plus ou est très retardée, s'il existe autour du morceau une tension d'acide carbonique égale ou supérieure à sa tension de dégagement.

C'est pourquoi par tous les procédés, les constructeurs tentent d'activer cette évacuation, soit par un tirage naturel par cheminée plongeante, soit par ventilateur.

Cette obstruction d'espaces se constate d'ailleurs avec certains charbons cendreux.

Nous avons eu l'occasion cependant de visiter un groupe de fours à chaux, dans la région de Dantzig, utilisant la tourbe en avant-foyers type Siemens. La tourbe était livrée par une usine de carbonisation de bois, qui additionnait ses déchets de fabrication et ses sciures à la tourbe et utilisait les calories perdues de ses fours à la dessiccation.

Les premiers essais de chauffe des fours à chaux, par le gaz, ne réalisèrent pas tous les espoirs; ils présentaient cependant déjà d'incontestables progrès sur la chauffe par combustion interne, surtout quant à la conduite du four.

Nous nous sommes attachés, avec pleine réussite, à obvier aux inconvénients signalés.

Nous n'avons pas à revenir sur les avantages de la chauffe des fours industriels par le gaz; le rendement extrêmement médiocre du four à cuve, qui est le four à chaux ou à ciment, est considérablement relevé.

Lors des premiers essais — et cette conception est encore adoptée par certaines firmes — la forme cylindrique ou ovoïde a été conservée, les brûleurs étant placés dans l'enveloppe à la périphérie.

Dans ces conditions, la transmission calorifique doit s'effectuer par un cheminement centripète, ce qui exige des températures plus élevées à la périphérie, où la cuisson est plus rapide qu'au noyau central. Le calcaire se présente dans la zone de chauffe, à densités différentes; le centre, plus dense, d'une cuisson moins complète, est sollicité principalement par le système d'évacuation de la base du four.

D'autres essais furent aussi tentés avec des gazogènes sans décendrage automatique, d'où irrégularité certaine de production de gaz et arrêt complet de débit, avec extinction des brûleurs pendant la période de nettoyage.

Enfin, le dispositif des brûleurs à la périphérie favorise le passage direct des fumées le long de la paroi, d'où perte calorifique importante.

Toutes ces constatations ont conduit à la conclusion assez hâtive que la chauffe au gaz des fours à chaux présentait un faible intérêt.

Il suffisait de résoudre les difficultés premières pour rendre à l'emploi du gaz tout son intérêt.

Des remarquables travaux d'Oleovnik, à l'Institut Autrichien des Combustibles, sur la chauffe au gaz des fours métallurgiques, il résulte que c'est la forme rectangulaire qui assure la répartition thermique la plus régulière.

Nous avons appliqué ces principes à l'opération thermique qui est la cuisson de la chaux.

Abandonnant la forme classique, cylindrique ou ovoïde, nous avons adopté la forme rectangulaire dont la petite dimension reste fixée à 1 m 80, le four s'allongeant avec l'importance de son débit, suivant la grande dimension du rectangle.

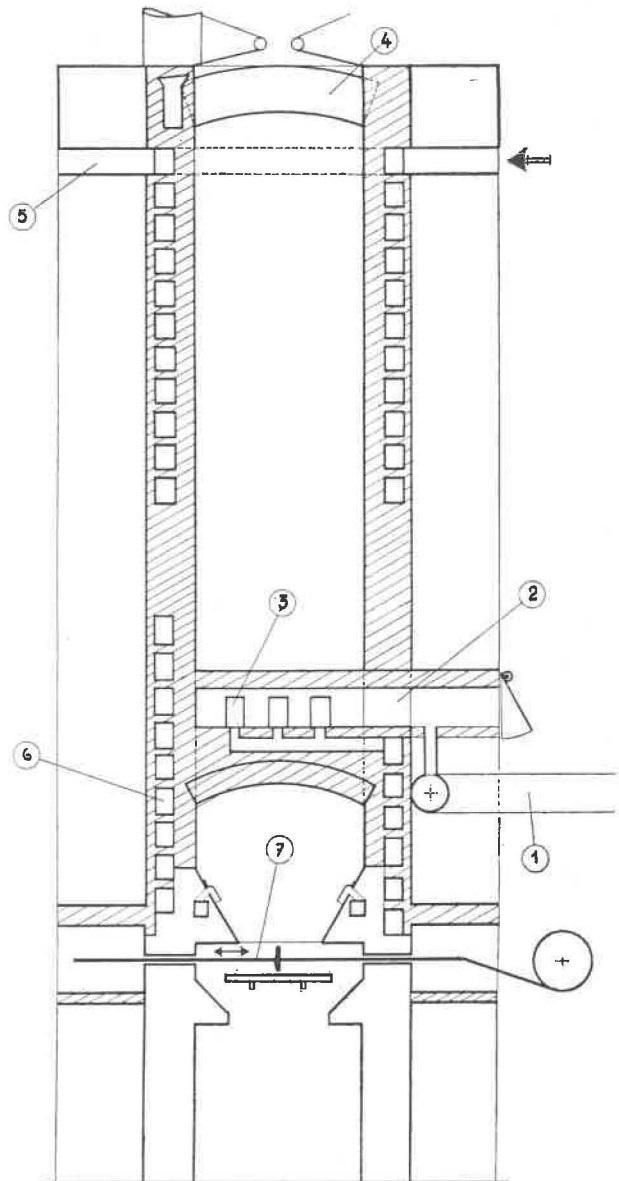


Fig. 2. — Four à chaux, à gaz et à combustion interne.

Mais nous avons aussi abandonné la chauffe périphérique.

Le gaz venant en (1) du gazogène, arrive en (2) dans des canaux transversaux.

Dans ces canaux (un seul est indiqué sur le plan) il rencontre l'air secondaire et, par des ouvertures multiples (3), les calories sont distribuées dans la masse.

Ces canaux transversaux, disposés sur deux étages, sont placés sur des voûtes creuses où circule l'air secondaire déjà réchauffé par le récupérateur (6) de la base du four.



La totalité des calories de combustion est donc utilisée à la cuisson du calcaire; ces calories sont de plus réparties uniformément dans la masse.

A l'importance de l'économie calorifique, s'ajoute l'économie obtenue par l'augmentation de rendement grâce à la suppression des incuits et des vitrifiés, fait particulièrement important pour les chaux chimiques.

La fixité de la zone de chauffe favorise l'évacuation des fumées et augmente la capacité de production de chaux, par m<sup>3</sup> de four installé, comparativement aux procédés classiques.

Non moins sensibles dans le procédé, sont l'économie de frais d'entretien et la réduction des journées de chômage.

L'enveloppe du four constitue un double récupérateur, la partie inférieure (6) réchauffant l'air secondaire, la partie supérieure (5) assurant le réchauffage de l'air primaire, dans le cas de marche au gaz de tourbe brute humide.

Le refroidissement du revêtement réfractaire, réalisé par cette circulation d'air, lui assure une longue conservation; la formation de nids d'abeilles destructeurs des revêtements n'est plus à craindre, ceux-ci étant formés par l'action des scories dans le procédé de la chauffe par la houille.

Le déchargement mécanique continu (7) est d'une extrême simplicité; il se réduit à une palette animée d'un mouvement alternatif, commandé par une bielle extérieure et glissant sur des barres d'acier fixées sur une plaque de fonte. L'usure est ainsi réduite au minimum.

La chambre d'évacuation dans laquelle se placent les wagonnets est fermée par des portes auto-claves, le four fonctionnant sous pression à la base et sous dépression obtenue par la cheminée au sommet.

L'introduction du calcaire se fait au sommet (4) qui est muni de volets étanches.

L'ensemble combustion-débit volumétrique est parfaitement réglable, afin d'assurer une complète régularité de marche.

#### Bilan calorifique d'un four à chaux de 24 tonnes chaux/jour.

Un calcaire ayant une teneur de 97 % CaCO<sub>3</sub> et 3 % d'humidité, exige pour la production d'une tonne de chaux la mise en œuvre de :

$$\text{Tonnage calcaire : } \frac{970 \times 100}{56} = 1.730 \text{ kg}$$

$$\text{Tonnage humidité : } \frac{1.730 \times 3}{100} = 52 \text{ kg}$$

$$\text{Tonnage total} = 1.782 \text{ kg}$$

La consommation calorifique théorique est par t/chaux de :

cuisson calcaire :

$$1.730 \times 452 = \dots\dots\dots 781.960$$

vaporisation eau :

$$1.782 \times \frac{3}{100} (617 + 0,50 \times 320) = 41.490$$

dépense calorifique par t/chaux : ..... 823.450 cal.

Le rendement du four à cuve à chauffe interne est fort réduit, malgré tout le soin apporté à sa marche.

Turcan signale des rendements de moins de 50 % avec une consommation de 1.608.000 calories; la moyenne cependant s'établit à 55 % avec une consommation de 1.470.000 calories.

Nous avons pu abaisser cette consommation calorifique à 1.100.000 calories, sans le dispositif de chauffage de l'air primaire du gazogène à tourbe brute humide, et à 1.200.000 calories en y comprenant cette dépense calorifique.

Ces deux chiffres de dépense calorifique peuvent s'établir comme suit :

Dépense théorique de cuisson .....	823.450
Pertes par fumées 2.639 m <sup>3</sup> à 200 °C ...	215.750
Pertes par CO <sub>2</sub> dégagé .....	24.900
Chaleur sensible des produits cuits 100° C .....	26.000

Total dépense calorifique ..... 1.088.109

Ce chiffre est celui de la marche sans dépense calorifique pour le gazogène, les calories de la double enveloppe du revêtement réfractaire étant remises en circuit dans le four.

Le rendement du four s'établit à 75,7 %.

Le fonctionnement du gazogène à tourbe décrit précédemment exige un réchauffage de l'air primaire à 300° C, ces calories étant reprises dans le réchauffeur supérieur du four.

Ceci nous amène à une dépense calorifique supplémentaire de 96.425 calories, établissant donc la dépense totale à 1.088.109 + 96.425 = 1.184.534 calories par t/chaux.

Cette augmentation de consommation ramène le pourcentage de rendement du four à 69,5 %.

Ce calcul constitue une comparaison entre la chauffe au gaz du four à chaux, en utilisant comme combustible, soit la houille dans le premier cas, soit la tourbe brute humide.

Dans le cas d'utilisation de la houille ou du coke, la consommation en gazogène sera de 158 kg par tonne de chaux.

Dans le cas d'utilisation de la tourbe brute humide, la consommation, calculée sur tourbe théoriquement sèche, sera de 329 kg par tonne de chaux.

Le faible prix coûtant de la tourbe, ne subissant de plus ni variations sensibles ni frais de transport, plaide dans certains cas en faveur de l'utilisation de ce dernier combustible.

Par ailleurs, la dépense moyenne par combustion interne est de 210 kg de charbon par tonne de chaux : le procédé de la chauffe au gaz présente donc, dans tous les cas, un intérêt évident.

---

### SAMENVATTING

Na een historisch overzicht van de pogingen tot valorisatie van turf doorheen de loop der tijden, ontleeft de auteur de oorzaken van de mislukkingen en de moeilijkheden die men ondervond.

Twee buitengewoon belangrijke factoren moeten in het oog gehouden worden, enerzijds de noodzakelijkheid van een welgekozen warmterecuperatie om het watergehalte te verminderen en anderzijds, de verplichting om de turf in min of meer gecalcibreerde stukken op de rooster van de gasgenerator aan te brengen.

De auteur beschrijft een generator volgens zijn conceptie en geeft de karakteristieken die bekomen werden bij industrieel bedrijf.

In een bijgaande nota bestudeert de auteur een type van kalkoven met gas en inwendige verbranding, die een vooruitgang vormt op de kalkovens van het gebruikelijke type. Deze kalkoven kan eventueel gevoed worden door het gas voortgebracht door een turf-gasgenerator.

In de landen die arm zijn aan kool, namelijk de Afrikaanse kolonies, verdienen de door de auteur beschreven procédés ruime aandacht. Zulks is bijvoorbeeld het geval voor het Oosten van Kongo, waar de turfafzettingen een zeker belang schijnen te vertonen.

---