

luble et, pas suite, susceptible d'entrer sans inconvénient dans la composition d'une peinture. Ce corps dégage de l'ammoniac à partir de 150°. Dans les enduits ordinaires, il donne, déjà de bons résultats, mais on obtient des peintures encore plus ignifuges en préparant un vernis spécial en dissolvant un linoléate (linoléate de plomb) dans l'essence de térébenthine ou de benzine dans la proportion suivante :

Linoléate de plomb	100 kg.
Essence de térébenthine.....	150

On broie ensuite avec ce vernis le mélange suivant :

Phosphate ammoniaco-magnésien .	75 kg.
Amiante (en poudre)	75
Céruse	100

La céruse peut être remplacée par un pigment quelconque; l'amiante n'est pas indispensable, mais fait baisser le prix de revient de la peinture.

De nombreux essais effectués comparativement avec cet ignifuge, des peintures ordinaires et des peintures alcalines à l'amiante ont montré nettement la supériorité du phosphate : si l'on fait sécher pendant deux minutes par la flamme d'un brûleur des plaques de bois recouvertes de peinture ignifuge au phosphate et de peinture ordinaire, celle-ci s'enflamme et l'attaque a lieu sur toute la longueur de la plaque, soit 14 centimètres. Celle avec peinture ignifuge ne s'attaque que sur une longueur de 3 à 4 cm. ; elle charbonne mais ne s'enflamme pas, ou tout au plus pendant quelques secondes et très faiblement ; cela peut s'expliquer par le fait que l'action se localise et qu'inévitablement le bois finit par être attaqué par suite de la désagrégation de l'enduit ; mais il n'y a pas propagation et, si la chaleur se prolonge, la propagation se trouve retardée dans une large mesure. Or, c'est précisément là le but d'un ignifuge. Ajoutons que l'essence de térébenthine peut être remplacée sans aucun danger, par du tétrachlorure de carbone.

On emploie aussi la formule suivante :

Chlorhydrate d'ammoniaque.....	1 partie
Phosphate d'ammoniaque ,.....	1 —

De même, celle-ci :

Borate de soude	1 partie
Chlorhydrate d'ammoniaque	1 —

On peut rendre également le bois incombustible en opérant comme suit : on le trempe dans une forte solution d'alun et de sulfate de fer dans l'eau, avec la proportion suivante :

Alun	1 kg.
Sulfate de fer	1
Eau	2 à 3 litres

Mentionnons enfin la formule à l'alun et au sulfate d'ammoniaque :

Alun	60 gr.
Sulfate d'ammoniaque	60
Acide borique	30
Gélatine	20
Amidon	6

Le mélange, effectué soigneusement, donne un produit de composition uniforme constituant un enduit homogène.

J. ESCARD,

(A suivre)

Ingenieur civil, Lauréat de l'Institut.

L'UTILISATION DES COMBUSTIBLES

DE L'EMPLOI DES COMBUSTIBLES LIQUIDES (1)

Conférence du Samedi 20 mars 1920, par M. GOUTAL, chef des Travaux à l'École nationale des Mines.

I. — GÉNÉRALITÉS

Le problème de l'utilisation maximum des différentes sortes de combustibles dont dispose l'industrie est actuellement des plus importants. La crise du change, celle du fret, la région du nord dévastée ont augmenté considérablement les prix et diminué en même temps les quantités disponibles de ces matières indispensables à l'industrie. La solution la meilleure est qu'il faut compter le plus possible sur son propre effort et, parmi les remèdes proposés, il convient de citer l'utilisation des forces hydrauliques et un meilleur emploi de certains combustibles comme le lignite, la tourbe, les huiles de schiste.

Les combustibles liquides peuvent être classés en 3 catégories : *naphte, goudron de houille, huile de schiste.*

1° NAPHTE-PÉTROLES. — Le naphte brut est un mélange de substances organiques, liquide, d'origine naturelle qui par distillation donne des hydrocarbures.

Quelques projections montrèrent l'exploitation des mines de pétrole, le forage des puits au trépan, l'entubage. Souvent après le forage, le naphte jaillit donnant un jet liquide qui vient former de véritables lacs à la surface du sol, (il y a alors danger d'incendies) lorsque le naphte ne jaillit pas naturellement il faut le pomper. Les principaux centres d'exploitation sont ceux du *Caucase* et ceux de *Pensylvanie*. Les premiers sont exploités depuis 1872, les autres depuis 1859. Il faut aussi mentionner ceux de Roumanie, de Galicie, du Mexique, du Canada, du Texas, du Japon, de Chine, de Bornéo, d'Égypte, d'Alsace, d'Algérie.

Le naphte brut est un liquide foncé à reflets bleuâtres, à odeur caractéristique. Sa densité varie de 0,80 à 0,97. Ce sont les naphtes russes qui sont les plus lourds.

	Composition moyenne	Limites
C	84 %	82 à 87.5 %
H	13 %	10 à 16 %
O + Az.....	3 %	0.1 à 6 %

Leur teneur en carbone est triple de celle d'une houille demi-grasse. Leur pouvoir calorifique déterminé à l'obus Malher est de 10.600 calories en moyenne (10.300 à 11.200). Leur distillation fractionnée donne :

a) *Ethers de pétrole* passant au-dessous de 70°, liquide mobile dont le point d'inflammation est de — 50° et qui constitue un mélange détonant d'emploi dangereux ;

b) *Essence de pétrole* ou *essence minérale* passant de 70° à 150° et même 180°. Son point d'inflammabilité est — 10° et quelquefois — 30° ; c'est encore un liquide d'emploi dangereux ;

c) *Pétrole lampant* passant de 170° à 280°. Son point d'inflammabilité varie de 25° à 35° ;

d) *Huiles solaires* de 280° à 350°. Le point d'inflammabilité varie de 80° à 85°.

(1) Voir aussi : « *Chimie et Industrie* ». Vol. 3-N° 2 « Chauffage à l'huile lourde des fours métallurgiques » par A. Couvy.

« *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* » Octobre 1918 « Etude des ressources en combustibles liquides » par A. Guiselin.

« *Congrès du Génie Civil* » Mars 1918. « Le pétrole est un combustible ».

« *Revue Générale des Sciences* » février 1920.
Conférence donnée par la *Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale* « L'intérêt et l'utilisation des combustibles liquides » 29 V. 20).

e) *Huiles de graissage* de 320° à 360°. Par refroidissement des huiles de graissage on obtient la *paraffine*.

Le résidu constitue le *brai* ou *asphalte artificiel*.

Lorsqu'on cesse la distillation à 280° on obtient une matière noire constituant le *Mazout* et qui a pour composition :

C	87 %
H	12 %
O + Az.....	1 %

Il faut 11 m³ d'air pour brûler 1 kg. de mazout. Cette combustion dégage 10.600 calories (1). La vaporisation de la vapeur d'eau correspondant à une perte de 600 à 650 calories, le *pouvoir calorifique réel* ou *pouvoir calorifique inférieur* se trouve ramené à 10.000 calories. Les foyers industriels permettent d'utiliser 80 % de cette chaleur. Un kg. de mazout correspond à 13 ou 13,500 kilogrammes d'eau à l'état de vapeur ramené à 100°. Le kg. de mazout correspond aussi à 1,700 kg. de houille moyenne.

L'essence de pétrole et le pétrole lampant ne peuvent pas être utilisés dans les foyers industriels à cause de leur point d'inflammabilité qui les rend dangereux.

2° **GOUDRONS DE HOUILLE.** — La distillation donne :

a) au-dessus de 170° des *huiles légères* (hydrocarbures aromatiques).

b) de 170° à 260° des *huiles moyennes* (phénols et naphthalène).

c) de 260° à 360° des *huiles anthracéniques* ou *huiles lourdes*.

Il reste le *brai* qui peut être demi gras, gras, ou sec ; il est utilisé pour la fabrication des briquettes. Les *huiles légères* servent à la fois comme combustible et comme produit chimique naturel. Elles sont surtout employées sous cette dernière forme. Les *huiles moyennes* dont le point d'inflammabilité varie de 70° à 75° sont dangereuses à employer. Les *huiles lourdes* débarrassées des produits solides ont une densité de 1,1 et sont utilisées dans le chauffage.

Pouvoir calorifique supérieur à	9.300
— — — — — inférieur à	8.900

Un kg. peut vaporiser de 11 à 12 kilogs d'eau, alors que le mazout en vaporise de 13 à 13,5.

3° **HUILES DE SCHISTE, HUILES DE LIGNITE.** — Leur pouvoir calorifique est de 9.500. Il est donc un peu supérieur au précédent et un peu inférieur à celui du mazout ; elles sont d'un emploi facile à condition de remonter leur point d'inflammabilité en les débarrassant des carbures légers qu'elles contiennent et qui sont à point d'inflammabilité faible.

II. — PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES COMBUSTIBLES LIQUIDES

1° **AVANTAGES.** — 1) *Pouvoir calorifique élevé.*

2) *Facilité de magasinage, de transport (pipe-Line). Réserves possibles — peu d'altération.*

3) *Introduction automatique dans les foyers.*

4) *Pas de cendres.*

5) *Main-d'œuvre réduite (8 à 10 foyers par ouvrier et même plus).*

6) *Régularité du chauffage.*

7) *Modification instantanée du chauffage.*

8) *Faible volume (trains, navires) : 800-870 kilogs de charbon au m³ ; 1.100 kilogs d'huiles au m³ (50 % de calories en plus).*

9) *Pas de fumées (navires de guerre).*

2° **INCONVÉNIENTS.** — 1) *Mazout.* L'emploi de ces huiles correspond à la perte d'un certain nombre de corps naturels recherchés par l'industrie : hydrocarbures, huiles pour le graissage, paraffine, asphalte et brai. Les uns de ces produits sont déjà insuffisants pour les besoins industriels : en brûlant le mazout on les détruit. Il faut surtout s'attacher à conserver les huiles de graissage et la paraffine ; une fois ces produits récupérés on peut réunir les huiles solaires au résidu et reconstituer le mazout.

2) *Huiles de goudron de houille.* Leur production est trop limitée il faut tâcher de l'augmenter (moteurs Diesel).

3) *Huiles de Schiste :* présentent l'inconvénient de renfermer du soufre. Pour diminuer cette teneur on peut les diluer avec des goudrons de houille épais, à anthracène et à naphthaline non utilisables : il y a alors à la fois diminution de la teneur en soufre et augmentation de la fluidité.

3° **CRITIQUE GÉNÉRALE.** — La grande critique que l'on puisse faire aux combustibles liquides, en France tout au moins, c'est leur prix trop élevé. Leur *pouvoir calorifique utilisable* dans les foyers industriels correspond à :

a) houille moyenne	5.000 calories
b) goudron (huile de).....	5.800 —
c) schiste (huile de).....	7.200 —
d) mazout	8.000 —

Une tonne de mazout équivaut à :

a) houille moyenne.....	1.600 Kgs
b) huile de goudron.....	1.180 —
c) huile de schiste.....	1.100 —

Or, le mazout qui valait 180 francs la tonne en 1900 (90 francs de douanes compris) revient maintenant à :

fin 1919	450 francs la tonne
2 mars 1920	280 shillings 60 d'achat + 220 de fret
15 mars 1920	312 shillings

Pour une utilisation réellement avantageuse, il faudrait que nous exploitons nous-mêmes et puissions ainsi nous passer de l'aide étrangère.

Il faut enfin noter que l'emploi sous forme pulvérisée augmente le pouvoir calorifique du charbon : 1.000 kgs de mazout équivalent alors à 1.400 kgs charbon pulvérisé.

4° **CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES :**

Pouvoir calorifique minimum :

Mazout	10.300 cal. (eau condensée)
Schiste	9.000
Goudron	8.600

Teneur en soufre pas trop élevée : inférieure à 1,2 %.

Point inflammabilité : doit être toujours supérieur à + 100°.

Enfin : pas de cendres, bonne viscosité et teneur en eau inférieure à 3 %.

Détermination de ces constantes : Le *pouvoir calorifique* se détermine à la bombe Malher : comme les corps étudiés ne sont pas volatils il n'y a aucune précaution à prendre et ces déterminations sont d'une haute précision.

Teneur en soufre : le dosage du soufre se fait dans la bombe Malher même, par la méthode ordinaire, qui consiste à brûler un poids connu de matière, dans la bombe, en présence d'oxygène comprimé. Après la combustion on ajoute une solution à 10 % de peroxyde de sodium, on filtre, on acidule par H Cl et on précipite l'acide sulfurique à l'état de SO⁴ Ba. Il y a intérêt à introduire dans la bombe quelques c. c. d'eau du calorimètre qui diminuent les pertes à l'ouverture. Comme cette eau fait partie de l'eau du calorimètre les constantes de ce dernier ne se trouvent pas changées.

Point d'inflammabilité : sa détermination se fait suivant 2 méthodes : soit en vase ouvert, soit en vase fermé. Dans la première on chauffe le corps étudié au bain de sable ; la température est indiquée par un thermomètre et on approche une allumette enflammée de temps en temps à mesure que la température s'élève : quand le corps prend feu la température est alors le point d'inflammabilité. Cette méthode est insuffisante car il peut y avoir dégagement de carbures pouvant faire de petits mélanges détonants. On opère en vase fermé avec des appareils spéciaux.

(1) Ces chiffres déterminés par M. Gontal peuvent varier jusqu'à 2 % suivant les corps employés.

Viscosité. Le viscosimètre le plus employé se compose d'un tube en U dans lequel circule le liquide ; dans la branche ascendante se trouve une tige bien calibrée qui force le liquide à passer dans un espace annulaire et contrarie ainsi sa marche. La vitesse d'écoulement du liquide donne alors avec l'étalonnage la viscosité. Un thermomètre indique la température dans l'intérieur du tube.

III. — UTILISATION DES COMBUSTIBLES LIQUIDES DANS LES FOYERS

1° FOYERS. — 1. *Foyers à volatilisation* basés sur la facile distillation des hydrocarbures, comprennent l'entraînement et l'inflammation du carburant à l'état de vapeur.

II. *Foyers à pulvérisation* dans lesquels le combustible est employé dans un état intermédiaire entre l'état liquide et celui de vapeur. Les différents modes de pulvérisation sont les suivants : pulvérisation à vapeur, pulvérisation à l'air, pulvérisation à gaz de récupération. L'avantage de ces foyers est de maintenir constant le rapport entre le combustible et le comburant. La combustion est régulière, sans explosions.

Le 1^{er} procédé par volatilisation exige des combustibles assez volatils tels que les goudrons à haute température, riches en carbone ; il ne faut pas employer de pétroles riches en asphalte qui formeraient des dépôts de carbone. Dans le 2^e procédé au contraire tous les combustibles conviennent également.

2° PROCÉDÉ PAR VOLATILISATION. — Précautions :

- 1° Bien régler le débit de l'hydrocarbure par rapport à l'air.
- 2° Maintenir à haute température la chambre de combustion.
- 3° Emploi comme comburant d'air chauffé par récupération.

3° PROCÉDÉ PAR PULVÉRISATION : 1° Dosage parfait du comburant et du combustible.

2° Le dard constitue une véritable chambre de combustion à 1.700° : le chauffage préalable n'est donc par nécessaire.

3° On fait varier l'orifice d'écoulement suivant la fluidité. Toutefois la limite est de 1 m³/m². On règle la vitesse pour une meilleure pulvérisation possible. Lorsque la vitesse est mal réglée on risque de voir des parcelles non comburées ou de voir la flamme diminuer et s'éteindre. Le rendement calorifique diminue alors.

4° Réglage du pulvérisateur : lorsqu'il y a des fumées noires, c'est signe d'un excès de combustible ; dans le cas contraire c'est l'air qui est en excès. Pour avoir une bonne marche, les fumées doivent avoir une teinte à peine visible. Température de la flamme 1700°. Emploi de la vapeur comme agent de pulvérisation : il faut 80 à 100 kgs de vapeur par tonne.

5° Qualités d'un bon pulvérisateur : doit être d'un nettoyage facile, d'un réglage parfait et enfin élastique, c'est-à-dire pouvant marcher suivant des régimes très variés.

Des vues des principaux types d'appareils furent projetées.

4° TRANSFORMATION D'UN FOYER ORDINAIRE EN FOYER A COMBUSTIBLES LIQUIDES. — Diviser le foyer par une sole en briques. Disposer une couche de briques réfractaires pour protéger les tôles. Garnir le devant par un mur en briques avec des regards et des trous pour l'injecteur.

En ce qui concerne les combustibles liquides, il convient de citer encore les recherches faites en Angleterre principalement sur les locomotives en vue d'un chauffage mixte au charbon et au mazout (chaudières téléscopiques), et aussi les tentatives faites pour donner à ces combustibles la consistance solide (1) (briquettes). Le combustible ainsi employé présente les inconvénients des combustibles solides, mais en revanche, il n'exige pas la transformation des foyers.

SOCIÉTÉS SAVANTES

GÉOGRAPHIE ET NAVIGATION

Les voies navigables d'Alsace et de Lorraine : leur rôle et leur avenir. — Note (1), de M. ED. IMBEAUX

J'ai l'honneur — et la joie patriotique — de présenter à l'Académie une Note, malheureusement trop résumée, sur la situation actuelle du réseau des voies navigables de l'Alsace et de la Lorraine, le rôle qu'il joue et devrait jouer, ainsi que sur les transformations importantes qu'il aura à subir dans l'avenir pour bien desservir les besoins industriels des deux provinces.

DENRÉES A TRANSPORTER. — L'importance économique du sujet résulte de la richesse même de leur industrie, laquelle comprend :

1° *Combustibles* : Bassin houiller de la Sarre, produisant annuellement 17 millions de tonnes de charbon, et son prolongement éventuel vers Pont-à-Mousson ;

Bassin pétrolifère de Pechelbronn (30.000^t de pétrole par an).

2° *Minerai de fer* : Bassin métallurgique lorrain (y compris une faible partie belge et luxembourgeoise), ayant produit en 1913, le chiffre énorme de 48.171.000^t de minerai, dont environ 18 millions de tonnes ont été exportées (principalement en Westphalie) ; le reste, traité sur place, a exigé l'apport d'environ 15 millions de tonnes de coke ou fines à coke (provenant presque entièrement de la Westphalie) et a donné 10.111.000^t de fonte brute (5.978.000^t d'acier).

3° *Potasse et sels de potasse* : Bassin potassique des environs de Mulhouse, contenant 323 millions de tonnes de potasse pure. En 1913, on a extrait 40.170^t de potasse pure, mais on prévoit un accroissement très rapide.

4° *Soude et sels de soude* : Nombreuses soudières et salines de Lorraine, produisant annuellement environ 360.000^t de sel brut et raffiné, et 525.000^t de sel transformé en soude et carbonate de soude.

5° *Chaux et ciments, grés, calcaires, etc.* : Nombreuses usines de chaux et ciments ; nombreuses carrières de pierres ; tuileries, briqueteries, faïenceries, etc.

6° *Autres industries* : Tissages et filatures d'Alsace et des Vosges (exigeant l'apport des cotons d'Amérique) ; blés venant par le Rhin ; vins du Midi ; bois des Vosges et de la Forêt Noire, etc

SITUATION DU RÉSEAU DES VOIES NAVIGABLES. — Le réseau des voies navigables d'Alsace et de Lorraine qui vient d'être, pour la partie autrefois annexée, rattachée au réseau français, comporte :

- 1° Des fleuves et rivières, canalisées ou à l'état naturel, savoir : Le Rhin, la Moselle, la Sarre, la Bruche et l'Ill ;

Malheureusement, ces cours d'eau ne sont pas partout en état de navigabilité. Ainsi, le Rhin n'est navigable qu'à l'aval de Strasbourg, et même, de Strasbourg à Spire, le tirant d'eau descend encore souvent, en basses eaux, c'est-à-dire en hiver, à 1 m. 40 : ce n'est qu'à l'aval de Spire qu'on est assuré d'avoir toujours 2^m, et à l'aval de Cologne 3^m. A l'amont de Strasbourg, on n'a, une partie de l'année, que 0^m,70 de hauteur d'eau, et les efforts pour faire de Bâle un port important ont échoué jusqu'ici. Le régime du Rhin alsacien est essentiellement glaciaire, c'est-à-dire que les basses eaux ont lieu de novembre à avril, et les hautes eaux, de mai à août, correspondant à la fonte des neiges ; ce n'est qu'à l'aval de Bingen que, grâce aux apports des grands

(1) En particulier : « Société des combustibles industriels ».

(1) Séance du 28 avril 1910.