

Appartenant à BC Paris
le 11 Juin 1942

CARBURANTS ET COMBUSTIBLES DE REMPLACEMENT

Tome I

CARBURANTS DE REMPLACEMENT

GAZOGÈNES

CARBONISATION

PAR

TONY BALLU

Professeur à l'Institut National Agronomique
Directeur de la Station d'Essais de Machines
du Ministère de l'Agriculture

PRÉFACE

de

M. P. CAZIOT

Ministre de l'Agriculture

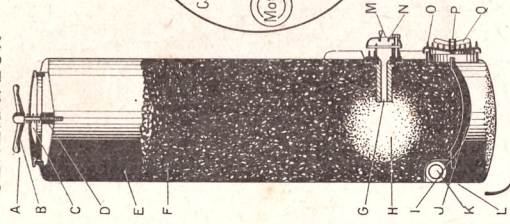


IMPRESSIONS DE VAUGIRARD
8, Rue Armand-Moisant, 8
PARIS

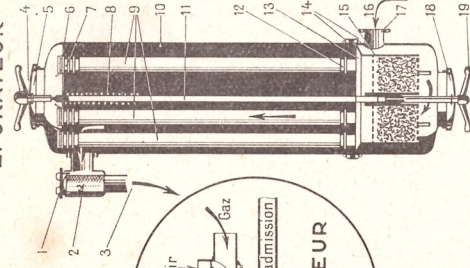
1941

- A. Porte de chargement.
- B. Poignée de fermeture.
- C. Couvercle supérieur.
- D. Etrier de fermeture.
- E. Corps du générateur.
- F. Combustible.
- G. Tuyère.
- H. Foyer.
- I. Support de grille.
- J. Grille.
- K. Raccord à bride.
- L. Sortie des gaz.
- M. Orifice d'allumage.
- N. Plaque de refroidiss.
- O. Ailettes de refroidiss.
- P. Porte de décaissage.
- Q. Serrage de la porte.

GÉNÉRATEUR

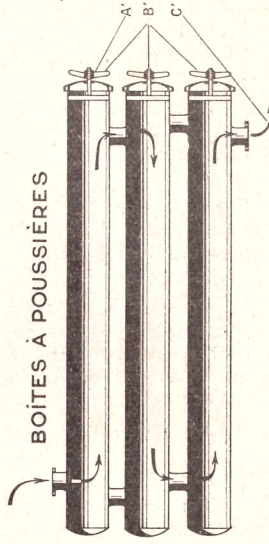


ÉPURATEUR



1. Fermeture du raccord.
2. Anti-flammes.
3. Sortie des gaz.
4. Porte de nettoyage.
5. Couvercle supérieur.
6. Disque porte-douilles.
7. Douille porte-manchon.
8. Ressort de tension.
9. Manchons filtrants.
10. Corps supér. du filtre.
11. Tige centrale fixe.
12. Douille P.M. intérieure.
13. Disque P.D. intérieure.
14. Joints caoutchouc.
15. Corps inférieur préfiltre.
16. Arrivée des gaz.
17. Raccord à bride.
18. Porte de nettoyage.
19. Poignée de fermeture.

BOÎTES À POUSSIÈRES



- A'. Poignées de serrage.
- B'. Portes de nettoyage.
- C'. Sortie des gaz.

**GAZOGÈNE
VERMOREL**
Pour Véhicules Automobiles
ETABLISSEMENTS
VERMOREL
Villafranche (s) (RNONE)

Cie des Procédés GOHIN-POULENC

6, Rue Thiers - CHOISY-LE-ROI (Seine)

Pour obtenir le maximum d'oxyde de carbone (CO), il faut un gazogène fonctionnant à température élevée.

Au lieu de disséminer dans une grande masse de carbone en ignition le fluide carburant (l'air), le gazogène **GOHIN-POULENC** le concentre sur un point très chaud. Vers 1.300 à 1.400° l'acide carbonique se décompose aussitôt formé, quand il existe, en laissant un résidu de carbone qui s'empare immédiatement de l'oxygène encore libre. En réalité, il fabrique ainsi de l'oxyde de carbone du premier coup sans avoir à équilibrer des réactions réversibles.

Le gazogène **GOHIN-POULENC** se compose essentiellement d'une tuyère horizontale pénétrant profondément à la base de la masse de combustible que contient un cylindre en tôle soigneusement clos. De l'autre côté de la base du cylindre est la sortie du gaz disposée de manière à empêcher le charbon d'être entraîné par le courant de gaz.

L'eau et les carbures que contient le charbon sont également réduits. Ces réductions absorbent une grande partie de la chaleur du gaz formé, puisque à quelques centimètres de l'orifice interne de la tuyère, la température tombe de 1.400° à 400 ou 500°. Il en résulte que le gaz de ce gazogène est riche et dépourvu de goudron.

Pour résister à cette température, la tuyère du gazogène est à double paroi et son espace annulaire est continuellement refroidi par un courant d'eau. Point n'est besoin pour y parvenir d'employer de grandes quantités de liquide. Le radiateur du moteur ou un radiateur de faible surface suffit pour assurer le refroidissement.

Mais que deviennent les cendres? A 13-1.400° toutes les cendres fondent, elles s'accumulent dans le fond du gazogène sous forme d'une petite galette de laitier.

Tel est, dans son extrême simplicité, le générateur de gaz **GOHIN-POULENC**. Une tuyère, un orifice de sortie des gaz formés dans un espace réduit et c'est tout. Le reste du générateur constitue la trémie d'approvisionnement; cette trémie, privée d'air, est à basse température. A quelques centimètres au-dessus de la tuyère, le charbon reste, noir.

Les gazogènes classiques marchent bien au charbon de bois, mais consomment difficilement les combustibles peu réactifs, c'est-à-dire présentant de l'inertie vis-à-vis de l'oxygène, aussi ne peut-on y utiliser les combustibles minéraux. Il n'en est pas de même des gazogènes **GOHIN-POULENC**, qui consomment indifféremment des fines de charbon maigre, des anthracites, des semi-cokes, ou mieux, des mélanges en proportions définies de ces combustibles avec le charbon de bois.

Malgré son originalité et son efficacité, ce principe de génération du gaz par tuyère plongeante, de section définie, ne permet pas à lui seul de fabriquer un gaz propre à l'alimentation des moteurs. En effet, le gaz qui sort de ce générateur est chaud et impur. Si on l'envoyait tel quel dans les moteurs, il donnerait très peu de puissance et les ruinerait promptement.

Le refroidissement dans les installatons **GOHIN-POULENC** s'opère

très simplement en faisant passer le gaz dans des tubes qui font le tour du véhicule. Exceptionnellement, quand l'engin à alimenter est fixe ou se déplace très lentement, on remplace le circuit de refroidissement en tube par un faisceau tubulaire; toutes les fois que c'est possible, on se contente d'une circulation dans des tubes dont la longueur suffit pour amener le gaz au filtre à une température de l'ordre de 50 à 70°. Avec des sections de tubulures convenables, on évite tous dépôts d'impuretés et on a, d'autre part, un maximum d'efficacité de la surface d'échange air-gaz; l'efficacité dépend, comme on le sait, de la vitesse de circulation, croissant ou décroissant avec elle. Avec ce dispositif, la température finale du gaz est liée à la température extérieure. Il suffit, pour la régler, de faire varier la longueur du circuit, et, pour cela, de disposer d'un by-pass réglable.

Le gaz étant ainsi refroidi il le faut épurer entièrement car s'il a, dans des parties plus élargies de la tubulure de refroidissement, déposé ses impuretés grossières, il conserve des poussières extrêmement abrasives et d'une incroyable ténuité. Ces impuretés sont fréquemment de la silice précipitée chimiquement qui traverse les filtres quand ils ne sont pas à mailles serrées et qui les bouche promptement quand ils ont une efficacité suffisante.

Quand on opère avec le charbon de bois, il arrive que, par suite de la nature des poussières de charbon, le colmatage est assez retardé pour que le service de l'installation, sans être idéal, se fasse tout de même dans des conditions acceptables. Avec des charbons denses et relativement riches en cendres, tels les charbons minéraux et même certains charbons végétaux, il fallait trouver un moyen sûr.

Or, il est un principe bien connu en industrie que, quand on veut épurer un fluide gazeux ou liquide qui contient une matière infiltrable, on salit le fluide en y mêlant une matière facile à filtrer qui forme épaisseur sur les filtres et se mêle aux impuretés à retenir.

C'est ce principe qui a été mis en application dans la méthode d'épuration **GOHIN-POULENC**. Le gaz se charge d'une matière dite « épurante » agissant seulement physiquement ou physiquement et chimiquement suivant les cas, et le mélange des trois éléments « gaz à épurer, poussières à retenir et matière épurante » arrive sur le filtre où le mélange de poussière et de matière épurante se fixe en couche épaisse; il suffit de disposer le filtre de telle manière que, quand la couche de matières solides a atteint une certaine épaisseur, elle se rompe, retombe sous son propre poids et se mêle à nouveau au courant de gaz brut. On réalise ainsi un épurateur par lit de surface filtrante réduite et résistant automatiquement au colmatage.

Enfin, le gaz froid et pur doit être envoyé au moteur et mêlé à la quantité d'air nécessaire pour le rendre tournant. C'est le but du mélangeur automatique qui se trouve combiné avec un carburateur spécial ou le carburateur d'origine du camion, carburateur permettant la mise en route et éventuellement l'enrichissement du gaz de charbon au moyen du gaz d'essence.



GAZOGÈNE CESBRON

CHEMILLÉ (Maine-et-Loire)

Le **GAZOGÈNE CESBRON** est, jusqu'à preuve du contraire, le premier au monde qui ait actionné un véhicule automobile.

Sa première application remonte, en effet, à l'an 1904. C'est-à-dire qu'il y a 36 ans, une voiturette Alcyon, à moteur monocylindrique de 4 CV faisait ses premiers pas, mue par un gazogène.

Ce mode de locomotion a fait de sérieux progrès depuis cette époque et les appareils CESBRON ont, eux aussi, quelque peu évolué.

Ils ont motivé des recherches incessantes qui, d'ailleurs, se continuent toujours, car, dans ce domaine, il y a encore beaucoup à faire.

En ce qui concerne le générateur, toutes les façons de combustion ont été envisagées: directes, semi-directes ou renversées, avec évacuation de l'eau, alimentation par tuyères, buses ou foyer ouvert, etc., etc.

Après de longues expériences, le système à tuyères spéciales dont la position et la propre masse les préservant contre tout risque de fusion, a été définitivement adopté.

Une autre particularité du **GAZOGÈNE CESBRON**, consiste dans sa sortie du gaz qui se trouve placée à au moins 700 m/m. au-dessus du foyer. Il résulte de cette disposition les importants avantages suivants:

1° Production de gaz plus homogène et plus constante, en raison du déplacement inévitable du foyer (provoqué par la formation des mâchefers et scories) sans nuire à la parfaite efficacité de la zone de réaction, contrairement à ce qui se passe dans les autres systèmes où la sortie de gaz se fait à la base du générateur, à une distance du foyer qui devient rapidement insuffisante, ce qui donne une proportion de CO₂ toujours indésirable;

2° Récupération intéressante des calories du gaz qui, traversant le combustible en réserve, y abandonne une grande partie de sa chaleur;

3° Première épuration du gaz dans le combustible lui-même.

En résumé, les gaz sortant d'un générateur **CESBRON**, sont plus riches, plus propres et plus froids que ceux sortant de tous les autres appareils.

Quant à l'importante question de l'épuration, elle a fait également l'objet de toutes les recherches possibles et imaginables: filtres à tamisage, à chicanes, à chocs, à détente, à cyclone, à copeaux secs ou graissés, à huile, à eau, à toiles, etc., etc.

Au cours des essais, il a été constaté un phénomène assez curieux, résidant dans l'efficacité du lèchage par le gaz, de matières pelucheuses. Basées sur cette propriété, les épurateurs **CESBRON** utilisent de la laine ou coton charpies. L'élément de filtre est constitué d'un tube en tôle perforée. Un des bouts est fermé et l'autre communique avec le moteur, autour de ce tube, sont disposés concentriquement:

1° Filtre anti-retour en toile métallique fine;

2° Une garniture d'ouate représentant un filtre de sécurité;

3° Une garniture de 50 à 70 m/m d'épaisseur de laine ou coton décrit plus haut;

4° Une enveloppe en grillage galvanisé renfermant le tout qui constitue une cartouche filtrante pouvant se nettoyer ou se remplacer en quelques minutes.

L'épurateur complet comprend un réservoir renfermant une ou plusieurs cartouches. Le gaz arrive dans ce réservoir et traverse les cartouches dans le sens de la périphérie au centre, de façon que le gaz saie attaquer d'abord les matières filtrantes par leur plus grande surface.

Comme il a déjà été expliqué plus haut, l'épuration se fait par lèchage et non par tamisage, ce qui évite le colmatage rapide, inévitable avec les procédés à toiles.

Le mélangeur **CESBRON** est du type courant, avec correcteur automatique. Il en diffère cependant, avec sa prise d'air en Giffard, qui diminue les résistances et assure un mélange plus intime.

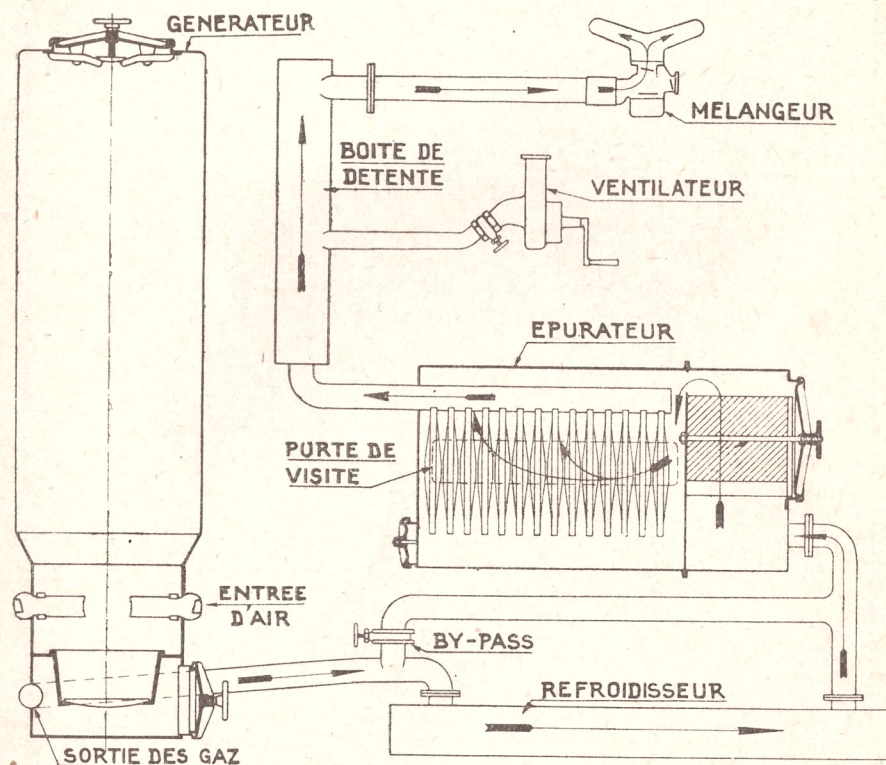
Il y a lieu de faire remarquer que la perte de charge totale dans le **GAZOGÈNE CESBRON** est inférieure à celle des autres systèmes, ce qui permet leur montage sur les plus petites puissances.

Il en est de même du prix de l'appareil qui, en raison de sa grande simplicité, est sensiblement moins élevé.

Des brevets viennent d'être déposés pour un nouveau générateur permettant l'utilisation de bois, charbons de bois ou minéraux: tourbe, etc... même relativement humides, avec dispositifs d'élimination de l'eau dans le générateur avant son passage dans le foyer.

ROCHET-SCHNEIDER - GAZAUTO

C'est le gazogène à charbon de bois qui a été adopté par Rochet-Schneider. En effet, une grande partie des impuretés produites par la



combustion du bois se trouvent éliminées par la carbonisation et l'on peut ainsi établir des appareils peu encombrants et d'un entretien aisé.

Et parmi les différents types d'appareils existants, c'est sur le gazogène Gazauto (licence Libault) que s'est fixé le choix de Rochet-Schneider. Il comprend:

1° Le générateur qui fonctionne par combustion inversée. En tôle d'acier, il n'a pas de revêtement réfractaire à usure rapide et remplace-

ment coûteux (d'où poids moins élevé). L'entrée d'air a lieu par une tuyère infusible sans circulation d'eau (simplicité) avec clapet antiretour (sécurité). Un panier-grille formant cendrier assure une plus large surface de dégagement aux gaz, c'est-à-dire la possibilité d'un long kilométrage sans entretien, ni diminution de puissance due à l'encrassement du foyer. Une grille oscillante permet un décentrage effectif et des orifices de grande section facilitent le nettoyage;

2° Le refroidisseur, à grande section, permettant le refroidissement correct des gaz;

3° L'épurateur à double compartiment: le premier contient un panier à coke assurant la deshumidification du gaz et la précipitation des grosses poussières; le second est un faisceau de cadres revêtus de tissus filtrants à trame spéciale qui retiennent les poussières les plus fines et assure une épuration parfaite. Les surfaces, très largement calculées, permettent un long kilométrage sans aucun entretien des toiles. Un dispositif de nettoyage pratique permet l'entretien dans le minimum de temps;

4° Le mélangeur, véritable carburateur à gaz; il permet le départ à l'essence, le passage rapide au gaz par dosage d'air rationnel et la marche au gaz avec réglage automatique. Il est fabriqué par Zénith.

Le gazogène Gazauto comporte encore un ventilateur, soit à main, soit électrique, grâce auquel la mise en route du véhicule peut avoir lieu sans le secours de l'essence.

Enfin, un manomètre de dépression assure à tout instant le contrôle de la marche du gazogène et indique le moment où le dégrassage du gazogène est nécessaire.

Un véhicule à gazogène ne donne vraiment satisfaction que s'il est confié à un conducteur professionnel soigneux et consciencieux. C'est cette considération qui a conduit Rochet-Schneider à organiser, il y a plusieurs années déjà, des cours de conducteurs de poids lourds. Les chauffeurs qui suivent ces cours et que Rochet-Schneider signale ensuite à l'attention de ses clients savent non seulement utiliser convenablement et économiquement les véhicules qui leur sont confiés, mais sont aussi à même de se dépanner seuls lorsqu'un incident, toujours possible, vient immobiliser leur camion.

C'est un point qui valait d'être rappelé au moment où la pénurie des moyens de transports oblige à une utilisation intensive du matériel existant.

Le Gazogène PIERSON V.A.

Le Gazogène PIERSON V.A. pour véhicules automobiles, dérive du Gazogène industriel bien connu.

Il est à foyer ouvert et à injection de vapeur.

Le foyer ouvert (en communication directe avec l'atmosphère), facilite les décrassages. — Une simple manœuvre de la grille, entièrement reversible, fait tomber les mâchefers dans le cendrier.

Ce type de foyer permet de supprimer la tuyère et les réfractaires qui, souvent, ont été les causes d'ennuis de toutes sortes.

L'injection de vapeur dans le foyer, offre l'avantage d'introduire de l'hydrogène dans le gaz, grâce à la décomposition de l'eau. — Le gaz mixte obtenu a un pouvoir calorifique élevé, ce qui réduit la perte de puissance du moteur.

La vapeur est obtenue par une chaudière auto-productrice de vapeur, entourant le foyer.

Le gaz une fois produit est ensuite traité par les appareils suivants:

La boîte à poussières munie d'un certain nombre de chicanes arrêtant les plus grosses poussières, entraînées mécaniquement, par la dépression créée par le moteur de la voiture.

Les tubes de refroidissement, en général placés sous le châssis, permettent au gaz de se refroidir, grâce au courant d'air résultant du déplacement de la voiture sur la route.

Un filtre-cyclone agit sur les dernières poussières, par détente et filtrage au travers d'une matière inerte.

Le dosage air-gaz, du mélange explosif moteur, est obtenu par un « mélangeur automatique ».

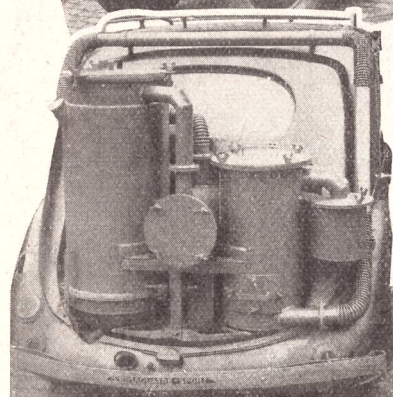
La mise en route se fait sans essence.

Le gazogène PIERSON V.A. a été adapté sur de nombreuses marques de voitures, entre autres sur CITROEN, PEUGEOT, RENAULT, DELAHAYE, HOTCHKISS, BERLIET, CHEVROLET, FORD V-8.

Il se monte soit devant, soit derrière la cabine du conducteur d'un camion, et peut se loger soit dans les ailes ou la malle arrière, soit sur une remorque, pour les voitures de tourisme.

Les Etablissements O.-G. PIERSON construisent également des Fours de carbonisation à conduite simple, n'exigeant pas de spécialiste, ayant des rendements élevés, 28 à 30 kg. de charbon de bois par 100 kg. de bois, suivant dimensions de fours et degré de siccité du bois.

Hi TUYÈRE
hi RÉFRACTAIRES...



LE GAZOGÈNE PIERSON V. A.

dérive du Gazogène industriel PIERSON dont 40 années d'expérience et de prudence ont consacré le succès.

Et c'est par expérience... que tuyère et réfractaires sont supprimés, que l'injection de vapeur est adoptée, parce que cela donne :

- Entretien simplifié
- Durée augmentée
- Moins de perte de puissance
- Grande souplesse de marche

Vous en jugerez par vous-même en nous demandant notre notice technique ou en nous rendant visite.



GAZOGÈNE PIERSON V.A.

POUR VÉHICULES AUTOMOBILES

Etablissements O. G. PIERSON
40, Boulevard de Reims - PARIS (17^e)

GAZOGÈNE " RUSTIC " A CHARBON DE BOIS

Montereau (S.-et-M.)

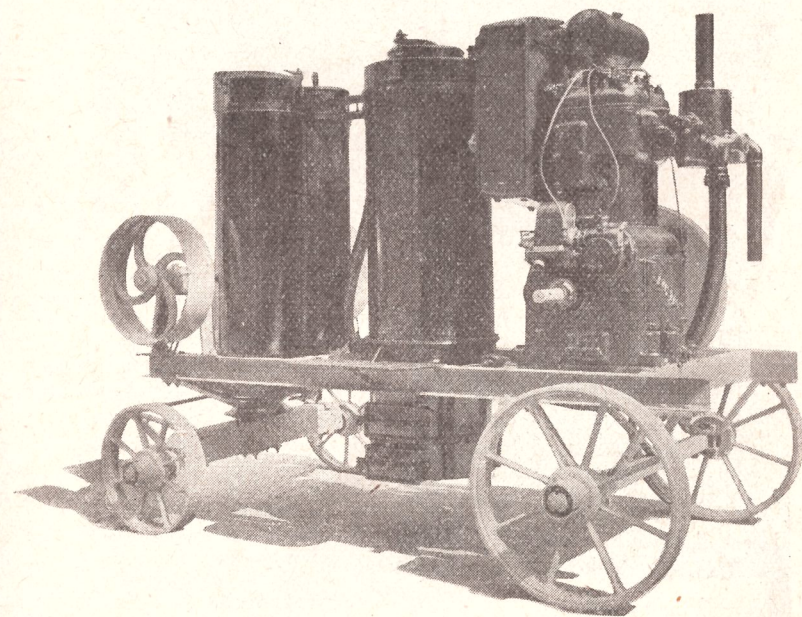
Les gazogènes **RUSTIC** à charbon de bois utilisent les charbons de qualité courante, calibrés en grains de 20/40 mm. La consommation est de 450 à 500 grammes par cheval-heure.

CARACTERISTIQUES GENERALES. — Ces gazogènes se composent de 3 éléments:

1° Le Générateur de forme circulaire possède:

A la partie inférieure, un foyer de combustion et de réduction garni de réfractaire, avec grille et cendrier;

A la partie supérieure, une trémie avec porte de chargement formant réservoir à combustible et portant dans sa partie basse le cône de distribution du



voir à combustible et portant dans sa partie basse le cône de distribution du charbon, ainsi que la porte oscillante d'entrée d'air;

2° Le ou les Tubes à poussière, constituée par un cylindre horizontal en tôle mince, muni à chaque extrémité de portes étanches de nettoyage;

3° Le Filtre constitué par un cylindre vertical contenant une colonne de matière épurante, entourant le filtre proprement dit.

Ce filtre est composé de chandelles métalliques garnies de fourreaux en tissu, reposant sur la platine supérieure par l'intermédiaire de joints plastiques. Le gaz doit traverser en spirale la matière épurante, tout en réchauffant le filtre, et passer ensuite à travers les tissus des chandelles.

FONCTIONNEMENT. — L'air introduit par l'aspiration du moteur forme un courant descendant, traverse le foyer, brûle le charbon en formant de l'anhydride carbonique CO_2 qui se réduit en oxyde de carbone CO en passant à travers la couche de charbon. L'eau restant dans le charbon est dissociée par son passage à travers le foyer, enrichissant le gaz par de l'hydrogène H .

GAZOGÈNE " RUSTIC " A BOIS

Montereau (S.-et-M.)

Les gazogènes à bois sont particulièrement intéressants dans les régions boisées pour l'alimentation des moteurs fixes ou mobiles, notamment chez les agriculteurs ou petits propriétaires forestiers qui ne veulent pas s'astreindre à carboniser leur bois. Les gazogènes « **RUSTIC** » fonctionnent avec toutes les essences de bois, également avec des coques d'arachides, de palmistes, etc., la consommation en bois dur est de 1 kg. 200 à 1 kg. 400 par CVH.

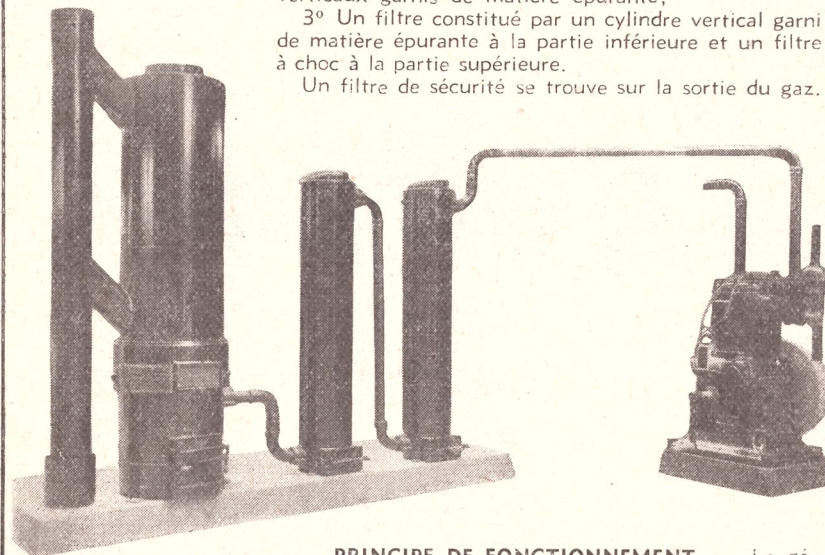
CARACTERISTIQUES GENERALES. — Le gazogène se compose de trois éléments:

1° Un générateur de forme circulaire ou rectangulaire comprenant un foyer garni de réfractaire surmonté d'un foyer de précombustion du bois avec porte d'entrée d'air munie de toile antifiame; une cheminée pour l'évacuation des fumées (avec vapeur d'eau et goudrons) est accolée à la trémie;

2° Un refroidisseur dépoussiéreur constitué par un ou plusieurs cylindres verticaux garnis de matière épurante;

3° Un filtre constitué par un cylindre vertical garni de matière épurante à la partie inférieure et un filtre à choc à la partie supérieure.

Un filtre de sécurité se trouve sur la sortie du gaz.



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT. — Le générateur est à double combustion; l'air introduit se répartit en deux courants: Un courant ascendant sous l'aspiration de la cheminée traverse le foyer de précombustion, assèche et carbonise le bois;

Un courant descendant sous l'aspiration du moteur traverse le foyer inférieur, brûle le charbon, en formant de l'anhydride carbonique (CO_2) qui se réduit en traversant la couche de charbon en oxyde de carbone (CO).

L'eau non évaporée restant encore dans le charbon, est dissociée en passant dans le foyer inférieur, enrichissant le gaz par de l'hydrogène (H).

Le réglage des registres des départs de cheminée est fait de telle sorte que la quantité de vapeur restant dans le charbon soit suffisamment faible pour ne pas refroidir le foyer.

Le gaz à la sortie du générateur est sec, il pénètre dans les refroidisseurs dépoussiéreurs par le bas, abandonne la majorité de ses poussières en gravitant à travers la matière épurante, pour sortir à la partie supérieure. Il pénètre ensuite dans le filtre par le bas, gravite dans la matière épurante, abandonne ses dernières poussières dans le filtre à choc et sort par le haut, par le filtre de sécurité en toile métallique.

LE GAZAUTO

BREVETS LIBAULT

présente sur les autres gazogènes des avantages indiscutables :

- L'ENSEMBLE DE SES PERFECTIONNEMENTS couverts par de nombreux brevets, grâce auxquels il fonctionne avec le minimum de dépression, donnant toujours le rendement maximum.
- LA SIMPLICITÉ DE SON FONCTIONNEMENT. Il n'exige aucune aptitude spéciale du conducteur. Il ne comporte aucun appareil en mouvement, aucune cause de pannes. Il demande le minimum d'entretien : un décendrage par jour (aussi facile que celui d'une salamandre).
- LA RAPIDITÉ DE SA MISE EN ROUTE.
- LE FINI DE SA FABRICATION infiniment supérieure à celle de nombreux appareils improvisés.

Bénéficiant de quinze années d'expériences,
LE GAZAUTO est au point.

Il y a actuellement plus de trois mille **GAZAUTO** en fonctionnement dans toute la France sur tous les types de véhicules industriels et de tracteurs. C'est pourquoi, quel que soit votre véhicule, vous n'aurez pas de surprise avec **LE GAZAUTO** : des véhicules semblables ont déjà été équipés.

DELAHAYE — ROCHET-SCHNEIDER — SAURER
montent **LE GAZAUTO** sur leurs véhicules neufs.

Parmi nos références : La S.N.C.F. - Les Sociétés Nationales de Constructions Aéronautiques - MICHELIN - BYRRH - BONAL - LA SUZE - GERVAIS - LES MALTERIES FRANCO-BELGES - NESTLÉ, etc.

NE COUREZ AUCUN RISQUE
CHOISISSEZ **LE GAZAUTO**

GAZO - INDUSTRIE

Société Anonyme au Capital de 2.000.000 de Francs

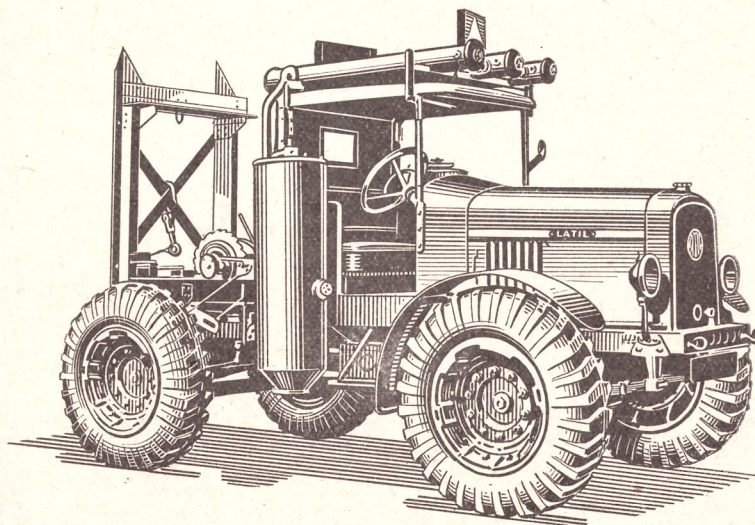
14, rue Brunel, PARIS — ETOile 05-50
33, place Bellecour, LYON — Franklin 59-14

LE TRACTEUR LATIL

A GAZOGÈNE - TYPE M3G TL6

4 ROUES MOTRICES
ET DIRECTRICES

AGRICOLE
FORESTIER
ROUTIER
COLONIAL



LATIL, 8, QUAI GALLIÉNI, SURESNES (SEINE)

GAZOGÈNE MALBAY

TYPE UNIVERSEL à CHARBON DE BOIS

Breveté S. G. D. G.

DUMENT HOMOLOGUÉ

Sa Simplicité

Sa Robustesse

Sa Puissance

E^{ts} DELAVENNE - 243, Boulevard Péreire, PARIS-17^e
CONSTRUCTEURS

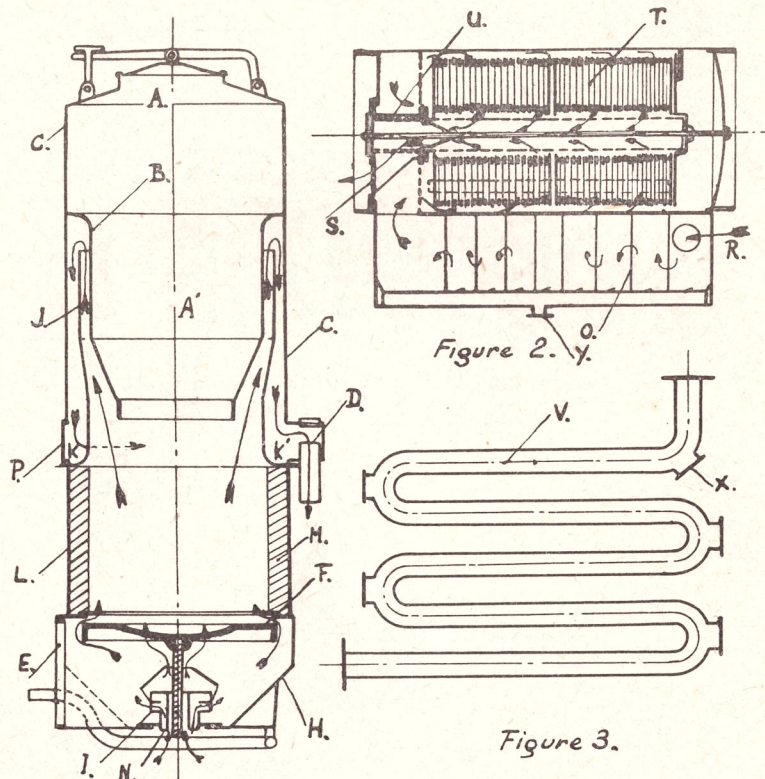


Figure 1.

Figure 1. GAZOGÈNE

C. Enveloppe extérieure.
B. Corps intérieur.
A.A'. Trémies
D. Sortie du gaz.
M. Creuset.
L. Enveloppe inférieure.
H. Cendrier.
EP. Portes de nettoyage.
I. Distributeur d'air.
N. Bouche d'entrée d'air
F. Grille.
K'. Chambre de décantation.

Figure 2. EPURATEUR

R. Orifice d'entrée des gaz.
S. Orifice de sortie des gaz.
T. Blocs filtrants.
U. Bouchon de vidange.
O. Deshydrateur.

Fig. 3. REFROIDISSEUR

V. Tubes refroidisseurs.
X. Bouchon de vidange.

NOTA. — Le gazogène MALBAY est à tirage direct, ce principe, ingénieusement réalisé, permet d'obtenir une très grande souplesse de gazéification favorable à l'alimentation des moteurs d'automobiles à régimes variables.

La conception de son foyer est telle, que l'humidité du charbon de bois est dissociée. L'épurateur particulièrement efficace assure une filtration parfaite du gaz.

SOMMAIRE DU TOME I

	Pages
Préface	3
Avant-Propos	4

Chapitre I. — LES CARBURANTS DE REMPLACEMENT

Qu'est-ce qu'un Carburant?	5
Carburants solides	6
Carburants liquides	7
Benzol	7
Alcool	7
Aménagement d'un moteur pour sa marche à l'alcool	8
Carburants gazeux	9
Gaz de Ville	9
Acétylène	10
Méthane	11
Hydrogène	11
Ammoniac	12

Chapitre II. — LES GAZOGÈNES

Qu'est-ce que le Gaz pauvre?	13
Qu'est-ce qu'un Gazogène?	14
Différence entre les Gazogènes fixes et les Gazogènes transportables	17
Générateurs	17
Refroidisseurs	18
Épurateurs	19
Mélangeurs	19
Équipement des véhicules à gazogènes	20
Conditions de fonctionnement correct d'un moteur au gaz pauvre	20
Compresseurs	22
Adaptation des Diesel et Semi-Diesel	23
Moteurs polycarburants	24
Montage sur le châssis	24
Gazogènes à charbon de bois	25
Appareils à tirage direct	27
Appareil à tirage inversé	27
Gazogènes à bois	30
Rendement économique des Gazogènes	32
Mise en Marche. — Entretien. — Pannes	36

Chapitre III. — COMBUSTIBLES POUR GAZOGÈNES

Caractéristiques des carburants gazéifiables	40
Le Bois cru	43
Le Charbon de bois	45
Faut-il préférer le bois au charbon de bois?	45
Bois torréfié	47
Comprimés et agglomérés	47
Autres carburants d'origine végétale	48

Chapitre IV. — FABRICATION DU CHARBON

Qu'est-ce que la Carbonisation?	50
Procédés de carbonisation	51
Meules de terre	52
Meules métalliques	53
Fours de distillation	54
Fours mobiles	55
Fours continus	56
Fours rotatifs	56
Organisation des chantiers	57
Conditionnement du bois pour la carbonisation	58

Chapitre V

PREPARATION DES COMBUSTIBLES POUR GAZOGENES

Conditionnement du bois cru	60
Découpeuses	62
Conditionnement du charbon de bois	66

Chapitre VI. — PRIX DE REVIENT DU CHARBON DE BOIS

Nécessité de recourir à de nouvelles méthodes d'Exploitation et de Carbonisation	76
--	----

PREFACE

Il a fallu l'épreuve terrible que notre Pays traverse actuellement pour mettre en valeur certaines de nos richesses Nationales, et notamment notre richesse forestière. Cette partie importante de notre patrimoine traversait depuis longtemps une crise sévère. On assiste aujourd'hui à sa revalorisation résultant de la diminution énorme des carburants liquides.

L'obligation de recourir aux produits de notre sol et de nos forêts, dans le but d'animer les moteurs et de chauffer les foyers, a eu pour conséquence la multiplication des gazogènes, d'une part, et des appareils de chauffage au bois, d'autre part.

Pour bien tirer parti de ce matériel, il faut bien le connaître.

C'est à cette œuvre de diffusion et de vulgarisation que s'est attaché le Professeur Tony Ballu, spécialisé depuis de longues années dans ces questions.

C'est plus particulièrement aux petits usagers qu'il s'adresse, ainsi qu'aux artisans et aux mécaniciens qui n'ont pas les connaissances scientifiques ni les facilités d'application d'un ingénieur.

L'auteur insiste avec raison sur les considérations d'ordre économique et de prix de revient.

Le caractère impérieux des besoins actuels en carburants et en combustibles tend trop souvent à reléguer au second plan les questions de prix et de qualité. Or, il ne faut pas que les préoccupations d'aujourd'hui fassent oublier les nécessités de demain. Ces nécessités seront surtout d'ordre économique et ce sens de l'économie devra se manifester, en particulier, par la lutte contre le gaspillage de tous les éléments concourant à la production.

Ces principes ont inspiré l'auteur dans l'étude plus spéciale des gazogènes, de la carbonisation et du chauffage, et nous sommes persuadés que son travail fait par un technicien expérimenté rendra de grands services.

PIERRE CAZIOT.
Ministre de l'Agriculture.

CHAPITRE I

AVANT-PROPOS

Les événements récents ont posé de graves problèmes dans tous les domaines de l'activité Française. Celui relatif au ravitaillement est sans conteste le plus angoissant. L'objet de cet opuscule est de rechercher les moyens de parer au manque de deux produits essentiels :

- le carburant pour les moteurs,
- le combustible pour les appareils de chauffage.

Loin de nous la prétention de présenter un exposé complet des carburants et combustibles de remplacement. De nombreux auteurs ont déjà traité le premier sujet, mais leurs ouvrages s'adressent surtout à des techniciens, ou tout au moins à une élite d'utilisateurs, ayant acquis une formation scientifique suffisante pour comprendre et assimiler les réactions chimiques et les phénomènes thermo-dynamiques qui expliquent les théories de la carbonisation, de la carburation ou de la combustion dans les appareils appropriés.

Notre prétention, est de nous adresser à ceux des utilisateurs dont l'instruction ne permet pas la discussion et la compréhension des formules chimiques ou thermiques, et à ceux, très nombreux aussi, qui, ayant fait des études assez poussées, ont oublié la gymnastique de ces formules, par suite d'occupations étrangères aux sciences physiques et chimiques.

Nous n'ignorons pas que la vulgarisation est un art d'autant plus ingrat, qu'elle veut être simple, claire, et compréhensible pour tous. Aussi nous appliquerons-nous à éviter les formules et équations. Nous essayerons d'y substituer l'explication littérale des phénomènes, parce que nous voudrions avant tout *faire comprendre* à l'utilisateur le plus ignorant des mystères de la Science, ce qui se passe, et *pourquoi* cela se passe ainsi.

Nous voudrions aussi mettre en garde les non spécialistes contre la tentation de construire eux-mêmes du matériel délicat tels que les gazogènes et les appareils de chauffage. Ce qui paraît simple, peut avoir été compliqué à calculer et à réaliser. Que les audacieux se pénètrent bien de l'idée qu'en pareille matière, ce sont les dimensions, les proportions, la nature et la qualité des matières employées qui sont primordiales. La « topographie » des réactions dans un gazogène, par exemple, est encore incomplètement connue de ceux qui travaillent la question depuis de longues années; l'existence même de ce problème échappe à ceux qui, s'étant servis d'un gazogène, s'imaginent pouvoir en construire un. Sans doute n'importe qui peut-il réaliser une sorte de poêle fabriquant de l'oxyde de carbone, mais le tout est de savoir quels seront le rendement, la consommation et la durée de l'appareil et du moteur actionné.

Le Tome I de cet ouvrage traite des *carburants de remplacement* et des gazogènes en particulier, ainsi que des divers procédés pratiques de carbonisation. Le Tome II traitera des *combustibles de remplacement* et du bois en particulier, ainsi que des moyens rationnels et économiques de les utiliser.

LES CARBURANTS DE REMPLACEMENT

Nous n'insisterons pas sur les conséquences du développement extraordinaire de la motorisation en général, et de l'automobile en particulier, concernant les besoins en carburants. On a donné suffisamment de statistiques sur la consommation des produits dérivés du pétrole, pour que nous y revenions. Résumons la question en disant que ces produits (essence, gaz oil, fuel oil) sont en grande partie importés de l'étranger, où la demande active de tous les pays non producteurs enflèvre le marché et provoque une sévère concurrence en même temps que des compétitions qui ont leur part de responsabilité dans le conflit mondial actuel. Aussi, chaque Nation dont la production de pétrole s'avère au-dessous de ses besoins, s'efforce-t-elle de s'affranchir dans la mesure du possible, de cette servitude, en employant des produits de remplacement d'origine nationale, naturelle ou synthétique. L'essence synthétique, n'étant encore qu'à ses débuts, nous n'en parlerons pas, pour étudier les autres carburants nationaux, susceptibles d'être mis en œuvre plus ou moins immédiatement.

On a pu dire, non sans raison, que l'étalon-or serait peut-être remplacé un jour par l'étalon-énergie. Nous vivons en effet au siècle de l'utilisation intensive de l'énergie. Or, en l'espèce, si l'on excepte les moteurs électriques, hydrauliques et éoliens, l'énergie est fournie à nos moteurs sous forme de « carburants ».

QU'EST-CE QU'UN CARBURANT ?

Tout le monde sait que le Carbone (C) est un corps simple qui a la propriété de se combiner avec l'oxygène (O) pour provoquer les phénomènes connus sous le nom de *combustion*. Les combustions peuvent être lentes, ou rapides. La vitesse de combustion dépend essentiellement de certaines conditions extérieures, telles que la température et la pression.

L'élément carburant, le carbone, entre, en proportions variées, dans une infinité de corps, et entre autres, dans les végétaux qui le puisent dans l'atmosphère grâce à la fonction chlorophyllienne (1).

Ce carbone, régénéré par la fonction chlorophyllienne, donne par l'intermédiaire des aliments, l'énergie aux organismes vivants, et par l'intermédiaire des carburants, l'énergie aux moteurs. Organismes vivants et moteurs, après s'en être nourris, le restituent à nouveau à l'atmosphère sous forme d'acide carbonique. Et le cycle recommence.

Le charbon et les produits pétrolifères, ne seraient d'ailleurs, d'après les théories actuellement admises, que la transformation au cours des siècles, de débris organiques d'origine végétale.

Quant au « comburant » l'oxygène, il se trouve dans l'air suivant une proportion qui est seulement de 21 %, alors que l'azote (corps inutilisable dans les moteurs) y entre pour une proportion de 79 %.

Les carburants sont donc des produits contenant du carbone, que l'on fait brûler par l'air dans les moteurs.

(1) La chlorophylle est un produit qui existe dans les tissus verts des végétaux et qui a la propriété, grâce au concours de l'énergie solaire, d'absorber le carbone se trouvant dans l'atmosphère (sous forme d'acide carbonique) pour nourrir le végétal concurremment avec les éléments fertilisants du sol assimilés par les racines. On estime à 100 milligrammes, la quantité d'acide carbonique se trouvant dans l'atmosphère au-dessus de chaque centimètre carré du globe terrestre, soit 1 kg par m², ce qui fait plus de 500 milliards de tonnes de carbone sur la surface du globe. C'est dans cette réserve, toujours renouvelée d'énergie, que puisent les forêts, à raison de 150 tonnes de carbone environ par kilomètre carré et par an. (Hennebute.)

Nous verrons plus loin que les carburants peuvent se présenter sous forme de solides, de liquides, ou de gaz.

Mais avant d'étudier les différents carburants de remplacement, répondons tout de suite à une question que se posent bien des gens en ce moment: pourquoi ne pas faire marcher les véhicules à l'électricité, en utilisant des accumulateurs, rechargés la nuit (aux heures où le courant, moins utilisé, est moins cher) par les secteurs électriques? Ceux-ci ne puisent-ils pas la majeure partie de leur énergie, aux chutes d'eau de nos montagnes, c'est-à-dire à des origines essentiellement nationales?

Sans doute le véhicule à accus fonctionne-t-il parfaitement. Mais tant que le fameux problème des accus légers n'aura pas été résolu, les auto électriques ne pourront pratiquement circuler que dans les villes, ou aux alentours immédiats des centres de rechargement. D'autre part, leur poids est prohibitif pour un certain nombre d'applications. Pour n'en citer qu'un exemple prenons le cas d'un tracteur agricole à accumulateurs, qu'on pourrait recharger la nuit à la ferme. Le calcul montre que, pour une puissance limitée à 25 CV, il faudrait 80 éléments représentant le poids respectable de 5 tonnes pour marcher pendant cinq heures seulement (c'est-à-dire, à peine une demi-journée par vingt-quatre heures). Ces accus devraient être groupés en deux étages ayant chacun 1 m. 35 de large sur 1 m. 50 de long, et 0 m. 50 de haut. Si l'on compte un espacement nécessaire de 0 m. 20 entre les deux étages, cela représente finalement un encombrement de 1 m. 35 × 1 m. 50 × 1 m. 20, soit près de 2 mc. 5.

Devant une si faible utilisation de l'électricité pour moteur mobile, force nous est de recourir aux carburants de remplacement. Ceux-ci se présentent sous formes solide, liquide, ou gazeuse.

CARBURANTS SOLIDES. — On sait que les poussières « organiques » pourraient également devenir des carburants, si les progrès de la technique s'y prêtaient.

Cela tient à leur extrême division, qui leur confère, pour un poids donné, une surface considérable de contact avec l'air. Il se produit donc une oxydation intense, qui, dans certaines conditions de température, et de pression, se traduit par une explosion. On trouve là, l'explication d'explosions fortuites qui se manifestent par exemple dans certains chantiers de battage (poussières végétales) actionnés par une locomobile à vapeur à feu nu, ainsi que dans certains moulins (poussières de farine), en présence d'une flamme.

Le sucre, entre autres, est — réduit à l'état pulvérulent — éminemment explosif: 8 grammes de sucre dans 28 litres d'air explosent à relativement faible température (400°) en développant une pression de 20 kilos au centimètre carré. Ne pensons pas à son utilisation comme carburant, dans les circonstances actuelles surtout!

Les poussières de sciure de bois, de papier, d'amidon, d'avoine, etc., pourraient également devenir des carburants, si les progrès de la technique s'y prêtaient.

Mais pour nous rapprocher de la réalité, parlons plutôt de la poussière de charbon: 7 mgr. de poussière de charbon par litre d'air provoquent en présence d'une source de chaleur, une explosion dont la pression atteint 28 kg. au cm². Le premier moteur Diesel marchait avec ce carburant. Si l'huile lourde lui a été substituée par la suite, on tend à revenir aujourd'hui à ce premier type de carburant solide pour moteurs à haute compression. Certains moteurs marchent même de façon continue à la poussière de charbon, depuis plusieurs années (moteur Rupa). Mais nous n'assistons là qu'au premier stade de développement de ce type de moteur, qui ne fonctionne jusqu'à ce jour qu'à poste fixe et à régime lent.

Nous ne devons donc pas compter sur une utilisation immédiate,

à bord d'un véhicule, de ce carburant à qui est peut-être réservé un avenir brillant, surtout s'il pouvait absorber de la poussière de charbon de bois, obtenue à partir de végétaux sans valeur: feuilles, ajoncs, herbes, etc...

CARBURANTS LIQUIDES. — En l'absence d'essence, que peut-on employer?

Parlons tout d'abord du **benzol**, carburant excellent, à haut pouvoir calorifique (1) (9.900 c.), mais provenant surtout de la distillation de la houille, c'est-à-dire obtenu en quantité notoirement insuffisante sur notre sol. Toutefois si l'on généralisait son extraction au lieu de brûler directement la houille, on augmenterait, en tout profit, le tonnage de nos carburants nationaux. Peut-être pourrait-on en obtenir également en quantités non négligeables, par traitement rationnel de nos tourbières, pour la plupart inexploitées.

Et l'**alcool**? tant décrié, quand il y a quelques années, pour réduire les importations massives d'essence, les Pouvoirs publics, avaient imposé l'addition d'alcool à l'essence, sous le nom de « carburant national ». Ne parlons même plus de ce mélange comprenant bien peu d'alcool et beaucoup d'essence, et qu'on accepterait si volontiers aujourd'hui, et étudions l'utilisation de l'alcool seul, qui devient subitement à la mode.

Du temps où l'essence était le roi indétrôné des carburants, on évoquait parfois avec un certain dédain les anciens moteurs marchant à l'alcool, en soulignant les inconvénients principaux de ce carburant: départs difficiles, corrosion (2) des culasses (surtout en aluminium), etc. Ne passerait-on pas aujourd'hui sur ces défauts, quitte à changer quelquefois de soupapes, voire même de culasse?

En fait, de nombreux usagers utilisent actuellement de l'alcool. Le tout est d'en trouver. Mais il apparaît qu'un effort puisse et doive être fait sans tarder pour en augmenter la production: indépendamment des ressources ordinaires provenant de nos produits agricoles générateurs de sucre (raisins, betteraves) qui donnent de l'alcool « éthylique », on doit fonder certains espoirs sur un procédé nouveau, produisant de l'alcool « méthylique » à partir du bois (traité par hydrolyse) et qui aurait en particulier le mérite de jouir d'un bas prix de revient.

Comment se comportent ces deux alcools comme carburants?

L'alcool éthylique, qui doit être préalablement « dénaturé » (par addition de méthylène), pour être rendu impropre à la consommation et profiter de ce fait de l'exonération fiscale prévue pour son emploi comme carburant, n'a qu'un pouvoir calorifique de 5.900 calories au kilo (4.600 au litre). Il est peu volatil, ce qui a comme conséquence de rendre difficile, sinon impossible le départ du moteur à froid. Par contre, il supporte beaucoup mieux que l'essence des compressions volumi-

(1) On appelle « Pouvoir calorifique » la quantité de chaleur que peut dégager un corps par combustion complète.

La chaleur se mesure en « calories ». La « petite calorie », est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température de 1 gr. d'eau pure. La « grande calorie » est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température de 1 kg. d'eau.

La petite calorie est surtout utilisée dans les laboratoires. La grande est plus généralement employée dans l'industrie. C'est de celle-là dont nous nous servons ici.

Le pouvoir calorifique est dit « supérieur » quand on compte la quantité de chaleur dégagée par un combustible après condensation de l'eau provenant de son humidité ou des réactions chimiques résultant de sa combustion.

Le « pouvoir calorifique inférieur » est la quantité de chaleur dégagée par le combustible. sa vapeur d'eau n'étant pas condensée. C'est surtout de celui-ci dont nous parlerons.

(2) Cette corrosion est due surtout à la présence d'acide acétique, qu'on ne trouve que dans les alcools insuffisamment purifiés. C'est à l'usage de s'assurer de la pureté de l'alcool qu'il achète en exigeant de son vendeur un certificat de garantie.

ques (1), pouvant aller jusqu'à 10 sans craindre les auto-allumages, ni phénomènes de la détonation (2). Son faible pouvoir calorifique provient de ce qu'il contient relativement peu de carbone (44 %) et beaucoup d'oxygène (45 %). Sans doute cet oxygène est-il utilisé pour brûler en partie le carbone et l'hydrogène, contenus dans l'alcool, mais l'oxygène de l'air étant gratuite, cet apport de comburant est en fait inintéressant, d'autant plus qu'il abaisse le pourcentage des éléments utiles contenus dans le carburant, à savoir le Carbone et l'hydrogène.

Toutefois, cette présence d'Oxygène, joue un rôle dans les qualités antidétonnantes de l'alcool en formant, au moment de l'explosion, de la vapeur d'eau (avec l'hydrogène) dont le pouvoir antidétonnant est connu.

L'infériorité du pouvoir calorifique de l'alcool éthylique par rapport à celui de l'essence est compensée en grande partie par ses qualités antidétonnantes. On sait en effet, que le rendement d'un moteur à explosion est d'autant plus élevé qu'on augmente le taux volumique de compression. Au taux 5, limite qu'on ne peut guère dépasser avec l'essence, le moteur a un rendement thermique qui n'est guère supérieur à 20 %. C'est dire qu'un litre d'essence ne transformera en énergie motrice que les 20 % de ses 7.500 calories, soit 1.500 c. alors qu'au taux 7 de compression, parfaitement toléré par l'alcool, le moteur ayant un rendement de 30 % transformera en énergie motrice les 30 % des 4.500 calories d'un litre d'alcool, soit 1.380 c.

L'alcool « méthylique » (ou « méthylène », ou encore « esprit de bois ») a des propriétés carburantes quelque peu différentes de celles de l'alcool éthylique. Son pouvoir calorifique est encore plus faible (5.300 c. au kilo) et il ne peut, à l'état pur, être comprimé à plus de 6, sans risque de détonation. Par contre, il est très volatil, ce qui rend possible les départs à froid.

Les défauts de ces deux types d'alcool, peuvent être en partie corrigés par l'incorporation d'autres carburants. Sans parler de l'essence, signalons qu'un apport de 25 % de benzol à l'alcool éthylique accroît sensiblement le pouvoir calorifique du mélange.

Quant à l'alcool méthylique, M. Dumanois, spécialiste réputé des questions de carburants, conseille un mélange de 60 % d'alcool méthylique, 15 % d'alcool éthylique et 15 % de benzol.

Citons enfin l'alcool « étherifié » (addition d'éther à l'alcool) que nous avons essayé à la Station d'essais de Machines, et qui nous a donné d'excellents résultats.

Quant aux risques de détériorations des moteurs avec l'alcool, on peut les atténuer, sinon les prévenir, en prenant soin de faire tourner pendant quelques secondes le moteur à l'essence avant de l'arrêter, pour balayer les vapeurs d'alcool non brûlées qui sont plus particulièrement nocives.

Aménagement d'un moteur pour sa marche à l'alcool. — Deux

(1) Quand on parle de « compression » d'un moteur, beaucoup de personnes s'imaginent qu'il s'agit de « pression » évaluée en kilos par centimètre carré. On ne peut l'estimer ainsi en pratique parce que la pression varie avec la température et que cette dernière varie elle-même dans le cylindre suivant différents facteurs (température extérieure, régime du moteur, etc.). Les indications de pression données par un manomètre seraient donc susceptibles de grandes variations pour un même moteur. C'est pour cela qu'on préfère parler de « taux de compression volumétrique (ou volumique) ».

On appelle taux volumique de compression le rapport $V + v$ dans lequel V représente la

« cylindrée », c'est-à-dire le volume par la course du piston dans le cylindre, et « v » le volume de la chambre de compression. Le rapport ne peut pratiquement pas dépasser 5 dans les moteurs marchant à l'essence pure, sans craindre de détonation.

(2) La détonation est un phénomène encore incomplètement connu actuellement, d'origine à la fois chimique, thermique et mécanique, qui a pour effet de provoquer l'explosion des couches de mélange tonnant les plus éloignées de la culasse, bien avant que le « front de flamme » provenant de l'étincelle ne soit parvenu normalement à ces couches.

points distinguent plus particulièrement les moteurs prévus pour la marche à l'alcool de ceux étudiés pour l'essence.

C'est d'abord le taux de compression, qui, comme nous l'avons dit, peut être facilement porté à 7. Sans doute n'est-ce pas là le taux optimum pour l'alcool, mais *pratiquement* c'est celui auquel on s'arrête, car, au delà, on se heurte à des complications secondaires, provenant, entre autres, des difficultés que rencontre l'étincelle à passer entre les deux pointes de la bougie en milieu trop comprimé. A ce taux de 7, nous avons vu que la supériorité de rendement du moteur compensait en grande partie l'infériorité du pouvoir calorifique de l'alcool par rapport à celui de l'essence.

Il faut en second lieu réchauffer le carburateur, tout au moins pour l'alcool éthylique. Un serpentin en cuivre convenablement disposé autour de la pipe d'échappement, permet à l'alcool de se réchauffer, pendant les premiers tours de marche à l'essence. Il suffit donc d'une petite nourrice d'essence (ou de benzol, ou d'alcool étherifié) pour assurer les départs à froid (1).

Mais le mieux est de s'adresser aux maisons qui construisent des carburateurs spéciaux pour l'alcool.

Huiles végétales. — Nous n'en parlerons que pour mémoire. Sans doute, peut-on faire fonctionner un moteur avec certaines huiles végétales, mais ces huiles font actuellement l'objet de telles demandes au point de vue alimentation, qu'il serait puéril de penser à les affecter à d'autres besoins.

L'eau. — Les composants simples de l'eau sont l'hydrogène et l'oxygène. Ces deux corps ont une très grande affinité l'un pour l'autre. Mis en présence d'une étincelle, leur union se fait sous forme d'explosion violente. De temps à autre, des utopistes se demandent pourquoi ne pas décomposer l'eau en ses constituants, en vue d'obtenir un puissant mélange tonnant pour nos moteurs. Est-il besoin de faire remarquer qu'on se heurte, *a priori*, à une impossibilité de principe, puisqu'il faut fournir plus d'énergie pour obtenir la décomposition de l'eau qu'on n'en recueillerait en remettant ses constituants en présence; comme il ne s'agit là que d'une question économique, on peut toutefois se demander s'il ne serait pas possible d'utiliser à la première opération des énergies peu coûteuses (provenant, par exemple, de calories récupérées). Que de progrès si l'on n'avait qu'à remplir d'eau aux bornes fontaines, son ancien réservoir d'essence! Mais ne nous illusionnons pas sur la réalisation de ce petit rêve utopique... tout au moins pour le temps présent.

CARBURANTS GAZEUX. — Parlons tout d'abord du **gaz de ville**, carburant connu, apprécié, et dont on a fait assez largement usage après la guerre de 1914. On voyait alors des autos circuler avec une sorte de large ballon couvrant tout le toit de la voiture. Le gaz y était accumulé à une pression très légèrement supérieure à la pression atmosphérique. Mais en tenant compte de son pouvoir calorifique (qui n'est que de 4.200 c. au mètre cube), on conçoit qu'un tel réservoir n'est capable d'alimenter le moteur que pour un parcours très restreint. Solution acceptable pour circuler à l'intérieur d'une ville dotée d'une usine à gaz, mais sans plus. Depuis, on a utilisé dans une assez large mesure les bouteilles à gaz comprimé à 200 atmosphères. Un camion de 7 tonnes consommant 30 litres d'essence aux 100 km. dépense 50 à 55 m3 de gaz. Equipé de

(1) On peut partir directement sur l'alcool en réchauffant préalablement le carburateur avec une topette (chiffon placé au bout d'un fil de fer et imbibé d'alcool).

Un moyen plus rustique encore, consiste à appuyer sur le titillateur du carburateur, pour faire couler sur la cuve un peu d'alcool qu'on enflamme.

10 bouteilles de 50 litres, il peut effectuer sans recharge un parcours de 170 km.

Sur les véhicules à large carrosserie, comme les camions et les cars, il est possible de loger une demi-douzaine de bouteilles.

Pour étendre encore le rayon d'action et utiliser ce carburant gazeux à bord des voitures de tourisme, on a construit de petites bouteilles en acier à haute résistance, cerclées en outre d'une ceinture continue de « cordes à piano ». Ces bouteilles pouvaient soutenir une pression intérieure de 350 atm. Il ne semble pas toutefois qu'elles aient satisfait à toutes les exigences requises, car elles semblent abandonnées pour le moment.

Quoiqu'il en soit, le gaz de ville présente dès maintenant une ressource très précieuse pour les véhicules urbains. Son pouvoir antidétonant est assez élevé, et permet d'augmenter la compression volumique des moteurs jusqu'à 7 ou 8.

L'acétylène. — Si l'on confère au gaz de gazogène, le qualificatif de « gaz pauvre », étant donné son faible pouvoir calorifique (1.200 c. au m³), on devrait baptiser l'acétylène: « le gaz riche », car c'est celui qui a le pouvoir calorifique le plus élevé (14.000 c. au m³). Quatre kilos de carbure de calcium donnent 1 m³ d'acétylène équivalant à plus d'un litre d'essence.

De gros espoirs ont été et sont encore fondés sur son emploi comme carburant. Deux solutions sont proposées (1):

La première consiste à utiliser les bouteilles d'acétylène dissous (2) qu'on trouve couramment dans le commerce et qui sont si largement utilisées pour de nombreux emplois (notamment dans les postes de soudure autogène).

Les grosses bouteilles renferment 33 litres d'acétylène liquide (de quoi donner 4 m³ de gaz). A bord des voitures consommant normalement 10 litres d'essence à l'heure, il faudrait cinq de ces bouteilles. Or, chacune d'elle pèse pleine, 80 kg. environ. Vides, leur poids n'est diminué que d'une trentaine de kilos; elles ont en effet un poids mort élevé du fait de la garniture poreuse dont elles sont remplies (matière poreuse qui s'oppose à la propagation d'explosion, risquant éventuellement de se produire en cas de décomposition fortuite de l'acétylène entre ses éléments constitutifs: C. et H.).

Aux prix actuels il faudrait tabler sur une dépense de 12 francs d'acétylène dissous pour remplacer un litre d'essence.

L'inconvénient sérieux provenant du nombre et du poids des bouteilles fait qu'on aurait tendance à s'orienter vers une seconde solution qui consiste à fabriquer l'acétylène à bord même des véhicules.

On sait qu'on obtient facilement de l'acétylène gazeux en mettant du Carbure de Calcium au contact de l'eau. Ce procédé était couramment employé pour l'éclairage des premiers véhicules automobiles. Mais les besoins de carburants du moteur sont autrement plus élevés que ne l'étaient ceux de l'éclairage, et les ressources nationales en Carbure de Calcium (50 à 60.000 tonnes par an) ne représenteraient guère que 1 à 2 % de la quantité d'essence consommée normalement en France.

D'autre part l'emploi de l'acétylène carburant n'offre pas une sécurité absolue. L'acétylène est très « détonnant », c'est-à-dire qu'il donne des explosions d'autant plus brisantes que le taux de compression est élevé. Pour diminuer les risques de danger, on peut injecter de l'eau qui joue le rôle d'antidétonnant; il faut compter, pour obtenir de bons résultats, sur une quantité d'eau analogue à celle nécessaire en essence pour un moteur de même puissance.

(1) Pour plus de détails, voir conférence de M. Leroy, de la Société des Ingénieurs Soudeurs.

(2) Acétylène dissous dans l'acétone.

Si sa faible production en France, d'une part, et sa très grande détonation d'autre part, ne lui ont pas permis, jusqu'ici, de figurer sur la liste des carburants de remplacement à employer *seuls*, par contre, son remarquable pouvoir calorifique doit lui faire jouer un rôle d'« enrichisseur » de premier plan. On étudie en ce moment son mélange avec l'alcool: un litre d'alcool peut dissoudre six litres d'acétylène à la pression atmosphérique et 120 litres sous une pression de 20 kilos par centimètre carré. Ce mélange serait utilisé dans des bouteilles d'acier analogues à celles utilisées pour l'acétylène dissous.

L'acétylène peut également venir en aide au gaz pauvre: un appoint de 3 % seulement procure une augmentation de puissance de 12 à 15 %. Il pourrait en outre être utilisé pour le départ des moteurs à gazogènes: une bouteille suffirait, et du fait que le moteur se trouve froid, à ce moment, les dangers de détonation seraient pratiquement écartés.

En somme si l'acétylène peut n'être pas un carburant de remplacement à employer seul, il doit constituer, par contre, un précieux carburant de « complément » en enrichissant les carburants de remplacement trop pauvres.

Le Méthane. — Le Méthane est également un carbure, constitué d'hydrogène et de carbone, à raison de quatre parties d'hydrogène, pour une de carbone (CH₄). C'est un gaz naturel qui se dégage de certains marais (d'où son nom de « gaz des marais »), et également des poches de mines, où il est redoutablement connu sous le nom de « grisou ».

Le Méthane est donc un gaz assez répandu, et son emploi comme carburant est intéressant. Il peut être comprimé facilement et sans danger jusqu'à 200 atmosphères, en bouteilles frettées par cordes à piano. Ces bouteilles ne représentent que 3 kilos de poids mort par mètre cube de gaz, et résistent à une pression de 250 kilos par centimètre carré. Le pouvoir calorifique d'un mètre cube de méthane est de 10.000 c., ce qui équivaut à peu près au pouvoir calorifique d'un kilo d'essence. Il présente comme inconvénient particulier de nécessiter beaucoup d'air pour sa combustion, ce qui fait que le pouvoir calorifique du mélange tonnant n'est pas aussi élevé que ne le laisse supposer son pouvoir calorifique propre.

La question du méthane carburant a été étudiée sérieusement durant ces dernières années.

En Italie, on a exploité un certain nombre de poches à gaz naturelles, auxquelles on a adjoint des postes de compression. En 1937, plus de 300 camions et autocars fonctionnaient au méthane comprimé.

Des essais de ce carburant ont été également très poussés en Angleterre. A l'usine de Saltley, près de Birmingham, une usine a été montée pour obtenir du méthane, en partant de la fermentation des eaux usées des villes. (Procéd. Badet.) On obtient ainsi un gaz de 6.000 c. qui alimente un moteur de 950 CV.

En France, une usine de « gaz de digestion des boues d'égout » est en construction à Achères, en vue de produire du méthane.

L'Hydrogène (2.700 c. au m³). — Nous avons déjà parlé de ce gaz à propos de l'utilisation de l'eau par électrolyse.

Sans revenir sur cette dernière idée qui semble, comme nous l'avons dit, devoir rester jusqu'à nouvel ordre, dans le domaine de l'utopie, on peut se demander si l'hydrogène fabriqué industriellement ne serait pas intéressant comme « carburant ». Remarquons en passant que ce terme de carburant est impropre dans ce cas (comme pour l'eau d'ailleurs), puisque l'hydrogène, corps simple, ne contient par conséquent pas de carbone.

L'hydrogène aurait sans doute certains avantages dus, entre autres,

à ses qualités antidétonantes (il admet des taux de compression atteignant 12) et à sa grande inflammabilité, mais cette qualité même devient un défaut, parce que la vitesse d'inflammation de l'hydrogène est exagérée pour le fonctionnement de nos moteurs: elle atteint 2.400 mètres à la seconde, alors que l'essence, pour l'utilisation de laquelle nos moteurs ont été conçus, n'a une vitesse d'inflammation que de 10 à 15 mètres à la seconde.

A noter à son avantage que les gaz d'échappement ne sont pas dangereux, puisque l'explosion de l'hydrogène dans l'oxygène donne de la vapeur d'eau.

Il existe, notamment en Allemagne, quelques installations motrices fixes à l'hydrogène, mais les essais sur véhicules ne semblent pas avoir encore été tentés.

L'Ammoniac. — Voici encore un gaz, qui ne comprenant pas de carbone, mais seulement de l'azote et de l'hydrogène (Az H_3) ne peut mériter le titre de carburant. Cela ne l'empêche pas de présenter un certain intérêt dans le fonctionnement des moteurs. Il a un pouvoir antidétonant assez élevé, mais est assez difficilement inflammable. M. Benoist remédie à cet inconvénient grâce à l'emploi d'un catalyseur qui décompose 5 à 10 % d'ammoniac pour libérer une quantité d'hydrogène facilitant l'inflammation.

Toutefois le procédé ne semble pas s'être répandu.

Tous les carburants de remplacement que nous venons de passer en revue ne semblent pas, pour les raisons que nous avons exposées, susceptibles d'apporter une solution, du moins immédiate et générale, au problème du remplacement des dérivés du pétrole. Aussi ne faut-il pas s'étonner que tous les espoirs soient fondés actuellement sur le fameux gaz de gazogène, connu depuis longtemps, mais qui a été l'objet de tant de vicissitudes depuis qu'il est entré dans le domaine de la pratique courante!

Utilisé couramment et avec succès pour l'alimentation des moteurs fixes, il rencontre, comme nous le verrons, des difficultés sérieuses dans son adaptation aux moteurs d'automobiles. Ces complications résultent, à vrai dire, non pas tant de considérations techniques, que de considérations d'ordre pratique, voire même psychologique. Les progrès de l'industrie automobile durant ces vingt dernières années, ont surtout été orientés vers la recherche du confort et du « moindre effort »: le jeu de la concurrence entre les nombreuses firmes d'automobiles a eu pour effet d'inciter les constructeurs à rechercher tous les moyens tendant à diminuer la peine et même le nombre de gestes du conducteur. On s'est ingénié à restreindre les préoccupations de manœuvre et de conduite, en faisant appel aux mécanismes même les plus compliqués, pour réaliser un automatisme aussi complet que possible des différents organes de fonctionnement et même d'entretien. Le gazogène étant, dans cet ordre d'idées, l'inverse du progrès recherché, ne pouvait jouir par principe, de l'estime de l'usager. On ne le considérait que comme un pis aller dont le besoin n'apparaissait pas s'imposer. Et il ne faut pas chercher autre part l'explication du retard de mise au point définitive qu'on peut lui reprocher actuellement.

En tout cas, en l'absence d'autres solutions aux besoins actuels, tous les yeux se tournent aujourd'hui vers lui. Aussi allons-nous lui consacrer une large place dans cet ouvrage et faire en sorte que le gaz pauvre, « parent pauvre » des carburants, soit mieux connu, mieux apprécié et mieux utilisé.

CHAPITRE II

LES GAZOGÈNES

Qu'est-ce que le « Gaz pauvre » ? — Chacun sait que le charbon, en brûlant, peut donner deux sortes de gaz: de l'acide carbonique (CO_2) et de l'oxyde de carbone (CO).

L'acide carbonique (ou « anhydride carbonique ») comprend, comme l'indique sa formule, deux parties (1) d'oxygène, pour une partie de carbone. Mettrait-on un excès d'oxygène à la disposition du charbon qu'il n'en ferait rien, le composé CO_2 représentant le corps carboné binaire à plus grande saturation d'oxygène.

C'est cet acide carbonique qui sort de nos foyers, comme nous le verrons au Tome II (Chauffage). Il n'est pas toxique, mais si du charbon brûle dans un local fermé, il accapare peu à peu l'oxygène de l'air du local, si bien que des êtres vivants n'en ayant plus pour respirer, succombent par asphyxie.

L'oxyde de carbone (CO) ne contient, lui, qu'une partie d'oxygène pour une partie de carbone, mais il est avide de se compléter en oxygène pour devenir de l'acide carbonique (CO_2).

Quand dans le local fermé de tout à l'heure, il n'y a pas assez d'oxygène pour satisfaire tous les besoins de combustion du charbon s'y trouvant, les derniers éléments d'oxygène sont âprement disputés par les atomes de carbone non servis, et il résulte une combustion incomplète ne donnant que du CO . Si un être vivant se trouve dans le local, le CO , s'attaquera à l'organisme par les voies respiratoires pour lui prendre l'oxygène qui lui manque et provoquera l'asphyxie, non plus par simple insuffisance d'oxygène, comme précédemment, mais par empoisonnement résultant d'une décomposition du sang. (Deux ou trois litres de CO par m^3 d'air suffisent à provoquer la mort.)

Le gaz pauvre est donc le résultat d'une combustion incomplète du charbon dans l'air. On va utiliser l'appétit que possède ce gaz pour l'oxygène, en mettant celui-ci à sa disposition dans le cylindre d'un moteur qui bénéficiera ainsi de l'explosion résultant de l'union brutale du CO et de l'oxygène de l'air, pour produire du CO_2 .

Pourquoi cette appellation de gaz « pauvre » ? — Elle tient à ce que l'apport d'oxygène au gazogène pour obtenir le CO cherché, se fait par l'air. Cet air comprend, comme on le sait, 21 parties d'oxygène pour 79 d'azote. C'est cet azote, gaz inutile dans le moteur, qui appauvrit le mélange tonnant, par sa présence encombrante, alors que les autres carburants comme l'essence, l'alcool et autres, sont constitués uniquement par des éléments actifs: C et H, sans présence de corps inertes.

Le gaz pauvre « à l'air » a la composition moyenne suivante:

$\text{CO} = 23 \text{ à } 30 \%$
 $\text{Az} = 50 \text{ à } 65 \%$

Son pouvoir calorifique n'est que de 1.200 c. environ au m^3 . Additionné d'une quantité d'air appropriée (un peu plus d'air que de gaz) le « mélange tonnant » ainsi formé ne donne que 640 c. environ au m^3 , alors que le mélange tonnant vapeur d'essence/air donne 850 c.

(1) La plus petite partie d'un corps composé s'appelle une « molécule » et la plus petite partie d'un corps simple, entrant dans la constitution d'une molécule, s'appelle un « atome ».

On peut se demander de suite pourquoi ne pas fabriquer le CO dans des usines fixes où il serait produit avec de l'oxygène pur débarrassé de son voisin encombrant l'azote. Le gaz qui ne serait plus pauvre, pourrait être comprimé en bouteilles moins encombrantes et moins compliquées à bord des véhicules que l'usine constituée par le gazogène. Des considérations de prix de revient et de technique de compression se sont opposés jusqu'à présent à cette solution. Quant à l'idée plus simpliste consistant à fabriquer du gaz pauvre au moyen d'un gazogène monté à poste fixe, et de compresser le gaz ainsi produit dans des bouteilles interchangeables disposées sur le véhicule, elle n'est pas viable. Le gaz ainsi comprimé, comprendrait en majeure partie cet azote indésirable de l'air; on ne ferait ainsi que « comprimer la pauvreté » du gaz.

Ainsi, à défaut d'autres solutions, doit-on se contenter de fabriquer le gaz à bord même des véhicules dans des appareils appelés gazogènes que nous allons étudier maintenant.

Qu'est-ce qu'un gazogène? — C'est un appareil qui a pour but de transformer un combustible solide en gaz combustible. Il paraît surprenant à l'esprit de beaucoup de gens, qu'on puisse « gazéifier » du bois ou du charbon, et cependant, il ne se produit pas autre chose dans les foyers domestiques: les flammes ne sont en effet que la combustion des gaz inclus dans le combustible solide ou provenant de sa décomposition par la chaleur. Mais la différence essentielle entre un poêle, par exemple, et un gazogène, c'est que dans le premier, on cherche avant tout à produire de la chaleur: on s'ingénie donc à obtenir une combustion aussi complète que possible du combustible; il se dégage par la cheminée des fumées qui doivent être composées surtout d'anhydride carbonique (CO_2), dans lequel, comme nous l'avons vu, le carbone a absorbé tout l'oxygène qu'il pouvait.

Dans un gazogène, au contraire, nous ne cherchons pas à produire de la chaleur, mais un gaz combustible, qui est l'oxyde de carbone (CO). Aussi a-t-on pu dire que le gazogène fonctionne « comme un poêle qui tire mal ». Dans ce dernier cas, le poêle peut produire des émanations nocives d'oxyde de carbone.

C'est pour cette raison que s'il est recommandable de ne pas faire tourner longtemps un moteur dans un garage clos, à cause des émanations de CO_2 provenant de l'échappement du moteur (émanations asphyxiantes par simple raréfaction d'oxygène dans l'air respirable du local), il est absolument indispensable de ne pas faire marcher un gazogène dans un local à aération insuffisante, parce qu'il peut y avoir — surtout pendant les arrêts — des fuites de CO (émanations non seulement asphyxiantes, mais toxiques).

Comment obtient-on le CO? — Pour obtenir du CO dans un gazogène (et non du CO_2), on introduit de l'air en quantité *insuffisante* pour brûler complètement tout le charbon se trouvant dans le foyer. Il ne se produit pas directement de ce fait du CO, mais d'abord une quantité limitée de CO_2 , obtenu par combustion des seules particules de charbon se trouvant en contact avec le jet d'air: cette première « réaction » s'obtient dans la zone la plus active et la plus chaude, qu'on appelle: « zone de combustion ». Elle atteint, suivant les cas, une température de 1.100 à 1.500°.

Le charbon qui entoure cette zone de combustion ne peut pas brûler, puisque tout l'oxygène disponible a été entièrement utilisé dans la zone de combustion. Mais par contact ou voisinage direct avec cette zone, le charbon environnant est porté à une température assez

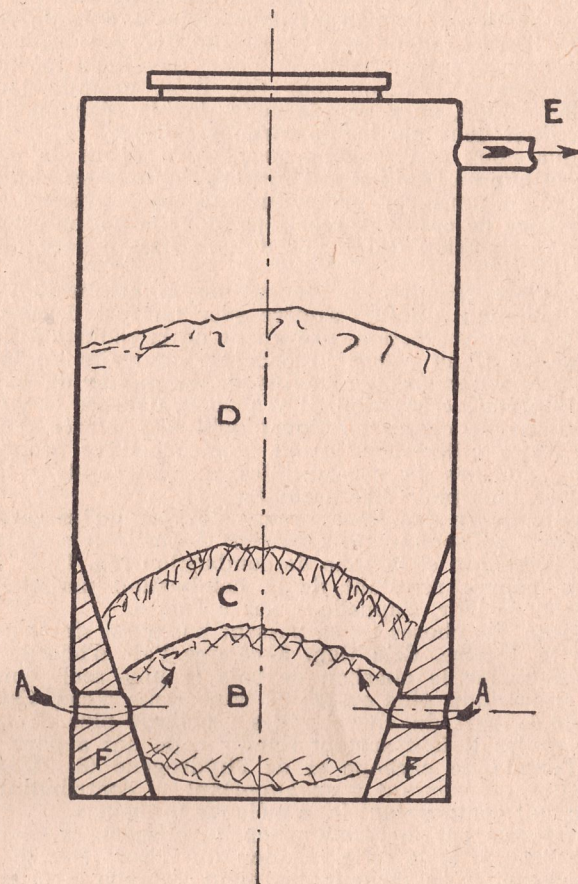


Fig. 1

PRINCIPE D'UN GAZOGENE

- | | |
|---|-----------------------------|
| A — Arrivée d'air. | D — Séchage du combustible. |
| B — Zone de combustion: fabrique de CO_2 . | E — Sortie du gaz pauvre. |
| C — Zone de réduction: fabrique de CO. | F — Réfractaire. |

(1) Les corps comme le carbone et l'oxyde de carbone, qui dans les réactions chimiques cherchent à s'emparer de l'oxygène des autres corps, sont dits « réducteurs ».

élevée (de 800 à 1.100°). Il se produit alors un phénomène dit de « réduction » (1) qui a pour effet de « réduire » le CO₂ sortant de la zone de combustion et pénétrant dans cette « zone de réduction », à l'état de CO. Si l'on fait passer en effet du CO₂ sur du charbon à haute température, ce dernier s'empare d'une des deux parties d'oxygène du CO₂ pour devenir à son tour CO. Il se produit donc finalement deux parties de CO, au cours de cette double réaction qui a eu pour effet de gazéifier deux parties de carbone solide.

Bien que nous nous soyons engagés au début de cet opuscule à réduire au minimum l'emploi des formules chimiques et des discussions théoriques, qu'il nous soit néanmoins permis d'insister un petit peu sur l'importance de ces deux réactions, dont la notion est indispensable pour la compréhension de ce qui doit se passer pour qu'un gazogène fonctionne bien.

La première réaction, provenant de la combustion complète de C par O et donnant du CO₂ s'opère avec un fort dégagement de chaleur (1). La seconde réaction, provenant de la réduction de CO₂ en CO, en présence de C au rouge, absorbe au contraire de la chaleur (2), pour une proportion égale à moins de la moitié de la chaleur produite par la première réaction. Il y a donc, dans ce cas, reliquat d'une part importante de chaleur, reliquat qu'il y a intérêt à ne pas perdre et qui peut être utilisé avec profit pour échauffer progressivement et assécher les couches de combustibles en réserve dans la trémie, qui attendent leur tour pour être gazéifiés.

Il résulte de ce que nous venons de voir qu'un gazogène à charbon comprend en somme trois parties distinctes: la zone de séchage, la zone de réduction et la zone de combustion (fig. 1).

Le gaz pauvre résultant de la combustion partielle du charbon par l'oxygène de l'air, s'appelle « gaz à l'air ».

En réalité, les choses ne se passent pas aussi simplement que nous venons de le décrire. Cela tient à ce que l'air d'abord, les combustibles ensuite (même le charbon de bois le plus sec), contiennent toujours une proportion plus ou moins importante d'eau. Cette eau (H₂O) va subir de la part du charbon des réactions plus ou moins compliquées, desquelles il faut surtout retenir celle qui a pour effet de produire de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène (3). L'eau joue donc ici le rôle de « carburant » en apportant sa contribution à la formation de gaz qui composeront le « mélange tonnant ».

Le gaz formé par la combinaison du charbon et de l'eau s'appelle le « gaz à l'eau ». Mais cette réaction du C sur H₂O se fait avec une certaine absorption de chaleur qui vient s'ajouter à celle résultant de la réduction du CO₂ en CO. On voit de suite qu'il y a une quantité limite d'humidité que le combustible ne doit pas dépasser, car le prélevement de calories pour vaporiser et décomposer l'eau, ajouté à celui de la réduction, deviendrait supérieur au total de calories fournies par la combustion. Il en résulterait l'extinction du gazogène. Sans même arriver à cette extrémité, la zone de réduction se refroidirait peu à peu et une partie de CO₂ ne pourrait se transformer en CO.

En somme, si le « gaz à l'air » tend à trop chauffer les générateurs, le « gaz à l'eau » tend à les refroidir trop.

On peut remédier, dans une certaine mesure, à cet état de choses, en apportant une source de chaleur additionnelle venant de l'extérieur. C'est ce qui se passe avec les gazogènes fixes, faisant le « gaz à l'eau ». Nous verrons plus loin que les problèmes posés par les gazogènes transportables, plus compliqués que ceux relatifs aux gazogènes fixes,

(1) $C + 2O = CO_2 + 97.000$ calories. C'est ce phénomène de dégagement de chaleur qui est utilisé dans les appareils de chauffage ainsi que dans la zone de combustion des gazogènes.

(2) $CO_2 + C = 2CO - 38.800$ calories.

Réaction dite « endothermique ».

(3) $H_2O + C = CO + 2H - 28.600$ c.

s'opposent à l'utilisation exclusive du gaz à l'eau, mais disons, tout de suite, que, si dans les premiers gazogènes transportables, on avait eu l'idée d'enrichir le gaz, jugé trop « pauvre », par apport d'eau, on y renonce souvent par suite des difficultés d'en doser exactement la quantité.

En définitive du fait de la présence d'eau dans le bois et dans l'atmosphère, les gazogènes transportables fourniront un « gaz mixte », composé de gaz à l'air additionné d'un peu de gaz à l'eau.

Différence entre les gazogènes fixes et les gazogènes transportables. —

Nous venons de voir le principe de fonctionnement sommaire d'un gazogène. Quelles sont les différences essentielles de fonctionnement existant entre les gazogènes fixes et les gazogènes mobiles?

Dans les installations fixes, le poids et l'encombrement du matériel ne comptent pas. On peut donc donner au générateur de gaz les dimensions optima en rapport avec la puissance du moteur à alimenter. Le foyer, entre autres, partie la plus importante du gazogène, peut avoir le volume correspondant aux besoins normaux du générateur, en fonction de la quantité d'air nécessaire. Cet air peut être introduit par le nombre d'ouvertures le plus approprié, et par conséquent à une vitesse modérée ne présentant aucune difficulté d'accès, et laissant tout le temps nécessaire aux réactions de s'effectuer dans les meilleures conditions.

Pour préserver l'enveloppe du foyer contre une élévation de température dangereuse à sa conservation et contre les déperditions de chaleur, rien ne s'oppose à l'établissement d'un revêtement intérieur en garniture réfractaire aussi épais qu'il le faut.

La trémie, enfin, peut être vaste et contenir une provision de combustible assurant un long fonctionnement et distillant progressivement.

Le gazogène mobile présente des caractéristiques toutes différentes: il faut avant tout réduire le poids et l'encombrement, d'où découle la nécessité de restreindre les dimensions de la trémie (et par suite de multiplier les opérations de rechargement), ainsi que les dimensions du foyer, ce qui entraîne l'obligation d'injecter l'air à très grande vitesse, pour obtenir un débit suffisant en un temps donné. Pour alléger enfin ce foyer, il est préférable d'éviter d'avoir recours aux garnitures réfractaires, lourdes et fragiles.

Indépendamment du générateur dont nous avons seulement parlé jusqu'à présent, il y a encore, nous le verrons, une série d'accessoires de refroidissement et d'épuration du gaz, dont l'efficacité est fonction de l'étendue de leur surface d'action. Leur réalisation ne présente pas de difficultés sérieuses dans les installations de gazogènes fixes. Nous en reparlerons plus loin. Revenons pour le moment aux **générateurs**.

Les premiers modèles étaient du type représenté par la Fig. 1. Le CO formé à la sortie de la zone de réduction, traversait la réserve de combustible logé dans la trémie, et sortait par la partie haute du générateur pour se rendre au moteur en passant par les épurateurs. Les avantages de ce système étaient la simplicité de fonctionnement, et une économie de calories provenant d'une récupération avantageuse de la chaleur des gaz sortant des zones chaudes, cette chaleur étant en majeure partie cédée à la masse du combustible de la trémie. Son inconvénient, grave avec les charbons imparfaitement cuits, provenait surtout de l'entraînement des goudrons distillés dans la trémie vers le moteur, malgré leur passage préalable dans des épurateurs (de fonctionnement insuffisant à l'époque). Aussi ce type de gazogène dit à tirage « direct » (ou « ascendant »), a-t-il tendance à disparaître. Il n'en reste plus actuellement sur le marché que quelques modèles améliorés, dont nous parlerons plus loin.

Le second type de gazogène, actuellement le plus répandu, est

basé sur le tirage « inversé ». Dans ce système, le gaz formé sort, non plus au-dessus du foyer mais *au-dessous*. La dépression provenant du moteur provoque un tirage qui a pour effet d'obliger les gaz et vapeurs distillant progressivement dans la trémie, à traverser le foyer, où la haute température qui y règne « cracke », c'est-à-dire décompose les produits pyrolygneux et notamment les goudrons en les transformant en hydrocarbures. L'arrivée d'air doit, pour permettre de réduire les dimensions du foyer, se faire à très grande vitesse: on obtient ainsi un débit suffisant, en même temps qu'une température très élevée avant pour effet de mieux assurer l'efficacité et la rapidité des réactions de réduction malgré l'espace réduit dans lequel celles-ci doivent s'effectuer. La « tuyère » agit comme la bouche du souffleur qui cherche à activer l'intensité d'un foyer.

Pour réaliser cette concentration de la combustion dans une zone réduite, la plupart des constructeurs injectent l'air par des tuyères pénétrant plus ou moins profondément dans l'intérieur du foyer. Plus la tuyère débouche près du centre, plus la zone de combustion se trouve concentrée vers ce centre en s'éloignant ainsi des parois. Ce dispositif a deux conséquences: la première, c'est que les zones les plus chaudes du foyer se trouvant éloignées des parois, il n'est plus besoin de protéger celles-ci par des garnitures réfractaires, lourdes et fragiles. La seconde c'est que l'extrémité de la tuyère se trouvant en zone très chaude (1.000 à 1.500°) tend à fondre, d'où obligation de la refroidir par des moyens appropriés que nous verrons plus loin, ou de munir l'extrémité de la tuyère de produits réfractaires spéciaux (carborundum, etc.).

La vitesse d'arrivée d'air dans ces gazogènes est de l'ordre de 100 à 200 mètres par seconde. Dans les gazogènes fixes, le nombre et la largeur des arrivées d'air ainsi que les vastes dimensions du foyer permettent à cet air de rester au contact du charbon, pour opérer ses diverses réactions, environ trois dixièmes de seconde, alors que dans les gazogènes mobiles, les temps de contact avec le charbon ne peut plus être que de l'ordre de trois centièmes de seconde.

En résumé, les gazogènes à tirage inversé bénéficient d'une grande simplicité d'épuration, obtenue facilement et automatiquement par le simple passage du gaz à travers le foyer. Par contre les gaz ainsi surchauffés devront être refroidis beaucoup plus énergiquement que dans les gazogènes à tirage direct. Ce refroidissement devant s'opérer surtout dans des condenseurs, il y a ainsi une perte non négligeable de calories. Pour remédier en partie à cet inconvénient, la plupart des constructeurs font circuler le gaz, avant la sortie du générateur dans une double enveloppe entourant la trémie: celle-ci récupère ainsi par ses parois une certaine quantité de chaleur qui contribue à l'élévation de température et à l'assèchement du combustible contenu dans la trémie.

De la nécessité de refroidir les gaz. — Malgré les précautions précédentes, le gaz sort encore du générateur à une température comprise le plus souvent entre 300 et 1.000° suivant les types. Ces températures sont inacceptables, tant pour assurer une bonne épuration que pour obtenir un remplissage correct, *en poids*, du mélange tonnant dans le cylindre. Nous reviendrons plus loin sur ce point. En ce qui concerne la nécessité de refroidir le gaz en vue de son épuration, elle s'impose pour deux raisons principales: la première est l'obligation de condenser la majeure partie de vapeur d'eau qui n'a pas pu être décomposée par son passage dans le foyer, pour éviter que les gouttelettes d'eau, formant pâte avec les poussières, ne viennent « colmater » les toiles des filtres, et occasionnant en outre des pertes de charge appréciables. La seconde raison est la conservation même des filtres que les hautes températures risquent de détériorer rapidement.

Le refroidissement des gaz est obtenu dans différents appareils:

tubes formant radiateurs, boîtes de détente, dans lesquelles le gaz arrivant à vive allure se « détend » subitement dans des espaces plus vastes, condensant ainsi la vapeur sur les parois; boîtes « à chicanes » où le gaz heurtant des parois interposées sur son chemin y « accroche » des gouttelettes de vapeur, etc.

Il ne faut toutefois pas que ce refroidissement soit trop intense, dans le cas où les organes d'épuration comprennent des filtres en étoffe, car il y aurait condensation trop grande de la vapeur d'eau sur les filtres. Il est bon de ne pas refroidir en pratique le gaz au-dessous de 70° avant son entrée à l'épurateur. On doit même, à cet effet, prévoir la mise en court-circuit de tout ou partie du refroidisseur, en hiver.

Epuration du gaz. — Le gaz produit ayant subi un commencement de refroidissement lui permettant d'être filtré dans des conditions convenables, doit, avant d'arriver au moteur, traverser les organes d'épuration, éliminant les poussières que l'intensité du courant d'air « primaire » (1) a pu enlever au charbon renfermé dans le générateur (2).

Ces organes d'épuration sont de types nombreux et variés. On peut les classer en plusieurs catégories:

1° *Appareils à détente* basés sur le principe déjà vu pour le refroidissement et la condensation de la vapeur d'eau: ce sont des boîtes de section plus large que les tuyauteries d'amenée et dans lesquelles le gaz subissant un brusque ralentissement de vitesse, se débarrasse d'une partie de ses poussières;

2° *Boîtes à chicanes*, dans lesquelles les poussières, heurtant les parois en chicanes interposées sur son chemin, faussent compagnie au gaz qui le charriait, et tombent dans un cendrier qu'on vide de temps à autre;

3° *Cyclones*, sortes de boîtes cylindroconiques, dans lesquelles les poussières, plus lourdes que le gaz, sont envoyées par la force centrifuge, le long des parois, où le frottement ralentissant leur course les oblige à tomber à la base où un collecteur les rassemble;

4° *Filtres en tissus serrés* que le gaz est obligé de traverser et dont la texture plucheuse arrête les poussières au passage;

5° *Matières poreuses* (coke, poudre de liège, copeaux de bois, etc.) filtrant le gaz entre leurs éléments;

6° *Matières visqueuses* comme l'huile et autres corps gras à la surface desquelles passe le courant gazeux par « léchage », ou dans la masse de laquelle le gaz « barbotte ».

Les constructeurs ont le choix entre ces différents types d'épurateurs, mais les filtres en étoffe sont réservés aux seuls gazogènes à charbon de bois, les gazogènes à bois donnant généralement un gaz humide qui colmaterait les tissus.

En plus de ces dispositifs, il existe presque toujours à la sortie du dernier élément d'épurateur un « filtre de sécurité » constitué par un grillage métallique en forme de cône, et à mailles très serrées, qui répond aux deux besoins suivants: arrêter les impuretés en cas de détérioration d'un des éléments filtrants et servir de grille anti-retour de flamme, pour éviter que les éléments filtrants en étoffe ne soient détériorés.

LES MELANGEURS. — Le gaz épuré, va arriver au moteur. Il contient, rappelons-le, du CO, un peu d'hydrogène, quelques carbures

(1) Le terme « primaire » est employé pour distinguer cette arrivée d'air de celle du mélangeur dont nous parlerons plus loin.

(2) Les poussières provenant du charbon carbonisé en menles de terre sont particulièrement dangereuses par les éléments de calcaire et de silice qu'elles contiennent, et qui sont amincissent nocives pour le moteur.

d'hydrogène, tous gaz explosifs, et en outre des gaz inertes parmi lesquels l'azote de l'air, et un peu de CO² (en proportion d'autant plus réduite que le gazogène fonctionne bien).

Pour que les gaz explosifs puissent s'enflammer et se détendre ensuite dans les cylindres en chassant les pistons, il faut les mettre en présence de l'oxygène nécessaire à leur combustion, au contact d'une source de chaleur (l'étincelle des bougies). C'est ce dosage précis que doit assurer le **mélangeur**.

Cet appareil joue donc, avec les carburants gazeux, un rôle analogue à celui que joue le carburateur avec les carburants liquides. Mais autant le carburateur est un organe compliqué et délicat, dont la difficulté de fonctionnement est dû au fait qu'il s'agit d'un mélange d'un gaz (l'air) avec une *vapeur* (essence), autant le mélangeur chargé seulement de proportionner les quantités de deux gaz (air et gaz pauvre) est simple: il se compose en principe d'un boisseau comportant trois ouvertures: une d'arrivée des gaz, une d'arrivée de l'air « secondaire » (1) et une réglant la quantité du mélange préparé, à admettre dans le moteur. Cette dernière est contrôlée par un papillon en relation avec la pédale de l'accélérateur. Un autre papillon commande l'arrivée d'air secondaire. La manœuvre de ce papillon est délicate et son réglage, en cours de marche (du fait de la variation de composition des gaz produits), doit être constamment manipulé avec précision pour assurer un bon rendement du gazogène et du moteur.

Un point essentiel différencie le mélangeur du carburateur: c'est la question du *réchauffage*, indispensable avec le carburateur pour éviter la condensation des gouttelettes d'essence, alors qu'elle est inutile et nuisible avec le mélange air-gaz.

Il faut obtenir un refroidissement énergique au mélangeur, pour que les cylindres soient remplis de gaz plus froids et par conséquent plus denses. Ce n'est pas en effet le volume du gaz aspiré dans les cylindres qui en fait la valeur calorifique, mais bien le *poids* du gaz admis: on doit descendre en pratique à une température ne dépassant pas 30 à 35°.

On arrive à abaisser la température dans le mélangeur, en écartant autant que possible celui-ci du moteur, et en le protégeant contre les rayonnements de chaleur par un écran d'amiante.

Quant à l'air secondaire, il est recommandable, pour les mêmes raisons, de le prendre (par une canalisation de longueur appropriée), en dehors du capot.

Le mélangeur dont nous venons de parler est le type le plus simple. Certains constructeurs y ajoutent des dispositifs de « by-pass » pour maintenir une zone de combustion très active, quoique réduite, pendant la marche continue au ralenti (notamment dans les longues descentes précédant une côte).

Pour obtenir également du bon gaz au ralenti, certains constructeurs montent sur le générateur une tuyère spéciale de ralenti.

EQUIPEMENTS DES VEHICULES A GAZOGÈNES

Nous allons examiner successivement les conditions d'adaptation d'un moteur en vue de son fonctionnement correct au gaz pauvre, et les procédés de montage du gazogène et de ses accessoires sur le châssis.

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT CORRECT D'UN MOTEUR AU GAZ PAUVRE. — La majorité des constructeurs ne s'est pas souciee jusqu'à présent, de se lancer dans des études et des mises au point coûteuses

(1) Le terme « secondaire » (ou « additionnel ») est employé pour distinguer cet air de l'air « primaire » admis par le générateur, dans le seul but de gazéifier le carbone.

de moteurs spéciaux pour gazogènes, parce qu'ils n'étaient pas assurés de trouver un débouché justifiant la construction en grandes séries.

Dans ces conditions, on est conduit à envisager, pour le moment au moins, l'équipement de gazogènes sur les véhicules à moteurs à essence ou à huile lourde.

Mais tous les moteurs ne peuvent convenir.

C'est ainsi que les moteurs rapides, à petites cylindrées (inférieures à 3,5 litres) et, en général les moteurs « poussés », sont impropres à une transformation dans des conditions économiques.

Il faut utiliser de préférence les moteurs à grosses cylindrées et à régime relativement lent.

Les différences qui existent entre le fonctionnement d'un moteur à essence et celui d'un moteur à gaz pauvre, sont relatives à la compression, à l'allumage, à la température d'entrée du gaz au moteur, aux sections des canalisations et à la distribution.

Compression. — Ainsi que nous l'avons vu, les qualités antidétonantes du gaz pauvre lui permettent de supporter des taux de compressions qui peuvent atteindre le double de ceux admissibles pour l'essence (10 au lieu de 5). Nous avons vu aussi qu'en pratique on se contentait généralement de 7, à cause des difficultés d'allumage croissant avec la compression.

La perte de puissance d'un moteur dans lequel on substitue le gaz pauvre à l'essence, qui est théoriquement de l'ordre de grandeur 40 %, peut être ramenée de 25 à 30 % du seul fait de l'augmentation de compression de 5 à 7.

Pour augmenter le taux de compression d'un moteur, on recourt à un des procédés suivants (ou a une combinaison de ces différents procédés):

a) rabotage (de 2 à 5 mm., suivant les moteurs) de la base de la culasse;

b) emploi de « bouchons de culasse » (gros boulons qu'on visse dans le haut de la culasse), pour diminuer le volume utile de la chambre de compression. Ce moyen n'est pratiquement réalisable que lorsque les culasses comportent des emplacements prévus pour une seconde bougie (double allumage);

c) fixation sur le sommet du piston d'une plaque formant épaisseur (procédé peu recommandable);

d) remplacement de la culasse d'origine par une culasse à plus haute compression;

e) rehaussement de la moitié supérieure du coussinet de tête de bielle par une cale demi-cylindrique;

f) réalésage du cylindre (ce qui entraîne le changement de pistons). Comme c'est généralement le cylindre et non la chambre de compression qui bénéficie de l'augmentation de volume obtenu, on réalise ainsi du même coup l'accroissement du taux de compression et l'augmentation de la cylindrée (et par conséquent de la puissance du moteur);

g) remplacement pur et simple du moteur par un moteur de plus grande cylindrée. Avec une cylindrée une fois et demie plus forte, on arrive ainsi à faire retrouver sensiblement au véhicule la puissance qu'il avait auparavant avec un moteur à essence.

L'allumage. — Le gaz pauvre étant moins explosif que les vapeurs d'essence, la propagation de la flamme depuis la bougie jusqu'au piston se fait plus lentement qu'avec l'essence. Il faut donc augmenter sensiblement l'avance à l'allumage. Il est préférable également que la bougie se trouve placée au milieu de la culasse, pour qu'il n'y ait pas de zones de mélange tonnant trop éloignées de l'étincelle.

Dans le même ordre d'idées, il est recommandable de recourir au

« double allumage » (c'est-à-dire avec deux bougies par cylindre), chaque fois que la culasse le permet.

D'autre part, en raison des difficultés qu'éprouve l'étincelle à franchir la distance qui sépare les deux pointes de la bougie, dans un gaz fortement comprimé, il faut rapprocher ces pointes, dont l'écartement normal de 0 m/m 5 (pour l'essence), doit être ramené à 0 m/m 3.

Enfin, il est indispensable d'utiliser une magnéto puissante (ou un bon delco) pour avoir une étincelle suffisamment chaude.

La température d'entrée de gaz au moteur doit être, comme nous l'avons vu, baissée aussi fortement que possible. Il faut donc éviter que la tuyauterie d'amenée de gaz et d'air ne longe de trop près le bloc moteur, ni les tuyauteries d'échappement; si besoin est, l'entourer d'amiante.

La pipe d'admission d'un moteur à essence est, de section réduite, pour diminuer (par un accroissement de vitesse du mélange tonnant), les risques de condensation de l'essence sur les parois. Avec le gaz, il faut, au contraire, une pipe de grosse section. On diminue ainsi le freinage du gaz résultant des pertes de charges. Cette précaution est d'autant plus utile pour « désapauvrir » la cylindrée, que son coefficient de remplissage (1), est déjà affaibli du fait de la dépression existant sur le long trajet que le gaz doit parcourir du générateur au moteur et des nombreux obstacles entre lesquels il doit se frayer un chemin (masse du combustible contenu dans le générateur, filtres, chicanes, etc.).

Distribution. — Il y a intérêt à modifier l'arbre à cames en mettant des bossages plus hauts et plus allongés pour augmenter la largeur de passage et la durée d'ouverture des soupapes; on augmentera ainsi le coefficient de remplissage des cylindres.

Certains monteurs spécialisés, sont approvisionnés en pièces spéciales de remplacement (pipes, magnétos, arbres à cames) et assurent ainsi un fonctionnement aussi convenable que possible du gazogène avec moteur à essence. Il est indispensable de bien se pénétrer de cette idée que la qualité d'adaptation d'un gaz sur un moteur est plus importante pour la bonne marche du moteur que la qualité du gazogène lui-même. Un gazogène, si parfait soit-il, ne donnera que des déboires s'il est monté imparfaitement.

Compresseurs. — L'idée de remédier à la pauvreté du mélange air/gaz en « gavant » le cylindre grâce à un compresseur, est très séduisante, ne serait-ce que parce qu'on évite ainsi de recourir aux procédés de fortune que nous venons de voir pour accroître la compression. Il résulte d'expériences entreprises à la Station d'Essais de Machines, que le seul fait d'insuffler le gaz dans le cylindre à la pression atmosphérique, c'est-à-dire en neutralisant la dépression, a procuré un accroissement de puissance de 10 à 18 %. En établissant une surpression d'une valeur de 150 centimètres d'eau, on enregistre un accroissement de puissance de 30 à 45 % et pour une surpression de 300 cent d'eau, on obtient une puissance légèrement supérieure à la marche à l'essence (2).

On a essayé de remplacer les compresseurs proprement dits par des ventilateurs, mais leur effet est nettement insuffisant et pas en

(1) Avec le mélange « air-essence », le coefficient de remplissage n'est jamais parfait. On peut l'estimer, en moyenne, à 0,75 par suite de la viscosité et de l'inertie du gaz.

(2) On entend par pression de 150 cent d'eau, une pression telle que de l'eau condensée dans un tube en U deux fois coudé et branché sur la canalisation, monte dans une branche du tube la plus éloignée, d'une hauteur telle qu'il y a 1 m. 50 de différence de hauteur d'eau entre les niveaux dans les deux dernières branches du tube.

rapport avec les frais occasionnés. Aussi cherche-t-on de petits compresseurs, qui méritent plutôt le nom de « surpresseurs », et qui ne dépassent guère des compressions de 100 à 150 cent d'eau.

Si l'on n'a pas jusqu'ici généralisé l'emploi des surpresseurs à bord des véhicules à gazogène, c'est que leur montage et leur fonctionnement présentant un certain nombre de difficultés:

En premier lieu leur prix élevé vient s'ajouter à celui du gazogène et de l'installation; on éprouve ensuite une certaine difficulté à trouver où prendre le mouvement pour entraîner le surpresseur: plusieurs solutions ont été proposées: ou bien avoir un petit moteur électrique actionné par une batterie d'accus supplémentaire: c'est une solution excellente au point de vue mécanique, mais coûteuse. On pourrait la simplifier en supprimant la batterie, et en se raccordant directement sur la dynamo; le surpresseur ne fonctionnerait alors qu'une fois le moteur lancé. Mais dans un cas comme dans l'autre, il faudrait changer la dynamo pour la remplacer par une sensiblement plus forte.

Une seconde solution consiste à mettre le compresseur en bout d'arbre, en le montant à la place de la « dent de loup » de mise en marche. Cela nécessite un montage spécial de paliers pour recevoir le compresseur, et un dispositif de fixation de la manivelle de mise en marche en bout du compresseur.

Certains constructeurs, enfin, proposent d'entraîner le compresseur par la courroie même du ventilateur.

Une autre difficulté d'emploi du compresseur réside dans le fait que le gaz s'échauffe par la compression et qu'il faut souvent le refroidir à nouveau avant de l'envoyer au moteur.

D'autre part, le débit accru de gaz fourni par le compresseur, correspond à un appel supplémentaire de même ordre, de gaz au générateur. Si celui-ci a sa puissance calculée un peu juste pour le moteur sans compresseur, il ne pourra suffire à la nouvelle demande du moteur avec compresseur, et on devra envisager de le remplacer par un autre de plus grandes dimensions.

Enfin on reproche à beaucoup de compresseurs d'être délicats et de s'user assez rapidement avec le gaz pauvre: les fines particules de charbon qui arrivent à passer au travers des filtres, sont généralement « digérées » sans danger par le moteur où elles peuvent brûler (comme dans les premiers Diesels), mais elles abîment les organes du compresseur. Des inventeurs ont proposé récemment d'utiliser la pression résiduelle des gaz d'échappement pour actionner le surpresseur: il ne semble pas qu'une solution viable soit sortie de ce projet. Il faut en tout cas éviter de recourir aux dispositifs susceptibles de créer une contre-pression à l'échappement, ce qui nuirait au rendement du moteur.

Indépendamment de l'augmentation de rendement, qu'ils procurent au moteur, les compresseurs ont encore pour avantage de n'avoir aucune modification à apporter au moteur, en vue de sa marche au gaz. Il en résulte que le moteur peut fonctionner sans inconvénient au gaz pauvre ou à l'essence (en prenant simplement la précaution de diminuer l'avance pour la marche à l'essence).

ADAPTATION DES MOTEURS DIESEL ET SEMI-DIESEL POUR LEUR MARCHE AU GAZOGÈNE. — L'aménagement des Diesel en vue de leur marche au gaz, ne présente pas de difficultés particulières. Leur compression étant plus élevée que celle des moteurs à gaz pauvre, on doit prévoir une « décompression ». On réalise cette opération en disposant des cales (ou joints épais) entre la culasse et le cylindre ou en mettant des pistons à tête moins proéminente que ceux d'origine.

Il faut aussi prévoir un dispositif d'allumage électrique (puisqu'il

n'y en a pas sur les Diesel). On peut, quand la culasse le permet, monter les bougies à la place des injecteurs. Sinon, il faut changer la culasse et en mettre une avec emplacement de bougies. On en profite pour mettre une culasse moins comprimée.

Quant à la magnéto (ou au delco), on peut l'entraîner, soit par la commande de la pompe à injection, soit par la distribution.

La transformation des Semi-Diesel devrait être plus facile que celle des Diesel, étant donné que leur taux de compression se rapproche plus de celui des moteurs à gaz pauvre. Mais la plupart des Semi-Diesel fonctionnent suivant le cycle à deux temps, et ce cycle convient mal au gazogène.

MOTEURS POLYCARBURANTS. — La solution du moteur vraiment polycarburant, c'est-à-dire pouvant utiliser à volonté différents carburants apparaît des plus séduisantes. Il faut en effet considérer que indépendamment des difficultés de ravitaillement, les carburants peuvent être, comme bien d'autres produits, sujets à des variations de prix dépendant de nombreux facteurs: cours des changes, barrières douanières, procédés nouveaux de fabrication, impositions fiscales. Les moteurs spéciaux, conçus exclusivement pour l'un d'eux, risquent de n'être plus économiques en cas d'apparition sur le marché d'un carburant plus avantageux. La possession d'un moteur polycarburant serait de nature à pallier à ces aléas.

Plusieurs solutions sont actuellement à l'étude. Elles sont fondées, en général, sur la recherche de procédés permettant d'éviter la détonation, qui est la pierre d'achoppement de l'obtention de bons rendements thermiques par des compressions élevées.

Un premier procédé consiste à modifier le système de carburation: au lieu d'envoyer dans le moteur un mélange tonnant qui risque de « détonner », on introduit le carburant dans une antichambre, où se trouve — comme dans les Diesel à antichambre — une insuffisance d'air: le combustible non brûlé est projeté dans le cylindre où se termine la combustion. On arrive ainsi à augmenter la compression de ce dernier et à améliorer le rendement thermique; tel est le cas du moteur « Bagnulo », qui consommait aussi bien les carburants liquides que gazeux.

Une autre solution résiderait dans l'emploi de moteurs à compression variable; citons dans cet ordre d'idées: le dispositif de M. de Monge, permettant de monter sur un moteur existant un mécanisme susceptible de visser ou dévisser, même pendant la marche, le piston sur un manchon solidaire du pied de bielle. Le piston peut donc être rapproché ou éloigné du fond de la culasse, en variant ainsi la compression sans modifier la cylindrée.

Des essais récemment effectués à la Station Centrale d'Essais de Machines ont permis de faire varier, en marche le taux de compression volumétrique de 5 à 10, le premier étant celui se conformant le mieux à l'essence, et le second à l'alimentation au gaz pauvre.

ENRICHISSEMENT DU GAZ PAUVRE. — L'existence d'une nourrice d'essence destinée au départ du moteur, peut permettre de donner des petits « coups de collier » au moteur quand on sent qu'il peine trop, dans une forte côte par exemple, mais le conducteur a généralement tendance à abuser de cet appoint d'énergie.

Nous avons vu au Chapitre I, que certains carburants gazeux comme l'acétylène, seraient également susceptibles d'être employés avantageusement comme « enrichisseurs » de gaz pauvre.

EQUIPEMENT DE L'APPAREILLAGE A GAZ PAUVRE SUR LE CHASSIS DES VEHICULES. — Il faut autant que possible respecter les règles suivantes:

1° placer le générateur en un point du véhicule où il ne puisse y avoir ni danger d'incendie, ni danger d'asphyxie pour les passagers: isoler les appareils en conséquence;

2° refroidir énergiquement le gaz avant son entrée à l'épurateur en lui faisant parcourir un chemin aussi long que possible dans des canalisations bien exposées à l'air et placées dans le sens de la marche;

3° disposer tous les appareils de manière que leur remplissage et leur entretien soient aisés.

Un premier moyen consiste à placer le générateur sur une aile avant et l'épurateur sur l'autre aile, la liaison entre ces deux appareils s'effectuant par les tuyauteries et organes de refroidisseurs, situés sous le châssis. On peut également mettre générateur et épurateur en arrière et sur les côtés de la cabine du conducteur, ou bien, dans le cas des voitures de tourisme et des cars, loger générateur et épurateur à l'emplacement de la malle arrière; ce procédé, qui respecte l'esthétique de la voiture a l'inconvénient de nuire à l'aération et par suite au refroidissement du gaz avant son arrivée à l'épurateur. Une autre solution enfin, pour les voitures de tourisme, consiste à placer le générateur et l'épurateur dans une remorque à deux roues, ou mieux à une seule roue pivotante, qui permet d'effectuer les manœuvres, même à reculons, sans difficulté. Le raccordement des canalisations de gaz entre la remorque et le moteur doit se faire, pour une partie du moins, en tube métallique souple.

Quelle que soit la formule de montage adoptée, on doit veiller attentivement à la perfection des assemblages et des joints de façon à éviter les rentrées d'air, causes principales de pannes ou de mauvais fonctionnement des gazogènes.

Un équipement particulièrement difficile à réaliser est celui des tracteurs agricoles. Leur châssis extra court (pour pouvoir tourner sur place) complique le problème du montage. La place manque le plus souvent pour loger l'appareillage entre les roues avant et les roues arrières. Il reste à choisir entre le devant du tracteur (où l'on risque de diminuer l'efficacité du ventilateur), et l'arrière (où l'on gêne l'accrochage des instruments aratoires).

En outre, le conducteur de tracteur doit avoir une bonne visibilité de tous côtés. Dans les automobiles, cette visibilité n'est guère utile qu'en avant et assez loin, c'est-à-dire suivant une ligne de visée sensiblement parallèle au sol, tandis qu'avec les tracteurs agricoles, il faut ménager une visibilité suffisante aussi bien devant, pour voir la direction, que derrière pour surveiller les instruments aratoires, et sur les côtés, pour se guider sur la dernière raie ouverte par la charrue. Et comme tous ces points à surveiller sont sur le sol, et contre le tracteur, le rayon de visibilité est fortement incliné au-dessous de l'horizontale. On est donc obligé d'avoir des générateurs à trémie basse, dont les dimensions réduites ne permettent qu'un faible approvisionnement en combustible. A vrai dire, ce dernier inconvénient n'est que secondaire en culture où l'on peut disposer des stocks de réserve sur les rives du champ.

GAZOGENES A CHARBON DE BOIS ET GAZOGÈNES A BOIS

GAZOGENES A CHARBON DE BOIS. — Nous venons de parler jusqu'à présent du gazogène transportable, à charbon de bois. De nombreux modèles de marques différentes sont actuellement sur le marché. La sévère restriction d'essence consécutive du blocus, a eu pour effet de faire naître en quelques semaines une véritable floraison de gazogènes

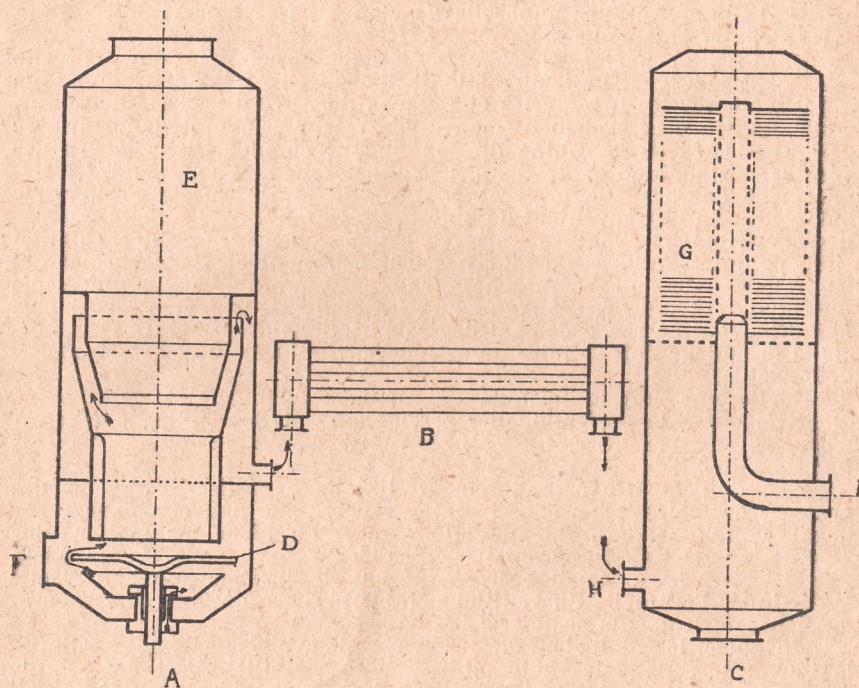


Fig. 2

GAZOGÈNE MALBAY

- | | |
|--------------------|------------------------|
| A — Générateur. | D — Plateau tournant. |
| B — Refroidisseur. | E — Trémie. |
| C — Epurateur. | G — Filtres en papier. |

de toutes sortes, dont certains peuvent avoir été bien étudiés, et recevront la consécration de la pratique, mais d'autres ont été construits un peu « n'importe comment » et causeront, dans un délai plus ou moins éloigné, des déboires sévères aux acheteurs d'abord, et par contre-coup à leurs constructeurs.

Il ne saurait être question pour nous de décrire tous ces gazogènes dans cet opusculé. Ils sont d'ailleurs presque tous inspirés, voire même plus ou moins copiés sur les quelques marques anciennes à qui l'on doit les incontestables progrès techniques qui ont été réalisés dans ce domaine au cours de ces dernières années. Les divers ouvrages qui ont été publiés antérieurement sur les gazogènes consacrent une large part à la description, au fonctionnement et à l'entretien de ces différents types: nous n'y reviendrons pas; au reste, des catalogues et notices très détaillés sont envoyés par les constructeurs à qui les demandent. Fidèle au rôle que nous nous sommes fixé dans cet ouvrage, nous chercherons surtout à expliquer les principes généraux de fonctionnement des gazogènes et à présenter seulement les particularités caractérisant les principaux types; nous négligerons de parler des nombreux points communs à tous.

On peut classer les différents gazogènes suivant leur mode de « tirage ».

1° Appareils à tirage direct ou « ascendant ». — Rappelons que ce type qui a été le premier imaginé, n'est guère utilisé actuellement, parce que dans les premiers modèles, on avait observé des condensations dangereuses de goudron dans les canalisations et surtout dans le moteur.

Avant la date critique de juin 1940, il n'en existait plus que deux types sur le marché: le gazogène Malbay et le gazogène Cesbron.

Le gazogène Malbay (Fig. 2), possède la particularité d'avoir un tirage qui n'est ascendant que jusqu'au dessus du foyer, et qui est au contraire descendant dans la trémie. Il en résulte que les gaz et vapeurs condensables qui distillent dans la partie basse de la trémie sont obligés, sous l'effet de la légère pression que leur confère leur température, de passer par les zones chaudes pour rejoindre le gaz pauvre naissant. Un couloir annulaire, collecte et évacue tous les gaz et vapeurs.

A partir de ce moment le tirage redevient ascendant, grâce à une double enveloppe, qui sert en même temps d'échangeur de température, en refroidissant ces gaz, au profit du combustible en attente dans la trémie. L'arrivée d'air primaire se fait par des ouvertures appropriées sous la grille située au bas du générateur. L'air primaire se réchauffe donc dans de bonnes conditions, en passant au contact des cendres chaudes.

Le gazogène Cesbron se distingue des anciens modèles à tirage ascendant, en ce qu'il est à tuyère. Mais sa tuyère se trouvant au-dessous du foyer (comme les tuyères des forges), n'a pas besoin d'être refroidie. Cette disposition permet la suppression totale de la grille. Un épurateur en coton est destiné à arrêter les vapeurs de goudron qui seraient entraînées par les gaz. (Voir annexe.)

2° Appareils à tirage inversé « descendant ». — Nous avons vu que le principe essentiel de cette catégorie d'appareils, le plus répandu actuellement, est de faire passer les gaz à travers les zones chaudes pour les épurer thermiquement en faisant décomposer par la chaleur les vapeurs condensables, telles que les goudrons. Une grille est toujours nécessaire dans ce type de gazogène pour maintenir le charbon et les mâchefers, et laisser sortir le gaz. Le gazogène Sabatier-Decauville (Fig. 3) est basé sur ce principe. L'air entre par une tuyère centrale donnant une température très élevée dans la zone de combustion. Cette tuyère est refroidie par l'air même qui y pénètre, en passant par une

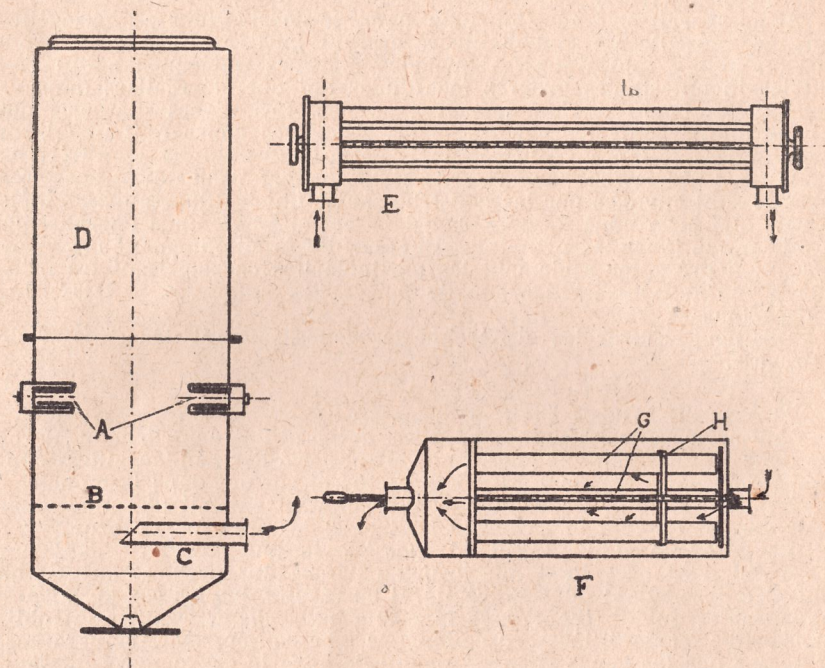


Fig. 3

GAZOGENE SABATIER-DECAUVILLE

- | | |
|--|---------------------------------------|
| A — Tuyères refroidies à l'air. | E — Refroidisseur. |
| B — Grille. | F — Epurateur. |
| C — Tube de sortie du gaz. Crapaudine. | G — Tubes filtrants en tissu. |
| D — Trémie. | H — Brosses actionnées par poignée l. |

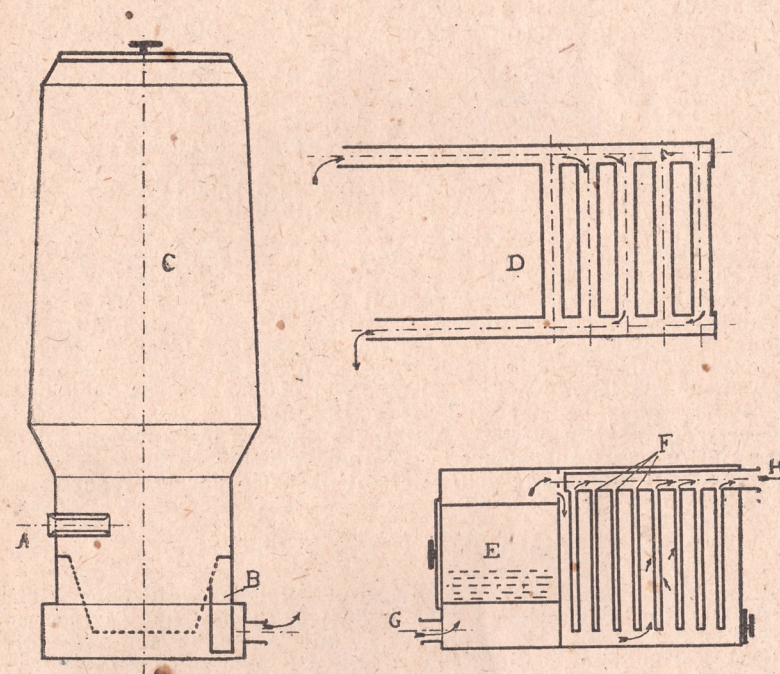


Fig. 4

GAZOGENE LIBAULT

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| A — Tuyère à refroidissement par air. | E — Epurateur à coke. |
| B — Déflecteur. | F — Tubes filtrants en tissu. |
| C — Trémie. | G — Entrée du gaz. |
| D — Refroidisseur. | H — Sortie du gaz. |

double enveloppe dans laquelle il se réchauffe tout en abaissant la température de la tuyère. Le gaz sort par une grille située à la partie inférieure du générateur et s'échappe ensuite par une canalisation qui le conduit au refroidisseur puis à l'épurateur. Celui-ci est composé de tubes en tissus filtrants parcourus à l'intérieur par un courant de gaz chauds prélevés avant le refroidisseur. Le but de ce réchauffage est d'empêcher le colmatage dû à la condensation de la vapeur d'eau sur la face externe des tissus filtrants. En n'envoyant qu'une faible quantité de gaz chaud à l'intérieur des tubes filtrants, le filtre seul se réchauffe et non la masse de gaz provenant du refroidisseur.

Le S.U.C.A. est un gazogène à tirage descendant comme le précédent. Sa tuyère centrale est refroidie extérieurement à l'air grâce à des ailettes de refroidissement. Il possède en outre un compresseur solidaire de l'extrémité de vilbrequin par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse. L'épurateur est du type à turbulence.

3° Appareils à tirage inversé horizontal. — Le modèle du genre est le Gohin-Poulenc (Fig. 5). La sortie des gaz du générateur s'effectue par une grille située verticalement en face de la tuyère. Le trajet des gaz est donc horizontal. Sa tuyère qui débouche au milieu de la zone de combustion est à refroidissement par eau. L'eau, qui circule par thermosiphon dans une double enveloppe, provient soit d'un réservoir annexe spécial, soit du radiateur du moteur. La haute température régnant dans la zone de combustion, grâce à la grande vitesse d'arrivée d'air, a pour effet de fondre les cendres qui tombent en scories sur le fond du générateur; la position verticale de la grille a pour avantage d'éviter que cette grille ne soit obstruée par les mâchefer.

GAZOGÈNES A BOIS

Les gazogènes à bois se composent comme les gazogènes à charbon de bois de trois parties principales: la trémie, où se trouve la réserve de combustible, le foyer où se fait la combustion pour obtenir du CO_2 et la zone de réduction voisine du foyer où le CO se transforme en CO . Les gazogènes à bois fonctionnent en réalité au charbon de bois, car le bois qui se trouve dans la trémie se transforme petit à petit en charbon, pendant sa descente vers le foyer, et c'est seulement après avoir terminé complètement sa carbonisation qu'il entre dans les zones actives sous forme de charbon de bois.

Un gazogène à bois n'est donc autre chose qu'un appareil réalisant successivement deux opérations distinctes, la carbonisation d'une part, et la gazéification du charbon obtenu, d'autre part. D'ailleurs, il est impossible d'obtenir du bon gaz, en partant du bois même: on doit toujours mettre dans le fond du gazogène une couche de charbon de bois d'une certaine épaisseur, destinée à amorcer la carbonisation des premières couches de bois. De même quand on rallume un gazogène à bois doit-on s'assurer qu'il existe dans le foyer et dans les zones voisines suffisamment de braisettes résultant de la carbonisation du bois lors du dernier fonctionnement de l'appareil.

Le gazogène à bois doit donc posséder des caractéristiques le différenciant du gazogène à charbon de bois. La principale de ces caractéristiques réside dans l'importance du foyer, qui doit fournir une quantité de chaleur suffisante pour dessécher le bois, le carboniser, décomposer la vapeur d'eau et les pyroligneux et le gazéifier enfin.

D'autre part, l'admission d'air au foyer se fait généralement par plusieurs orifices ou tuyères pour en introduire la quantité nécessaire et la répartir régulièrement dans toute la masse du combustible. En raison de la quantité d'eau qui absorbe, pour se vaporiser, une part impor-

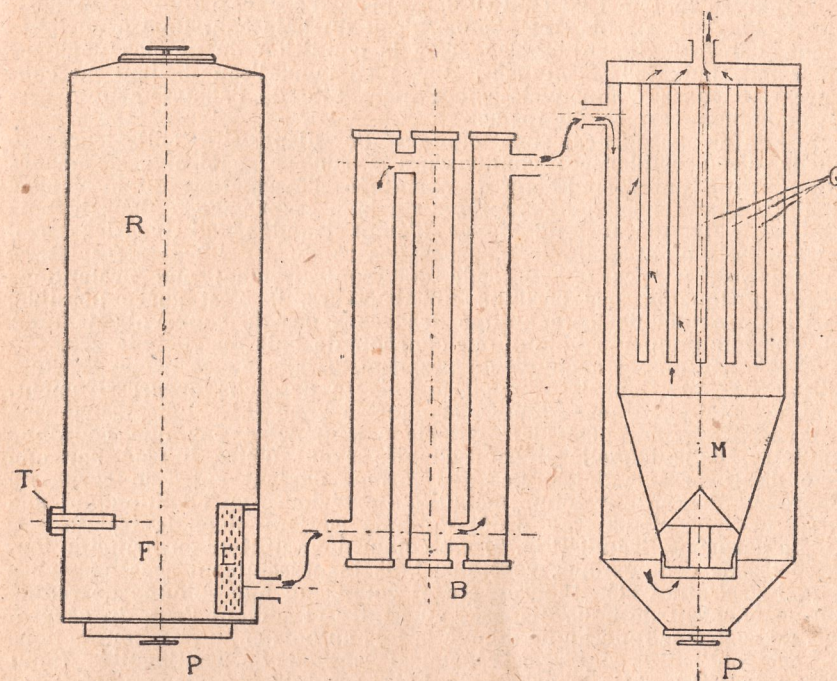


Fig. 5

GAZOGÈNE COHIN-POULENC

- A — Générateur.
- B — Refroidisseur.
- C — Epurateur.
- E — Grille verticale.
- P — Portes de nettoyage.

- T — Tuyère.
- F — Foyer.
- R — Trémie.
- G — Plaques filtrantes en tissus.
- M — Matière filtrante.

tante de chaleur en traversant le foyer, la température de ce dernier est sensiblement moins élevée que dans les gazogènes à charbon de bois. Avec du bois très sec (15 à 20 % d'eau), un gazogène à bois fonctionne parfaitement et sans difficulté: si le pourcentage d'eau dépasse 20 %, le foyer refroidit trop et ne fournit pas suffisamment de calories pour réduire tout le CO_2 en CO ; la vapeur d'eau se condense et ruisselle le long des parois. En résumé, l'eau du bois contribue à enrichir le gaz, par formation d'hydrogène, à la condition de ne pas dépasser un certain taux (20 % environ). Passé ce taux, l'eau devient au contraire une cause d'appauvrissement, par suite de l'abaissement excessif de la température du foyer.

Certains gazogènes sont équipés de dispositifs collecteurs de vapeur d'eau condensée: condenseurs à surface, aspirateurs-éjecteurs fonctionnant sur l'échappement, cheminée d'évacuation de la vapeur (Rustic). Une conséquence pratique de la présence d'eau dans le bois est que la température du foyer n'étant jamais excessive, les gazogènes à bois n'ont généralement pas besoin de garnitures réfractaires.

On voit par ce qui précède que contrairement aux prétentions émises quelquefois par certains constructeurs, il n'est guère possible, dans l'état actuel de la technique des gazogènes de concevoir de type pouvant fonctionner à volonté au charbon de bois ou au bois cru.

Prenons comme exemple de gazogène à bois, le gazogène Berliet-Imbert (Fig. 6). Dans la zone A, le bois se dessèche progressivement. Dans la zone B, il se carbonise et dans la zone C, le bois transformé en charbon se gazéifie. L'air extérieur y pénètre par une couronne annulaire, dans laquelle il se réchauffe avant d'être injecté par une série de tuyères radiales. Les gaz formés passent entre le corps du générateur et une enveloppe métallique extérieure en abandonnant une partie de leur chaleur au profit du bois contenu dans la trémie.

Le gazogène Brandt (Fig. 7) est conçu pour utiliser toutes sortes de combustibles végétaux, bois insuffisamment secs ou riches en résine, graines oléagineuses, etc. Il comprend une colonne de réduction en charbon de bois, disposée au centre et suivant l'axe du générateur. Ce gazogène fonctionne donc à la fois au bois et au charbon de bois. le bois (ou autres matières végétales) servant de combustible (pour former le CO_2) et le charbon de bois, produit réducteur parfait, se chargeant de l'opération délicate de la réduction.

Rappelons que les épurateurs des gazogènes à bois ne peuvent pratiquement pas employer de toiles filtrantes ou étoffes qui seraient colmatées par la vapeur d'eau. Leurs épurateurs sont généralement constitués par des condenseurs-refroidisseurs à chicanes, ou des surfaces condensantes, soit métalliques (anneaux « Raschig »), soit poreuses (liège granulé, etc.).

RENDEMENT ÉCONOMIQUE DES GAZOGÈNES

Comme dans toute entreprise, on doit chercher à obtenir de la marche du gazogène le *maximum d'effet utile* pour le *minimum de dépenses*.

Nous disons le *maximum d' « effet utile »* et non pas le maximum de « puissance », parce qu'à puissance égale développée par le moteur, il faut tenir compte dans les véhicules utilitaires, de la diminution de charge utile résultant du poids et de l'encombrement du gazogène, de ses accessoires, et de son approvisionnement en combustible de réserve. En ce qui concerne la puissance proprement dite, nous avons vu dans les chapitres précédents ce qu'il fallait faire pour se rapprocher de la puissance obtenue avec un même moteur fonctionnant à l'essence.

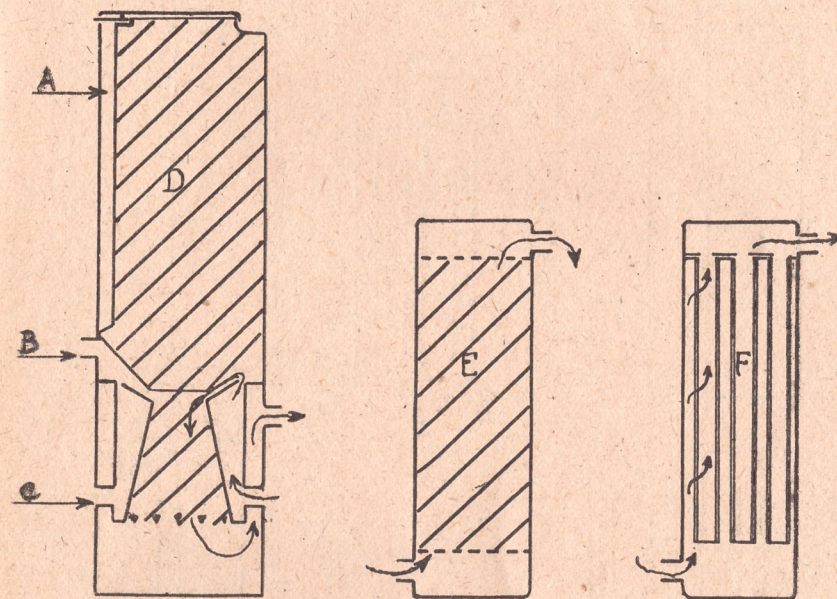


Fig. 6

GAZOGÈNE BERLIET-IMBERT

A — Générateur.
B — Arrivée d'air.
D — Trémie.

E — Refroidisseur.
F — Epurateur.

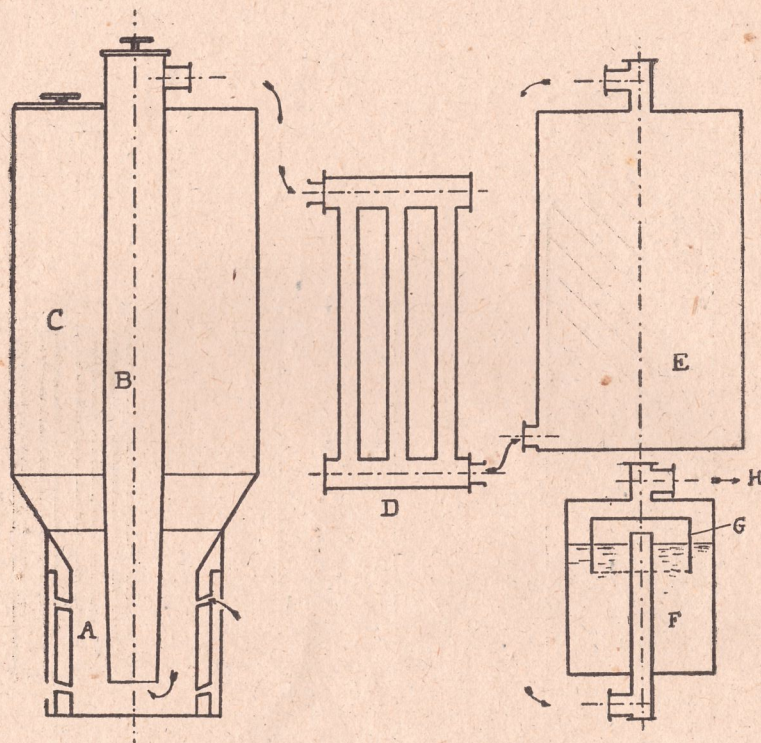


Fig. 7

GAZOCENE BRANDT

- | | |
|--|-----------------------|
| A — Foyer. | D — Refroidisseur. |
| B — Colonne de réduction au charbon de bois. | E — Epurateur à coke. |
| C — Trémie à bois. | F — Laveur. |
| | G — Flotteur. |

Pour réduire les dépenses au minimum, il faut veiller aux trois facteurs essentiels de ces dépenses; l'amortissement, l'entretien et la consommation.

Nous ne dirons rien de l'amortissement, car il n'est fonction que du prix de l'installation et du nombre de jours d'utilisation. Les frais d'entretien dépendent, non seulement du soin dont l'installation sera l'objet, mais surtout de la qualité de l'appareillage et de son montage. L'entretien est essentiel pour la conservation et le fonctionnement économique d'un gazogène; suivre ponctuellement les conseils donnés à ce sujet par les constructeurs. Quant à la consommation, elle dépend en majeure partie du soin apporté par le constructeur, à la récupération des « pertes de chaleur ». C'est à cela que l'on voit la différence entre un gazogène, soigneusement étudié, et un gazogène construit « au petit bonheur » par un non spécialiste.

Le premier souci du constructeur doit être de bien proportionner la puissance d'un gazogène à la puissance du moteur qu'il doit alimenter:

Un gazogène de trop faible capacité par rapport à la puissance du moteur ne fournit pas la quantité de gaz demandé et chauffe; inversement l'emploi d'un gazogène de trop grosse capacité, ou simplement d'une tuyère de trop grosse section, sur un moteur trop faible, influe sur la qualité du gaz (trop de CO_2 et insuffisamment de CO) par suite de l'abaissement de température de la zone de combustion résultant d'une insufflation d'air primaire insuffisante.

Quant à la récupération proprement dite des pertes de chaleur, c'est là tout l'art du constructeur de gazogène.

La chaleur dégagée dans le foyer est de l'ordre de 1.300 à 1.500°. Or, il faut que le gaz arrive finalement au moteur à une température ne dépassant pas 30 à 50°. La chute de température de 1.500 à 50°, doit être utilisée en partie pour dessécher le combustible et provoquer les réactions chimiques nécessaires à la production des gaz et vapeurs utiles (CO , H et carbures d'hydrogène). Le reste est le plus souvent dispersé pour que le gaz se présente froid au moteur. Plus on récupérera de cette chaleur dissipée, moins on aura à consommer de combustible au cheval-heure.

Cette récupération peut s'effectuer de différentes manières: tout d'abord en isolant aussi soigneusement que possible les parois du générateur contre toute déperdition de chaleur par rayonnement. On emploie à cet effet des isolants thermiques tels que les garnitures réfractaires, la laine de verre, ou mieux (dans les gazogènes à tuyère centrale) le combustible lui-même entourant la zone de combustion.

On peut également utiliser avec profit le réchauffage de l'air primaire, ayant son entrée dans le générateur. Certains constructeurs font cheminer cet air dans une chemise entourant le foyer, pour diminuer ainsi les pertes de chaleur. D'autres modèrent la température de la tuyère, au moyen de l'air primaire qui bénéficie ainsi de l'excès de calories jugé dangereux pour la conservation de cette tuyère.

Mais ces différents procédés ne permettent pas de refroidir suffisamment le gaz, pour le faire arriver à la température optimum de 100° qu'il doit avoir avant de pénétrer dans l'épurateur. On est obligé de disposer des refroidisseurs entre le générateur et l'épurateur, pour dissiper dans l'atmosphère, la chaleur en excès. Cette opération est déplorable au point de vue de perte de calories et représente autant de combustible consommé pour rien. Aussi est-il recommandable de recourir à des procédés faisant bénéficier au maximum le combustible en attente dans la trémie, de la chaleur du gaz.

La chaleur en excès pourrait être encore résorbée économiquement par un apport convenablement dosé de vapeur d'eau qui, en se dissociant, produirait un peu d'hydrogène enrichissant le gaz. Nous avons

vu que malheureusement ce procédé ne pouvait s'effectuer avec la précision indispensable, à cause de la teneur variable et inconnue de vapeur d'eau arrivant dans l'air primaire.

Pour descendre enfin de 70 ou 100° (température normale de l'épuration) aux 30 ou 35° du mélangeur, il y a là une perte de chaleur voulue qu'on s'efforce d'obtenir par l'interposition de longues tuyauteries (garnies ou non d'ailettes de refroidissement) raccordant l'épuration au mélangeur. C'est là la seule perte qu'on ne puisse guère récupérer, mais elle est heureusement de bien moindre importance.

Pour résoudre ce problème de récupération, plusieurs solutions séduisantes ont été proposées. C'est d'abord celle qui avait été réalisée par M. Malbay sur un groupe fixe gazo/moteur, et dont nous avons déjà dit quelques mots: envoyer les gaz d'échappement du moteur (dont la température est de l'ordre de grandeur de 400 à 500°) à un petit four annexe pour diminuer — sinon pour supprimer — l'apport de combustible nécessaire à amorcer la réaction exothermique de la carbonisation. Mais il s'agissait là d'une installation fixe, où la récupération des chaleurs perdues (notamment entre le générateur et le moteur) est plus aisée à réaliser que dans une installation mobile.

Un autre constructeur s'était contenté d'envoyer une partie des gaz d'échappement dans le haut de la trémie pour assécher et réchauffer le combustible en attente.

Dans ce même ordre d'idées, M. Kühne avait essayé, non plus d'entourer le générateur avec les gaz d'échappement, mais bien de les faire pénétrer dans le foyer: ces gaz comprenant en grande partie du CO₂ (résultant de la combustion explosive dans les cylindres du CO et de l'oxygène de l'air secondaire), on réincorporait ainsi dans le générateur, à la fois de la chaleur et du carbone (sous la forme CO₂ que la zone de combustion est précisément chargée de donner). Des essais de réalisation de cette idée, ont procuré une économie de combustible de 17,5 %. Mais on avait noté un abaissement de puissance de 5,9 %. La médiocrité des résultats obtenus s'explique facilement du fait que dans les gaz d'échappement il n'y a guère que 15 à 18 % de CO₂, le reste étant surtout composé de cet indésirable azote de l'air primaire auquel est venu s'ajouter encore celui de l'air secondaire provenant du mélangeur.

En définitive on estime à 50 % le rendement thermique d'un générateur de qualité moyenne (c'est-à-dire que moitié seulement des calories du combustible ont pu être utilisés et l'autre moitié perdue). Si l'on évalue à 30 % le rendement thermique d'un moteur à gaz pauvre, comprimé à 7, on voit que finalement le rendement thermique d'un groupe gazo/moteur n'est guère que de $0,50 \times 0,30$, soit 15 %. C'est pour cela qu'il ne faut négliger aucun moyen pour éviter les pertes de chaleur qui abaisseraient encore ce rendement, et chercher au contraire à les récupérer pour réaliser une économie correspondante de combustible.

MISE EN MARCHÉ

ENTRETIEN ET PANNES DE GAZOGÈNES

En plus de la vérification (courante dans tout moteur) des niveaux d'eau, d'huile, et de combustible, il faut avant la mise en marche, jeter un coup d'œil sur toute l'installation de la petite usine à gaz qu'on transporte avec soi.

Cette inspection doit porter surtout sur les « rentrées d'air » et sur la propreté intérieure de l'appareillage.

On appelle « rentrée d'air » toute infiltration de l'air extérieur vers l'intérieur des appareils. Ces entrées d'air peuvent provenir, de

différentes causes: portes ou regards mal fermés, joints défectueux, brides desserrées, fêlures des soudures ou des conduits, etc...

Vérifier ensuite si le nettoyage des principaux organes a été fait convenablement, après la dernière sortie du véhicule: vidange de l'eau et des goudrons condensés, des cendres, nettoyage des filtres, etc...

S'assurer, dans le cas de gazogènes à bois, qu'il reste toujours dans le foyer une épaisseur suffisante de charbon de bois.

Ces différentes précautions étant prises, on peut mettre en marche.

Le départ direct sur le gaz n'est possible que dans les installations comprenant un ventilateur; celui-ci provoque le tirage nécessaire pour allumer le gazogène et commencer à produire du bon gaz. Ces ventilateurs peuvent être soufflants ou aspirants. Dans le premier cas ils sont disposés avant l'entrée d'air primaire, et soufflent dans les appareils et canalisations. Une sortie à l'air libre de ces gaz doit être prévue près du moteur.

Dans le second cas, le ventilateur-aspirateur est monté contre le moteur.

Ces aspirateurs sont actionnés à la main dans certains véhicules utilitaires (camions, tracteurs agricoles, etc.), mais sont plus généralement commandés par moteur électrique et batterie.

Pour ne pas fatiguer les accus par une suite de tentatives infructueuses de départ du moteur sur le gaz, il est recommandé d'« essayer » d'abord le gaz, en présentant une flamme devant la sortie du conduit de ventilation. Si le gaz brûle d'une flamme bleue, qui persiste quand on retire la topette (chiffon ou amiante imbibée d'essence, d'huile ou d'alcool) allumée, c'est qu'il est bon: on peut alors mettre en route au démarreur; s'il ne s'allume pas ou s'éteint, c'est qu'il contient encore trop de CO₂ et insuffisamment de CO; le moteur ne partirait pas dans ces conditions. Il faut continuer à ventiler.

Quand l'installation ne comporte pas de ventilateur, il faut partir sur l'essence (avec manette de ralenti au retard). En fermant en partie le volet d'air du carburateur et en ouvrant le volet de la conduite venant du gazogène, l'air intérieur contenu dans les appareils et canalisations est utilisé au carburateur et la dépression a en même temps pour effet de faire entrer l'air dans le gazogène. On présente alors une topette enflammée devant l'entrée d'air du générateur: au bout de quelques secondes, le charbon de bois est allumé. On passe ensuite progressivement de la marche à l'essence à la marche au gaz tout en donnant de l'avance à l'allumage. Le point délicat est le réglage d'air secondaire (air arrivant au mélangeur). Il faut que la commande de cet air soit très précise et très démultipliée, pour permettre un dosage parfait d'air et de gaz. Les départs à l'essence ont l'avantage d'éviter l'acquisition et le montage d'un ventilateur et l'achat d'une seconde batterie (ou d'une batterie plus forte que celle de l'origine) pour actionner le ventilateur. Par ailleurs la présence d'un petit réservoir d'essence à bord constitue une sécurité en cas de panne du gazogène.

Enfin, pour certains déplacements de très peu d'importance (quelques centaines de mètres, voir même un kilomètre), il est peu logique d'allumer un gazogène, pour le laisser s'éteindre ensuite: la consommation de charbon est dans ce cas importante eu égard au parcours effectué et le fonctionnement provisoire à l'essence est plus pratique et plus économique. Mais si le moteur a été surcomprimé pour le gaz, sa compression est trop forte pour l'essence et le moteur risque de cogner. On remédie à cet inconvénient en sous-alimentant le moteur pour sa marche à l'essence. Il suffit pour cela de mettre un carburateur et des gicleurs de dimensions réduites: l'aspiration du moteur est imparfaite, et les cylindres incomplètement remplis de mélange tonnant ne peuvent donc comprimer ce dernier qu'insuffisamment.

Il existe d'ailleurs actuellement dans le commerce des carburateurs-mélangeurs très au point. (Voir annexe.)

Le moteur parti, les principales précautions à prendre sur route sont surtout relatives à la marche au ralenti; la vitesse d'arrivée d'air dans le foyer diminuant, la température du foyer baisse, ainsi que celle de la zone de réduction: celle-ci n'est donc plus suffisamment chaude pour transformer la majeure partie du CO_2 en CO . Quand le conducteur voudra accélérer, il ne trouvera plus dans le générateur de bon gaz en quantité suffisante, pour répondre aux besoins subits du moteur. Certains constructeurs de gazogènes remédient à cet inconvénient par des tuyères spéciales de ralenti qui, de section plus petite que la tuyère de pleine marche ont, en conséquence, un débit plus faible, mais une vitesse d'arrivée d'air très grande; la zone de combustion tout en diminuant d'importance, conserve en son centre un noyau à haute température qui continue toujours à former du bon gaz.

Un autre procédé consiste à avoir un clapet d'arrivée d'air réglable à la tuyère. Ce clapet peut être soit automatique, soit en liaison avec la pédale d'accélération.

Ce que nous venons de dire pour le ralenti à l'arrêt, s'applique également au ralenti du moteur imposé par les longues descentes. Quand celles-ci sont suivies de montées, la réserve de bon gaz est insuffisante, surtout pour fournir un effort supplémentaire, et la côte se monte péniblement. Une bonne précaution consiste dans ce cas à accélérer un peu le moteur, après débrayage, avant le bas de la descente. Il est bon également lorsque l'installation s'y prête, de fermer l'air secondaire pendant la descente pour que le moteur aspire entièrement sur le gazogène. Dans le même ordre d'idées et pour les mêmes raisons, il est recommandable chaque fois qu'on sent qu'il va falloir changer de vitesse en côte, de faire cette manœuvre plus tôt qu'on ne le ferait avec l'essence, car le moteur peinant et tournant de moins en moins vite appelle moins vite l'air à la tuyère, et le gaz se forme en quantité moindre.

À l'arrêt définitif du moteur, il n'est pas de précautions spéciales à prendre. Le gazogène se mettra de lui-même en veilleuse puis s'éteindra au bout d'un certain temps. Toutefois il est bon, surtout quand le moteur ne doit pas fonctionner avant un délai assez long, de mettre quelques gouttes d'huile dans les cylindres puis de tourner un peu le moteur à la main (contact enlevé) pour éviter le gommage des pistons, dû à des traces de goudron.

ENTRETIEN. — Nous n'insisterons pas sur l'entretien du gazogène et de ses accessoires. Aucune explication de principe n'est à donner sur ces manipulations simples qui consistent surtout à surveiller tous les organes et à les nettoyer en suivant ponctuellement les indications données par les constructeurs.

PANNES. — Les pannes dues au gazogène et à ses accessoires peuvent provenir de nombreuses causes, mais ont presque toujours comme origine des rentrées d'air, la formation de voutes dans la trémie. un calibrage de combustible non conforme à celui indiqué par le constructeur, des encrassages de grille, de tuyère, de filtres ou de canalisations, une humidité excessive du combustible, ou une insuffisance de combustible dans la trémie.

Les rentrées d'air ont des effets différents suivant l'endroit où elles se produisent. Quand elles ont lieu dans le générateur (porte de cendrier mal close, joints non étanches, etc.), l'air arrivant en excès augmente exagérément l'activité de la zone de combustion; autrement dit il arrive un excès d'air et le charbon brûle au lieu de se gazéifier, la température du générateur s'élève, les tôles peuvent rougir, il se produit moins de CO , et plus de CO_2 .

Si les rentrées d'air se produisent après le générateur, le conduc-

teur n'est plus maître de son réglage d'air secondaire: le moteur marche mal ou s'arrête.

Les *voutes* qui se produisent dans la trémie proviennent généralement de dimensions trop grosses du combustible qui descend mal (surtout après un arrêt assez long, pendant lequel il n'y a pas eu de secousses aidant le charbon à descendre). Ces voutes empêchent le CO_2 de se réduire au contact du charbon de la zone de réduction, l'air peut ainsi s'y accumuler en brûlant le charbon dans la zone réservée à la réduction; il en résulte un mauvais gaz en même temps qu'une élévation de température anormale. Les mêmes effets se produisent pour les mêmes raisons avec du charbon trop gros, les intervalles entre les éléments de combustible ayant un volume trop important par rapport à celui normalement calculé. Chaque gazogène a en effet des sections de foyer et de grille qui lui sont propres et dont les dimensions ont été calculées par le constructeur en fonction de dimensions données du combustible.

Les *encrassages* de tuyères, de grilles, de conduits ou d'appareils (filtres) freinent le passage des gaz: les cylindres se remplissent insuffisamment, et le moteur aspirant à perte, diminue de puissance. Ces encrassages sont dus au mâchefer ou aux cendres. Il suffit généralement de « piquer » le feu avec une tige de fer pour faire détacher les mâchefers de la tuyère ou de la grille.

Un combustible trop *humide* abaisse, comme nous l'avons vu, la température des zones de combustion et de réduction, ainsi que celles de la tuyère et de la grille. C'est vraisemblablement à cette cause qu'on doit attribuer le plus souvent le dépôt de scories sur les tuyères et sur la grille. Il faut donc s'assurer que le combustible livré est bien sec (moins de 10 % d'eau pour le charbon de bois et moins de 22 % pour le bois) et le conserver bien à l'abri.

Quand le niveau du combustible baisse trop dans la trémie, il y a également échauffement anormal du générateur, dû à ce que toute la chaleur, au lieu de se répartir sur la masse de réserve du combustible se concentre sur les parois du générateur. Il est bon de ne jamais laisser le niveau baisser au-dessous du tiers.

CHAPITRE III

LES COMBUSTIBLES VÉGÉTAUX GAZÉIFIABLES
POUR GAZOGENES

Cet opusculé ne traitant que des carburants de remplacement, nous ne parlerons pas des charbons minéraux (anthracites, semi-cokes, etc.) qui peuvent être utilisés dans les gazogènes, puisque leur pénurie en tant que combustibles pour appareils de chauffage, exige également leur remplacement par d'autres combustibles. C'est ce que nous étudierons dans le Tome II.

Les principaux carburants d'origine végétale sont le « bois cru » et le « charbon de bois ». Nous verrons que sous cette dénomination de charbon de bois, se trouvent également compris toutes sortes de produits carbonisés.

CARACTERISTIQUES DES CARBURANTS GAZEIFIABLES

Les combustibles destinés à être transformés en carburants, doivent répondre à différentes exigences concernant les points suivants: *inflammabilité, combustibilité, réactivité, pouvoir calorifique, état d'humidité, quantité et nature des cendres produites, calibrage, résistance mécanique et densité de chargement.*

On entend par **combustibilité** la facilité avec laquelle un corps peut brûler entièrement. Cette aptitude concernant l'emploi des combustibles dans les gazogènes est trop évidente pour que nous ayons à y insister. Les combustibles végétaux dont nous nous occupons ici, ont tous cette qualité très développée, à la condition d'être insuffisamment secs (sauf le châtaignier qui brûle généralement mal).

L'**inflammabilité** est une qualité précieuse pour assurer les bonnes reprises: on entend par là, la facilité et la rapidité avec lesquelles un combustible s'enflamme. L'importance de la zone de combustion variant suivant le tirage du moteur, on conçoit, que, après un ralenti, elle ait besoin, pour se développer à nouveau et accroître sa température, d'une très grande rapidité d'inflammation du combustible indépendamment des aptitudes à la combustibilité propre. Nous verrons par la suite que la forme sous laquelle se présente le combustible joue un rôle essentiel dans son aptitude à l'inflammabilité.

La **réactivité** est certainement la qualité dominante que doit posséder un combustible pour gazogène. C'est la propriété que possède un charbon de réduire facilement le CO_2 en CO aux températures les moins élevées. Le charbon de bois est, à ce point de vue, le roi incontesté des combustibles pour gazogènes. Sa très grande porosité lui donne une surface de contact avec les gaz, considérable pour un volume donné. (On estime de 400 à 1.000 mètres carrés, et parfois plus le développement des surfaces poreuses de 1 gramme de charbon de bois.)

On peut augmenter la réactivité d'un combustible, en l'« **activant** » par incorporation de composés alcalins.

Le **pouvoir calorifique** devrait être la première qualité d'un combustible, puisque ce sont les calories renfermées à l'état latent qu'on

va libérer pour les utiliser. En fait ce n'est pas tant la quantité de calories que le combustible peut émettre qui nous intéresse que celles que nous pourrions utiliser rapidement. La réactivité est donc la caractéristique la plus précieuse d'un combustible destiné à alimenter les gazogènes transportables, où les réactions doivent s'effectuer en quelques centièmes de seconde. C'est ce qui explique la grande supériorité du charbon de bois sur les combustibles minéraux, malgré leur infériorité notoire en pouvoir calorifique.

Le **taux d'humidité** a une action toute particulière sur la valeur carburante des combustibles.

Nous avons déjà dit que si, en principe, la décomposition d'un peu d'eau au contact du charbon incandescent, augmentait le pouvoir calorifique du gaz par le CO et l'hydrogène produits, par contre un excès d'eau était nuisible, par suite de l'abaissement de température provoqué dans le foyer. Celui-ci ne dégage plus la quantité de calories nécessaire pour faire face à la fois à la vaporisation de l'eau, à sa décomposition et à la réduction de CO_2 en CO. Il existe un taux optimum d'eau pour lequel le gaz produit atteint un pouvoir calorifique maximum. Les auteurs s'accordent généralement à le fixer à 20 % du poids du carbone; il s'agit de l'eau introduite à l'état de *vapeur*, et provenant tant de l'eau du combustible même que de la vapeur d'eau atmosphérique. Il faudrait donc connaître à tout moment la proportion exacte d'eau contenue à l'état liquide dans les tissus du combustible, calculer les calories nécessaires d'abord à sa vaporisation, ensuite à sa décomposition et y ajouter celles nécessaires à la dissociation de la vapeur d'eau introduite dans l'air primaire. Si, à la rigueur, on peut admettre que pour chaque combustible envisagé, la quantité d'humidité peut être connue au moment de son utilisation (le bois et le charbon de bois surtout étant très hygroscopiques), on ne peut pas connaître à tout instant l'état hygroscopique de l'air qui varie constamment suivant le temps, l'altitude, les climats et l'heure de la journée.

Cette quantité d'eau atmosphérique est loin d'être négligeable. Par temps pluvieux et à la température de 10° , par exemple, un mètre cube d'air est saturé de 10 grammes d'eau. Comme il faut environ quatre mètres cubes d'air pour gazéifier un kilo de charbon de bois, c'est un appoint de 40 grammes d'eau qui est ainsi fourni au gazogène.

Si on renonce à l'appoint systématique et régulier d'eau ou de vapeur d'eau, il peut être intéressant de prévoir un dispositif d'injection d'eau ne fonctionnant que sur commande et utilisable certains jours quand le gazogène contient du combustible très sec et quand le temps est également sec et chaud.

Quantité et nature des cendres produites. — Les combustibles employés doivent être aussi peu cendreaux que possible. Les cendres sont par définition des résidus minéraux incombustibles. Elles ont l'inconvénient d'obstruer les pores du charbon se trouvant dans la zone de réduction et de gêner, de ce fait, l'intensité du phénomène de réduction. Elles gênent aussi dans les appareils d'épuration où elles sont entraînées par le courant gazeux. Le charbon de bois est en général le moins cendreaux des combustibles de tous genres susceptibles d'être employés dans les gazogènes.

La qualité des cendres intervient également. Il est tout d'abord indispensable qu'elles ne renferment pas de soufre, qui produit des composés acides attaquant le métal. Il faut ensuite que leur composition soit telle qu'elles ne soient pas fusibles au delà d'une température maximum qu'on s'accorde généralement à fixer aux environs de 1.300° .

La nature et la composition des cendres varient suivant l'essence envisagée, la nature du terrain, la partie de l'arbre et le mode de carbonisation.

Le pourcentage des cendres de bois oscille entre 0,35 et 0,75 en moyenne suivant les essences, mais est beaucoup plus accentué dans les racines et dans l'écorce. C'est pour cela qu'il est préférable que le bois soit écorcé avant d'être utilisé dans les gazogènes. Dans les terrains granitiques et siliceux, la silice s'inscrute dans l'arbre: il en est de même dans les régions méridionales, où les vents (mistral) font pénétrer la silice dans l'écorce. Les cendres riches en silice sont fusibles vers 1.200°. Les cendres riches en calcaire fondent au contraire vers 1.500°, mais se prennent moins en gâteaux de mâchefer que les cendres silicieuses.

Le mode de carbonisation intervient également sur la quantité et la nature des cendres produites. La carbonisation ou meules de terre donne souvent des charbons cendreux, à cause de la terre (silice et calcaire) qui s'incorpore au charbon, tant par la couverture que par le sol sur lequel est édifiée la meule.

La question de fusibilité des cendres est envisagée de deux façons différentes par les constructeurs de gazogènes.

Les uns, utilisant les tuyères centrales à entrée d'air rapide et à température élevée, cherchent à fondre les cendres pour les évacuer sous forme de mâchefer tombant au fond du cendrier. La formule est bonne, puisqu'elle cherche à éliminer les cendres non fondues, et à les empêcher ainsi d'obstruer les pores du charbon et d'être entraînées dans les canalisations. Malheureusement il arrive souvent que ces cendres en fusion, au lieu de s'écouler dans le cendrier sous forme de laitier liquide, se solidifient au cours d'un abaissement fortuit de température (ralenti), soit sur la tuyère elle-même, soit sur la grille, restreignant ainsi la production du gaz et freinant sa sortie du générateur.

Aussi, la plupart des constructeurs préfèrent-ils que les cendres ne fondent pas et font en sorte que l'intensité du foyer n'atteigne pas la température de fusion des cendres c'est-à-dire reste inférieure à 1.300°.

Le **calibrage** des combustibles à gazogène a une importance capitale. Le foyer d'un gazogène est construit suivant des dimensions fixées par le calcul, pour que, compte tenu de la température, de la vitesse de passage des gaz et de la surface d'échange, les réactions puissent se faire dans les meilleures conditions: or la dimension des éléments de combustible intervient dans la marche des réactions, d'abord par ses surfaces d'échange (d'autant plus grandes que le combustible se présente en morceaux plus petits), ensuite par le volume des intervalles entre ces morceaux. Il y a donc un équilibre à réaliser, qui nécessite des dimensions de combustibles spéciales pour chaque type de gazogène. Les combustibles de trop grosses dimensions créent des poches où les gaz ne circulent pas assez rapidement et la température s'élève au point de faire rougir les tôles du générateur. Les combustibles trop petits freinent le passage du gaz, au détriment de la puissance du moteur.

Nous nous sommes efforcés, dans une conférence qui s'est tenue à la Station d'Essais de Machines, d'obtenir des constructeurs une standardisation du charbon, en vue de faciliter la répartition et la distribution des combustibles le long des routes. Certains gazogènes ne consomment que du charbon de 40 à 60 millimètres, alors que d'autres ne fonctionnent bien qu'avec du charbon de 20 à 30 millimètres et d'autres encore avec du charbon de 10 à 15 millimètres. Nous sommes arrivés à faire accepter des constructeurs, comme standard moyen,

une dimension de 25 millimètres (dans le sens le plus long), avec tolérance de 10 à 15 millimètres en plus ou en moins.

La **forme** des éléments de combustible intervient également. Dans les gazogènes à bois, les morceaux coupés (en biais par les découpeuses, semblent donner de meilleurs résultats que le bois coupé suivant une section droite par les scies. Cela tient à ce que les pointes que présente le bois coupé en biais, facilitent l'*inflammabilité*, et par suite procurent de meilleures reprises.

Il en est de même pour le charbon de bois où les arêtes vives facilitent la combustion. Dans le charbon de bois ordinaire, les cassures provenant du concassage donnent naturellement ces arêtes vives. Mais dans les comprimés ou agglomérés, la forme dépend essentiellement des appareils à mouler. Aussi importe-t-il de n'utiliser que les machines donnant des formes cylindriques ou ovoïdes. Dans le premier cas, les arêtes vives sont constituées par la base et le sommet de chaque élément; dans le second cas, elles sont formées par le raccordement des deux empreintes des machines. Pour cette même raison, les boulets de forme sphérique sont à rejeter.

Résistance mécanique. — Il est indispensable que les combustibles soient assez résistants pour ne pas se transformer en poussier sous l'effet des trépidations et des secousses de la route. Le poussier tend à boucher les intervalles entre les morceaux de charbon et à être entraîné par les gaz dans les canalisations et les appareils d'épuration. La résistance mécanique dépend de l'essence, mais surtout de la température et de la rapidité de la carbonisation. Un charbon est d'autant plus fragile qu'il est carbonisé à plus haute température et plus rapidement.

La **densité de chargement** ne doit pas être confondue avec la densité proprement dite. Celle-ci est le poids de l'unité de volume. La densité de chargement est le poids de combustible que peut contenir une trémie de volume donné. Il va de soi que plus un combustible a une densité de chargement élevée, plus est grand le rayon d'action du véhicule. Le charbon de bois est sur ce point nettement inférieur aux autres combustibles. Nous verrons plus loin qu'à ce sujet, les comprimés ou agglomérés de charbon de bois sont particulièrement intéressants.

Passons maintenant rapidement en revue les combustibles végétaux susceptibles d'être utilisés dans les gazogènes en les étudiant d'après les caractéristiques générales que nous venons de donner.

Nous examinerons successivement le bois « cru », le charbon de bois, le bois roux, les agglomérés et différents autres produits végétaux d'intérêt secondaire.

LE BOIS « CRU »

On appelle ainsi le bois utilisé directement dans les gazogènes sans cuisson préalable.

Nous verrons dans le Tome II (relatif aux combustibles de remplacement pour appareils de chauffage), les caractéristiques des différentes essences de bois, leur composition chimique, leur pouvoir calorifique et le processus de leur transformation sous l'effet de la chaleur. Nous y renvoyons donc le lecteur désireux de connaître des détails sur ces questions.

Nous nous contenterons de donner ici les spécifications intéressantes plus spécialement ce combustible, en tant que carburant. Un bois

complètement desséché à l'étuve contient (cendres déduites), environ 50 % de carbone, 6 % d'hydrogène et près de 44 % d'oxygène.

Sa *combustibilité* est excellente. Seul le châtaignier brûle mal, comparativement aux autres essences. C'est pour cela qu'il est considéré comme le moins bon des bois-carburants.

Son *inflammabilité* est parfaite, surtout avec les résineux: c'est d'ailleurs à cette qualité qu'on a recours dans tous les foyers destinés au chauffage dans lesquels on allume le charbon avec du bois. Sa réactivité n'est à considérer que lorsqu'il est transformé en charbon, puisque, comme nous l'avons vu, le bois doit d'abord se carboniser dans les gazogènes à bois, pour être le siège de réactions devant finalement produire le gaz pauvre. Or, c'est le charbon de bois qui possède la meilleure réactivité de tous les combustibles carburants.

Son *pouvoir calorifique* est de l'ordre de grandeur de 3.000 à 3.500 cal. pour un bois dit « sec », c'est-à-dire contenant environ 20 % d'eau. Ce pouvoir calorifique varie peu suivant les essences. Il est minimum pour le tremble et maximum pour le charme, le bouleau et le pin maritime. Ce pouvoir calorifique est beaucoup plus faible que celui des charbons minéraux (le p.c. de l'antracite est de 7.500 c.). Cela tient à ce que le bois « sec » comprend 50 % de carbone et 44 % d'oxygène, alors que l'antracite contient 95 % de carbone, contre 6 % seulement d'oxygène. Or, l'oxygène n'est que comburant et non combustible.

Son *taux d'humidité* est en général trop élevé. A l'état vert, le bois contient de 40 à 50 % d'eau. Débité en charbonnette et laissé en tas à l'air, il atteint 20 % au bout de six à huit mois (comprenant les mois de printemps et d'été). C'est à ce moment-là seulement qu'il peut être employé avantageusement dans les gazogènes. Un excès d'humidité abaisse en effet sensiblement son pouvoir calorifique (de 1 à 2 %, environ par pourcentage d'eau en plus). Nous avons vu, en outre, que l'eau en excès abaissait la température des zones de combustion et de réduction et avait pour conséquence l'incorporation de CO₂ au lieu de CO dans le gaz formé.

Aussi, est-il désirable de ne se servir que de bois très sec (contenant 14 à 15 % d'eau), car si l'on tient compte de l'humidité de l'air primaire, on dépasse rapidement le maximum de 20 % d'humidité que nous avons vu être le dosage optimum de vapeur d'eau dans un gazogène.

Ce taux de 14 à 15 % étant difficile à obtenir en pratique, les constructeurs de gazogènes à bois en sont réduits à doter leurs appareils des dispositifs condenseurs et collecteurs d'eau dont nous avons parlé.

Les *cendres* du bois sont les mêmes que celles du charbon de bois qu'il produit. Nous en avons parlé et n'y reviendrons pas.

Le *calibrage* du bois dans les gazogènes transportables doit être de 30 à 75 cm³.

La *résistance mécanique* du bois est parfaite, surtout comparée à celle du charbon de bois.

Sa *densité de chargement* enfin est faible (0,3), tout au moins si on la rapporte à son pouvoir calorifique: il faut consommer en poids plus de deux fois de bois que de charbon à puissance égale. Or le bois se rétracte, comme nous l'avons vu, de plus du tiers en se carbonisant.

Toutes les essences peuvent, à la rigueur, convenir dans les

gazogènes. Mais ce sont les bois durs mélangés de résineux (30 % environ), qui donnent les meilleurs résultats.

Le bois découpé est livré en vrac ou mieux en sacs. Un excellent emballage est obtenu avec des sacs en fibres de bois d'une contenance de 30 à 35 kilos de bois.

LE CHARBON DE BOIS

Le charbon de bois possède de hautes qualités de combustibilité, d'inflammabilité et de réactivité. Son inflammabilité dépend en partie de sa température de carbonisation: le charbon produit à basse température (400°), contient des produits volatils qui le rendent très inflammable. Cuit à haute température (800°), il n'en contient presque plus.

Son pouvoir calorifique est plus du double de celui du bois cru (7.000 calories environ au kilo).

Son *taux d'humidité* varie en pratique de 4 à 10, ce dernier chiffre ne devant jamais être dépassé. Il est malheureusement très hygroscopique et absorbe facilement l'humidité de l'air. On reconnaît à première vue qu'un charbon est sec, en ce qu'il salit moins les doigts que le même charbon humide. En y appliquant la langue, il doit se produire un dégagement gazeux (provenant du gaz inclus dans les pores) qui blanchit la trace de salive.

On peut d'ailleurs vérifier facilement la teneur en eau (d'un bois ou d'un charbon) en en mettant un kilo dans un four de cuisine et en le pesant à nouveau deux ou trois heures après. La perte en poids constatée représente la quantité d'eau qui y était incluse.

Sa *résistance mécanique* est généralement très médiocre, surtout pour les charbons carbonisés rapidement et à haute température. Quant à sa *densité de chargement* (1), elle est faible, et de l'ordre de grandeur de 0,2 (c'est-à-dire qu'un hectolitre de charbon ne pèse que vingt kilos). Les bois blancs donnent les charbons les plus légers. La carbonisation poussée à haute température donne également un charbon plus léger, parce que « épuré ».

En faisant état des avantages et inconvénients de ces deux combustibles principaux des gazogènes, pouvons-nous en tirer la conclusion si souvent discutée, à savoir:

FAUT-IL PREFERER LES GAZOGENES FONCTIONNANT AU BOIS OU AU CHARBON DE BOIS?

Partisans du bois et du charbon de bois s'affrontent et discutent interminablement à coup d'arguments basés sur des chiffres. Comme les chiffres varient beaucoup en fonction de chaque cas particulier, les défenseurs de l'un, comme de l'autre sont toujours tentés de choisir dans l'échelle de variations de ces chiffres, ceux qui voisinent le maximum, pour les opposer aux chiffres de la partie adverse (choisis vers le minimum de l'échelle des variations). En ce qui concerne les pouvoirs calorifiques supérieurs respectifs du bois et du charbon de bois, par exemple, on oppose le chiffre de 4.500 cal. (relatif au bois le meilleur et le plus sec) au chiffre de 8.000 cal. (qu'atteint parfois un charbon de bois très pur et très sec). Indépendamment de ce point de départ qui est déjà faussé, les partisans du bois disent ceci: 100

(1) La densité proprement dite du charbon de bois varie suivant l'essence: les bois durs donnent un charbon dense.
(Charbons lourds: noyer, 0,6; hêtre, 0,5; charme, 0,45. — Charbons légers: pin, 0,35.)
Pour remplacer 1 litre d'essence, il faut 6 litres de charbon de bois ou 8 litres de bois.

kilos de bois à 4.730 c. donnent 473.000 c., alors que le même bois transformé préalablement en charbon de bois ne fournira que 27 kilos de charbon à 8.000 c., soit 227.000 c. d'où une perte de près de 50 % de calories au détriment du charbon de bois. Si l'on compare également les calories du gaz produit par le bois, avec celles du gaz de charbon de bois, les mêmes évaluations aboutissent au chiffre de 171.000 c. pour le gaz de bois (à 1.500 c. au m³) contre 168.000 pour le gaz de charbon de bois (à 1.200 au m³). A ces derniers chiffres, les partisans du charbon de bois, inversant le choix de leurs adversaires dans l'échelle des variations, n'estiment qu'à 1.290 c. le pouvoir calorifique du gaz de bois, et donnent à celui du gaz du charbon de bois la valeur de 1.340 calories.

Ils font valoir en outre que la distillation du bois dans la partie du gazogène fonctionnant comme carbonisateur, produit de l'acide acétique qui attaque les tôles, que le bois est lourd et trop humide, etc.

Que faut-il penser de ces thèses opposées?

Tout d'abord qu'il ne faut attacher aux chiffres qu'une valeur relative et que, pour se rapprocher de la vérité, il ne faudrait tabler que sur des moyennes.

Sans doute l'argument de la perte de calories qui semble handicaper le charbon a-t-il de la valeur, puisqu'au moment de la carbonisation en forêt, une grande quantité de calories s'échappent en pure perte dans l'atmosphère, et qu'on ne peut obtenir du charbon qu'en sacrifiant une quantité plus ou moins importante de bois pour chauffer les fours ou les meules. Si 1 kilo de charbon de bois donne dans les gazogènes la même puissance que 2 kg. 2 de bois, il a fallu 4 kg. 5 de bois pour produire 1 kilo de charbon. Au point de vue économique, le tout est de savoir tout d'abord quels sont les rendements comparés de l'utilisation des calories du bois dans tel four à carboniser et dans tel gazogène à bois et également à quel prix de revient ressort la calorie entrant dans le moteur: n'oublions pas qu'en pratique le prix de revient de la calorie varie essentiellement suivant l'endroit où elle est utilisée (en forêt ou dans le gazogène).

Aussi ne nous lancerons-nous pas dans la discussion de chiffres précédents, tron de facteurs intervenant dans des circonstances trop variées. Nous nous contenterons de juger en faisant appel au simple bon sens (si souvent supérieur aux chiffres) et sous un jour non théorique, mais uniquement économique et pratique. Nous avons dit qu'on estime généralement qu'un kilo de charbon de bois équivaut à 2 kg. 2 de bois. Le bois étant plus lourd, à nombre égal de calories utilisables, ne doit économiquement être utilisé que dans les régions boisées. Si dans le cas d'un exploitant forestier transformant une partie de son bois en charbon, il peut y avoir doute dans le choix à faire, il ne semble pas qu'il doive en être de même dans le cas d'un petit propriétaire, exploitant lui-même ses bois, et n'étant pas organisé pour les carboniser. Il serait en effet contre-indiqué en la circonstance pour ce propriétaire de vendre sa charbonnette (à un prix généralement minime) à un carbonisateur qui lui revendra le charbon à un prix qui (à cause des frais de carbonisation que nous étudierons plus loin), deviendrait excessif.

Ce point de vue prix de revient du combustible *conditionné* est, à notre avis, un des éléments primordiaux, dont on n'a pas saisi suffisamment l'importance à ce jour, et qui doit influencer, dans bien des cas, sur le choix à faire entre le bois et le charbon de bois.

Nous verrons, dans le chapitre consacré à cette question très importante, que suivant les procédés employés, les prix de revient du bois découpé peut varier du simple au double, et que le prix du charbon de bois peut osciller aussi dans de très grandes proportions suivant les techniques employées.

C'est donc en définitive le prix de revient du cheval-heure qui doit, dans les différents cas, faire pencher la balance en faveur de l'emploi du bois cru ou du charbon de bois.

En résumé, aucun discrédit ne doit être jeté *a priori* sur les gazogènes à bois ou à charbon de bois. Le choix doit dépendre surtout de la région dans laquelle est appelée à circuler le véhicule, et des conditions particulières de ravitaillement qui peuvent se présenter.

En réalité « bois cru » et charbon de bois possèdent des inconvénients sérieux, si bien qu'on peut penser que ce sont là des combustibles présentés actuellement dans des formes qui ne peuvent être que passagères. Deux solutions sont en vue: le *bois torréfié* et l'aggloméré ou le comprimé de *charbon de bois*.

BOIS TORREFIE

Le bois torréfié ou « charbon roux » a fait, de la part du Professeur Dupont, l'objet d'études très suivies. L'intérêt de ce combustible dans les gazogènes réside dans le fait que son état de cuisson peu avancé (270 à 290°) a permis l'élimination de la majeure partie de son eau, mais la conservation de presque tous les produits volatils qui maintiennent ainsi au bois un pouvoir calorifique élevé. C'est en somme un produit intermédiaire entre le bois et le charbon de bois, qui réunirait une grande partie des avantages de ces deux combustibles.

Quatre à cinq litres de ce bois remplaceraient 6 à 7 litres de bois à 15 % d'eau et équivaldraient, comme puissance développée au moteur, à 1 litre d'essence.

Le Professeur Dupont recommande de découper préalablement le bois en petits morceaux avant de le torréfier.

On ne peut que regretter qu'aucune technique industrielle n'ait encore été mise au point pour la préparation du bois torréfié.

COMPRIMES ET AGGLOMERES

Les comprimés sont obtenus par compression (de 400 à 600 kilos au centimètre carré de poussier de charbon, puis par recuisson (de 700 à 1.000°). A cette température, le charbon durcit en prenant l'aspect du coke: on dit qu'il se « cokéfie ».

Dans les agglomérés, la cohésion entre les grains de poussier est d'abord assurée par un « liant » (incorporé à raison de 25 à 35 %) jouant le rôle de ciment, après quoi on comprime de 150 à 300 kilos. On recuit ensuite à une température ne dépassant généralement pas 400°. Cette cuisson a pour effet de décomposer le liant et de solidifier l'ensemble.

En réalité, avec le charbon de bois qui est très peu adhésif, on ne peut obtenir des comprimés qu'en y incorporant également une quantité de liant (15 à 20 %) et comme il est difficile de réaliser des machines à forte compression et à grand débit, on tend à s'orienter plutôt vers les agglomérés que vers les comprimés.

Pour obtenir le poussier, il faut broyer le charbon de bois. On utilise à cet effet des broyeurs divers: à marteaux, à boulets ou centrifuges. Il est préférable de ne pas prendre le poussier se trouvant autour des meules de terre, car il contient trop de cendres.

Le liant est le plus généralement du brai (résidu de la distillation des goudrons de bois, de lignite, de tourbe ou du pétrole brut). Comme ce brai pourrait distiller son goudron dans le gazogène, et que d'autre part le simple mélange de poussier et de brai, même comprimé, n'offrirait pas la résistance voulue, on doit ensuite distiller les agglomérés obtenus de manière à craker les produits pyrolineux et cokéfier

l'ensemble. Cette distillation permet dans certaines installations de récupérer des huiles épaisses provenant du brai, et qu'on peut transformer à nouveau en brai, si bien que la consommation finale en brai ne dépasserait guère 15 % du poids du charbon.

Ces opérations étant coûteuses, on a cherché et on cherche encore le liant « à froid » qui serait susceptible de se solidifier en séchant après compression et qui ne risquerait pas de dégager de goudrons par distillation dans le gazogène.

Le brai provient le plus souvent de la récupération des goudrons dans les fours à carboniser. Mais souvent aussi on trouve plus simple et plus économique de mélanger au charbon de bois, des charbons de terre qui contiennent des goudrons en quantité suffisante pour servir de liant. Comme nous n'étudions ici que les combustibles d'origine végétale, nous ne nous arrêterons pas sur ce dernier procédé.

Les avantages des comprimés et agglomérés sont les suivants: ils sont homogènes de composition et de calibrage. Leur densité de chargement est environ trois fois plus grande que celle du charbon de bois ordinaire.

Leur hydropophilie est bien moindre que celle du charbon. Leur résistance mécanique peut être très grande; leur transport enfin s'effectuant sous volume réduit, par rapport au charbon de bois, coûte par conséquent bien moins cher. On entrevoit là la solution de ravitaillement en carburants forestiers des gazogènes dans les régions éloignées de massifs forestiers. Le prix de transport au loin, du bois et du charbon de bois devient en effet très vite prohibitif.

Il est possible en outre, d'utiliser pour la fabrication des comprimés ou agglomérés des déchets végétaux carbonisés, tels que brindilles, feuilles, sciures qui, se présentant presque en poussier après carbonisation, sont inutilisables tels quels dans les gazogènes.

Malheureusement, si de très nombreux procédés d'agglomération ont été proposés, si de nombreux brevets ont été pris dans ce but, si même quelques échantillons d'agglomérés sont timidement apparus sur le marché, aucun ne s'est montré viable jusqu'à ce jour.

Nous croyons savoir cependant, que sous la poussée des besoins actuels, des tentatives sérieuses sont sur le point d'aboutir.

En résumé, l'aggloméré paraît devoir être dans l'avenir la seule présentation acceptable du charbon de bois, la forme actuelle de charbon de bois « ordinaire » ne devant être que transitoire.

AUTRES CARBURANTS D'ORIGINE VEGETALE

Les *Sarments de vigne* donnent d'excellent charbon de bois à haut pouvoir calorifique, mais dont le défaut est d'être un peu trop fin, et par suite trop cassant. Il n'est guère recommandable comme « bois cru », car il flambe trop facilement. Il entrerait, par contre, avec intérêt dans la fabrication d'agglomérés, étant donné sa facilité de broyage.

Le *lignite*, qui est un bois fossile, et dont il existe sur notre sol des gisements importants, pourrait aussi servir à la fabrication d'agglomérés. Une importante société avait, au début de 1939, fait des essais d'agglomérés de lignite qui avaient été encourageants.

La *tourbe* est également une matière riche en carbone. La France possède beaucoup de tourbières inexploitées. Il y a déjà un certain nombre d'années que M. Charles Roux a réalisé des comprimés de tourbe pour gazogène. Les résultats ont été bons techniquement, mais peu intéressants au point de vue économique, à cause de la quantité

de calories nécessaires pour dessécher la tourbe, très riche en eau (90 %). Néanmoins, dans les circonstances actuelles, et étant donné le prix élevé du charbon de bois, peut-être trouverait-on là une source de carburant à ne pas négliger. Un procédé nouveau (Robin) est à l'étude.

Nous ne parlerons, que pour mémoire, de certains déchets organiques: pulpe de raisin, grignons d'olives, coques d'arachide qui ont, pour les premiers l'inconvénient d'être trop aqueux, et pour l'arachide, celui de ne pas exister dans la Métropole.

En résumé, toutes les matières organiques (contenant du carbone par définition), sont susceptibles d'être carbonisées en vue de leur emploi dans les gazogènes, mais l'opération reste douteuse dans bien des cas au point de vue économique.

Pour terminer ce chapitre sur les combustibles pour gazogènes, nous donnons ci-dessous un tableau résumant les essais comparatifs que nous avons entrepris pendant deux années consécutives à la Station Centrale d'Essais de Machines, sur les différents combustibles-carburants (avec un moteur donnant 45 CV à l'essence).

NATURE du combustible	DENSITE de chargement (kg. au litre)	POUVOIR calorique (supérieur)	HUMIDITE %	PUISSANCE moyenne CV.	REGULARITE variation de puissance %	CONSUMMAT. au CV-h. en kg.	MACHEFER prod. après 3 h. de marche en kg.	CENDRES prod. après 3 h. de marche en kg.
Bois cru	0,33	4.100	20	28	13	1,200	néant	0,600
Bois torréfié	0,24	5.700	7	31	13	0,900	néant	0,400
Charbon de meule de terre	0,20	7 000	8	28	4	0,500	1	1
Charbon de bois epuré	0,20	7.370	7	30,8	3,5	0,530	0,09	0,450
Comprimés de char- bon de bois	0,50	7.114	5	30	3	0,530	0,01	0,100
Charbon minéral ..	0,60	7.500	5	28,5	18	0,500	2	1

Notons également quelques chiffres relatifs au rendement en gaz des principaux combustibles carburants (d'après Jaeger):

1 kg. de bois humide (25 % d'eau) peut donner	1 m ³ 5	de gaz pauvre
1 kg. de bois sec (au-dessous de 20 %)	»	2 m ³ de gaz pauvre
1 kg. de charbon de bois	»	2 m ³ de gaz pauvre
1 kg. de tourbe comprimée	»	4 m ³ 5 de gaz pauvre
1 kg. de briquettes de lignite	»	3 m ³ de gaz pauvre
1 kg. d'anhracite	»	5 m ³ de gaz pauvre

CHAPITRE IV

FABRICATION DU CHARBON

Nous avons vu, plus haut, les caractéristiques spéciales que doit posséder un charbon de bois destiné à alimenter les gazogènes.

Or, la composition et les propriétés carburantes des charbons de bois varient suivant l'essence du bois employé, son taux d'humidité, son âge, la nature géologique du terrain, et surtout les conditions dans lesquelles s'est effectuée la carbonisation.

Nous étudierons, dans le Tome II, les phénomènes de combustion du bois et les propriétés physiques, chimiques et thermiques de ses constituants et nous contenterons de résumer ici les caractéristiques principales influant sur ses qualités carburantes.

Le bois est composé de quatre catégories de corps différents: la cellulose (50 % du bois sec), la lignine (20 à 30 %), les hémicelluloses et l'eau. La cellulose et la lignine forment les fibres servant de squelette, les hémicelluloses agglomèrent ces fibres entre elles en jouant en quelque sorte le rôle de ciment.

QU'EST-CE QUE LA CARBONISATION ?

C'est la décomposition par la chaleur et à l'abri de l'air (opération appelée « pyrogénéation ») des constituants du bois. Cette décomposition s'effectue par une série de réactions chimiques dans le détail desquelles nous n'entrerons pas. Il en résulte un dégagement de gaz et de vapeurs condensables et il reste en fin de compte un corps solide: le charbon de bois. Il est indispensable que ces réactions s'effectuent à l'abri de l'oxygène, sans quoi le bois et le charbon prendraient feu.

Nous verrons toutefois que le procédé de carbonisation par meules (de terre ou métalliques) nécessite la combustion d'une partie du bois pour obtenir la carbonisation du reste.

Suivons le processus de la carbonisation.

Sous l'action de la chaleur, la température du bois à carboniser monte. Vers 100° commence l'évaporation de l'eau, qui dure jusque vers 170°, et également un commencement de dégagement des gaz inclus dans le bois. Ce dégagement s'accroît au fur et à mesure de l'élévation de température et est presque terminé vers 275°. En même temps commence à se produire l'évaporation de produits pyroligneux.

Vers 300° la décomposition du bois s'effectue d'une manière intense et s'accompagne d'un violent dégagement de chaleur. Ce dégagement est dû à la forte proportion d'oxygène (contenue dans le bois) qui se combine avec d'autres éléments. Cet oxygène forme de l'eau avec l'hydrogène, de l'anhydride carbonique et de l'oxyde de carbone avec le carbone et enfin de l'alcool méthylique et de l'acide acétique avec l'hydrogène et le carbone réunis.

Toutes ces réactions étant exothermiques, produisent l'élévation de température qui est mise à profit pour continuer à décomposer le bois en ses constituants. Ce qui reste de carbone non utilisé dans ces réactions demeure finalement le seul résidu se trouvant à l'état solide avec quelques traces de produits minéraux (qui donneront les cendres). Cette décomposition totale du bois n'est obtenue que vers 1.000° et correspond au maximum de rendement en carbone et par suite au maximum de pouvoir calorifique; elle devrait en principe s'effectuer d'elle-même à partir de 300 à 350°, sans qu'il soit besoin de continuer à fournir de la chaleur de l'extérieur, puisque les réactions fournissent elles-

mêmes de la chaleur. Mais en réalité, étant donné les déperditions sensibles qui se produisent par les parois du four et par le départ des fumées, il faut entretenir le chauffage pour maintenir la température de carbonisation. En pratique, on préfère le plus souvent, pour avoir du charbon très réactif, et comprenant encore un peu de matières volatiles, ne pas dépasser 400 à 500°.

Vers 400° la carbonisation proprement dite est terminée, le bois étant entièrement transformé en charbon.

Dans la carbonisation par meules, 1 stère de charbonnette fournit de 60 à 80 kilos de charbon, le meilleur rendement étant obtenu avec les bois durs, et le moins bon avec les bois tendres.

Dans le cas de carbonisation en vase clos (cornues), on obtient environ 10 à 15 % de gaz, 40 % de pyroligneux, 6 à 10 % de goudrons et 25 à 30 % de charbon. Dans le procédé de carbonisation par meules, le rendement en charbon n'est guère que de 15 à 22 %.

Voici, dans le tableau ci-dessous, quelques chiffres relatifs au rendement en charbon et au pouvoir calorifique du charbon obtenu, en fonction de la température de carbonisation.

TEMPERATURE de distillation	RENDEMENT en charbon % bois sec	TENEUR en C.	TENEUR en H.	POUVOIR calorifique
100°	100	47	6,5	4.730
275°	82	58	6,3	5.800
320°	49	72	5,1	6.940
400°	38	76	5	7.710
545°	27,5	90	3,1	8.250

Il est à remarquer que plus la température de distillation est élevée plus le charbon obtenu est sec et plus il est léger. Les producteurs de charbon très cuit, ont donc intérêt à le vendre au volume plutôt qu'au poids.

Dans la carbonisation, la lignine fournit la plus forte proportion de charbon (environ 50 %), presque tout l'alcool méthylique et l'acétone; la cellulose produit de son côté 30 à 40 % de charbon, du gaz et des vapeurs condensables d'eau, d'acide acétique et de goudrons.

Les hémicelluloses enfin, donnent pour leur part, très peu de charbon mais beaucoup de gaz et des vapeurs d'eau, d'acide et de goudrons.

Finalement, la carbonisation transforme une grande partie du carbone du bois en gaz (CO₂, CO et hydrocarbures). D'après Violette, on ne retrouve de carbone à l'état solide (charbon de bois), que dans les proportions suivantes, en fonction de la température de carbonisation:

A 200° les 4/5 du C total du bois;
A 200° les 2/3 —
De 300° à 350° la moitié du C total du bois;
De 400° à 1.500° le tiers —

PROCÉDÉS DE CARBONISATION

Il y a deux procédés différents pour obtenir du charbon de bois: le système des meules ou procédé de carbonisation proprement dite, avec apport de chaleur initiale intérieure (par combustion d'une partie du bois) et le système « en vases clos » ou procédé de distillation, avec apport de chaleur initiale extérieure.

a) CARBONISATION PAR MEULES

On distingue deux sortes de meules: les meules de terre et les meules ou fours métalliques.

Les meules de terre. — Ce procédé date des civilisations les plus reculées. La technique étant connue, nous ne nous y étendrons pas. Nous soulignerons seulement les points la différenciant de la meule métallique. Le bois pris sous la forme de « charbonnette » (rondins de 4 à 10 cm. de diamètre et de 0 m. 66 de long), doit être empilé debout et très régulièrement en un, deux ou trois étages superposés, de manière à former un tronc de cône, dont la face supérieure au lieu d'être plate, présente une forme bombée. Dans l'axe de la meule est aménagée une cheminée formée d'un ou plusieurs pieux entassés dans le sol, qu'on enlèvera au moment de la mise à feu.

Le tout est d'abord recouvert d'un lit de paille ou de feuilles sèches, puis de terre. Quelques ouvertures ou événements sont pratiqués à la partie inférieure de la couverture. La meule terminée, on l'allume en projetant par la cheminée (après avoir enlevé les pieux qui en ménageaient l'emplacement) des copeaux de bois enflammés auxquels on ajoute quelquefois un peu de charbon de bois. Le feu prend dans la masse. Mais il faut que la partie de bois qui brûle, ne soit que juste suffisante pour élever la température de façon à faire circuler les fumées et gaz chauds dans le restant de la meule. En d'autres termes, il faut sacrifier le minimum de bois pour la combustion de manière à en réserver le maximum pour la distillation. L'art délicat de charbonnier consiste donc à surveiller attentivement la marche du feu, en tenant compte du vent qui peut activer trop le tirage de certains côtés, et insuffisamment d'autres côtés. Il faut surveiller également les rentrées d'air, provenant du tassement et des craquelures de la couverture, et qui auraient pour effet de provoquer la combustion de parties destinées à la carbonisation. On doit au contraire crever par endroits la masse de terre afin d'activer la combustion dans les parties où la température n'est pas assez élevée.

Les fumées qui s'échappent de la meule sont d'abord épaisses et blanches (dégagement de vapeur d'eau), puis jaunâtres (dégagement de goudron) et enfin légères et bleutées. Cette dernière couleur annonce la fin de l'opération, qui a lieu 18 à 20 heures après l'allumage, dans les meules de 50 stères environ. Dans les grosses meules de 400 stères, l'opération peut durer 4 à 5 semaines.

A ce moment la meule, dont le volume est diminué d'un bon tiers, ne contient plus que du charbon au rouge. La moindre entrée d'air en déterminerait la combustion. Il importe donc d'en abaisser la température en maintenant soigneusement la masse à l'abri de l'air.

Dans ce but, on bouche les événements et on s'assure de l'étanchéité de toute la couverture. La meule devient donc « étouffoir ». Ce stade de refroidissement dure environ 24 heures (pour les petites meules), après quoi on peut découvrir la meule pour ensacher le charbon tout venant. Les meules de terre donnent un rendement d'environ 18 à 20 kilos de charbon pour 100 kilos de bois à 25 % d'humidité. Il faut brûler 10 % de bois pour obtenir la carbonisation des 90 % restant.

Avec du bois vert, la proportion de bois à brûler peut atteindre 30 % de la meule.

On compte que sur 100 kilos de carbone contenu dans le bois, il en reste 48 à l'état de charbon de bois, 27 étant partis avec les produits volatils et 25 ayant été utilisés pour le travail de la carbonisation (chauffage, vaporisation de l'eau, etc.).

Le charbon de bois ainsi obtenu est presque toujours d'excellente qualité pour son emploi comme combustible de chauffage, qui constituait son unique débouché jusqu'au jour où l'on s'est avisé de l'utiliser

comme carburant. Pour ce dernier usage on doit exiger du charbon de bois une pureté et une homogénéité presque absolues. Or, c'est sur ce point que pèche précisément le charbon de bois de meules. La base de la meule (où se trouvent les événements) et le centre (où a été ménagée la cheminée) ainsi que les zones avoisinantes sont soumises à une température trop élevée donnant du charbon trop cuit, léger et cassant, tandis que tout le pourtour de la meule en contact avec la couverture de terre est insuffisamment cuit et composé en majeure partie de « fumerons », c'est-à-dire de charbon comprenant encore des goudrons et autres matières pyroligneuses (acide acétique, etc.) très préjudiciables aux moteurs. Ce charbon risque aussi de produire de grosses quantités de mâchefer par suite de l'incorporation de silice et de chaux provenant de la terre de la couverture.

On reproche d'autre part aux meules de terre leur extrême délicatesse de conduite, qui exige des spécialistes avertis pour mener à bien la fabrication du charbon, surtout quand celui-ci est destiné aux gazogènes. Le métier de charbonnier est en outre pénible, puisqu'il faut surveiller constamment, le jour comme la nuit, la marche de la carbonisation. Aussi le nombre des professionnels a-t-il diminué très sensiblement ces dernières années, surtout devant la mévente du charbon de bois comme combustible.

La demande devenant subitement considérable, il faut s'attendre à voir arriver sur le marché de grosses quantités de charbon de bois de meules de terre, absolument impropres au fonctionnement des gazogènes. On ne saurait trop mettre en garde l'usager contre ce danger et lui recommander d'examiner soigneusement le lot de charbon qui lui est proposé. Les « incuits » se reconnaissant à ce que le charbon se casse mal et que sa cassure, au lieu d'avoir une couleur noire brillante tirant sur le bleu, présente au contraire une surface terne, zébrée de taches brunâtres. Le bon charbon doit en outre, quand on le tient entre deux doigts et qu'on le cogne contre un objet dur, donner un son clair métallique et non pas étouffé. On dit qu'il faut que le charbon « sonne bien ».

Meules métalliques. — C'est pour remédier en partie à ces inconvénients, qu'on a eu l'idée, depuis un certain nombre d'années, de remplacer la couverture de terre par les couvertures métalliques. Le principe est séduisant et les avantages certains: le contact de la terre et du charbon est évité (sauf sur le fond); la couverture ne risquant plus de s'effondrer ni de se craqueler, la conduite du feu est plus sûre et plus régulière et la surveillance plus aisée; il n'est plus besoin de spécialistes proprement dits. Les frais de main-d'œuvre peuvent se trouver diminués du fait de la plus grande facilité d'édification et de surveillance des meules; cette surveillance enfin est moins pénible et permet aux charbonniers de prendre quelque repos; l'homogénéité et la pureté du charbon sont mieux assurées.

La meule métallique étant relativement lourde, il importe qu'elle soit formée d'éléments facilement démontables et amovibles. Malheureusement, l'acide acétique dégagé par le bois pendant sa distillation, attaque le métal et écourte singulièrement la vie de la meule. Certains constructeurs font valoir que le goudron qui se dépose sur les parois intérieures protège le métal contre l'attaque des acides. Il n'en est pas moins vrai que dans bien des cas, une meule métallique ne dure guère plus de deux campagnes.

Le charbon obtenu est plus pur que celui provenant des meules de terre. Il est également plus homogène, les parois métalliques refroidissant moins les couches externes de bois que la couverture de terre, qui, en s'affaissant au fur et à mesure de la carbonisation, reste constamment au contact du bois. Du fait qu'il est plus pur il est aussi léger et rend par conséquent moins en poids à l'hectolitre.

Il existe actuellement d'assez nombreux types de meules métalliques (voir annexe) qui fonctionnent à peu près toutes sur le même principe. Seuls, quelques détails de forme, de systèmes d'évents et d'évacuation des fumées, les différencient les uns des autres. Ces meules sont généralement tronconiques ou cylindriques, mais il en existe aussi de forme parallélépipédique, destinées à carboniser les bois plus gros et plus longs que la charbonnette. Mentionnons toutefois un nouveau type de four, dont la forme et le principe de fonctionnement sont un peu différents des autres: ce four est composé en somme de deux anneaux, un supérieur et un inférieur. Le supérieur forme cloche et est d'un diamètre légèrement supérieur à celui de l'inférieur. On charge l'anneau inférieur de manière que le niveau du bois dépasse de moitié environ sa hauteur. On couvre le tout de l'anneau formant cloche. Les fumées sortent par l'intervalle existant entre les deux anneaux et comme le bois diminue de dimension en se carbonisant, la cloche supérieure descendant au fur et à mesure de la carbonisation. En fin d'opération, la cloche reposant sur le sol forme étouffoir.

Ce système présente en outre l'avantage de supprimer les joints nécessaires dans les fours ordinaires pour éviter les rentrées d'air entre anneaux consécutifs.

b) FOURS DE DISTILLATION.

Dans les procédés de fabrication par meules que nous venons d'étudier, on ne cherche qu'à obtenir du charbon en évacuant dans l'atmosphère tous les gaz et vapeurs provenant de la distillation. Ces produits ayant une certaine valeur, on a intérêt à les récupérer. Ils constituent même le produit principal de vente des usines fixes de distillation du bois qui en tirent des acétates, de l'alcool méthylique et des goudrons, le charbon de bois n'étant (autrefois tout au moins) considéré que comme sous-produit.

Dans ces usines, l'apport de chaleur nécessaire pour amorcer et entretenir les phénomènes de carbonisation, n'est plus interne, c'est-à-dire obtenu par combustion d'une partie du bois de la meule, mais externe, c'est-à-dire fourni par une source de chaleur quelconque amenée au contact des « cornues » de distillation. Celles-ci sont constituées par des récipients de dimensions appropriées, complètement étanches, sauf à la partie supérieure où les gaz et vapeurs s'échappent par une tuyauterie aboutissant à des condensateurs dans lesquels les vapeurs condensables se liquéfient. Une série de traitements chimiques permet ensuite d'en obtenir les produits de vente.

En fin de distillation, il reste dans les cornues un résidu solide qui n'est autre que le charbon de bois. Dans la plupart des cas les cornues sont recouvertes d'une enveloppe métallique condensant la chaleur et formant « four ». D'où le nom souvent donné à ces installations.

Du fait qu'on s'est efforcé d'extraire du bois le maximum de produits volatils, le charbon obtenu est particulièrement pur et ne risque pas de produire les accidents de goudronnage que nous avons signalés à propos du charbon de meules. Par contre, certains constructeurs de gazogènes lui reprochent sa trop grande pureté qui a pour effet de lui supprimer l'appoint de matières volatiles (hydrogène et carbures d'hydrogène) dont la présence dans le gaz enrichit le pouvoir calorifique et facilite les reprises. On lui reproche aussi parfois d'être trop fragile, par conséquent trop cassant et sujet en conséquence à produire du poussier par suite des trépidations du véhicule.

Quoi qu'il en soit, la garantie d'origine donnée par son appellation contrôlée « charbon épuré » confère toute sécurité à l'usager, eu égard aux risques actuellement encourus par l'instruction hâtive d'ou-

vrriers « spécialistes » en carbonisation par meule de terre. Nous ne nous étendrons pas sur cette fabrication du « charbon épuré » provenant des usines fixes de distillation. Le nombre de ces usines est d'ailleurs très restreint en France, beaucoup d'entre elles ayant fermé au cours de ces dernières années, à la suite de la sévère concurrence apportée sur le marché par la fabrication synthétique des acétates.

FOURS MOBILES DE DISTILLATION AVEC RECUPERATION DES SOUS-PRODUITS. — De nombreux inventeurs se sont évertués, depuis une vingtaine d'années, de concevoir des fours auxquels la possibilité de récupération de tout ou partie des sous-produits viendrait s'ajouter à l'avantage de la mobilité. Un certain nombre de ces idées ont été réalisées. Ces fours transportables appartiennent au type « vase clos » et sont, de ce fait, chauffés par apport de chaleur extérieure. Les modèles les plus simples brûlent du bois au début de l'opération, et aussitôt la carbonisation amorcée, entretiennent la chaleur du foyer par le simple apport du gaz de distillation dont la majeure partie est combustible. Dans ce cas la récupération des sous-produits ne se fait qu'au bénéfice du chauffage et non de la vente.

Dans d'autres modèles, le chauffage est assuré pendant toute la durée de l'opération par le bois et les produits de distillation sont recueillis et consensés.

L'inconvénient de ce dernier procédé réside surtout dans la difficulté qu'il y a de traiter ces sous-produits pour les rendre propres à la vente. Ces traitements ne peuvent pratiquement se faire sur place. Il faut donc envisager le transport des jus pyroligneux à une usine d'épuration et de traitements chimiques. Or ce transport est coûteux du fait de la grande quantité d'eau qu'ils contiennent.

Aussi la plupart des fours mobiles actuels se contentent-ils de produire du charbon distillé, avec ou sans récupération des gaz et vapeurs combustibles pour le chauffage du four.

Dans le cas où les gaz sont utilisés pour le chauffage du four, ils sont amenés au foyer dans une canalisation se terminant par une rampe formant brûleur.

Dans le four « auto-carbone », le chauffage est assuré entièrement au gaz de bois, grâce à un petit gazogène annexe, produisant du gaz pauvre en quantité suffisante pour assurer ce chauffage d'abord et actionner, d'autre part, un petit moteur commandant un ventilateur. Ce ventilateur a pour but de « souffler » l'air dans le four pour hâter la durée de carbonisation (ainsi ramenée à 5 ou 6 heures).

Quand les gaz ne sont pas utilisés pour le chauffage du four, on cherche quelquefois à les faire absorber par le charbon pour enrichir celui-ci. L'idée est séduisante à la condition que les vapeurs soient exemptes de goudron, autrement dit, que les goudrons aient été préalablement décomposés en hydrogène et en hydrocarbures. Le four Grouard tend à réaliser ce but; il se compose en principe d'une série de petites cornues coiffées chacune d'un couvercle. Ces cornues sont rangées en deux étages superposés. L'ensemble est recouvert d'une cloche métallique à l'intérieur de laquelle on brûle la quantité de bois nécessaire à carboniser la charbonnette contenue dans les cornues. Le poids des couvercles (pour l'étage du dessus) et des couvercles surchargés de la rangée de cornues supérieures (pour l'étage du dessous) fait régner à l'intérieur une pression supérieure à la pression atmosphérique. Les gaz et vapeurs sont portés de ce fait à une température assez élevée et leur incorporation dans les pores du charbon en est facilitée. Sous l'effet de l'augmentation de pression et de température, les gaz et vapeurs en excès s'échappent en soulevant le couvercle. D'autre part, la faible contenance de chacune des cornues rend la carbonisation très rapide: on arrive ainsi à carboniser le bois sec en 6 heures environ.

INSTALLATIONS MOBILES. — Etant donné les difficultés d'ordre pratique et économique que nous avons signalées pour la récupération des produits pyrolytiques dans les fours mobiles, on a cherché à réaliser cette récupération grâce à des batteries de fours mobiles (ou tout au moins facilement démontables) groupés autour d'une véritable petite usine de traitement des pyrolytiques (four Malbay). On arriverait ainsi à une utilisation complète des produits de distillation du bois, et par suite à un abaissement sensible du prix de revient du charbon de bois.

FOURS CONTINUS. — Dans les fours que nous venons d'examiner, la carbonisation est discontinue, c'est-à-dire qu'il faut l'arrêter après la fin de chaque opération pour laisser refroidir le charbon, vidanger le four et recommencer à nouveau après l'avoir rempli de bois. On a cherché à éviter ces arrêts en rendant l'opération continue au moyen d'appareils qu'on charge en bois par le haut, et dont on récolte le charbon par le bas sans en arrêter le fonctionnement.

De nombreux fours de ce genre ont été imaginés. Dans les uns le bois est disposé sur des sortes de tapis roulants descendant lentement le combustible au fur et à mesure de sa carbonisation. Dans d'autres le bois descend, de lui-même, petit à petit du fait même de l'enlèvement du charbon à la partie postérieure. Le charbon doit être reçu dans des étouffoirs, dont on ferme rapidement le couvercle parce que, sortant à température élevée, il s'enflammerait immédiatement à l'air. En somme, alors que les appareils précédemment étudiés servaient successivement de fours, puis d'étouffoirs, dans les appareils continus le four chauffé sans arrêt, ne sert que de carbonisateur et des étouffoirs spéciaux sont utilisés pour refroidir le charbon recueilli.

Une réalisation récente de four continu a été tentée par M. Archer. Il s'agit là d'un foyer d'un four de taille importante (7 mètres de hauteur), qui n'est pas mobile, mais peut être démontable pour être transporté chaque année sur un centre de coupes. Le bois aussitôt abattu est découpé par un procédé que nous étudierons plus loin et transporté par une chaîne sans fin en haut du four. Il est donc carbonisé à l'état de vert. Le charbon est recueilli à chaque instant à la partie inférieure, dans des étouffoirs clos où il refroidit. Ce four fait partie de toute une méthode nouvelle d'exploitation charbonnière dont nous parlerons par la suite.

FOURS ROTATIFS. — Tous les systèmes de fours dont nous venons de décrire le principe sont immobiles pendant la carbonisation.

Il existe, au contraire, des « fours rotatifs » qui sont, comme leur nom l'indique, animés d'un mouvement de rotation pendant le travail. Ils sont basés sur le principe des grilloirs à café et sont surtout destinés à carboniser des produits végétaux, dont la forme et les dimensions s'accorderaient mal des procédés de carbonisation précédents, soit que leur masse se présente sous une forme trop dense pour permettre à la transmission de chaleur de s'effectuer de façon homogène, soit que les éléments à carboniser aient des dimensions très faibles; il y a intérêt dans ce cas (comme pour les grains de café) à les remuer constamment pour que chaque morceau vienne à son tour en contact avec la partie inférieure du four, constamment en contact avec les flammes du foyer.

Ces fours seraient également intéressants à employer pour la fabrication de bois torréfié, dont nous avons parlé, l'auteur de ce procédé (le professeur Dupont), recommandant de débiter préalablement le bois en petits morceaux.

Il est à remarquer que plus le bois est découpé en morceaux de petites dimensions, plus la carbonisation est rapide, à cause de l'augmentation importante des surfaces d'échange. Mais comme du bois

découpé en petits morceaux se tasse plus que de la charbonnette, la transmission de la chaleur au cœur de la masse s'effectue mal et lentement et l'on risquerait d'avoir un charbon trop cuit à la périphérie, alors que le bois situé au centre ne serait pas encore en voie de carbonisation. C'est pour cela qu'il est préférable, dans ces conditions, d'utiliser les fours rotatifs qui ont l'avantage d'uniformiser la marche de la carbonisation, tout en la hâtant.

ORGANISATION DES CHANTIERS. — Les meules métalliques et fours que nous venons d'étudier peuvent être d'un emploi économique à la condition que les chantiers soient rationnellement organisés, c'est-à-dire qu'ils aient un bon rendement. Or, le rendement économique de ces chantiers dépend avant tout d'une proportion judicieuse de main-d'œuvre et de meules ou fours. C'est ainsi qu'un seul four est d'un emploi peu économique, si la main-d'œuvre nécessaire pour le servir ne trouve pas à s'employer pendant la carbonisation ou le refroidissement. Pour arriver à une utilisation rationnelle de cette main-d'œuvre, il faut un nombre de fours variant avec leur capacité. La carbonisation par fours métalliques exige donc finalement une mise de capitaux assez élevée.

Voici, à titre d'indication, les conseils que donne l'administration des Eaux et Forêts pour l'établissement rationnel d'un chantier de carbonisation :

« Pour une bonne utilisation de la main-d'œuvre, le four à carboniser ne s'emploie pas isolément, mais par batterie d'au moins quatre, de quatre stères chacun. La mise en train de deux batteries de quatre, avec un ou deux fours de secours, permet de produire une tonne par jour.

Les opérations de chantier comportent :

- 1° l'approche à pied-d'œuvre du bois à carboniser;
- 2° le chargement des fours (une heure avec deux hommes, le bois étant à proximité);
- 3° la surveillance de la cuisson (de seize à vingt heures);
- 4° le défournement (une heure avec deux hommes);
- 5° le concassage, le criblage et l'ensachage.

Elles nécessitent l'emploi de six hommes: deux charbonniers et quatre manœuvres, d'un outillage élémentaire: 2 pelles, 2 pioches, 1 civère ou 1 brouette à grande roue (65 cm. de diamètre), 1 serpe, 1 scie, 2 coins, 1 masse et 1 merlin pour les bois à refendre, 2 fourches à cailloux, 1 râteau, 60 à 50 sacs de jute, 1 seau, quelques bâches, 4 tamis pour le concassage à main, 2 râclettes, un stock de sacs papier, une agrafeuse et des menues fournitures (ficelles, agrafes, étiquettes, etc.).

Le travail au cours d'une semaine peut être réparti comme suit :

Lundi. — Défournier la batterie N° 1 éteinte le samedi, la remonter et l'allumer.

Mardi. — Défournier la batterie N° 2 éteinte le dimanche, la remonter et l'allumer.

Mercredi. — Défournier, remonter et allumer N° 1. — Etouffer N° 2.

Jeudi. — Défournier, remonter et allumer N° 2. — Etouffer N° 1.

Vendredi. — Défournier, remonter et allumer N° 1. — Etouffer N° 2.

Samedi. — Défournier, remonter et allumer N° 2. — Etouffer N° 1.

Dimanche. — Etouffer N° 2.

Le dimanche matin, un ouvrier surveille la fin de la carbonisation de la batterie N° 2, allumée la veille; il ne revient au chantier que le lundi à midi.

Les fours sont allumés l'après-midi, vers 17 heures au plus tard, afin de réserver pour la nuit la période la plus calme de la cuisson. Mais la fin de l'opération, moment le plus délicat, exige la présence du personnel. Elle a lieu de jour, et cette façon d'opérer évite une

surveillance nocturne inutilement coûteuse. Cependant, il est recommandé d'installer de nuit un surveillant à proximité immédiate, qui garde le chantier et puisse à chaque instant prendre toutes les précautions nécessaires au cas où les conditions météorologiques viendraient brusquement à changer (pluie, développement subit d'un vent violent).

Les charbonniers, en procédant au défournement d'une batterie, surveillent la fin de la carbonisation de la deuxième, tandis que les manœuvres commencent à approcher le bois du four que l'on vide. Les manœuvres sont chargés en outre du concassage et de l'ensachage soit à la main, soit mécanique.

Le chantier ainsi constitué, avec deux fours de réserve, fournit en moyenne 6 tonnes par semaine lorsque les stères de bois ne sont pas trop disséminés dans la coupe et que les conditions atmosphériques sont favorables.

Le concassage et le tamisage doivent toujours être effectués sous un auvent, à l'abri de la pluie. »

CONDITIONNEMENT DU BOIS POUR LA CARBONISATION. — En principe toutes les essences et toutes les grosseurs de bois peuvent se carboniser. Les bois durs, donnent du charbon meilleur pour gazogènes, parce que plus denses et plus résistants. Si les bois de toutes dimensions peuvent être carbonisés, c'est par contre une erreur économique de transformer du gros bois (bois de bûches) en charbon pour gazogène, qui doit être réduit en petits morceaux. Les bois de bûches ont du reste une valeur marchande supérieure à celle de la charbonnette. D'autre part, plus le bois est petit, plus rapide se fait la carbonisation.

Il résulte de ces considérations que, tant au point de vue valeur marchande de la matière première, que rapidité de carbonisation, on aurait tout intérêt à ne carboniser que les ramilles, fagots et brindilles, dont la valeur commerciale est non seulement nulle, mais le plus généralement négative (il faut souvent payer de la main-d'œuvre pour s'en débarrasser en les brûlant sur la coupe). Malheureusement, ces brindilles ont une densité de chargement très faible, et les fours ne peuvent en contenir en poids qu'une quantité très restreinte. D'autre part, la masse d'air qui se trouve entre les brindilles, tend à faire brûler une part importante du chargement, rendant ainsi difficile la conduite de la carbonisation. Aussi est-il recommandable de ne carboniser les brindilles qu'après les avoir préalablement débitées en petits fragments.

Il existe à cet effet des « hache-brindilles », qui découpent les ramilles en petits brins, dont la densité de chargement atteint plus du double de celui des brindilles non hachées.

Une solution recommandable consiste à mélanger, quand le four s'y prête, de la brindille avec de la charbonnette. Nous verrons plus loin une bonne réalisation de ce procédé avec les découpeuses, débitant le fût et les branches de taillis, sans ébranchage préalable.

Pour la carbonisation des bois découpés en petits morceaux par les découpeuses, il semble préférable d'employer des fours spéciaux, car le tassement résultant de la grande densité de chargement du bois découpé freine la transmission de chaleur au sein de la masse, et on risque d'obtenir ainsi du charbon trop cuit aux pourtours du four, et insuffisamment cuit au milieu. Bien que les essais n'aient pas encore été entrepris, il semble, comme nous l'avons déjà dit, que les fours rotatifs soient tout indiqués pour la carbonisation de ce bois découpé.

Siccité du bois à carboniser. — Rien n'empêche, en principe, de carboniser du bois fraîchement abattu. Le chauffage des fours a, dans ce cas, pour premier effet de vaporiser l'eau en excès, après quoi la carbonisation s'amorce et se termine dans des conditions normales. Si

l'opération est techniquement possible, elle constitue toujours une erreur économique. On sait en effet que la vaporisation de l'eau exige une énorme quantité de calories qu'il est préférable de les demander au soleil, qui les dispense gratuitement, au cours des mois de printemps et d'été qui suivent la coupe. Aussi, dans la pratique courante, ne carbonise-t-on que les bois qui ont séché cinq à six mois au moins enstérés sur coupe. Ce n'est que dans des cas exceptionnels, comme ceux pouvant être nécessités par les besoins de la Défense Nationale (production urgente de charbons de bois) que la carbonisation des bois verts ou insuffisamment secs peut se justifier, puisque la question économique n'entre pas en jeu.

On ne saurait donc trop recommander aux usagers des fours à carboniser, de n'utiliser que du bois sec (contenant au maximum 20 à 25 % d'eau).

Avant de quitter la carbonisation, citons une autre source de production du charbon de bois pour gazogène: ce sont les fours de boulanger. Le bois avec lequel ces fours sont chauffés, laisse comme résidu de la « braisette », qui convient parfaitement, comme qualité et comme dimension, aux gazogènes. Malheureusement la production en est très limitée. Elle n'en est pas moins intéressante pour les boulangers eux-mêmes, qui peuvent ainsi livrer leur pain et chercher leur farine avec un carburant gratuit.

Dans le même ordre d'idées, M. de Romanet vient de réaliser un type de poêle à bois dans lequel on utilise la réaction exothermique de la carbonisation pour le chauffage d'une pièce, mais on enlève au fur et à mesure le bois transformé en charbon pour l'utiliser dans les gazogènes. Nous en reparlerons dans le Tome II. (Chauffage.)

CHAPITRE V

PRÉPARATION DES COMBUSTIBLES POUR GAZOGÈNES

CONDITIONNEMENT DU « BOIS CRU »

Les éléments intervenant dans le prix de revient du bois pour gazogènes mobiles, sont: la valeur du bois sur pied, son façonnage et enstérage, le transport et le tronçonnage.

La valeur du bois sur pied est excessivement variable suivant sa grosseur et surtout la distance à son point d'utilisation.

Il peut atteindre 10 francs le stère (1) dans le cas de taillis susceptibles de fournir de la bonne charbonnette peu éloignés de débouchés éventuels, comme il peut y avoir une valeur nulle, voir même négative, quand son exploitation est effectuée pour des besoins forestiers (dégagement de semis). Quant aux rémanants, représentant des bois de diamètre inférieur à 3 centimètres, leur valeur avant le façonnage est presque toujours et partout négative.

Les façonnage, tronçonnage et enstérage, valent, suivant les régions, de 10 à 15 francs le stère. Pour les brins plus petits constituant les fagots, il faut compter 20 à 30 francs le cent. Notons tout de suite que la densité apparente de la charbonnette de bois sec (un an de coupe), est de 260 à 360 kilos environ au stère, tandis que les fagots ne représentent qu'un poids au stère de 40 à 60 kilos.

Le transport de la charbonnette peut être évalué à 1 franc, et celui du fagot à 4 francs la tonne kilométrique.

Quant aux frais de tronçonnage, ils sont fonction de l'étendue de la surface normale sectionnée par unité de poids.

Si dans les gazogènes fixes à bois de grande dimension, on peut utiliser des morceaux de bois atteignant parfois la dimension des bûches ordinaires de foyer, dans les gazogènes mobiles, la nécessité de réduire l'encombrement, conduit à employer des générateurs dans lesquels la transformation du bois en charbon — qui est à faire avant les phénomènes de réduction — doit s'effectuer très rapidement; or, la rapidité de carbonisation est fonction de la fragmentation du bois; il en résulte qu'on ne doit employer que des morceaux de bois ayant un volume de 20 à 75 cm³ environ.

M. Kühne et Koch ont conclu, à la suite de leurs essais, que les dimensions optima étaient celles d'une boîte d'allumettes suédoises, c'est-à-dire 5 cm. de long sur 1 cm. 5 d'épaisseur et 3 cm. 5 de large, ce qui donne un volume moyen de 26 cm³.

En pratique, on peut admettre, comme tolérance des morceaux allant jusqu'à 100 cm³, mais guère plus.

Les morceaux de forme parallélépipédique ne se rencontrent guère que dans les déchets de menuiserie (qui constituent d'ailleurs d'excellents combustibles étant donné leur remarquable siccité). Quand les tronçons de bois sont obtenus directement à partir de troncs ou de branches, il faut envisager, si l'on prend comme base le volume de 30 cm³, un trait de scie tous les 10 centimètres environ pour des brins de 2 centimètres de diamètre ou tous les 2 cm. 1/2 pour des brins de 4 centimètres de diamètre.

A partir de 8 centimètres de diamètre, il faut envi-

(1) Actuellement même, étant donné la pénurie de carburants et de combustibles, le bois de chauffage et la charbonnette n'ont plus de cours fixe.

sager de refendre le bois. On préfère souvent sacrifier un peu au rendement et à la consommation en employant des morceaux plus gros qu'il ne faudrait. Certains auteurs estiment cette pratique plus avantageuse en tablant sur le fait que si la puissance obtenue est légèrement inférieure et la consommation au poids au CVH plus importante, le prix du bois dépensé au CVH est finalement moins élevée.

D'autre part, le débit du bois est d'autant plus coûteux à l'unité de section, que le diamètre du rondin est plus gros: la scie éprouve en effet un freinage d'autant plus énergique de ses parois contre les deux côtés de la section travaillée, que cette section est plus grande.

Il résulte des considérations précédentes que le conditionnement le plus économique d'un morceau de bois pour gazogène devrait correspondre théoriquement à la section minimum admise, soit 1 centimètre de diamètre, ce qui ne nécessiterait qu'une coupe tous les 30 centimètres.

Comme il ne saurait être question de n'utiliser que des brindilles calibrées à 1 centimètre, et que, d'autre part, des brins aussi longs formeraient des voûtes dans le générateur et ne descendraient pas jusqu'au foyer, on peut admettre finalement que les dimensions les plus pratiques et les plus économiques, correspondent à un mélange de brins de 2 à 3 centimètres de diamètre; et comme il faut ne prévoir qu'une seule longueur de coupe, on devra s'arrêter en définitive à la longueur uniforme de 5 à 8 centimètres.

Avec de la charbonnette, au contraire, dont le diamètre oscille généralement entre 3 et 8 centimètres, il faudrait admettre un sectionnement tous les deux centimètres. Comme cette longueur réduite oblige à un nombre de sectionnements très grands, on pousse en pratique jusqu'à 5 centimètres, ce qui s'écarte un peu trop des dimensions optima précédemment indiquées, mais comme nous le faisons remarquer plus haut, les considérations économiques sont souvent envisagées comme devant primer les conditions de rendement maximum.

Les surfaces sectionnées à l'unité de poids dans le cas de fagots (1 à 3 cm.) et de charbonnette (3 à 8 cm.) sont proportionnelles aux carrés des rayons; si l'on prend comme exemple, du fagot de 2 cm. de diamètre et de la charbonnette de 4 cm., on trouve que pour se conformer aux dimensions optima il faut environ 50 morceaux par kilo, ce qui donne comme surface de travail de coupe au kilo: pour le fagot (avec sectionnement tous les 9 cm. environ) $3,14 \times 1^2 \times 50 = 157 \text{ cm}^2$ et pour la charbonnette, (avec sectionnement tous les deux centimètres) $3,14 \times 2^2 \times 50 = 628 \text{ cm}^2$.

Le bois provenant des fagots semble donc bien plus économique pour les gazogènes à bois que les morceaux de charbonnette.

Le fagot n'a le plus souvent d'autre valeur que celle correspondant aux frais de façonnage qui peuvent être évalués entre 15 et 25 francs le cent de fagots d'un mètre de tour. (Le consommateur paye ces fagots deux ou trois fois plus chers, à cause des frais de charrois et du bénéfice du marchand, auquel peut venir s'ajouter en outre celui du ou des intermédiaires.) Le propriétaire forestier, lui, en tire bien rarement un profit quelconque. Le plus généralement même, tous les bois de petit diamètre ont pour lui une valeur négative, étant donnée la main-d'œuvre qu'il est obligé de payer pour brûler sur place les ramilles.

Enfin, il est certaines opérations « culturales », telles que les « dégagements de semis », qui permettent d'obtenir sans frais spéciaux les bois de dimension et d'essence convenables pour gazogènes.

D'après Ringelmann, de 100 kg. de fagots ordinaires, on peut retirer 80 kg. de bois ayant de 1 à 4 cm. de diamètre et 20 kg. de brins plus petits ou plus gros. C'est dire que 80 % des brins constituant les fagots peuvent être utilisés avantageusement dans les gazogènes à bois.

D'autre part, on estime en moyenne à 75 fagots de 1 mètre de tour la proportion de ramilles, par corde normale.

On peut évaluer entre 60 et 70 kg. en moyenne le poids d'un stère de ramilles fortement tassées.

Jusqu'ici, la charbonnette se débitait presque exclusivement à la scie rotative ordinaire à moteur. En tablant sur des brins de 4 cm. de diamètre et de 3 cm. de longueur (soit 37 cm³), un homme seul ne peut guère débiter plus de 80 à 100 kg. à l'heure (en bois dur). Si l'on estime à 4 CV la puissance nécessaire du moteur pour actionner la scie, le prix de revient du quintal de charbonnette débité peut s'établir comme suit:

1° Frais de façonnage:	
a) abatage	Fr. 1 >
b) tronçonnage et enstérage	2 >
2° Frais de débit:	
c) 1 heure d'ouvrier	4 >
d) 4 CVH (carburant, lubrifiant, amortissement, frais d'entretien du moteur)	6 >
3° Manutention:	
e) charrois de la charbonnette du dépôt à la scie et évacuation du bois coupé	Fr. 1,50
4° Frais généraux divers	0,50
	Fr. 15 >

A ce prix, il y a lieu d'ajouter les frais de charrois de la coupe au chantier de sciage qui peuvent s'évaluer, pour la charbonnette, à 1 fr. la tonne kilométrique et les frais de chargement sur coupe et de déchargement, quelquefois même de stockage. Si l'opération est faite par un industriel ou par un commerçant, il faut tenir compte en outre de ses frais généraux et de son bénéfice. Finalement, le prix de vente du bois débité dans ces conditions par une scie ordinaire « à bûches » varie de 18 à 25 fr. les 100 kilos suivant les régions (1).

Découpeuses. — Quelques constructeurs mettent actuellement sur le marché des machines à grand rendement susceptibles d'abaisser considérablement le prix de revient du bois débité. Le principe général consiste à supprimer d'abord les façons de débit et d'enstérage, en passant dans les machines les perches entières.

Telle est, parmi les scies de ce type, la machine spéciale de la maison Gloppe. La scie, de forme circulaire, a son axe monté sur un dispositif satellite, de telle sorte que cet axe accomplit une circonférence complète en quelques secondes, autour du pignon moteur, qui imprime à la scie une vitesse de rotation de 600 tours à la minute. Il résulte de ce mouvement combiné que la partie supérieure de la scie passe aux intervalles réguliers de quelques secondes devant la bouche du couloir d'alimentation. En arrière de cette bouche fixe se trouve un dispositif d'amenée des perches, composé d'une série supérieure et d'une série inférieure de chaînes armées de crochets obligeant ces perches à avancer.

Chaque chaîne est montée sur une bielle, qui est garnie d'un poids à la partie postérieure, et dont le mouvement d'oscillation dans un

(1) Actuellement, étant donné les circonstances, le bois « cru » débité atteint et dépasse même, dans certaines régions, le prix de 50 fr. le quintal.

plan vertical est indépendant de celui des bielles voisines: il s'ensuit que chaque chaîne entraînée est en contact avec les perches se trouvant dans son plan et il est ainsi possible d'enfourner plusieurs brins de taillis entiers à la fois, la cime d'une perche pouvant ainsi se trouver, sans inconvénient, à côté du pied d'une autre.

Le mouvement des chaînes ne s'opère, grâce à un jeu de transmission approprié, que dans l'intervalle de deux passages consécutifs de la scie devant la bouche, et a pour effet d'avancer l'ensemble des brins à débiter de la longueur égale à celle des tronçons qu'on veut obtenir. Ces longueurs peuvent varier à volonté par la combinaison de jeux de pignons prévus à cet effet.

L'ensachage des morceaux de bois se fait automatiquement dans des sacs accrochés à des portants disposés devant la scie.

On peut passer jusqu'à 6 ou 7 perches à la fois, la grosseur n'étant théoriquement pas limitée, mais ne dépassant pas en pratique celle des brins de taillis, soit 12 à 18 cm. environ.

Un moteur de 4 CV, fixé sur le bâti de la machine, est suffisant pour actionner la scie et les organes d'amenée des bois.

L'ensemble est monté sur un bâti qui peut être, soit fixe, soit disposé sur un train de roues.

La même maison a mis également sur le marché une refendeuse destinée aux bois de gros diamètre (au-dessus de 20 cm.). Cette machine se compose en principe d'un coin fixe dont l'angle est assez aigu. Sur ce coin les bois à refendre sont amenés de force par des chaînes agrippantes et un « pousse-bûches » agissant sur l'extrémité opposée.

A côté des scies spéciales, dont il n'existe actuellement, à notre connaissance, que celle précédemment décrite, on trouve sur le marché des machines à hacher le bois. Tels sont, par ordre d'ancienneté, le hache-brindilles de la Société Française de Matériel Agricole de Vierzoon, les coupeuses Amman (Suisse), la machine à déchiqueter Linarès, la découpeuse J.D. (Jaulgonne-Aisne), la découpeuse de Romanet et la « Serpe-hélice » Salomon.

Le hache-brindilles de la Société Française de Matériel Agricole et Industriel, ressemble un peu à certains hache-mais. Il se compose en principe d'un tambour cylindrique à axe horizontal portant quatre couteaux qui sectionnent les brindilles contre une bouche précédée d'un couloir d'alimentation dans lequel les brindilles sont engagées de force par deux cylindres cannelés commandés par engrenages.

Comme son nom l'indique, cette machine est surtout destinée à couper le menu bois (de 3 à 5 cm. de diamètre). La longueur des brins coupés est de 50 m/m. — Son débit est, pour la dimension de 50 m/m. de 300 kg. à l'heure; la puissance absorbée de 4 CV et la vitesse de rotation de 120 à 150 tours à la minute.

Un appareil de ce genre avait été essayé par Ringelmann, non dans le but de fournir du bois cru pour gazogène à bois, mais en vue de la carbonisation de ramilles. Ringelmann étudia le débit de ce coupe-ramilles concurremment avec une scie circulaire ordinaire. Voici les résultats qu'il obtint: « Avec des bois calibrés, débités à une longueur variant de 41 à 49 millimètres, le travail mécanique total nécessaire pour scier un kilogramme de bois, chêne et hêtre, est exagéré.

Diamètres des bois (millimètres)	Kilogrammètres (1) nécessaires pour scier un kilo de bois
16,1 à 16,2	4.324
18,5	4.637
19,1	5.094
19,4	6.477

Le kilogrammètre, qui est l'unité de travail, est égal au travail d'une force capable d'élever un poids de 1 kilo à 1 mètre de hauteur.

Tandis que le coupe-ramilles demande par kilogramme débité à une longueur de 0 m. 05.

Diamètres des bois (millimètres)	Kilogrammètres nécessaires pour scier un kilo de bois (chêne et hêtre)
10 à 20	705
20 à 30	780

Les coupeuses Linarès ont été imaginées, surtout dans le but de préparer le bois en menus morceaux, en vue de l'extraction du tanin. Un tambour à axe horizontal, ayant la forme d'un diabolito (deux troncs de cône accolés par leurs petites bases), porte quatre rangées de couteaux étroits disposés sur la périphérie.

Ces machines ont été employées pour déchiqueter en sciure le bois destiné à la confection des agglomérés connus sous le nom de carbonite.

Les différentes découpeuses (Ammann, J.D., de Romanet et Salomon) sont basées sensiblement sur le même principe: le bois est coupé en biaux, comme le fait le bûcheron avec sa serpe: l'expérience montre en effet qu'il est moins pénible de sectionner une tige de bois, suivant une section oblique, que suivant une section droite.

Il ne semble pas que les recherches systématiques aient été entreprises pour déterminer l'angle de coupe optimum à donner aux organes tranchants. Ces essais sont au programme des travaux que nous devons entreprendre à la Station d'Essais de Machines. Il est d'ailleurs probable que l'angle optimum est fonction de l'essence, de la grosseur, et également du degré de siccité du bois.

Les découpeuses possèdent généralement deux couteaux formant haches, montées sur deux bras disposés dans le prolongement l'un de l'autre et fixés en leur milieu sur l'arbre moteur. Un couloir situé en biaux par rapport à l'arbre moteur amène les morceaux à débiter aux couteaux au moyen de deux cylindres entraîneurs cannelés. La vitesse de rotation est de 600 tours à la minute.

La violence du choc est telle, dans certaines de ces machines, que les morceaux sortent pour la plupart éclatés suivant les plans médullaires. Cette fragmentation complémentaire est favorable à la bonne marche des gazogènes en ce qu'elle active la dessiccation, ainsi que la période de carbonisation précédant les phases de combustion et de réaction.

Dans toutes les machines précédemment décrites, la variation de longueur des morceaux débités peut s'obtenir par interposition de jeux de pignons de rapports appropriés.

Bien qu'il soit difficile d'établir dès à présent un prix de revient exact du tronçonnage effectué avec ces machines modernes, on peut néanmoins remarquer que du fait qu'on y introduit des perches entières (même avec leurs branches), il ne subsiste plus comme frais de main-d'œuvre, que ceux d'abatage et de charrois près de la machine. Les frais de façonnage à la scie à main (charbonnette) et d'enstérage sont supprimés. D'autre part, le gros débit de ces machines (de 2 à 5 tonnes à l'heure, suivant épaisseur des copeaux) diminue considérablement le prix de revient de l'opération. Il ressort des chiffres enregistrés, que le prix de revient du bois débité qui, dans l'exemple que nous avons cité plus haut, atteignait 14 à 20 francs le quintal, et conduisait à un prix de vente de 18 à 25 francs, s'abaîsserait, amortissement du matériel compris, à 5 à 6 francs et laisserait pour un prix de vente de 10 francs un bénéfice intéressant au propriétaire du matériel.

Voici, d'après un des constructeurs d'une tronçonneuse à gros débit (10-15 CV), le prix de revient du découpage en 10 cm. de long. en partant de bois abattus (perches entières non ébranchées):

Débit horaire: 10 t. = 25 stères.

Prix de revient de l'heure = 25 francs, soit.

	par heure
3 hommes à 5 fr. l'heure	Fr. 15 »
Amortissement machine et moteur, 30.000 fr. en 10.000 heures	3 »
Intérêt de 30.000 fr. à 5 % l'an pour 3.000 heures de travail par an	0,50
Entretien machine et couteaux	1 »
Entretien moteur et huile	1 »
Carburant (charbon de bois) à 10 kilos	5 »
Total	Fr. 25 »

soit 1 franc par stère, et approximativement 0 fr. 30 au quintal de bois sec.

Il y a lieu d'ajouter à ce prix les frais d'abatage du taillis et d'amenée du bois près de la scie, ainsi que les frais généraux. En tablant sur les évaluations que nous avons données, de ces opérations, au début de cette étude, nous aurions le prix de revient suivant au quintal:

	par heure
a) Abatage	Fr. 1 »
b) Débit à la tronçonneuse (de Romanet)	0,30
c) Manutention	1,50
d) Frais généraux divers	0,50
Total	Fr. 3,30

Il semble que des entrepreneurs possesseurs d'appareils mobiles de ce genre puissent, tout en réalisant des bénéfices importants, rendre ainsi de grands services aux propriétaires de gazogènes à bois. Nous verrons, par la suite, que le débit préalable du bois destiné à la fabrication du charbon de bois semble tout à fait recommandable, tant pour la plus grande rapidité avec laquelle le bois débité se dessèche et se carbonise, que parce que cette opération préalable donne après carbonisation des morceaux de charbon se rapprochant de la taille convenant aux gazogènes à charbon de bois; on évite de ce fait tout ou partie des frais et des pertes provenant des opérations de concassage du charbon.

Le débit du bois à la serpe peut parfois être intéressant. C'est le cas des opérations « culturales » de « dégagements de semis » qui permettent d'obtenir à bon compte du bois pour gazogènes. M. Roger Ballu, Inspecteur adjoint des Eaux et Forêts, a fait débiter à la serpe les bois coupés et rassemblés en tas à la suite d'opérations de dégagement de semis. Les façons d'abatage ne sont pas à compter, puisqu'elles sont considérées comme indispensables pour le bon entretien de la forêt. Le débit des branches à la serpe (avec coupe en biaux) se fait très rapidement. En tablant sur le prix de 3 francs de l'heure d'ouvrier, M. Roger Ballu a noté un prix de revient de 10 fr. les 100 kilos (de matière sèches) pour du bois vert et de 20 fr. pour du bois sec. Cette différence de frais de débit entre bois vert et bois sec ne doit pas surprendre, le sectionnement du bois vert, ainsi que l'avait déjà remarqué Ringelmann, nécessitant une consommation d'énergie beaucoup moindre que le sectionnement du même bois sec.

On doit remarquer en outre que le débit du bois vert en petits morceaux hâte considérablement sa dessiccation par la grande étendue des

surfaces en contact, non seulement avec l'air, mais encore avec l'eau (lavage de la sève).

Les différentes pratiques de sectionnement préalables du bois à utiliser « cru » dans les gazogènes sont, du fait de la diminution de moitié au moins du prix de revient du tronçonnage, de nature à donner un nouvel essor aux gazogènes à bois. On estimait en effet, non sans raison, que les avantages de bon marché du bois cru étaient contrebalancés par les frais de débit et de manutention (jugés sensiblement de même grandeur que les frais généraux de carbonisation).

En tous cas, en raison de ces nouvelles techniques du tronçonnage du bois, le gazogène à bois marque un point... en attendant que le charbon de bois profite à son tour des avantages économiques résultant de l'emploi des découpeuses.

CONDITIONNEMENT DU CHARBON DE BOIS POUR GAZOGENES

Le charbon de bois « tout venant » tel qu'il sort des fours, ne peut être utilisé dans les gazogènes. Il doit être préalablement réduit en petits morceaux calibrés nécessitant des opérations de concassage, de criblage et de dépoussiérage.

Concassage. — Le concassage du charbon est une opération délicate, parce que le charbon se brise en faisant du poussier non récupérable pour les gazogènes. En attendant que ce poussier prenne de la valeur en vue de la fabrication des agglomérés, il faut chercher à en réduire au minimum la production, qui varie, suivant les procédés de concassage, entre 10 et 20 % du poids du charbon traité.

Il existe un certain nombre de concasseurs à charbon sur le marché.

Ils sont composés en principe d'une trémie dans laquelle on verse le charbon tout venant, et au-dessous de laquelle se trouvent deux rouleaux armés de dents (ou de lames) animés d'un mouvement de rotation contraire (tournant chacun de l'extérieur vers l'intérieur). Les dents de chaque rouleau doivent s'intercaler entre les dents de l'autre. Le charbon pris par ces rouleaux se trouve concassé et tombe à la partie inférieure de la machine.

La qualité de bon fonctionnement de l'appareil tient uniquement à la forme et au profil des dents et à l'écartement des rouleaux. Il faut éviter que les dents ne compriment le charbon, parce que dans ce cas, celui-ci éclate en faisant beaucoup de poussier. Il est préférable d'avoir des dents poinçonnant le charbon, en l'attaquant par ses pointes qui tendent à le fendre et à l'éclater, plutôt qu'à l'écraser.

A défaut d'une machine spéciale, les brises tourteaux couramment employés dans les fermes pour fractionner les plaques de tourteaux destinés à l'alimentation du bétail, peuvent donner des résultats à peu près satisfaisants.

Dépoussiérage et criblage. — La poussière provenant du concassage doit être éliminée aussitôt pour éviter qu'elle ne se répande dans l'atmosphère de l'atelier de préparation du charbon, au préjudice de la respiration et de la propreté du personnel. Ces aspirateurs sont généralement constitués par un ventilateur actionné par un petit moteur, et placés tous deux dans une « chambre à poussières » bien close, située dans un coin du bâtiment. L'ouïe d'aspiration du ventilateur est branchée sur une tuyauterie (faite de tuyaux de poêle), dont l'extrémité débouche dans une sorte d'entonnoir renversé disposé au-dessus du concasseur. L'air chargé de poussier ainsi aspiré arrive dans la chambre de poussière, où il se détend, laissant tomber le poussier sur le plancher.

Calibrage du charbon. — Le charbon passant au concasseur n'en sort pas parfaitement calibré. Les morceaux sont de dimensions différentes, suivant que le brin de charbon s'est présenté debout ou en travers des rouleaux. La grosseur des éclats varie suivant la texture primitive du bois (nœuds, ramifications, etc.). Il y a donc lieu d'opérer un triage du charbon concassé. Les cribles employés peuvent être de différents systèmes, mais ils comprennent le plus généralement deux grilles superposées et de mailles différentes. La première grille est à grosses mailles, et arrête les charbons de plus grosses dimensions; la seconde est à mailles, de dimensions conformes au calibrage moyen recherché et laisse passer les plus petits morceaux. L'inclinaison des grilles permet de recueillir le charbon à leur partie inférieure.

Les trois dimensions obtenues correspondent aux différents types de gazogènes; les plus gros sont souvent appelés « charbon type Panhard », parce que convenant plus spécialement aux gazogènes Panhard et les plus petits « charbon type Gohin-Poulenc », parce que c'est ce gazogène qui exige les dimensions de charbon les plus réduites.

Le calibrage ainsi obtenu n'est pas absolument régulier: certains brins de charbon se présentent en bout et passent de toute leur longueur entre les mailles, mais il est généralement suffisant; le calibrage imposé par les constructeurs de gazogènes s'entend en effet pour la majeure partie du charbon, et admet sans inconvénient quelques morceaux de dimensions plus grandes ou plus petites.

Dans certains chantiers, le triage dont nous venons de parler est complété par un criblage préliminaire, effectué avant le passage du charbon au concasseur, pour dispenser de cette opération les morceaux de charbon ayant déjà une longueur conforme à une des trois dimensions précitées. Cette précaution est recommandable puisqu'elle représente une économie d'énergie, en même temps qu'une diminution de poussier.

Les cribles peuvent être fixes, ou mieux rotatifs ou encore à secousses (pour les cribles plans).

Ensachage. — Les différentes catégories de charbon ainsi obtenues doivent être ensachées pour être transportées et livrées à la clientèle.

Cet ensachage est presque toujours fait en sacs papier (voir annexe) d'une contenance de 50 litres environ, représentant un poids de 10 à 12 kilos de charbon.

Ateliers de préparation. — Les différentes opérations que nous venons d'étudier sont à faire sous un abri, et non à l'air libre, pour que le charbon de bois, qui est très hygroscopique, ne risque pas d'être mouillé. Cet abri doit être largement aéré pour que les nuages de poussier qui subsistent (même avec un dépoussiéreur) puissent être facilement balayés par les courants d'air.

L'atelier doit être édifié de préférence au voisinage d'une gare, ou tout au moins d'une bonne route permettant le transport facile et moins coûteux des sacs de charbon.

CHAPITRE VI

PRIX DE REVIENT DU CHARBON DE BOIS

Nous abordons ici un sujet délicat à traiter, étant donné les très grands écarts qui existent dans les différentes évaluations des prix de revient du charbon de bois.

La divergence d'estimation entre les nombreux auteurs qui ont traité la question, tient à plusieurs raisons qu'il est bon d'analyser avant d'entrer dans le cœur du sujet.

En premier lieu, le charbon provenant des grandes usines fixes de distillation, traitant également les produits pyroligneux, était considéré autrefois (avant l'apparition des gazogènes et la dévalorisation des pyroligneux) comme un *sous-produit* de la distillation des bois, et comme tel, son prix de revient n'était pas envisagé: les recettes provenant de sa vente venaient simplement abaisser les frais généraux de la fabrication des alcools et acétates. Les rôles tendant à s'intervertir actuellement, il peut y avoir une grande marge dans l'évaluation du prix de revient du charbon, suivant la part de frais généraux qu'on imputera au charbon et aux produits pyroligneux. Quant au charbon de bois provenant des meules de terre ou métalliques, le prix de revient devrait être simple à établir, puisque le charbon est ici le seul produit de fabrication. Nous verrons qu'il n'en est rien, les « estimations » n'étant pas les mêmes. Cette divergence tient en partie à ce qu'on ne s'est pas préalablement mis d'accord sur le nombre et la nature des facteurs devant entrer en jeu dans ces évaluations. La main-d'œuvre tout d'abord n'est pas payée le même prix dans les différentes régions. Certains évaluateurs ne donnent que le prix du charbon tout venant et sur place. D'autres comptent des transports... dont il est difficile de normaliser la distance. D'autres comptent une part de frais généraux incombant au charbon, du fait de l'entretien de la forêt et des routes, des impôts, des frais de garde fonds, etc. D'autres enfin, précisent les frais de conditionnement du charbon spécial pour gazogènes, c'est-à-dire le concassage, le triage, le dépoussiérage, l'ensachage, etc.

Enfin, ce qui complique encore la comparaison des différents éléments constitutifs du prix de revient, c'est que les uns partent du stère, d'autres de la corde, d'autres enfin du quintal ou de la tonne de bois. Sans doute devrait-il y avoir corrélation entre ces différentes unités, mais les rapports de poids au volume dépendant de l'essence, de la grosseur du bois et de la siccité, on se trouve en réalité devant une « élasticité » d'estimation, bien peu favorable à l'obtention d'un chiffre, même moyen, de prix de revient du charbon.

Ce prix de revient est en outre très influencé par les frais de transport. Il semblerait logique à ce point de vue, de ne considérer que le prix de revient au lieu de production, c'est-à-dire au four, mais, comme nous avons vu que le charbon doit d'abord passer à l'atelier de conditionnement et d'ensachage, nous avons là un nouveau facteur de variation, étant donné les distances variables dans chaque cas, entre la coupe et l'atelier de conditionnement.

Nous n'en donnerons pas moins, à titre d'indication, quelques estimations de prix de revient:

a) ESTIMATION D'UN PROPRIÉTAIRE FORESTIER DE LA NIÈVRE. — C'est

une estimation de la valeur de la braise (1936) considérée comme sous-produit du gros charbon de bois (1):

« En moyenne, une tonne de charbon brut se divise ainsi:

Poussier	75 kg.
Menu	50 kg.
Braise	250 kg.
Gros charbon	625 kg.

« La braise non triée représente un quart du charbon produit trié pour gazogène. Les 625 kg. de gros charbon non utilisés doivent se vendre beaucoup plus cher que la tonne non triée, le transport inutile des sans valeurs mangeant la différence et coûtant. Les frais de triage seraient supportés par la braise (50 à 75 francs la tonne de charbon non encore trié, ou 200 à 300 francs la tonne de braise). Celle-ci valait (à l'automne 1935), 350 francs, soit un bénéfice net de 150 francs dont il y aurait lieu de déduire les frais de transport variables suivant les lieux. »

Cette estimation, vieille seulement de quelques années, se trouve n'être plus valable actuellement, tout au moins dans la région envisagée: par suite de demandes actives de charbon pour gazogènes, en même temps que d'une absence presque complète de débouchés industriels pour le gros charbon, c'est la braise qui devient le produit principal, au point que les producteurs s'évertuent à trouver des moyens pratiques et peu dispendieux de concasser les gros morceaux pour les ramener aux dimensions optima (2 à 5 cm.) pour gazogènes.

b) ESTIMATION D'UN PROPRIÉTAIRE FORESTIER DU CENTRE (juin 1937)
(charbon de meules de terre):

1° Abatage et façonnage.

	Par corde de 2 stères 33
façon pour abatage, façonnage et enstérage	Fr. 27,50
Mise à part des bois blancs, comme le demandent les usines de produits chimiques, et l'Etat pour son charbon à gazogène	1 »
Quote-part dans l'établissement des chemins	0,50
Commis chargé de la surveillance du versement des acomptes de la vente au détail	2 »
Assurances, caisses de compensation. Assurances Sociales	2,33
Escompte sur argent avancé pendant 6 mois, depuis le commencement de l'abatage et le commencement de la cuisson, à 6 % l'an, sur 30 francs	0,90
Pertes: 2 % sur 30, soit 15 francs par stère	0,60
Total	Fr. 34,82

(1) La « braise » est la partie du charbon tout-venant convenant le mieux comme dimensions, aux gazogènes.

2° Carbonisation à raison de 75 kg. de charbon par corde de 2 stères 33.

	Par corde de 2 stères 33
Cuisson d'une corde	Fr. 18 »
Transport de la meule à la route; par jour: 2 hommes, 2 voitures, 2 voyages pour 120 sacs de 50 kg., soit par corde	3 »
Usure des sacs pour 800 cordes par an (à 3 sacs), 2.400 sacs à 6 fr. à amortir en 5 ans, soit avec ficelle	1 »
Lois sociales. — Assurances accidents, Assurances sociales, Caisse de compensation	1,78
Transports des fours métalliques: 100 francs pour 200 cordes, soit par corde	0,50
Amortissement des fours	3 »
Escompte sur prix du charbon, payable à 3 mois	0,40

Soit, par stère: 11 fr. 68; par corde Fr. 27,68

En additionnant les frais de façonnage aux frais de carbonisation, on obtient:

15 fr. + 11 fr. 68 = 26 fr. 68 par stère de bois.

Si l'on tient compte que ces stères ont une densité relativement faible, étant donné que pour se rapprocher des dimensions optima du charbon pour gazogène, on incorpore des brins dont le diamètre peut descendre jusqu'à 20 m/m, on n'obtient guère plus de 64 kg. 38 de charbon par stère, ce qui donne finalement comme prix de revient du charbon tout venant pris sur coupe, 412 francs la tonne.

3° Transport et triage du charbon.

Transport aux usines de triage: 1 fr. la tonne kilométrique, soit pour une distance moyenne (moyenne d'une année), par tonne	Fr. 25 »
Triage et mise en sacs	70 »
Ensachage en sacs en papier, à raison de 0 fr. 80 à 0 fr. 90 le sac de 50 litres (pesant 12 kg. 500), soit environ 80 sacs par tonne	68 »

C'est-à-dire par tonne Fr. 163 »

4° Frais généraux.

Impôts, gardes, réfection des chemins, fossés, plantations, assurances, soit 40 francs par an et par hectare, ou 800 francs pour une coupe de 20 ans, à répartir sur 5 à 8 tonnes de charbon, soit par tonne ...	130 »
--	-------

5° Livraison et commissions.

Il faut enfin transporter ce charbon de l'usine de triage au lieu de consommation, payer le bénéfice et les frais généraux des intermédiaires, ce qui représente encore 150 à 200 francs par tonne.

En récapitulant, il faut donc compter, comme frais de fabrication et divers (sans compter aucun bénéfice pour le propriétaire):

Pour la fabrication sur coupe	Fr. 412 »
Pour frais de triage	163 »
Pour frais généraux	130 »
Pour frais d'intermédiaire	175 »

Total Fr. 880 »

Le propriétaire ajoute qu'étant donné la hausse des salaires et des charges sociales, il faut s'attendre à une hausse d'environ 30 % pour la prochaine campagne...

La tonne

c) ESTIMATION D'UN MARCHAND DE BOIS (1938):

Valeur du bois sur pied	p. mémoire
Façon bûcheron	Fr. 130 »
Main-d'œuvre charbonnière (à forfait)	160 »
Transport	20 »
Bénéfice et frais généraux	100 »

Total Fr. 410 »

Dans cette estimation ne sont pas compris les frais généraux du propriétaire ni les frais de triage.

La tonne

d) ESTIMATION D'UN CHARBONNIER DE LA CÔTE-D'OR (1938):

Abatage, façonnage et enstérage: 9 fr. le stère, à raison de 75 kg. par stère, soit 13 stères par tonne de charbon, cela revient par tonne de charbon produit à	Fr. 117 »
Carbonisation: 4 fr. 25 le « sac de Paris » de 45 kg., soit	90 »
Transport, en moyenne	30 »

Total Fr. 237 »

A ajouter:

La tonne

1° Valeur du bois, sur pied, 1 fr. le stère, soit ..	Fr. 13 »
2° Bénéfice du marchand de bois = 30 %	80 »
3° Triage, concassage, etc.	20 »

Total Fr. 350 »

A cette époque (1938), le prix de vente dans cette région était de 350 francs sur wagon départ pour la braisette (qualité gazogène) et 410 francs pour le gros charbon.

c) ESTIMATION DU DIRECTEUR DU COMPTOIR FRANÇAIS DU CHARBON DE BOIS EPURÉ. (Extrait d'une étude parue dans la revue *Les Carburants Forestiers*.) (1939):

1° Pour fabriquer 1.000 kilos de charbon de bois, il faut 15 stères de charbonnette, d'une qualité moyenne.

Le prix de revient de ces 1.000 kilos sera de:

Achat bois 15 stères à 10 fr.	Fr. 150 »
Cuisson	120 »
Débardage et transport gare	30 »
Lois sociales 18 %	27 »
Taxe production 6 % sur 400 fr.	24 »

Soit prix de revient brut de Fr. 351 »

A majorer pour subventions industrielles, taxe d'apprentissage, sacherie, etc. 15 %
Soit un prix de revient net de Fr. 403,65

Ce charbon de bois ne peut donc être vendu, par le producteur, à un prix inférieur à 437 fr. 50 la tonne.

2° Calcul du prix de revient d'un paquet de 10 litres dans la région parisienne avec tableau comparatif des éléments de ce prix en 1936 et au 1^{er} mai 1937.

Achat: 2 kg. 200 × 437,50 pour 1.000	Fr.	0,962
Paquetage (détail ci-dessous)		0,468
Transport (région Villers-Cotterets)		0,120

Net Fr. 1,55

1936

Main-d'œuvre homme	Fr.	0,023
Assurances sociales 4 %	{ 9 %	0,003
Assurances accidents .. 5 %		
Main-d'œuvre femme		0,040
Assurances sociales 4 %	{ 9 %	0,002
Assurances accidents .. 5 %		
Colle		0,001
Etiquettes		0,005
Voyage		0,030
Chiffre d'affaires		0,020
Sac à papier		0,093
Chargement		0,006
Frais généraux 10 %		0,022

Prix de revient net 0,245

1^{er} Mai 1937

Main-d'œuvre homme	Fr.	0,0339
Assurances sociales 4 %	{ 18 %	0,0061
Assurances accidents .. 5 %		
Allocations familiales .. 4 %		
Congés payés 5 %		
Main-d'œuvre femme		0,0540
Charges sociales 18 %		0,0097
Colle		0,001
Etiquettes		0,005
Voyage		0,040
Chiffre d'affaires		0,079
Sacs papier		0,170
Chargement		0,009
Frais généraux 15 %		0,061

Total Fr. 0,468

f) Pour compléter cette documentation, nous donnons ci-dessous deux estimations provenant de deux régions du Maroc (1939):

Première estimation

(Avec de la main-d'œuvre indigène à 5 francs par jour)

	Fr.	Par tonne de chabon
a) Redevance foncière	68,75	
b) Salaire des charbonniers	100 »	
c) Transport à 0 fr. 80 la tonne kilométrique	50 »	
d) Frais généraux divers, tickets, ensachage, octroi	44,50	

Total Fr. 263,25

Transport par fer à Oran	Fr.	100 »
Bénéfice de l'intermédiaire		46,75

Total Fr. 410 »

Deuxième estimation

(Avec de la main-d'œuvre indigène à 5 francs par jour)

	Fr.	Par tonne de chabon
a) Frais d'abatage, façonnage	30 »	
b) Frais de carbonisation	40 »	
c) Débardage: en moyenne	75 »	
d) Triage, concassage	10 »	
e) Redevance foncière	75 »	

La tonne Fr. 230 »

g) Les évaluations précédentes datent de 1937 à 1939. Les éléments constitutifs de prix de revient n'ont pas changé sensiblement, mais c'est la loi de l'offre et de la demande qui a subi des perturbations profondes, du fait de la disparition de l'essence du marché métropolitain. Les prix de vente subissant une ascension croissante, on a pensé qu'il était logique d'en justifier les cours, et voici une des dernières évaluations du prix de revient du charbon, parue récemment dans un journal technique (1940).

« Nos stères de forêt étant en partie mélangés de bois blanc, il faut environ 16 stères pour faire une tonne de charbon de bois.

1° Carbonisation:

« Le stère est payé au bûcheron	Fr.	18 »
Charges proportionnelles: 20 %		3,60
Valeur du bois à payer au propriétaire		25 »
Transport des stères au lieu de carbonisation, de façon à ce que le charbon puisse être mis dans un hangar sur route, pour être chargé directement dans un camion, pour éviter toute manipulation du charbon de bois		9,40

Soit un total par stère Fr. 56 »

« Pour brûler 40 stères par jour, il nous faudra 4 fours et probablement 5. Il faudra 3 hommes à 50 francs et un chef d'équipe responsa-

ble, qui sera obligé de veiller 12 à 14 heures: 100 francs, soit 250 francs.
Ces fours produiront 2.400 kilos environ avec 40 stères par jour.
Nous aurons donc par tonne de charbon de bois,

16 stères à 56 francs, soit	Fr.	896 »
Brûlage		100 »
Total	Fr.	996 »

« A ce prix de 996 francs par tonne de charbon de bois, il faut ajouter l'amortissement des fours, du hangar, des sacs, les pertes, fumérons et autres, les impôts, les intérêts de l'argent engagé, etc.

« J'estime donc à un minimum de 1.200 le prix de vente de la tonne de charbon de bois en vrac sur place, ce qui ne laissera qu'un très faible bénéfice à l'entrepreneur de carbonisation.

2° Calibrage. — Dépoussiérage:

Cette opération donne environ 10 % de déchet, soit,	Fr.	120 »
Un homme, pour la mise en sac de 2.400 kilos, production journalière des 4 fours		24 »
Les sacs en papier pour mettre une tonne en paquets de 10 kilos		110 »
Soit par tonne	Fr.	254 »

« Ce qui, ajouté aux 1.200 francs du charbon en vrac, ferait un total de 1.454 francs.

Le prix de vente du poussier pourra aider à amortir l'outillage, le moteur, le gazogène et autres, auxquels il faudra ajouter le chiffre d'affaires, etc.

On devra donc arriver à un chiffre de vente d'environ 1.500 francs la tonne en sacs papier de 10 kilos pris sur place.

3° Dépositaires:

Le dépositaire a besoin environ de 20 % sur le prix d'achat, soit	Fr.	300 »
Le dépositaire principal, environ 4 %, soit		60 »
Transports et livraisons peuvent être estimés en moyenne, l'un dans l'autre, environ à 10 %		150 »
Prix de vente du charbon		1.500 »
Soit au total	Fr.	2.000 »

« L'automobile devra donc acheter son charbon de bois 2 francs le kilo. Si l'on désire que la forêt puisse vivre, car toute diminution de ce prix sera prélevée sur le stère, et par conséquent au détriment de la forêt.

Le propriétaire qui brûle 10.000 stères a des impôts qui représentent environ 5 francs par stère, il lui reste donc 20 francs par stère, s'il vend le stère 25 francs. Il aura à payer là-dessus son garde et son temps personnel. Mais il ne faut pas oublier qu'il devra encore replanter, semer, faire des drainages, les pare-feux, les chemins et tout ce qu'une forêt saine doit comporter. Ce n'est qu'à cette condition qu'il pourra le faire. »

Cela est fort bien. Mais quelle valeur donnera-t-on au prix de revient du charbon de bois le jour, que tout le monde souhaite proche, où les nuages noirs encore amoncelés sur le ciel de notre malheureux pays se seront dissipés, et où l'essence réapparaîtra sur notre marché, si les derniers chiffres donnés devaient être considérés comme irréfutables? L'augmentation de valeur des différents facteurs entrant dans l'établissement du prix de revient du charbon de bois, a-t-elle été telle depuis trois ans qu'on puisse expliquer la différence entre les évaluations extrêmes que nous venons de voir. Faut-il envisager, enfin, que le gazogène ne doive avoir qu'une existence éphémère, du fait du prix de revient trop élevé du charbon de bois?

Concluons en disant qu'il est imprudent et dangereux de ne considérer que le présent, et que les bons avocats des bonnes causes devraient envisager l'avenir.

En analysant les différentes évaluations précédentes, on peut se rendre compte que, dans la métropole, la main-d'œuvre bûcheronnière entre pour 60 à 70 % environ dans le prix de revient, les frais de charrois pour 5 à 10 % et les frais généraux pour 25 % environ.

Cette proportion de 70 % de main-d'œuvre doit retenir notre attention. Un simple raisonnement conduit aux conclusions suivantes:

1° Il faut prévoir pour un avenir proche l'obligation d'une augmentation de salaires et d'une diminution du temps de travail, pour parer au déséquilibre existant entre les salaires des villes et ceux des campagnes;

2° Pour que le gazogène « vive », il faudra cependant produire beaucoup plus de charbon de bois et moins cher qu'actuellement.

Nous tombons donc ici dans un cercle vicieux dont il n'est possible de sortir que par la mise au point de procédés entièrement nouveaux de carbonisation, basés sur l'emploi de matériel spécial à grand rendement que nous allons étudier.

Les frais de transport influent aussi énormément sur les prix de vente pour marchandise « rendue ».

Les tarifs de chemins de fer sont particulièrement sévères pour cette denrée, qui fait plus de volume que de poids dans les wagons.

Ajoutons encore à cela les droits d'octroi qui frappent le charbon de bois dans les villes.

Toutes les considérations précédentes expliquent pourquoi on trouve actuellement, du charbon à 900 fr. la tonne dans certaines régions, alors qu'on parle dans certaines villes de 2.000 et même plus.

En temps normal, ne tablant que sur les prix de vente du charbon aux environs de 750 fr. la tonne et de l'essence au prix de 5 fr. le litre, on enregistre une économie sérieuse par cheval-heure, au profit du gaz pauvre. Toutefois, dans l'établissement d'un prix de revient plus général (de la tonne kilométrique, par exemple) il ne faut pas oublier de tenir compte, non seulement de l'amortissement du gazogène et de son installation, mais encore de la perte en charge utile résultant du poids et de l'encombrement du gazogène, de ses accessoires et de la réserve de combustible nécessaire pour gagner le prochain poste de ravitaillement.

Si la comparaison du prix cheval-heure entre l'essence et le charbon de bois est tout à l'avantage de ce dernier, il n'en est pas toujours de même avec le gaz oil, et encore moins avec le bois cru.

Rappelons en effet que d'après les différentes évaluations que nous avons reproduites, le bois cru, débité à la découpeuse, peut être obtenu à un prix oscillant entr 50 et 100 fr. la tonne (valeur du bois non comprise). Son cours actuel, très exagéré d'ailleurs, atteint 500 fr. Or, 2 kg. de bois cru équivalent à 1 kg. de charbon de bois: le prix de ce dernier ne devrait donc pas dépasser le double du prix du bois cru, conditionné.

Les cours actuels du charbon de bois vont donc pousser au développement du gazogène à bois. Par ailleurs, si l'on tient compte du fait que la carbonisation fait perdre la moitié du bois traité, on en déduit que l'utilisation de nos ressources actuellement limitées en combustibles pour gazogènes, nous permettrait de mettre en service deux fois plus de gazogènes à bois que de gazogènes à charbon de bois.

Doit-on conclure à la condamnation du gazogène à charbon? Certes non, mais à la condition que viennent bientôt les agglomérés, utilisant les ramilles, feuilles, tourbes et tous déchets végétaux, que les gazogènes à bois ne peuvent « digérer », ou que l'on mette au point une technique nouvelle de conditionnement économique du bois destiné à être carbonisé.

NECESSITE DE RECOURIR A DE NOUVELLES METHODES D'EXPLOITATION DES TAILLIS EN VUE DE LA CARBONISATION. — Nous venons de voir la part énorme de main-d'œuvre qui grève, à la base, le prix de revient du charbon de bois. Sans nous arrêter au caractère d'urgence qui commande en ce moment le marché des carburants forestiers, par suite du manque actuel de dérivés du pétrole (essence et gas oil) et qui fait qu'on ne regarde ni au prix, ni à la qualité du charbon fourni, il faut se préoccuper de l'avenir des gazogènes et se demander, en présence de la quantité considérable de véhicules équipés en quelques semaines, ce que deviendront ces gazogènes le jour où l'essence réapparaîtra sur le marché. Sans doute, sous l'effet du jeu de l'offre et de la demande, les prix du charbon de bois seront-ils obligés de descendre d'une façon vertigineuse, mais quel est l'exploitant forestier qui admette alors de le vendre au-dessous de ce qu'il estimera être son prix de revient.

Si nous examinons à nouveau les différentes évaluations de prix de revient que nous avons données à titre d'exemple, nous voyons qu'une des opérations les plus coûteuses est la préparation du bois en vue de la carbonisation et l'on observera que si la carbonisation a réalisé quelques progrès durant ces dernières années, avec les meules métalliques et les fours, le façonnage préalable du bois n'a subi aucun changement depuis les Chinois (qui semblent avoir été les premiers à carboniser du bois). Les diverses opérations d'abatage, d'ébranchage, de tronçonnage, d'enstérage, de séchage, puis de débardage pour emplir les meules, fours ou cornues, sont restées les mêmes. Alors que depuis plus d'un siècle, toutes les manipulations de matières premières ou manufacturées, se sont améliorées dans l'Industrie au point de vue technique et économique, la technique forestière de préparation des bois en vue de sa carbonisation n'a subi aucun changement. Différents projets et de timides tentatives ont eu lieu ces dernières années, mais leurs auteurs, insuffisamment encouragés moralement et pécuniairement, n'ont pu poursuivre des essais d'autant plus coûteux, qu'ils s'avéraient longs. C'était, il est vrai, l'âge d'or de l'essence et devant la commodité d'emploi de ce carburant par rapport au gaz pauvre, on ne se souciait guère de perdre son temps et son argent à des essais de ce genre.

En faisant état de ces recherches, voyons dans quelles voies il serait possible de s'engager, pour améliorer les conditions économiques de préparation du bois à carboniser.

La première opération qui se présente est celle de l'abatage du taillis. Faut-il recourir à la mécanique? Un certain nombre de machines ont été imaginées dans ce but. Sans entrer dans le détail de leur description, indiquons-en le principe: elles consistaient en scies (droites, circulaires ou à chaînes coupantes) à moteur montées sur un petit charriot ou sur une sorte de brouette; la scie était articulée pour permettre d'attaquer l'arbre à sa base.

Ces machines n'ont pas réussi pour deux motifs: le premier, c'est que l'Administration des Forêts a trouvé, non sans raison, que la souche ainsi attaquée, se présentait dans de mauvaises conditions pour la pousse des rejets: il faut, en effet, que la section soit nette et franche (comme celle faite par un coup de hache) pour permettre au taillis de repousser dans de bonnes conditions. La section faite par la scie, au contraire, présente sur l'écorce une ligne de coupe rugueuse et déchiquetée.

La seconde raison est la difficulté de faire circuler la scie-brouette dans la coupe à travers le taillis, de lui faire franchir les différents obstacles (fossés, arbres déjà abattus, etc.). Dans les taillis en pente, les difficultés grandissent encore. Sans doute, peut-on imaginer par la suite, des appareils moins sujets à ces deux inconvénients, mais nous pensons, pour notre part, que ces recherches sont plus ou moins utopiques. L'opération d'abatage par elle-même est la moins longue de toutes, et comme il faudra toujours un ou deux hommes pour servir la scie mécanique, nous pensons qu'il ne saurait y avoir là économie de main-d'œuvre au profit de la mécanique et que l'homme ou les deux hommes, indispensables à son maniement, feront du travail meilleur, aussi rapide et pas plus fatigant en se servant de leur cognée qu'en poussant leur brouette à travers mille obstacles.

L'arbre abattu, viennent ensuite les opérations d'ébranchage, de brûlage des ramilles, de tronçonnage et d'enstérage. C'est ici que la mécanique peut et doit intervenir avec profit, mais à la condition de mettre au point toute une technique rationnelle d'utilisation des machines, en rapport avec les nécessités forestières et les besoins de la carbonisation.

Séchage. — Cette technique doit partir du bois découpé à l'aide des découpeuses du genre de celles dont nous avons parlé. L'arbre entier non ébranché doit passer dans la découpeuse. Mais un premier écueil se présente: les découpeuses ne fonctionnent économiquement qu'avec du bois non sec. Il faut en effet près du double de puissance (et par conséquent de consommation de carburant) pour découper du bois sec que du bois vert. D'autre part, le bois découpé vert sèche beaucoup plus rapidement que le même bois qu'on laisse sécher à l'état de charbonnette. Cela se comprend aisément, puisque le bois découpé offre une surface d'évaporation à l'air en rapport avec le nombre de sections faites pour une longueur donnée. Il résulterait donc de ces considérations, qu'on aurait tout intérêt à couper le bois aussitôt son abatage et à le laisser sécher en tas. Malheureusement, le bois découpé mis en tas est trop tassé pour que l'air puisse y circuler convenablement et le bois moisit! Nous avons essayé, au début de 1940, de remédier à cet inconvénient, en empilant le bois découpé entre deux grillages de 3 mètres de hauteur, écartées de 0 m. 50. Ce « mur » de morceaux de bois, d'abord exposé à la pluie pendant quatre semaines, pour hâter le dessèchement, fut ensuite recouvert de tôles pour le protéger de l'humidité. Des échantillons prélevés dix semaines après sa mise entre les grillages nous ont donné à l'étuve une humidité de 27 %, alors que les mêmes bois provenant de morceaux de charbonnette témoins ont accusé 35 % d'humidité. Pour la mise du bois dans ce séchoir, nous avons dû le manutentionner à la fourche. On doit pouvoir très facilement éviter cette manipulation, en aménageant la sortie du bois de la découpeuse au moyen d'une buse orientant les morceaux projetés par les couteaux vers le séchoir. Certaines de ces découpeuses ont, en effet, une force de projection très grande (7 à 8 m.) qui a été considérée jusqu'ici plutôt comme un défaut. Un aménagement facile de la buse de sortie assurerait ainsi un chargement automatique du séchoir.

On peut encore obtenir la dessiccation du bois découpé en incorporant dans le tas de bois, au fur et à mesure de sa formation, des fagots ou des couloirs en bois percés de trous, ou encore de vieux tuyaux de poêle également troués pour provoquer une ventilation ayant pour effet d'éliminer la vapeur d'eau au fur et à mesure de la dessiccation.

Un autre procédé, également recommandable, consiste à loger le bois sortant de la découpeuse dans les sacs en fibres de bois dont nous avons parlé précédemment. On empile ces sacs les uns sur les autres, de manière à former une sorte de mur, au travers duquel l'air circule aisément. Ce procédé est surtout intéressant pour le bois destiné à être employé directement dans les gazogènes, car ces sacs sont faciles à manipuler; en outre leurs larges mailles permettent à l'usager de voir facilement la qualité et le conditionnement de la marchandise qu'il achète.

Une fois le bois découpé et séché, il faut le carboniser. Nous avons vu qu'il n'existait pas actuellement de fours carbonisant convenablement le bois découpé qui, trop tassé, s'oppose à la transmission homogène de la chaleur, si bien que les zones voisines des parois risquent d'être trop cuites, quand le centre est encore insuffisamment cuit. Nous avons suggéré à cet effet l'emploi de fours rotatifs avec récupération des goudrons en vue de la fabrication des agglomérés.

On pourra objecter que l'emploi de fours rotatifs doit avoir pour inconvénient de briser le charbon de bois au fur et à mesure de sa cuisson, mais comme il y a tout lieu d'espérer que les agglomérés de charbon de bois vont bientôt voir le jour, le poussier produit sera tout prêt à entrer dans la fabrication de ces agglomérés en réalisant même, ainsi, une économie de broyage.

La technique nouvelle, qui semble résulter de ces observations, devrait donc être envisagée dans ses grandes lignes de la façon suivante: abattage des taillis à la hache. Mise en javelles des arbres abattus mais non ébranchés. Transport de ces javelles au moyen de petits triqueballes, jusqu'au centre de découpage et de séchage. Edification de deux ou trois séchoirs par centre de découpage, ces séchoirs étant remplis automatiquement par la découpeuse. Déplacement de la découpeuse et création de nouveaux centres de séchage, au fur et à mesure de l'avancement de la coupe. Une fois le séchage suffisant, transport dans des tombereaux à pneus du bois *sec* au centre de carbonisation.

Ce procédé aurait le gros avantage de réduire au minimum les transports de bois vert (contenant 40 à 50 % d'eau) et de pouvoir amener au centre de carbonisation du bois sec et découpé, dont la carbonisation ne devrait durer, du fait du découpage, que quelques heures (5 ou 6) au lieu de 24 ou 48 heures dans la plupart des fours actuels.

Nous ne voulons pas nous lancer dans la voie trop facile et si souvent trompeuse des prévisions d'économies devant résulter de techniques nouvelles, ni même chercher à évaluer l'économie de main-d'œuvre qui devrait s'en suivre, mais il est hors de doute qu'il en résulterait un abaissement notable du prix de revient du charbon produit, abaissement qui devrait permettre au propriétaire forestier de tirer un bénéfice légitime de son bois, à l'automobiliste de payer le cheval-heure gaz de bois, moins cher que le cheval-heure essence, et au pays, enfin, de vivre en partie sur ses richesses naturelles sans avoir à importer le pétrole de l'étranger.

Nous n'avons pas la prétention de croire que cette méthode doive être la seule à étudier et à réaliser. D'autres peuvent et doivent venir pour contribuer à la fabrication rationnelle d'un charbon de bois, dont

le prix de revient est une question vitale pour l'avenir du gazogène, ainsi que pour l'avenir de la Forêt Française.

Pour arriver à un résultat positif, il faut que le problème soit étudié dans son ensemble, et non pas dans chacune de ses parties isolément. Il faut que propriétaires, exploitants forestiers, constructeurs de découpeuses, fabricants de fours, transporteurs, et ceux qui conditionnent le charbon travaillent en liaison entre eux, en étudiant l'emploi de leur matériel, non pour lui-même, mais en fonction des besoins et des exigences des autres.

Il faut, en un mot, de la *méthode*, pour aboutir à une ou plusieurs formules rationnelles aux points de vue technique et économique, et contribuer ainsi à tirer de nos forêts l'énergie dont nous avons tant besoin pour nos moteurs.

COLLABORATION PUBLICITAIRE

de

M. R. RABOTTEAU

44, Rue La Boétie, 44

— PARIS (VIII^e) —

SPECIALISATION AGRICOLE

IMP. DE VAUGIRARD
L.-Marcel FORTIN, Imp.
8, rue Armand-Moisant
Paris (15^e)

LE SAC PAPIER

ET L'EMBALLAGE DU CHARBON DE BOIS

La réglementation, aujourd'hui en vigueur, consacre une tendance vieille de plusieurs années déjà, à employer le sac papier, de préférence à tout autre emballage du charbon de bois. Il s'est révélé, en effet, le moyen le plus sûr, le plus pratique et le plus économique. Les installations modernes de conditionnement livrent des sacs extérieurement très propres. On ne peut que se féliciter des mesures récemment édictées.

Le sac le plus couramment employé, est le sac dit de 50 litres, pouvant contenir de 10 à 12 kilos de charbon de bois, suivant densité et calibre de celui-ci. Il en existe plusieurs modèles qui, toutefois, ne présentent pas les mêmes avantages.

Le meilleur, à notre avis, est certainement le *sac dit à fond carré*, dont la base solide résiste à la projection du charbon de bois, tombant des ensacheuses mécaniques. Sa forme facilite la mise en piles dans les chantiers, et assure un gérage stable et régulier. Il se présente lui-même de deux façons :

a) Le sac à patte de fond, avec, au sommet, une encoche facilitant l'ouverture du sac au moment du remplissage. Il doit mesurer, en principe, 50 x 86 cm. et être fait de 2 feuilles de 70 grammes chacune. Descendre au-dessous de ce poids, surtout avec le kraft dit kraft français, moins résistant que certains papiers d'importation parfois utilisés, serait s'exposer à des déboires. Il faut tenir compte, en effet, des irrégularités dans la forme du charbon de bois, et du fait que certains gros morceaux se présentent à arête vive lors de l'ensachage. Un abaissement du prix d'achat par réduction du grammage ne compenserait certainement pas le déchet inévitable à l'emploi.

b) Le sac confectionné avec un tube fermé à la main et renforcé d'un papier de fond. Une encoche doit être ménagée au sommet, pour en faciliter l'ouverture par l'ouvrier, au moment de le présenter à l'ensacheuse, l'absence de cette encoche se traduisant naturellement par une cadence ralentie. Il doit avoir les mêmes caractéristiques que le sac à patte de fond, et, sous cette réserve, présente les mêmes avantages que lui.

De récentes recherches nous permettent d'espérer la fabrication prochaine, sur une machine à grand rendement, d'un *sac à fond rectangulaire*, qui pourrait avoir une base de 28 x 22 cm., par exemple (ou plus longue et moins large si la technique actuelle des machines à sacs peut s'y prêter). Il est bien évident qu'on doit lui ménager les mêmes caractéristiques que pour les sacs précédents. Ce sont les normes les mieux adaptées, selon les besoins et les prix de revient, et qu'il est ainsi difficile de modifier sans risque. Le grand avantage de ce sac sera son prix de revient, qu'une fabrication accélérée permettra de réduire de façon appréciable. Il conviendra particulièrement aux petites Exploitations. Mais, dans les grandes Exploitations, où des moyens mécaniques d'ensachage projettent violemment le charbon de bois dans les sacs, on peut craindre un important déchet. En effet, la base du sac n'a plus la forme pratiquement cylindrique du sac à fond carré. Le charbon de bois, qui tombe des ensacheuses, se trouve brutalement en contact avec le papier qui risque ainsi de se déchirer. Mais, dans les petites Exploitations, où le remplissage est manuel ou semi-automatique, ce sac peut parfaitement convenir. Le charbon de bois n'est pas projeté avec autant de violence, et il n'est pas à craindre qu'une arête vive vienne, dans sa chute, crever le sac. L'emploi de ces sacs réduira le prix de revient, ce qui est appréciable dans une petite Exploitation,

où les frais sont, en général, relativement élevés. Comme, d'autre part, ce sac permet un gerbage aussi régulier que le sac à fond carré, nous croyons qu'il donnera satisfaction aux usagers.

Il existe un autre sac à fond rectangulaire étroit, à agrafes, genre sac à valve du ciment. On peut l'utiliser aisément dans les petites Exploitations, à condition, bien entendu, de le confectionner avec un papier suffisamment fort. Les Usines ou les grandes Exploitations ont dû le rejeter, car il ne permet pas le gerbage.

Enfin, le sac à fond cousu, avec ou sans soufflet, ne peut, lui non plus, rivaliser avec le sac à fond carré. Le fond, soumis à des efforts continus et violents, oblige à un grammage supérieur du papier. En kraft français, il ne faut jamais descendre au-dessous de 2 feuilles de 80 grammes, ce chiffre étant un minimum qu'on ne peut réduire sans déboires. On comprend que sa forme même ne permet pas le gerbage, et qu'on ne peut l'utiliser dans les grandes Exploitations, où on est obligé de former de longues piles à la sortie des machines. Il est, pour la même raison, pratiquement impossible de le transporter sur camion ou wagon plats, même munis de ridelles. S'il convient très bien pour l'emballage des produits pulvérents, les usagers, tenant compte de la nature particulière du charbon de bois, ne lui ont pas réservé la même faveur qu'aux sacs précédents.

Les sacs à fond carré et les sacs à fond rectangulaire large ont encore, sur les autres sacs, un avantage: ils peuvent être fermés avec des étiquettes de fond. L'étiquette est, en effet, le moyen le plus efficace et le plus propre de fermeture. Elle donne au sac un fini, une régularité, une netteté, que ne peuvent lui donner les autres moyens de fermeture.

Cependant, le sac à fond rectangulaire étroit et le sac à fond cousu ne peuvent être fermés par une étiquette. Ils doivent se satisfaire d'un lien métallique, ou d'une ficelle. Les sacs ainsi fermés n'ont pas la belle apparence géométrique des sacs fermés par des étiquettes, mais il nous paraît impossible, à l'heure actuelle, du moins, de leur adapter une autre fermeture.

Nous savons que la réglementation actuellement en vigueur ne tolère plus que le sac porte le nom ou la marque du carbonisateur, mais seulement le poids, le nom de la marchandise, et son numéro-calibre. Cette mesure prétend s'expliquer d'elle-même par les circonstances. Cependant, elle méconnaît les efforts de vieux producteurs, qui s'efforçaient de ne livrer que des charbons de bois de qualité constante et assurée. Leur marque était leur recommandation auprès de leur clientèle. Le sac sans marque ne permet d'autre contrôle qu'à l'ensachage, ou à la réception du charbon de bois dans les centres de conditionnement qu'on parle de créer.

En résumé, le sac papier est, sous ses diverses formes, le meilleur emballage du charbon de bois, pour gazogènes ou pour usages domestiques, chaque forme répondant à certains besoins particuliers. C'est la réponse la plus judicieuse aux multiples problèmes que pose le ravitaillement urgent de tous les camions qui attendent des mesures précises.

Même avant la guerre, nous voyions les grandes Exploitations s'orienter, de plus en plus nombreuses, vers le paquetage, depuis le paquet domestique de 10 litres, jusqu'au grand sac de 1 ou même 2 hectolitres. Nous dirons, à ce propos, qu'il n'y a pas lieu de s'arrêter aux sacs trop grands. Le plus pratique est, sans aucun doute, le sac dit de 50 litres, contenant 10 à 12 kilos de charbon de bois, donc parfaitement maniable.

Le sac jute, déjà, tendait à disparaître. Venant à manquer à peu près totalement à l'issue de la guerre il nous paraît, désormais, condamné du moins pour ces usages. Il avait l'avantage de servir plusieurs fois. Mais, regretterons-nous sa poussière et ses déchirures? L'usager, qui recharge son gazogène le long des routes, n'aura plus l'air d'un charbonnier, et ne s'en plaindra pas.

La paix revenue, peut-être l'essence reviendra-t-elle. Certains, qui ne sont venus au gazogène que contraints, ou les possesseurs de voitures légères, pour qui le gazogène n'est pas encore une solution complète, retourneront à l'essence. Mais, parmi les usagers du poids lourd surtout, beaucoup conserveront le gazogène, séduits par une économie qu'une incommodité toute relative ne peut faire oublier. Il convient de ménager leur conviction, de leur faciliter la tâche. Le sac papier aura sa part à maintenir leur fidélité.

JEAN HEURTBISE.

SACS
EN
PAPIER
POUR SPÉCIAUX
DE CARBURANTS
DE GAZOGÈNE

H. DE CARPENTRY
DE LA PAPETERIE DE L'EST



BUREAU
17
R. DES ACACIAS
PARIS 17^e

TÉL : ÉTOILE 11-93

Type à fond carré répondant aux exigences
du décret du 14 Septembre 1940

il vous faut un
GAZOGÈNE
 EXPLOITANTS FORESTIERS
 CHARBONNIERS

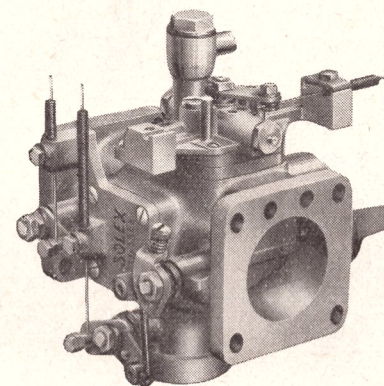
H. DECARPENTRY
 17 RUE DES ACACIAS - PARIS 17^e. TÉLÉPHONE 11-93
vous conseillera et
garantit votre LICENCE

A Carburants nouveaux, nouveaux Carburateurs.

Dans un moteur carburé à l'essence, l'un des organes essentiels est le carburateur. Il en va de même dans une installation au Gaz de Ville ou au Gaz des Forêts. Spécialiste de la carburation, SOLEX était tout particulièrement indiqué pour s'attaquer à ces nouveaux problèmes d'utilisation de carburants de remplacement.

Les solutions qu'il met à la portée de tous les usagers ou de tous les installateurs sont conformes de sa ligne de conduite de toujours: faire simple.

Pour les Gazogènes, SOLEX présente un mélangeur à starter qui tient compte des décrets sur la normalisation des pièces de gazogène. En outre, cet appareil procure à l'ensemble gazo-moteur, son rendement optimum.

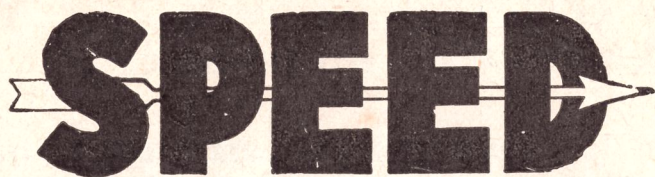


L'appareil a été conçu sous le triple point de vue, de la simplicité des organes, de la réduction de l'encombrement et de la facilité de montage dans toutes les positions; la présence du starter sur le mélangeur SOLEX rend inutile l'emploi d'un carburateur auxiliaire car il assure des départs faciles et permet le déplacement des véhicules sur de petites distances sans l'aide du gazogène.

La présence d'une commande spéciale SOLEX sur le tablier de bord, à portée de la main du conducteur, groupant la tirette du starter et deux leviers pour l'air et le gaz, simplifie la manœuvre au maximum, et assure une remarquable précision de « dosage ».

Dans les cas d'emploi de Gaz de Ville, SOLEX présente aussi une formule rationnelle avec son carburateur type K, caractérisé par les mêmes qualités de simplicité, de robustesse et d'économie.

Une documentation technique gratuite sur l'un ou l'autre de ces cas est à la disposition de tous ceux qui en feront la demande à SOLEX, 190, avenue de Neuilly, Neuilly-sur-Seine.



AU SERVICE DES CARBURANTS DE REMPLACEMENT

La seule Maison spécialisée qui vous livrera :

Pour LES GAZOGÈNES

Les pièces normalisées, portes, leviers, volants, etc.
Les mélangeurs, et leurs commandes simples et doubles,
Les bougies,
Les compresseurs centrifuges,
Les aspirateurs électriques de départ,
Et toutes les petites pièces indispensables aux monteurs :
joints, brides, vannes, etc.

Pour L'ALCOOL L'ACÉTYLÈNE ET LE GAZ

Les réservoirs auxiliaires,
Les appareils de départ,
Les carburateurs spéciaux à carburants multiples (acétylène, alcool) ou (gaz, essence), etc.,
Les robinets et manomètres de bord,
Et tous accessoires de montage.

Dans tous les cas, les fameuses culasses "**SPEED**"
sont indispensables

ET BRISONNET

24 RUE CHARLES RENOUVIER PARIS
TÉLÉPHONE : ROQUETTE 07-67.

LES PRODUITS CHIMIQUES PURS

Société Anonyme au Capital de 3 000 000 de francs

6, Rue de la Trémoille, PARIS-VIII^e

Les activités de la S.A. « Les Produits Chimiques Purs »
sont de deux ordres :

Au point de vue **Recherches**, elle a étudié et fait breveté, tant en France qu'à l'étranger, des procédés nouveaux et directs de récupération des solvants légers contenus dans le pyroligneux. Ces procédés simples et économiques sont basés sur la loi des associations moléculaires ou complexes.

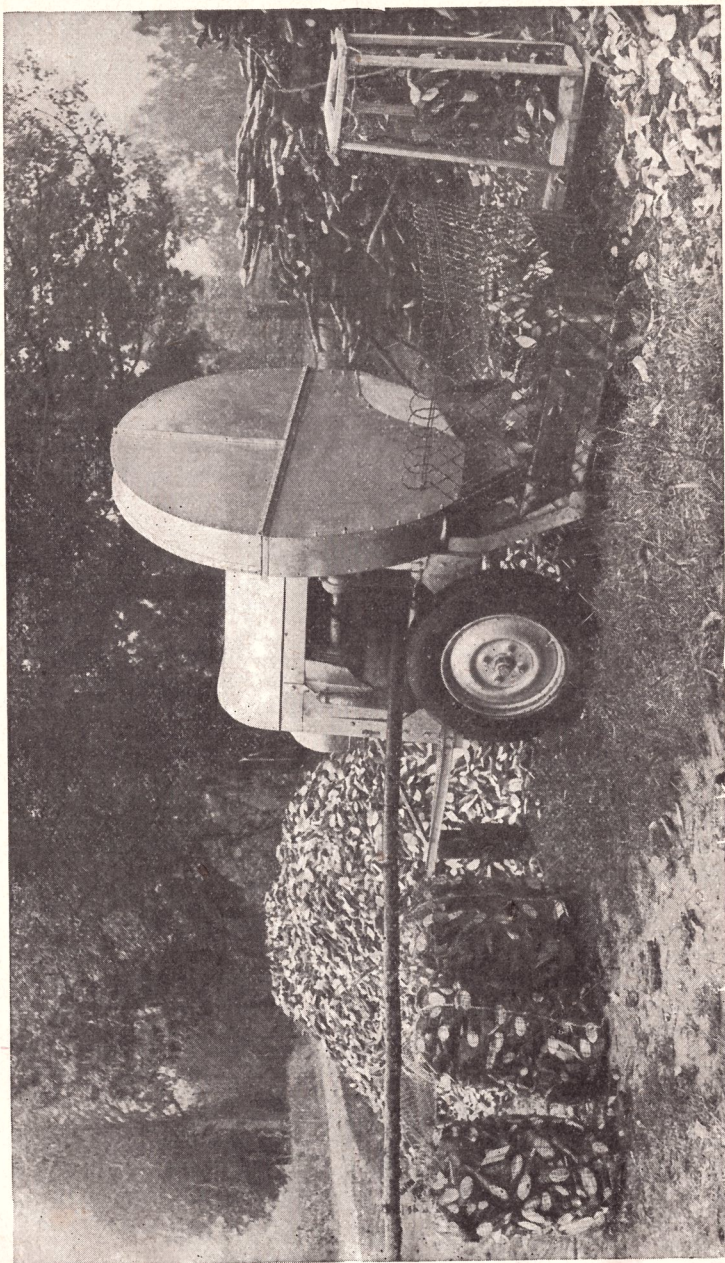
Ses études approfondies sur la carbonisation des végétaux lui permettent d'offrir ses services comme Ingénieurs-Conseils à tous ceux qui s'intéressent à la carbonisation, la distillation et l'agglomération des végétaux.

En raison des obligations qui sont imposées au pays par les circonstances, son programme répond tout particulièrement aux nécessités de l'heure présente. En effet, en ce qui touche la carbonisation, elle a mis au point un four fixe en maçonnerie, de capacité variable qui présente, au point de vue rentabilité, de très grands avantages sur les fours mobiles malgré les frais de transport depuis la coupe, grâce au rendement supérieur obtenu et à l'économie considérable réalisée sur la main-d'œuvre.

Au point de vue **distillation**, les brevets de la S.A. « Les Produits Chimiques Purs » permettent d'extraire économiquement du pyroligneux, un carburant liquide parfait ayant un pouvoir calorifique supérieur à 7.500° dans une proportion qui, jointe aux calories du charbon de bois, donne à la distillation, suivant ses procédés, un avantage indiscutable sur l'hydrolise.

Enfin, comme complément, elle a établi une technique de la fabrication des agglomérés qui leur assure l'uniformité de teneur en carbone fixe, la densité et la dureté qui sont les trois points essentiels auxquels doit répondre ce produit.

MACHINE A DÉCOUPER LES PERCHES DE TAILLIS
Louis SALOMON, 75, Boulevard de la République, REIMS (Marne) - Tél. 35-81



LA SERPE-HELICE

BREVETÉE S. G. D. G.

LA SERPE-HELICE

Brevetée S. G. D. G.

Machine à découper les Perches de Taillis

Louis SALOMON

75, Boulevard de la République, REIMS (Marne)

Téléphone 35-81



« **LA SERPE-HELICE** » est une machine qui tranche les perches de taillis, en morceaux de bois de 3 à 7 cm. de longueur, en vue de leur utilisation directe dans les gazogènes à bois, ou de leur transformation en charbon dans les fours.

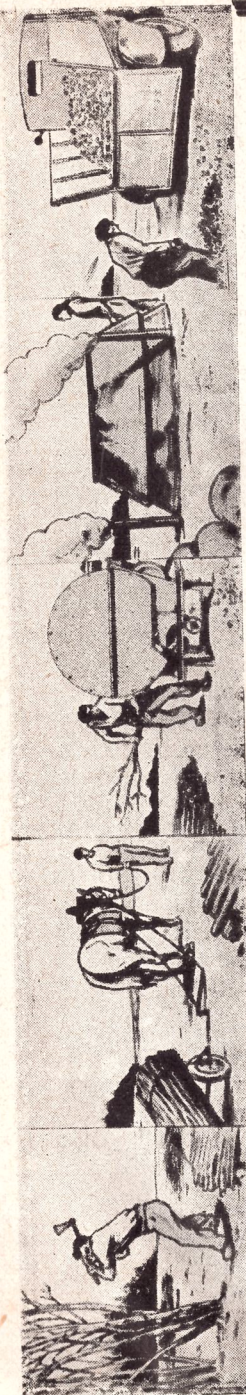
La perche est engagée entre deux rouleaux entraîneurs, le rouleau supérieur étant mobile en hauteur. La serpe en forme d'une lame coupante de sécateur, attaque de biais, la perche qui après avoir parcouru quelques centimètres, s'appuie sur la lame fixe.

Pendant la coupe, la perche continue sa marche (la lame coupante restant en contact avec la base fixe du sécateur). C'est cette continuité de la marche et la forme particulièrement étudiée de ce grand sécateur, qui expliquent que la « **SERPE-HELICE** » permet une coupe franche des perches, jusqu'à 8 cm. de diamètre avec un minimum de puissance (2 à 3 HP) et un rendement de 2 tonnes à l'heure.

Un simple changement dans le dispositif, permet de découper les perches en longueur de 8 à 15 cm.

Le bois ainsi découpé en morceaux nets, peut servir :

- 1° à l'alimentation des gazogènes à bois;
- 2° à la carbonisation;
- 3° à l'usage des foyers domestiques.



CARBURANTS FORESTIERS CHAMPENOIS

En vertu du règlement N° 6 de la nouvelle organisation forestière, tous les bois de 15 à 60 mm. de diamètre doivent être carbonisés.

Pour hâter la carbonisation et en même temps pour préparer le bois destiné à être utilisé directement dans les gazogènes à bois, les techniques nouvelles s'accordent pour recourir aux découpeuses mécaniques qui conditionnent ce bois très économiquement avec un débit de plusieurs tonnes à l'heure.

Les Carburants Forestiers Champenois ont mis au point une machine à découper qui a la consécration de plusieurs années de pratique et qui découpe le bois en « rondelles de saucisson » de grosseurs variables permettant toute récupération.

Son débit est de 1.000 à 1.200 morceaux à la minute, soit 70.000 morceaux à l'heure, ce qui correspond à 6 ou 7 stères, c'est-à-dire 2 tonnes 5 à l'heure, le bois découpé sèche beaucoup plus rapidement que le bois en charbonnette.

Un moteur de 4 chevaux suffit à l'actionner.

Montée sur roues pneumatiques, elle peut entrer dans les coupes et être manipulée facilement par deux hommes.

Son poids, sans moteur, est de 500 kilos environ.

Appareil à Carboniser " L'UNIVERSEL "

GROUARD Frères, Constructeurs, PARIS

PRINCIPE. — Produire aux lieux mêmes d'exploitation du bois un charbon d'excellente qualité, en un laps de temps très court, évitant le travail de nuit.

QUALITE DU CHARBON. — La pureté de celui-ci, indispensable aux gazogènes de traction, n'est obtenue que par la distillation en vase clos, à haute température. C'est pourquoi l'**UNIVERSEL** est construit sur le principe d'appareil à cornues. Celles-ci servent d'étouffoirs en fin d'opérations.

FAIBLE DUREE DE LA DISTILLATION. — Elle est due à la conception d'un appareil multicellulaire. Afin d'activer les opérations, et de diminuer

le temps de la distillation, les cornues sont de volume réduit, mais en nombre important (14 pour 2 stères). La dimension en a été calculée pour permettre une rapide pénétration calorifique des bois à carboniser, sans nuire toutefois à la facilité de chargement.

Les couvercles des cornues ne sont pas étanches, afin que par les orifices ainsi ménagés, les gaz de distillation puissent s'échapper et s'enflammer spontanément hors des cornues, concourant ainsi à activer le chauffage de l'ensemble.

MOBILITE DE L'APPAREIL.

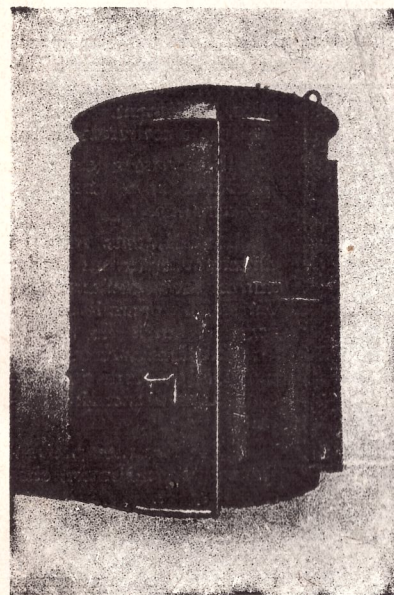
— Les cornues, construites en tôle, ont, malgré le renforcement et l'épaisseur des fonds, un poids minime dû au faible volume et à la forme cylindrique de ces récipients. Tous les autres éléments de l'appareil sont également cylindriques et sont aisément roulés à même le sol. Seule l'enveloppe extérieure est

composée de 4 panneaux verticaux, mais chacun ne dépasse pas le poids de 80 kg. environ. La mise en place de tous ces éléments est très rapide, ce qui permet une grande souplesse de fonctionnement.

FONCTIONNEMENT. — Le foyer est constitué par la quantité de bois d'allumage (brindilles, déchets, rémanents, etc.) disposée entre les supports circulaires des cornues, quantité renouvelable tant que l'humidité des bois en cornues n'a pas été totalement évacuée. Le tirage est réglé par le simple soulèvement du couvercle de l'appareil.

La chaleur dégagée par le foyer crée une surpression dans les cornues qui permet l'évacuation sous forme de vapeur de l'humidité et des composés pyrolytiques du bois, puis des gaz de plus en plus anhydres, produisant ainsi une réaction exothermique qui élève la masse en distillation à une très haute température. En outre, l'inflammation hors des cornues de ces gaz active le chauffage des cornues voisines et aide à la poussée exothermique de celles-ci. Lorsque le dégagement gazeux n'est plus suffisant dans une cornue, la pression s'égale avec l'extérieur et l'inflammation cesse. La carbonisation est terminée lorsque toutes les cornues se sont « éteintes ».

Le refroidissement est à son tour activé par la division de la masse



FOURS TRANCHANT-MAGNEIN

Bureaux : **218, Avenue Daumesnil, 218**

Ateliers : **55-57-59-62-64, Rue de Fécamp**

— Métro : Michel-Bizot —
Téléphone : **DIDEROT 41-44**

Adresse Télégr. : **TRANFOUR Paris**
C/Chèques Postaux Paris 1595-47
R.C.Seine 82 284 - R.P.Seine 14 216

DESCRIPTION.

Le four Magnein se compose de deux éléments tronconiques superposés et d'un couvercle. L'élément inférieur pèse 110 kilos, l'élément supérieur 70 kg., le couvercle 33 kg.

Il comporte en outre 4 événements et 4 cheminées d'évacuation.

Les éléments reposent directement les uns sur les autres sans boulons, clavettes, ni appareils de serrage. Il suffit de remplir les gouttières avec quelques poignées de terre pour obtenir une étanchéité parfaite.

Deux hommes peuvent transporter facilement chaque élément.



AVANTAGES DU TIRAGE RENVERSE.

1° La fumée refoulée dans la masse du bois établit une température beaucoup plus uniforme dans tout l'appareil. Il en résulte une cuisson plus régulière qui permet d'éviter la production de cendres au centre et celle des fumerons sur le pourtour;

2° L'air aspiré s'échauffe au contact des fumées refoulées, ce qui évite la perte du charbon dont la combustion eût été nécessaire pour obtenir cette élévation de température;

3° Enfin, le principal avantage de ce tirage inversé, particulier au four Magnein, est le réglage automatique de la combustion: lorsque celle-ci est trop active et les fumées trop abondantes, le débit des cheminées devient insuffisant et les fumées sortent par les événements, en empêchant l'air d'entrer au débit normal.

PRODUCTION JOURNALIERE.

Une équipe de 2 hommes peut mettre en marche 4 fours et carboniser par conséquent chaque jour 20 stères de bois donnant suivant la grosseur et l'essence du bois 1.000 à 2.000 kg. de charbon.

Un apprentissage de quelques jours suffit.