

CARBURANTS ET COMBUSTIBLES DE REMPLACEMENT

---

Tome II

**COMBUSTIBLES DE REMPLACEMENT**

**UTILISATION RATIONNELLE**

**DU BOIS DE CHAUFFAGE**

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



CORBEIL  
IMPRIMERIE CRÉTÉ

—  
1941



ULTIMHEAT®  
VIRTUAL MUSEUM

**COMBUSTIBLES DE REMPLACEMENT**

**UTILISATION RATIONNELLE**

**DU BOIS DE CHAUFFAGE**

PAR

**TONY BALLU**

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

EN VENTE A L'IMPRIMERIE CRÉTÉ  
209, BD SAINT-GERMAIN, PARIS

—  
1941





## SOMMAIRE DU TOME II

Préface .....	5
Avant-propos .....	6

### Chapitre I. — GÉNÉRALITÉS SUR LE CHAUFFAGE

A. Qu'est-ce que la chaleur ? .....	9
B. Comment mesure-t-on la chaleur .....	10
Quantité de chaleur. Calories .....	11
C. Différents moyens de produire de la chaleur .....	14
D. Comment se propage la chaleur .....	15
E. Notions générales sur le chauffage .....	16
Grille .....	19
Tirage .....	19

### Chapitre II. — COMBUSTIBLES DE REMPLACEMENT D'ORIGINE VÉGÉTALE

A. Le bois.....	21
Constituants du bois.....	22
Densité des bois .....	24
Action de la chaleur sur le bois.....	25
Pouvoir calorifique du bois .....	27
Influence de l'humidité .....	28
Quantité d'air nécessaire.....	30
Produits de la combustion .....	31
Dessiccation des bois.....	32
Sciure de bois .....	34
Charbon de bois .....	34
Gaz de bois .....	35
B. La tourbe.....	38
C. Lignites.....	39

### Chapitre III. — APPAREILS DE CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU BOIS

A. Chauffage des habitations.....	41
Poêles à combustion vive.....	42
— continue .....	44
B. Cuisson des aliments au bois.....	46
C. Chauffage pour besoins ménagers divers.....	49
D. Fours.....	49
Inconvénients de l'emploi du bois dans les appareils non spéciaux.....	50

#### Chapitre IV. — UTILISATION RATIONNELLE DU BOIS DE CHAUFFAGE

Combustion continue .....	54
Élimination de la vapeur d'eau .....	56
Élimination des pyroligneux .....	57
Réglage d'air primaire.....	58
Foyer.....	60
Étendue et forme des surfaces de chauffe .....	60
Calorifugeage.....	61
Cheminées.....	61

## PRÉFACE <sup>(1)</sup>

*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.*

(1) Rappel de la Préface parue au tome Premier.

## AVANT-PROPOS

---

Dans le tome I, nous avons traité des carburants nationaux et fait ressortir le rôle que le bois-carburant est appelé à jouer non seulement dans le présent, mais encore dans l'avenir, sous réserve de certaines améliorations à apporter dans les domaines technique et économique concernant le conditionnement du bois, cru ou torréfié, et du charbon de bois, naturel ou aggloméré.

Nous allons traiter, dans ce tome II, des *combustibles de remplacement*, limités aux usagers domestiques, en réservant la première place au bois.

Si le bois est le plus ancien des combustibles employés, la technique de son utilisation n'avait jamais été améliorée sérieusement jusqu'à ces derniers temps.

C'est à cela surtout qu'il faut attribuer l'infériorité notoire dans laquelle s'est trouvé ce combustible quand, sous l'influence de puissants groupements, les combustibles minéraux ont vu, au contraire, leur emploi progresser rapidement.

Il faut remarquer aussi que, sous l'égide du progrès, le sens du confort s'est accru, entraînant avec lui le *sens du moindre effort*, dont le développement excessif est un signe des temps et — il faut bien le dire — un symptôme de décadence.

Dans toutes les manifestations d'activité de la vie moderne, le « confort » s'est imposé en maître, à l'encontre le plus souvent de toute considération économique. Quoi de plus commode que de toucher du doigt le bouton d'un interrupteur électrique pour faire jaillir un flot de lumière? (Et la répétition de ce geste, cependant peu fatigant, est souvent négligée pour éteindre la lumière dans une pièce qu'on vient de traverser.)

Quoi de plus tentant que de prendre un ascenseur, pour monter un étage ou deux, même s'il faut perdre quelques instants à attendre cet ascenseur ?

Quoi de plus agréable que de circuler dans une auto qui vous attend à la porte pour vous mener au lieu même où vous avez affaire, même si un autre mode de locomotion (train ou métro) vous y mène en moins de temps et à moindres frais, mais vous impose un horaire obligatoire et vous oblige à faire quelques pas pour gagner le lieu de départ ?

Quoi de moins fatigant, pour en revenir au sujet qui nous intéresse, que d'utiliser dans un foyer domestique du combustible minéral qui vous évite quelques chargements supplémentaires, même si ce combustible est plus coûteux et plus salissant que du bois ?



Loin de nous l'idée de prétendre que le bois doive dorénavant et dans tous les cas supplanter le charbon minéral, mais nous prétendons que cette substitution devrait s'imposer au moins dans les régions boisées. N'est-il pas piquant, en effet, de constater que la majorité de nos grands propriétaires forestiers (à commencer par l'État et les Communes) ont encore le plus souvent des installations de chauffage central au charbon, alors qu'ils se lamentaient, il y a peu de temps encore, sur la dévalorisation de leurs bois de feu? Sans doute, les appareils de chauffage au bois n'avaient-ils fait, ainsi que nous l'avons dit, l'objet d'aucune amélioration sérieuse, alors que les appareils à charbon ont subi, au contraire, d'heureuses modifications durant ces dernières années. Mais ces améliorations ont été réalisées sous l'impulsion de puissants groupements miniers, alors que la dispersion, le manque de cohésion et, il faut bien le dire, l'insouciance de la majorité des propriétaires forestiers ont été une des causes dominantes du non-perfectionnement des appareils de chauffage au bois.

Ce ne sont pas, en effet, tant les idées nouvelles qui ont manqué pour résoudre les problèmes que pose l'utilisation rationnelle, pratique et économique du bois de chauffage, que l'aide matérielle et morale à ceux qui tentaient de réaliser ces idées.

Sous l'impérieux besoin actuel de combustibles, le bois apparaît soudain comme la meilleure ressource d'origine nationale, comme il constitue, pour la vie de nos moteurs, une planche de salut indiscutée.

Le produit déshérité dont la valeur vénale est restée pendant de longues années inférieure à son prix de revient bénéficie aujourd'hui, sous le jeu de la loi de l'offre et de la demande, d'une revalorisation que les plus optimistes ne pouvaient prévoir.

Mais que les propriétaires forestiers ne se laissent pas glisser dans l'imprévoyance et ne se laissent pas de l'idée que ce rétablissement puisse durer de lui-même. Logiquement, quand les choses seront redevenues normales, les mêmes causes reproduiront les mêmes effets, et le bois risque de redevenir le combustible déshérité, dont la faveur actuelle n'est qu'accidentelle.

Profitions donc des circonstances pour travailler avec méthode les améliorations à réaliser, de façon à permettre au bois de concurrencer à armes égales le charbon minéral, au moins dans les régions boisées.

Dans ce but, il faut que les principaux intéressés, c'est-à-dire les propriétaires forestiers, ainsi que les pouvoirs publics encouragent par tous les moyens les inventeurs susceptibles d'améliorer le fonctionnement technique et économique des appareils de chauffage au bois.

Pour cela, comme dans toute recherche tendant vers le Progrès, il est indispensable de bien « poser le problème » en prenant comme données les inconvénients et les défauts mêmes du bois combustible. Un problème bien posé est, dit-on, en partie résolu. La science appliquée a, dans de nombreuses manifestations de la vie moderne, triomphé de difficultés autrement plus aiguës que celles que présente l'utilisation rationnelle du bois de chauffage.

Ce sont ces problèmes et ces difficultés que nous allons nous efforcer d'étudier dans cet opuscule, en exposant en même temps les différentes solutions qui se font jour.

Puissions-nous contribuer ainsi, si modestement que ce fût, à la revalorisation non provisoire mais définitive de nos bois de feu, pour le plus grand bien de la Forêt française, principal joyau de notre richesse nationale.

---

## CHAPITRE I

# GÉNÉRALITÉS SUR LE CHAUFFAGE

### A. — QU'EST-CE QUE LA CHALEUR ?

L'homme se rapporte généralement à ses sens pour interpréter par simple intuition les manifestations des différents phénomènes de la nature. C'est ainsi que la chaleur est considérée comme étant simplement l'état de température d'un corps, état que le *toucher* permet de constater, et que la *vue* peut également déceler quand la température donne au corps la couleur du rouge (sombre, vif ou blanc). Le sens du toucher incite l'homme à considérer comme étalon de température celle de son propre corps : ce qui est à une température supérieure à  $37^{\circ}$  nous paraît chaud, et ce qui est au-dessous nous donne une sensation de froid.

La Science, cherchant à s'affranchir des impressions relatives et parfois trompeuses de nos sens, a voulu *savoir* ce qu'était en réalité la chaleur et, la physique moderne nous a fourni l'explication suivante : la partie la plus petite d'un corps (la « molécule ») est en état de perpétuelle agitation. Cette agitation est d'autant plus intense que la température à laquelle le corps est soumis se trouve élevée. C'est l'énergie cinétique moyenne des molécules qui caractérise la température. Par exemple, la vitesse des molécules d'air à  $15^{\circ}$  est de l'ordre de grandeur de 500 mètres par seconde ; elle est de 530 mètres à  $100^{\circ}$  et de 1 700 mètres à  $1\ 600^{\circ}$ . Il s'agit là de vitesses moyennes, car, dans leur agitation, les molécules vont et viennent et, par conséquent, s'arrêtent dans leur course pour repartir dans une autre direction.

Tel est tout au moins le cas des gaz, dans lesquels les molécules jouissent d'une certaine indépendance. Dans les solides, les molécules sont liées entre elles par des forces de cohésion qui, tout en les rendant solidaires les unes des autres, ne leur enlèvent toutefois pas la faculté de vibrer autour de la place qui leur est assignée, comme si elles y étaient reliées par des ressorts. C'est l'intensité de ces vibrations qui caractérise leur état de chaleur.

A la température de liquéfaction de l'air ( $-190^{\circ}$ ), la vitesse moyenne des molécules d'air n'est plus que de 230 mètres par seconde.

On conçoit donc qu'il doit exister une température minimum à laquelle les molécules ne bougent plus : c'est la température du zéro absolu qui correspond à  $-273^{\circ}$ . A cette température tout cesse de vivre, même la matière.



La chaleur n'est donc autre chose que de l'énergie. On l'appelle « énergie calorifique ». Elle se rapproche de l'énergie mécanique par le fait que c'est l'« énergie cinétique » des molécules d'un corps qui produit sa chaleur (cette énergie cinétique est égale à la moitié du produit de la masse des molécules par le carré de leur vitesse). Combien de gens resteront-ils rêveurs... voire même sceptiques, à l'idée que le calme dont ils jouissent parfois le soir, en l'absence de tout bruit, est néanmoins peuplé de la vibration continue de tout le milieu ambiant, si tranquille en apparence, et que plus le lit dans lequel ils goûtent un repos béat est chaud, plus est vive l'agitation des molécules de l'édredon qui recouvre ce lit ! Il en est cependant ainsi.

## B. — COMMENT MESURE-T-ON LA CHALEUR ?

La température est l'état de chaleur dans lequel se trouve un corps. On évalue couramment les températures d'après le thermomètre centésimal, dont l'échelle est donnée par la division en 100 parties égales de la différence entre les températures de l'eau pure en ébullition et de la glace fondante (à la pression de 760 millimètres de mercure).

La « température absolue » d'un corps (c'est-à-dire par rapport au zéro absolu) s'obtient en ajoutant le chiffre 273 à la température observée au thermomètre.

La température se mesure, entre les limites couramment observées dans l'atmosphère, par les thermomètres ordinaires au mercure ou à l'alcool. Pour évaluer des températures élevées, il faut recourir à l'emploi d'instruments appropriés. Sans entrer dans le détail de leur étude, nous nous contenterons d'énumérer ceux susceptibles d'être employés avec les appareils de chauffage.

a. *Thermomètres manométriques*, utilisables jusqu'à 350°, et dont les indications de température sont données par pression d'un liquide renfermé dans une sorte de thermomètre dont le tube est en rapport avec un manomètre. Le cadran de ce manomètre donne à la fois les chiffres des pressions et des températures correspondantes.

b. *Les pyromètres à dilatation*, employés jusque vers 500°. Ils sont composés de deux lames minces de fer et de cuivre soudées en spirale : l'inégale dilatation de ces deux lames sous l'effet de la chaleur provoque une torsion de la spirale d'autant plus intense que la température est élevée. Une aiguille indique sur un cadran les températures correspondant à ces dilatations.

c. *Les pyromètres manométriques à air ou à liquide* faisant agir la pression du fluide sur un manomètre, comme dans les thermomètres manométriques, mais à des échelles de température plus élevées.



d. *Les pyromètres calorimétriques*, utilisant un courant d'eau qui vient se réchauffer au contact de la source de chaleur à mesurer ; en notant la température de l'eau à l'entrée et à la sortie, ainsi que le débit de l'eau dans l'unité de temps, on en déduit par le calcul des calories cédées la température à mesurer.

e. *Les pyromètres thermoélectriques*, composés de deux fils de métaux différents soudés à leurs extrémités et avec lesquels on mesure, par l'intermédiaire d'un galvanomètre, le couple thermo-électrique qui se produit, en mettant un des points de jonction des deux fils en contact avec le corps dont on veut mesurer la température.

f. *Les pyromètres électriques*, basés sur le principe de l'augmentation de la résistance au passage d'un courant, d'un fil de platine, en fonction de la température à laquelle est soumis ce fil.

g. *Les cannes pyrométriques*, particulièrement intéressantes pour la détermination de température d'un foyer (jusqu'à 1 000° à 1 200°). Ce sont, en somme, des pyromètres thermo-électriques, montés de telle sorte qu'on puisse enfoncer le point de contact des deux fils à l'intérieur d'un foyer. Les fils sont introduits dans un tube formant « canne » ; pour résister à l'action de la chaleur, ce tube est souvent entouré d'une garniture en silice.

h. *Les pyromètres optiques* sont utilisés pour l'évaluation des températures de foyers dans lesquels, en raison de la haute température qui y règne, les cannes pyrométriques fondraient.

Ces pyromètres sont basés sur le principe de radiations calorifiques qu'émet tout corps chaud et dont l'intensité est proportionnelle à la température du corps.

Le pyromètre Féry est le modèle du genre : il se compose d'un télescope renfermant un miroir qui reçoit les radiations et les réfléchit à son foyer (foyer optique du télescope) où se trouve la soudure d'un couple thermo-électrique analogue à celui des pyromètres thermo-électriques ; les deux autres extrémités sont réunies aux bornes d'un galvanomètre, qui indique la valeur du courant produit. Le télescope doit être mis au point, de façon que l'image du foyer soit nette : on a ainsi l'assurance que les radiations calorifiques — qui accompagnent les rayons lumineux — sont également concentrées au foyer du télescope où se trouve la soudure du couple thermo-électrique. Ce pyromètre ne peut, bien entendu, fonctionner qu'à la condition que le four soit percé d'une ouverture par laquelle on puisse apercevoir une partie de la surface intérieure portée à une haute température.

**QUANTITÉ DE CHALEUR. CALORIES.** — Il ne faut pas confondre la température d'un corps avec la quantité de chaleur qu'il dégage. Nous venons de parler de la température, qui se mesure en degrés. La quantité de chaleur que peut fournir un corps se mesure en calories.

On appelle « grande calorie » la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température de 1 kilo d'eau pure, la petite calorie étant la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température de 1 gramme d'eau pure. Dans tout ce qui va suivre, nous ne parlerons que de grandes calories.

Dans la pratique, on mesure la puissance des appareils de chauffage, et notamment des chaudières de chauffage central, en « calories-heures », c'est-à-dire en quantité de calories fournies en une heure. Une chaudière ayant une surface de chauffe de 10 mètres carrés donne une puissance de 50 000 calories-heure environ.

*Poids moléculaire.* — La quantité de chaleur qu'un combustible est susceptible de produire peut être mesurée soit d'après son poids brut, soit d'après son poids moléculaire.

Le poids moléculaire est celui qui correspond à sa composition atomique, telle qu'elle est exprimée dans la formule chimique donnant la composition du corps (le poids atomique de l'hydrogène étant pris pour unité).

Ainsi le poids moléculaire de l'anhydride carbonique ( $\text{CO}_2$ ) est de 44 parce que composé d'un atome de carbone (de poids atomique 12) et de deux atomes d'oxygène (de poids atomique 16).

Si l'on prend comme unité 1 gramme d'hydrogène, on en déduit que 12 grammes de carbone vont se combiner avec 32 grammes d'oxygène.

Cette réaction s'opère avec dégagement de chaleur. Elle s'écrit :  $\text{C} + 2\text{O} = \text{CO}_2 + 97$  calories, ou 97 000 calories suivant la notation utilisée. Comme il s'agit de grandes calories, on devrait toujours préciser que « 97 calories » se rapportent à la « molécule-gramme » de  $\text{CO}_2$  (c'est-à-dire 44 grammes), tandis que « 97 000 calories » indiquent qu'on considère la « molécule-kilogramme » (c'est-à-dire 44 kilogrammes de  $\text{CO}_2$ ).

*Chaleur de combustion.* — C'est la quantité de calories produite par la combinaison avec l'oxygène d'un nombre de grammes de combustible égal à son poids moléculaire.

Quand il s'agit d'un gaz, le poids moléculaire est égal au poids du gaz considéré occupant le même volume que 2 grammes d'hydrogène (molécule d'hydrogène) à 0° sous pression atmosphérique (76 centimètres de mercure), soit 22,32.

La chaleur de combustion des principaux combustibles est :

Pour l'hydrogène : 58,2 C. ;

Pour le carbone : 97,6 C. ;

Pour l'oxyde de carbone : 68,2 C. ;

Pour le méthane : 195,2 C.

*Pouvoir calorifique.* — C'est la chaleur de combustion dégagée non plus par une molécule-gramme du corps, mais par 1 kilogramme d'un corps solide ou 1 mètre cube d'un corps gazeux.

Le pouvoir calorifique est dit *supérieur* (P. C. S.) quand l'eau provenant du combustible ou résultant de sa combustion est condensée.



C'est ce pouvoir calorifique qu'on obtient dans les laboratoires en soumettant le combustible à l'épreuve de la bombe, dont nous parlerons plus loin. Mais dans l'essai à la bombe, le volume des gaz étant constant, la pression augmente sous l'effet de la combustion, et l'eau s'y trouvant se condense sur les parois, abandonnant ainsi les calories résultant de sa condensation.

Dans la pratique, au contraire, les combustibles brûlent à pression sensiblement constante (voisine de la pression atmosphérique). Dans ces conditions, la vapeur d'eau provenant du combustible ne se condense pas, et le nombre de calories résultant de cette combustion se trouve donc moins élevé que dans le cas précédent. Aussi qualifie-t-on ce pouvoir calorifique d'« inférieur » (P. C. I.) par opposition au précédent. C'est ce pouvoir calorifique inférieur qui est donc le plus conforme à la quantité de chaleur fournie dans la pratique courante, et c'est de celui-là dont il s'agit quand on parle de « pouvoir calorifique » tout court.

Il est utile de pouvoir passer, par le calcul, du P. C. S. au P. C. I.

La vaporisation d'une molécule d'eau absorbant 10,73<sup>c</sup> (à 15<sup>o</sup>), il suffit de retrancher de la chaleur de combustion, mesurée à la bombe, autant de fois 10,73 qu'il y a de molécules d'eau formées.

Il existe également des formules, telle la formule de Goutal, qui permettent de calculer facilement le P. C. I. en partant du P. C. S.

*Mesure du pouvoir calorifique.* — Le pouvoir calorifique d'un corps solide ou liquide se mesure généralement à la « bombe calorimétrique ». Cette bombe se compose d'un récipient métallique très bon conducteur de la chaleur, fermé par un bouchon formant écrou, et sur lequel sont montées deux électrodes. Ce bouchon porte, en outre, une tige et un tuyau. La tige est destinée à soutenir une capsule dans laquelle on va déposer un demi-gramme du combustible à essayer, et le tuyau doit servir à introduire l'oxygène destiné à la combustion sous une pression de 25 kilogrammes.

La bombe est alors placée dans un récipient en laiton soigneusement calorifugé, formant calorimètre, et dans lequel on verse une quantité connue d'eau. Les deux électrodes sont réunies par un fil de platine autour duquel est enroulé un fil de coton qui traverse la masse du combustible préalablement réduit en poudre. En faisant passer un courant électrique dans les électrodes, le coton brûle et enflamme le combustible. La différence de température constatée avant et après l'essai, dans l'eau du calorimètre, permet de déduire la quantité de calories provenant de la bombe et, par suite, le pouvoir calorifique du combustible.

On peut également calculer le pouvoir calorifique d'un combustible, connaissant sa composition centésimale exacte. Dans ce cas, on a recours à la formule de Goutal :  $P = 82 C + aV$ , dans laquelle :

C est la teneur du combustible en carbone fixe ;

V est la teneur du combustible en matières volatiles ;

a est un coefficient.

Le pouvoir calorifique d'un gaz se détermine soit par le calcul, en partant de l'analyse centésimale de ses constituants, soit en employant des calorimètres spéciaux, tels que le calorimètre de Junkers.

Ce calorimètre comporte une double paroi dans laquelle s'effectue une circulation continue d'eau, destinée à absorber les calories provenant de la combustion du gaz. Cette double paroi forme voûte coiffant l'espace dans lequel brûle le gaz au moyen d'un brûleur approprié. La température de l'eau est prise à l'entrée et à la sortie de la chemise d'eau, au moyen de deux thermomètres gradués au dixième de degré. L'eau de circulation étant recueillie dans un vase taré, il suffit de peser cette eau pour en déduire, en tenant compte de son élévation de température, la quantité de calories absorbées et, par suite, le nombre de calories fournies par le gaz en un temps donné.

### G. — QUELS SONT LES DIFFÉRENTS MOYENS DE PRODUIRE DE LA CHALEUR ?

La chaleur peut être produite notamment par *frottement*, par *radiation* ou par *réactions chimiques*.

Chacun sait que le frottement s'effectue toujours avec dégagement de chaleur, suivant le principe de l'équivalence (425 kilogrammètres pouvant se transformer en une grande calorie). Si le procédé n'est pas industriellement exploité en vue de produire de la chaleur, il est néanmoins utilisé parfois inconsciemment quand, par le froid par exemple, on éprouve instinctivement le besoin de se frotter énergiquement les mains l'une contre l'autre pour se réchauffer.

Le frottement est également le moyen employé par les peuplades arriérées pour obtenir du feu en faisant tourillonner rapidement un morceau de bois sur un autre.

Les *radiations* les plus utilisées pour le chauffage sont celles du soleil et de l'électricité.

On estime la température du soleil à 5 700° (ce qui porterait à environ 3 kilomètres à la seconde la vitesse d'agitation des molécules du soleil). On sait que les rayons solaires se décomposent en une gamme étendue de rayons lumineux (les sept couleurs de l'arc-en-ciel) et de rayons invisibles, tels que les rayons infra-rouges. Le maximum d'énergie pour la radiation solaire est situé dans le jaune.

Le chauffage électrique, sur lequel nous n'insisterons pas ici, est également obtenu par transformation de l'énergie électrique en énergie calorifique.

La chaleur produite par l'électricité n'est, en somme, que le résultat d'une sorte de frottement du courant électrique dans les conducteurs : le courant chauffe par son passage des « résistances » qui cèdent à leur tour leur chaleur, soit par convection, soit par rayonnement (rayons infra-rouges).



La transformation de l'énergie électrique en énergie calorifique fournit théoriquement 864 calories par kilowatt-heure. Elle résulte de l'« effet Joule ».

D'autres corps enfin, dits radioactifs, fournissent d'eux-mêmes de la chaleur par désintégration de la matière (radium); leur énergie calorifique provient de l'énergie mécanique résultant de la démolition de l'atome de radium (1 gramme de radium fournit 135 p. c. par heure).

Les *réactions chimiques*, enfin, nous fournissent de la chaleur d'après les lois de la thermo-chimie. Parmi ces réactions, il en est une surtout qui est couramment utilisée, tant dans l'industrie que pour les besoins domestiques : c'est la réaction provenant de la combinaison du carbone avec l'oxygène à une certaine température, c'est-à-dire la combustion des différents combustibles dans les foyers de tous genres.

#### D. — COMMENT SE PROPAGE LA CHALEUR ?

Lorsque la chaleur passe d'un corps à un autre par simple contact, on dit qu'il y a *convection* ou *transport direct*. C'est le cas de l'air s'échauffant au contact d'un radiateur de chauffage central et qui, s'élevant dans la pièce par suite de sa plus faible densité, laisse la place à une autre couche d'air qui vient s'échauffer à son tour.

Quand un corps s'échauffe au contact d'un autre plus chaud que lui, et qu'il laisse facilement passer la chaleur pour la transmettre à son tour au corps voisin, — c'est le cas de la paroi d'un radiateur de chauffage central transmettant la chaleur du foyer à l'air extérieur, — on dit que ce corps, « bon conducteur de la chaleur », transmet la chaleur par *conduction*. C'est également le cas d'un fourneau de cuisine communiquant sa chaleur aux ustensiles de cuisine.

Enfin, une source de chaleur peut transmettre son énergie thermique par *rayonnement*, au moyen d'ondes de nature électromagnétique lumineuses ou non (infra-rouge) qui transmettent la chaleur à distance et à travers les corps intermédiaires (l'air).

Les cheminées à feu nu rayonnent une partie de leur chaleur, mais agissent également par convection en échauffant l'air qui vient au contact des flammes.

Les radiateurs électriques « rayonnent » également leur chaleur.

La chaleur ainsi rayonnée est reçue par les corps solides se trouvant dans la pièce à chauffer et qui chauffent, à leur tour, l'air par convection.

Dans les procédés de chauffage par rayonnement, il se produit donc l'inverse de ce qui se passe avec le chauffage par radiateurs (chauffage central), à savoir que ce sont les objets qui forment corps de chauffe pour réchauffer l'air, alors que les radiateurs à eau chaude ou à vapeur sont eux-mêmes les corps de chauffe autour desquels l'air circule et s'échauffe par convection.

C'est par rayonnement que le soleil chauffe la terre. Rappelons, à ce sujet, que le soleil est la source de toute manifestation de chaleur, d'éner-

gie et de vie sur la terre. C'est au soleil qu'on doit les combustibles de tous genres, puisque c'est grâce à lui que la fonction chlorophyllienne permet aux végétaux de se développer, et que ces végétaux, en se minéralisant à travers les siècles, fournissent les charbons minéraux.

Le soleil chauffe directement par radiations. On estime à 2 calories la quantité de chaleur envoyée par centimètre carré et par minute.

On peut « concentrer » cette chaleur solaire par des « insolateurs », sortes de grands miroirs de forme généralement parabolique, qui font converger les radiations calorifiques vers le point à chauffer.

Le fameux « miroir d'Archimède » n'est qu'une application de ce principe.

Au mont Wilson a été installé un miroir cylindro-parabolique tournant en même temps que le soleil et concentrant les rayons sur un réservoir contenant de l'huile qui se trouve ainsi porté à une température de 100°. Cette installation permet de cuire des légumes.

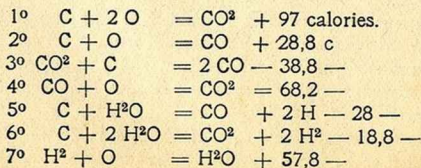
Le soleil serait donc, à ce point de vue, l'idéal des « combustibles de remplacement » dont l'étude fait l'objet de cet opuscule. Malheureusement, c'est précisément en hiver qu'il se montre le moins souvent et qu'il chauffe le plus modérément notre planète...

## E. — NOTIONS GÉNÉRALES ET ÉLÉMENTAIRES SUR LE CHAUFFAGE

*Combustion d'un corps solide.* — Quand on soumet un produit combustible à l'action de la chaleur, en présence de l'air, il s'enflamme à une certaine température qui est propre à chaque combustible.

Sous l'effet des réactions exothermiques, les gaz et vapeurs du combustible se dégagent. Parmi eux, il en est de combustibles et d'incombustibles. Ce sont les gaz combustibles qui brûlent en produisant les flammes. En somme, la combustion d'un corps solide est presque toujours accompagnée de la combustion des gaz qu'il dégage ou qui résultent de sa décomposition à la chaleur.

Vers 300°, le carbone du combustible entre en combinaison avec l'oxygène de l'air pour former de l'anhydride carbonique et un peu d'oxyde de carbone (dans le cas d'insuffisance d'air). En même temps, l'eau contenue dans le combustible se vaporise, et cette vapeur, à laquelle vient s'ajouter celle provenant de l'humidité de l'air, réagit à son tour sur le charbon porté au rouge. La série de ces réactions peut être résumée dans les formules suivantes :





La réaction (3) s'effectue surtout après le rechargement du foyer, c'est-à-dire quand le carbone du combustible qui vient d'être chargé ne dispose pas d'une quantité d'oxygène de l'air primaire suffisante pour donner lieu à la réaction (1). Sans doute, le CO formé pourra-t-il réagir ensuite suivant (4), mais à la condition de se trouver à nouveau en présence d'oxygène, à une température suffisamment élevée. C'est pour cela que la question de l'air secondaire réchauffé, dont nous parlerons plus loin, joue un rôle prépondérant dans l'utilisation rationnelle des combustibles en général et du bois en particulier.

*Combustion d'un gaz.* — Quand on brûle un gaz non préalablement mélangé avec l'air, on observe plusieurs phénomènes. Prenons l'exemple du gaz d'éclairage sortant d'un bec à fente ; la flamme produite présente trois aspects différents suivant la proximité où elle se trouve du bec : près de l'orifice, on observe d'abord une zone transparente correspondant au jet de gaz sortant indemne du bec. Au fur et à mesure que le gaz arrive en contact de la zone de combustion proprement dite, les hydrocarbures se décomposent sous l'effet de la chaleur en leurs éléments constituants : le carbone et l'hydrogène. Le carbone se trouve libéré sous forme de corpuscules solides qui sont portés à l'incandescence et brûlent en présence de l'oxygène de l'air pour donner du CO<sup>2</sup>. C'est cette incandescence suivie de combustion qui confère à cette seconde zone un double pouvoir éclairant et calorifique.

L'hydrogène brûle de son côté en donnant H<sup>2</sup>O et en produisant de la chaleur, mais peu de luminosité.

Dans une troisième zone, l'hydrogène et l'oxyde de carbone (qui a pu se former par combustion incomplète de C avec O dans la deuxième zone) brûlent, mais d'une flamme incolore.

Si le gaz a été préalablement mélangé à l'air avant d'être brûlé (cas du bec Bunsen), le carbone brûle sans avoir été porté à l'incandescence ; c'est ce qui explique pourquoi la flamme ainsi obtenue est chaude, mais peu éclairante.

Le gaz de bois utilisé dans des brûleurs est l'objet de phénomènes de combustion de ce genre.

*Inflammabilité.* — Pour qu'un combustible brûle, il faut d'abord qu'il puisse s'enflammer. L'inflammabilité dépend en premier lieu de la teneur en produits gazéifiables du combustible, mais également de son état de siccité et de son état de division, c'est-à-dire de l'étendue de sa surface en contact avec l'air.

Une feuille de papier, des copeaux ou brindilles de bois s'enflamment facilement à cause de leur division, alors qu'un amas dense de papier (un livre fermé, par exemple) ou un gros morceau de bois ne s'enflamment pas facilement. C'est pour cela que, pour allumer un foyer, on commence d'abord par enflammer des feuilles de papier froissées (pour qu'elles ne s'empilent pas les unes sur les autres), et leur température élevée de combus-

tion est utilisée ensuite pour enflammer le bois ou le charbon disposé dans le foyer.

*Pouvoir comburivore.* — On appelle ainsi la propriété que possède un combustible de brûler avec la quantité minimum d'air théoriquement nécessaire à la combustion de 1 kilogramme de ce combustible. Cette combustion idéale est qualifiée de « combustion neutre ».

En pratique, il faut toujours un excès d'air, parce que, du fait même du tirage et de la rapidité relative avec laquelle l'air traverse la couche de combustible, le contact du carbone du combustible avec l'oxygène de l'air n'a pas lieu d'une façon complète, et une partie de l'air s'en va directement dans les fumées sans avoir abandonné son oxygène au passage.

Il faut donc toujours un supplément d'air, surtout avec les combustibles solides ; mais ce supplément doit être limité au strict nécessaire, car l'air non utilisé ainsi que l'azote de l'air dont l'oxygène a été utilisé absorbent des calories à leur passage dans le foyer, pour les entraîner en pure perte dans la cheminée.

On estime qu'il ne faut jamais dépasser 50 p. 100 d'air en excès.

Le pouvoir comburivore d'un combustible dépend en partie de son état de division : plus ce combustible est divisé, mieux se fait la combustion, puisque plus les surfaces de contact avec l'oxygène sont grandes à l'unité de poids. Il ne faut toutefois pas que cet état de division soit poussé au point que le combustible, en se tassant, gêne le cheminement de l'air à travers sa masse.

Le pouvoir comburivore dépend également, et pour la même raison, de l'intensité du brassage de l'air avec le combustible. C'est pour cela que les foyers bien étudiés possèdent des ressauts et des chicanes pour empêcher l'air de gagner directement la cheminée sous l'influence du tirage et pour l'obliger à effectuer des remous qui améliorent son contact avec le combustible.

L'air dont nous venons de parler est l'air « primaire » admis au foyer et destiné à assurer la marche normale de la zone de combustion. Mais, sous l'effet de la chaleur du foyer, les couches de combustible qui se trouvent au-dessus s'échauffent et commencent à distiller leurs produits volatils (goudrons, pyrolygneux, etc.).

Ces produits volatils sont nuisibles dans les foyers, dont ils attaquent les parties métalliques. Ils sont également indésirables dans les conduits, où ils se condensent en laissant des dépôts goudronneux qui tapissent les parois. Et comme, d'autre part, ils possèdent un certain pouvoir calorifique, il y a tout intérêt à les brûler avant leur départ de la chambre de combustion. C'est là que doit intervenir l'air secondaire, qui, distribué au-dessus du foyer, après avoir été préalablement réchauffé, a pour mission de brûler aussi bien ces produits volatils que le CO produit d'après les réactions (2) et (3).



**Grille.** — La grille du foyer sur laquelle repose le combustible joue un rôle très important pour la bonne marche de la combustion.

Son rôle consiste d'abord à soutenir le combustible pour l'empêcher de tomber au fond du cendrier, et à assurer en même temps une distribution régulière de l'air primaire sous toute la surface. Cet air, réchauffé par son voisinage avec les cendres chaudes, doit traverser les barreaux de la grille pour cheminer entre les éléments du combustible. Le contact de l'air et du combustible ayant lieu d'une façon particulièrement intense au niveau même de la grille, il y a intérêt à calculer très soigneusement la surface de la grille, en fonction de la quantité d'air y arrivant, de la quantité de combustible répartie en poids sur cette grille, de la section de la cheminée (en vue d'assurer un tirage correct) et de la quantité de chaleur à obtenir.

D'après ce qui précède, la chaleur dégagée doit donc avoir pour expression :  $KPSQ$ , en appelant  $P$  le poids du combustible brûlé par mètre carré et par heure,  $S$  la surface de la grille en mètres carrés,  $Q$  le pouvoir calorifique du combustible, et  $K$  un coefficient ayant une valeur moyenne de 0,6 et représentant une réduction dont il y a lieu de tenir compte dans la pratique courante, du fait de la combustion incomplète.

Une même grille ne peut pas servir dans des conditions rationnelles à la combustion des différents combustibles. C'est donc une erreur d'utiliser du bois dans des foyers établis pour du charbon.

**Tirage.** — Le tirage est provoqué par les gaz chauds qui, en s'élevant dans la cheminée, établissent au-dessous d'eux une dépression déterminant l'entrée de l'air primaire au foyer. Le tirage est proportionnel à la hauteur de la cheminée et à la différence de température entre les fumées et l'air ambiant. Il est, théoriquement du moins, indépendant de la section de la cheminée. Mais, en fait, plus la cheminée est étroite, plus le courant ascendant des fumées se trouve freiné par le frottement des veines gazeuses contre les parois.

D'autre part, au début de la combustion, les parois de la cheminée étant froides, plus la section est petite, plus le refroidissement provoqué par ces parois gagne le centre de la colonne de fumées, empêchant le tirage.

Enfin, l'air froid se trouvant dans la cheminée au moment de l'allumage du foyer s'oppose à l'ascension des gaz chauds. Pour faciliter le début du tirage, on est souvent obligé de brûler, à la base du conduit de fumées, du papier ou autre corps facilement inflammable, de façon à créer un violent courant chaud qui chasse devant lui la masse d'air froid.

Les fumées étant, comme toute matière fluide, très sensibles aux pertes de charge provenant des frottements et des changements de direction, les coudes et rétrécis doivent être évités dans les canalisations.

D'autre part, si l'air primaire se trouve lui-même freiné dans son passage à travers la grille par des mâchefers, son débit devient insuffisant et le tirage diminué. Il en est de même si l'épaisseur du combustible chargé sur la grille est trop grande : la résistance du passage de l'air primaire augmente au détriment de la combustion et du tirage. C'est pour cela qu'il

est recommandé de ne charger que petit à petit un foyer dont le niveau du feu est très bas, parce qu'on risque d' « étouffer » le feu par manque d'air.

*Rendement calorifique.* — C'est le rapport des calories fournies par un appareil de chauffage au nombre de calories susceptibles d'être dégagées par la combustion complète d'un poids donné de combustible. Nous verrons que ce rendement oscille, en pratique, entre 15 p. 100 (cheminées) et 80 p. 100 (chaudières de chauffage central).

---



## CHAPITRE II

# COMBUSTIBLES DE REMPLACEMENT D'ORIGINE VÉGÉTALE

En réalité, tous les combustibles sont d'origine végétale, les charbons dits « minéraux » n'étant, d'après les théories généralement admises, que la transformation en charbon, au cours des siècles, des végétaux des époques préhistoriques par suite de phénomènes que nous n'avons pas à étudier ici. Nous n'envisagerons donc, dans cet opuscule, que les combustibles d'origine végétale *récente*.

### A. — LE BOIS

Le bois de feu provient soit de l'exploitation des taillis, soit des houp-piers des arbres de futaies, dont le fût est utilisé comme bois d'œuvre.

On estime à près de 3 mètres cubes la production par hectare et par an de bois de feu provenant des taillis, et à près de 1 mètre cube la production moyenne annuelle de bois de feu provenant des houppiers de futaie.

Voici, d'après M. Dutilloy, une évaluation de la production annuelle de bois de feu :

	Total (m <sup>3</sup> ).	Rondins.	Charbonnette.	Houppiers.
a. <i>Forêts domaniales:</i>				
Futaies .....	840 000			840 000
Taillis sous futaie et taillis .....	920 000	320 000	600 000	
b. <i>Forêts domaniales soumises:</i>				
Futaies .....	720 000			720 000
Taillis sous futaie et taillis .....	3 120 000	1 040 000	2 080 000	
c. <i>Forêts particulières et communales:</i>				
Futaies .....	1 680 000			1 680 000
Taillis sous futaie et taillis .....	11 040 000	3 680 000	7 360 000	
	<u>18 320 000</u>	<u>5 040 000</u>	<u>10 040 000</u>	<u>3 240 000</u>

On entend par rondins les bois ayant de 20 à 45 centimètres de circonférence (soit 7 à 15 centimètres de diamètre environ, et par charbonnette,



les bois ayant moins de 20 centimètres et plus de 6 centimètres de circonférence (soit 2 à 6 centimètres de diamètre).

D'après le même auteur, une tonne de bois de feu représente  $1\text{m}^3,30$ , le mètre cube équivalant à un stère et demi.

Dans cette évaluation, les fagots (moins de 6 à 10 centimètres de circonférence) et brindilles ne sont pas comptés. Certains auteurs ont estimé que ces fagots et brindilles, provenant tant des houppiers des arbres forestiers que des élagages d'arbres fruitiers, de haies et de sarments de vignes peuvent représenter une production annuelle de 75 millions de tonnes. Ces « rémanents » sont susceptibles de présenter un intérêt réel dans les gazogènes (à bois ou charbon de bois), puisque leur diamètre se rapproche des dimensions optima admises pour les combustibles destinés à l'alimentation des gazogènes mobiles. Il apparaît donc de prime abord qu'il serait aussi inopportun d'envisager l'emploi de ces menus bois dans les foyers d'appareils de chauffage que nous allons étudier que de débiter des rondins de « bois de chauffage » pour l'alimentation des gazogènes à bois ou à charbon de bois.

On peut en conclure que, contrairement à ce qui a été dit et écrit, le gazogène n'est pas un concurrent des appareils de chauffage, le premier devant s'alimenter de préférence en petit bois et les seconds en « rondins ».

Enfin, pour en terminer avec les statistiques, la consommation du bois de feu en France aurait été par habitant :

De  $0\text{m}^3,43$  en 1913 ; de  $0\text{m}^3,41$  en 1928 et de  $0\text{m}^3,33$  en 1932.

Ces chiffres montrent combien s'accroissait, ces dernières années, la crise du bois de feu, devant le développement incessant de l'utilisation du charbon minéral.

Nous avons indiqué dans notre avant-propos les principales causes de la crise du bois de feu et n'y reviendrons pas.

**Classification des bois.** — On établit généralement une distinction entre les différents bois, suivant leur dureté. Les bois dits *durs* sont : le chêne, le hêtre, le frêne, l'orme, le noyer et le châtaignier.

Les *bois tendres* sont : le bouleau, l'aulne, le peuplier, le marronnier, le tilleul et le saule.

Les *résineux* enfin sont : le pin, le sapin, l'épicéa et le mélèze.

**CONSTITUANTS DU BOIS.** — La matière constituant le bois provient de la réaction chlorophyllienne, qui produit de l'aldéhyde formique, puis, après polymérisation, des celluloses, lignines et produits d'excrétion.

Le bois est, par suite, formé de trois éléments principaux : la *lignine*, la *cellulose* et les *demi-celluloses*. On trouve également dans certains bois des produits secondaires, comme l'amidon, le tanin, les résines, etc. Ces dernières substances plus ou moins solubles dans l'eau, sont lessivées par les pluies pendant les semaines qui suivent l'abatage.

Il y a enfin de l'eau hygrométrique en proportion variable, en fonction de certains facteurs que nous étudierons par la suite, et des cendres.

La *lignine*, ou vasculose, est une matière incrustante qui forme, avec la

*cellulose*, le squelette des fibres constituant l'armature du bois. La cellulose tapisse, en particulier, la paroi des cellules jeunes. Les fibres sont assemblées et comme soudées par les *celluloses* (gommes) faisant fonction d'agglutinant.

L'eau contenue dans les tissus a une teneur très variable suivant l'essence considérée, l'âge et les différentes parties de l'arbre, le sol et la saison d'abatage.

Suivant les essences, on enregistre des écarts assez considérables.

Voici, classées par ordre de teneur croissante en eau, les espèces les plus courantes :

Charme .....	18,5 p. 100
Saule .....	26 —
Frêne .....	28,6 —
Bouleau .....	30,8 —
Chêne .....	34,6 —
Hêtre .....	39 —
Pin .....	39,7 —
Tremble .....	43,7 —
Orme.....	44,5 —
Sapin.....	51,5 —

L'âge du bois intervient également dans la teneur en eau : plus le bois est jeune, plus il est aqueux ; c'est dire que dans un même arbre l'humidité va croissante du tronc aux jeunes tiges.

Le sol peut intervenir également par son humidité propre, le bois tendant à être d'autant plus humide qu'il pousse sur un sol frais.

La *saison d'abatage* intervient dans une assez large mesure : les arbres abattus en pleine sève contiennent plus d'eau que si l'abatage a lieu l'automne ou l'hiver. Cet écart est de l'ordre de 20 à 30 p. 100 suivant les essences.

Nous verrons plus loin le rôle important que joue l'eau dans la combustion du bois.

Les *cendres* sont peu nombreuses dans le bois. Elles se composent surtout de chaux (60 à 80 p. 100) et de potasse (2 à 15 p. 100). Leur teneur varie en fonction de l'essence, de la partie de l'arbre et du sol.

D'après Chevandier, cette teneur serait maximum dans le saule (2 p. 100) et minimum pour le bouleau (0,85). D'après d'autres auteurs (Bauer), c'est le chêne qui en contiendrait le plus (2,03) et le hêtre le moins (0,57).

La partie de l'arbre a une assez grosse influence sur la quantité de cendres. Voici, d'après Violette, les différentes teneurs en cendres d'un chêne :

Jeunes branches écorcées.....	0,4 p. 100
Écorce des branches vertes.....	6 —
Bois du tronc .....	0,2 —
Écorce du tronc .....	6 —

Les racines sont une des parties les plus riches en cendres.



**DENSITÉ DES BOIS.** — On doit distinguer trois sortes de densités : a. la densité absolue des matières constituant le bois (compte non tenu des vides entre les fibres) ; b. la densité du bois comprenant les matières constituantes, y compris les vides ; c. la densité apparente (ou de chargement) du bois empilé.

La première de ces densités nous intéresse peu, puisque pour la trouver il faut réduire le bois en poudre et le comprimer de façon à en évacuer l'air et les gaz. Cette densité se chiffre aux environs de 1,5 pour la matière complètement desséchée.

La densité du bois sous sa forme naturelle varie suivant les essences ; elle est (pour une humidité de 20 p. 100) minimum pour le pin (0,47) et maximum pour le bouleau et pour le hêtre (0,74).

Voici, d'après Mariller, le poids spécifique moyen des différents bois :

Aulne .....	0,50
Bouleau .....	0,74
Chêne .....	0,69
Érable .....	0,67
Hêtre.....	0,73
Pin.....	0,47
Sapin .....	0,56
Peuplier.....	0,39

La densité de chargement dépend surtout de la régularité d'empilage du bois, de sa grosseur et de sa longueur : du bois de feu d'essences diverses, enstéré, pèse environ 700 kilos au mètre cube.

Un stère de bois (empilé) représente :

En bûches .....	0 <sup>m</sup> 3,68 de bois.
En rondins (10-20 centimètres de diamètre).	0 <sup>m</sup> 3,70 —
En charbonnette (7 à 10 centimètres).....	0 <sup>m</sup> 3,66 —

D'autre part, le poids des différents bois au mètre cube empilé est le suivant (Mariller) :

Chêne rouvre .....	380 kg.
Chêne pédonculé.....	350 —
Hêtre rouge, tronc.....	380 —
Hêtre rouge, branches.....	314 —
Tremble, tout venant .....	273 —
Sapin, tronc.....	277 —
Bouleau, tronc.....	338 —
Bouleau, ramilles .....	318 —
Charme, tronc.....	370 —
Saule .....	285 —
Pin, tronc.....	256 —
Pin, ramilles .....	283 —

Le bois découpé pour gazogène a une densité de chargement de 0,8 environ.





**COMPOSITION CHIMIQUE DES BOIS.** — D'après la moyenne des analyses de différents auteurs, on peut donner en chiffres ronds la composition suivante du bois *sec* :

Carbone .....	50 p. 100
Hydrogène.....	6 —
Oxygène.....	44 —

la lignine étant plus riche que la cellulose en carbone (64 p. 100 contre 44 p. 100) et plus pauvre en oxygène (30 p. 100 contre 50 p. 100).

**MESURES DU BOIS.** — On mesure en mètres cubes les quantités réelles de bois (par exemple, le cubage d'un fût d'arbre).

Par contre, le stère est l'unité commerciale de volume apparent d'un tas de bois empilé. Nous avons vu plus haut les correspondances existant entre ces deux mesures.

Indépendamment de ces deux unités, on a coutume, dans les milieux forestiers, d'utiliser la *corde*, dont la contenance varie parfois suivant les régions : elle est de 2 st. 33 dans certains pays, de 3 ou 4 stères dans d'autres.

Enfin la charbonnette, dont la longueur varie suivant les contrées (0<sup>m</sup>,60, 0<sup>m</sup>,66 ou 0<sup>m</sup>,80), se mesure souvent en mètres carrés, c'est-à-dire qu'on établit le prix d'un tas de charbonnette de 0<sup>m</sup>,66 par mètre linéaire sur un mètre de hauteur.

**ACTION DE LA CHALEUR SUR LE BOIS.** — Cette action peut se manifester de deux façons, suivant qu'elle s'effectue à l'abri de l'air (pyrogénéation) ou, au contraire, au contact de l'air (combustion).

a. *Pyrogénéation.* — Dans ces conditions, le bois se décompose suivant le processus que nous avons étudié au chapitre de la *Carbonisation* (tome I).

Dans les feuillus, la distillation donne :

25 à 30 p. 100 de charbon ;

18 à 25 p. 100 de gaz ;

4 à 6 p. 100 de goudron ;

5 à 6 p. 100 d'acide acétique.

Dans les résineux, la proportion de goudrons peut atteindre 12 p. 100.

Mais les constituants du bois ne se comportent pas de la même façon : la cellulose donne principalement des gaz combustibles, de l'acide acétique et des goudrons. La lignine produit surtout de l'alcool méthylique ainsi que de l'acide acétique.

Après cette décomposition, les deux produits laissent un résidu solide qui est le charbon de bois. C'est seulement, comme nous l'avons vu, au-dessus de 280° que se produit cette décomposition pyrogénée. Ces phénomènes nous intéressent dans nos foyers domestiques, car, dans les appareils modernes surtout, la réserve de bois existant dans les trémies de chargement commence sa pyrogénéation à l'abri de l'air avant de descendre dans le foyer.

Le maximum de dégagement gazeux a lieu vers 400°. Il correspond à la

pyrogénéation de la cellulose. Un autre maximum s'observe vers 700°, correspondant à la pyrogénéation de la lignine.

A 1 000°, la teneur des mélanges gazeux est la suivante :

H	= 40	p. 100
CO	= 30	—
CH	= 8	—
CO <sup>2</sup>	= 20	—

Au total, on peut estimer la teneur en gaz combustible du bois à 55 p. 100 environ. Les résineux dépassent ce chiffre.

b. *Combustion.* — En présence de l'oxygène de l'air et à une température au moins égale à 300°, le bois brûle en donnant des produits divers, qu'on peut classer de la façon suivante :

1° *Vapeurs condensables*: eau, acide acétique, alcool méthylique et goudrons.

Les goudrons sont particulièrement abondants dans l'écorce et dans le bois pourri. Aussi leur proportion varie-t-elle dans un même bois suivant son état de conservation. Elle est de l'ordre de grandeur de 5 à 17 p. 100.

2° *Gaz incondensables*, les uns sont combustibles : oxyde de carbone, hydrogène, méthane et acétylène ; d'autres sont incombustibles : oxygène, azote et anhydride carbonique. Les gaz combustibles entrent pour une proportion de 15 à 20 p. 100 du poids du bois et les gaz incombustibles pour une proportion de 5 à 15 p. 100.

Lorsqu'on chauffe du bois, il se dégage d'abord de la vapeur d'eau, puis des carbures, de moins en moins carbonés et de plus en plus riches en hydrogène au fur et à mesure de l'élévation de température.

Les gaz et vapeurs combustibles brûlent en donnant les flammes, puis le charbon de bois formé à la suite de la distillation du bois, brûle à son tour, mais presque sans flammes. Le bois étant mauvais conducteur de la chaleur brûle pour ainsi dire par couches successives : chaque couche en ignition élève la température de la couche voisine, provoquant ainsi sa carbonisation, puis sa combustion avec l'aide de la réaction exothermique. C'est ce qui explique aussi pourquoi on ne peut pas brûler une bûche seule dans une cheminée, tandis que plusieurs bûches mises ensemble brûlent facilement, la chaleur de chacune d'elles amorçant la combustion des couches voisines des bûches en contact.

**INFLAMMABILITÉ.** — Rappelons que l'inflammabilité est la qualité que possède un combustible de s'enflammer à un minimum de température. Le bois anhydre s'enflamme vers 275°. Le bois non desséché a une température d'inflammabilité qui varie en fonction des essences et de leur teneur en eau. Cette température se situe au-dessus de 300°. Les résineux sont les bois les plus inflammables à cause de la facilité de combustion des résines.

L'inflammabilité des combustibles est en rapport avec leur teneur en



produits gazéifiables. C'est en partie pour cela que le bois est très supérieur aux autres combustibles, ainsi que l'indique le tableau suivant :

Combustibles.	P. 100 d'hydrogène.	Température d'inflammabilité.
Bois sec .....	6	300
Houille.....	5	400 à 500
Anthracite.....	2,5	600 à 800

**COMBUSTIBILITÉ.** — C'est la propriété qui caractérise la façon dont brûle un combustible, et la plus ou moins grande facilité avec laquelle il brûle : les résineux donnent des flammes longues et chaudes et brûlent rapidement. Les bois durs brûlent au contraire plus lentement, avec de petites flammes, et donnent, de ce fait, une chaleur rayonnante plus grande.

**POUVOIR CALORIFIQUE DU BOIS.** — Il est assez difficile d'indiquer le pouvoir calorifique exact d'un bois étant donné son taux extrêmement variable d'humidité. Nous insisterons d'ailleurs plus loin sur la variation du pouvoir calorifique, en fonction de la quantité d'eau. Aussi, pour comparer les pouvoirs calorifiques des différents bois entre eux, ainsi qu'avec d'autres combustibles, trouve-t-on préférable de tableur sur le p. c. du bois sec, après passage à l'étuve à 105°. Il y a lieu toutefois de se méfier de ce mot « sec » qui est généralement employé pour du bois séché naturellement à l'air et dont le taux d'humidité se fixe aux environs de 18 à 20 p. 100. C'est pour cela que, dans ce qui va suivre, nous donnerons le qualificatif de « desséché » au bois passé à l'étuve pour en extraire toute l'humidité.

Quand on est amené à parler d'un bois non passé à l'étuve, c'est toujours du pouvoir calorifique inférieur dont il est question, car il est plus normal, étant donnée la proportion d'eau qui entre en jeu, de se rapprocher des conditions d'utilisation naturelles, c'est-à-dire à pression constante (pression atmosphérique) ; alors que la détermination du pouvoir calorifique supérieur, résultant de l'essai à la bombe, s'effectue, ainsi que nous l'avons vu, à volume constant (eau condensée).

Voici quelques p. c. i. des différentes essences de bois desséché :

Chêne .....	4 421
Hêtre .....	4 486
Sapin .....	4 566
Bouleau .....	4 484
Charme.....	4 907

Il ressort de ces chiffres que le pouvoir calorifique varie peu en somme suivant les essences, et qu'il oscille autour de 4 460 calories. Notons toutefois que le sapin, ainsi que la plupart des résineux, possède un pouvoir calorifique sensiblement plus élevé que les autres, du fait de leur richesse en résines, ces dernières ayant un pouvoir calorifique propre très élevé (9 500 calories environ).

**TEMPÉRATURE DE COMBUSTION.** — On appelle température de combustion la température maximum pouvant résulter de la combustion d'un combustible donné.

On admet que la température théorique de combustion d'un bois moyen préalablement desséché à l'étuve est de l'ordre de grandeur de 1 800°. En pratique, elle atteint 1 200° à 1 400° pour du bois à 20 p. 100 d'humidité.

Les bois durs brûlent en restant compacts; ils donnent un charbon qui se consume lentement, en abandonnant par rayonnement une chaleur de combustion lente.

Les bois tendres, et les résineux en particulier brûlent, au contraire, rapidement en produisant de grandes flammes.

### INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ SUR LE POUVOIR CALORIFIQUE.

— Nous avons donné précédemment les quantités d'eau hygrométriques contenues dans les différentes essences de bois sur pied. Après abatage, le bois sèche de lui-même pour atteindre, au bout d'un certain temps, variable suivant des conditions que nous étudierons plus loin (et qu'on estime en moyenne entre 18 mois à 2 ans), une teneur minimum qui s'établit autour de 20 p. 100 pour le bois laissé dehors. Pour du bois mis à l'abri et bien aéré, ce minimum peut descendre à 15 p. 100.

Voici quelques p. c. i. de bois ayant de 5 à 7 p. 100 d'humidité (d'après Gabriel Bertrand et Brooks) :

		Humidité.	État humide.	État sec.
		p. %.	p. %.	p. %.
Charme .....	{ Tronc .....	5,1	4 676	4 927
	{ Branche .....	6,5	4 568	4 885
Chêne pédonculé.	{ Tronc .....	5,6	4 296	4 551
	{ Branche .....	6	4 294	4 568
Hêtre .....	{ Tronc .....	5	4 350	4 579
	{ Branche .....	5,5	4 296	4 546
Bouleau .....	{ Tronc .....	6	4 514	4 802
	{ Branche .....	5,3	4 402	4 648
Pin maritime ...	{ Tronc .....	7	4 510	4 849
	{ Branche .....	6,4	4 350	4 647

Pourquoi la présence d'eau abaisse-t-elle le pouvoir calorifique ?

L'eau contenue dans les tissus du bois s'y trouve à l'état liquide. Il lui faut d'abord, pour atteindre la température de vaporisation (100°), emprunter au foyer un nombre de calories égal à la différence de température existant entre 100 et la température ambiante.

Il lui faut ensuite dépenser 0,538 calorie par gramme pour faire passer l'eau de l'état liquide à 100° à l'état vapeur à cette même température.

Il lui faut enfin prélever de nouvelles calories pour porter cette vapeur à la même température que les gaz du foyer, c'est-à-dire aux environs de 1 000°.





Lorsque la vapeur d'eau atteint la température de 1 000°, elle peut se dissocier entre ces constituants H<sup>2</sup> et O. Cette dissociation est endothermique et s'effectue avec absorption de 57,8 calories par molécule-gramme.

Mais cette réaction est réversible, puisque — à part la formation d'un peu de carbures d'hydrogène, résultant de la réaction de H sur C — la majeure partie de l'hydrogène provenant de la dissociation va se recombiner avec de l'oxygène pour reformer de l'eau, avec dégagement de 57,8 calories. On peut donc admettre que pratiquement le bilan thermique résultant de la dissociation, puis de la reformation de l'eau est finalement nul. Aussi peut-on, sans erreur appréciable, considérer l'influence de l'humidité du bois comme étrangère aux phénomènes de combustion, et limitée seulement aux opérations d'élévation de température et de vaporisation.

La chaleur absorbée par ces opérations va être en partie récupérée au profit du chauffage, mais seulement pour une partie proportionnelle à la différence entre la quantité de calories utilisée et celle emportée dans les fumées.

On voit donc que finalement l'eau contenue dans le combustible prélevé sur ce dernier des calories pour élever sa température à 100°, d'autres calories pour se vaporiser (qui sont abandonnées par condensation dans la cheminée et, par conséquent, non récupérables) et d'autres enfin sous forme de chaleur sensible.

Voici, d'après Hawley et Wise, les relations qui existent pour un même bois, entre son taux d'humidité et son pouvoir calorifique :

Bois desséché à l'étuve .....	4 535 calories.
— à 15 p. 100 d'humidité.....	3 780 —
— à 20 — — .....	3 350 —
— à 30 — — .....	2 770 —
— à 50 — — .....	1 980 —
— à 66 — — .....	1 110 —

En pratique, à 60 p. 100 d'humidité, le bois ne peut plus brûler.

D'après M. Lemaire, on peut calculer assez exactement le p. c. i. d'un bois, en fonction de son humidité, en employant la formule  $p = 4\,400 - X$  ( $4\,400 + 600$ ) ou  $p = 4\,400 - X \times 5\,000$ , dans laquelle on désigne par :

$p$  : le p. c. i. cherché ;

4 400 étant le p. c. i. d'un bois moyen desséché ;

$X$ , le taux % d'humidité du combustible ;

600, la chaleur de vaporisation de l'eau.

D'après d'autres auteurs, il suffit de déduire sur la valeur du pouvoir calorifique d'un bois desséché la quantité de 1,2 p. 100 par 1 p. 100 d'humidité.

**INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ SUR LA TEMPÉRATURE DE COMBUSTION.** — Nous avons dit que la température de combustion du bois complètement desséché était de 1 300° environ. C'est là une température

pratique. Théoriquement, si l'on tenait uniquement compte du pouvoir calorifique des constituants du bois, on pourrait obtenir des températures de combustion beaucoup plus élevées. En partant de ces considérations théoriques, voici, d'après M. Damour, quelle serait l'influence de l'eau :

Teneur en eau du bois... % :	5	10	15	20
Température de combustion.	1 835	1 785	1 740	1 700

L'humidité d'un bois même « sec » (c'est-à-dire contenant 20 p. 100 d'eau) est le principal écueil du bois employé comme combustible.

On peut résumer ainsi les inconvénients résultant de cette humidité :

- 1° Abaissement du pouvoir calorifique ;
- 2° Abaissement de l'inflammabilité ;
- 3° Abaissement de la température de combustion ;
- 4° Condensation dans les conduits, avec production de « bistre » et diminution du tirage par refroidissement des fumées au contact des parois humides de la cheminée ;
- 5° Abaissement du rendement thermique des appareils de chauffage par diminution de la température de combustion.

Nous étudierons par la suite les inconvénients 4 et 5.

**QUANTITÉ D'AIR NÉCESSAIRE POUR LA COMBUSTION DU BOIS.** — La quantité d'oxygène théoriquement suffisante pour brûler complètement 1 kilo de bois de composition moyenne, mais desséché à l'étuve, est de 1<sup>kg</sup>,333. Si l'on y ajoute les 79 p. 100 d'azote qui accompagnent l'oxygène dans l'air, et dont le poids correspondant est 4<sup>kg</sup>,667, on obtient le chiffre de 6 kilos d'air, représentant 4<sup>m</sup>,650.

Pratiquement, et pour les raisons que nous avons vues plus haut, comme il y a de l'air qui, sous l'effet du tirage, passe entre les morceaux de combustible sans pouvoir entrer en contact avec le carbone de celui-ci, on doit compenser cette inutilisation de la quantité totale théorique du comburant par un appoint d'air primaire supplémentaire. Il faut tabler, pour arriver pratiquement à une combustion complète du bois, sur un minimum de 30 p. 100 d'air supplémentaire. Comme tout excès d'air est nuisible parce qu'il refroidit inutilement le foyer, il est indispensable de ne fournir que le complément strictement nécessaire à la combustion complète. Aussi ne devrait-on jamais dépasser la quantité de 50 p. 100 pour du bois sec, alors que l'on constate, dans la majorité des appareils actuels, un excès d'air de 100 p. 100 et parfois même beaucoup plus. Nous verrons comment on remédie à cet inconvénient dans les appareils modernes bien conçus.

La quantité optimum d'air primaire à admettre est donc très importante, mais son réglage est particulièrement délicat. Indépendamment du réglage en marche, il est indispensable d'apporter une attention toute particulière à l'excès d'air pouvant provenir de certaines opérations, et en particulier du rechargement ; c'est ainsi qu'il est recommandable de fermer





le registre de la cheminée pendant cette opération pour que le tirage ne provoque pas un trop grand afflux d'air supplémentaire.

En d'autres termes, on est pris entre deux écueils : ou avoir une insuffisance d'air qui se traduit par une combustion incomplète et l'entraînement de suie dans les appareils et les conduits, ou avoir un excès d'air qui diminue le rendement thermique par refroidissement du foyer.

Le bois exige pour sa combustion une quantité d'air bien inférieure au kilo à celle du charbon. Il faut, en effet, pour le charbon de bois, un volume théorique d'air de  $7\text{m}^3,64$  (pratiquement  $15\text{m}^3,28$ ), et pour la houille, un volume théorique d'air de  $8\text{m}^3,64$  (pratiquement  $16\text{m}^3,70$ ). Cela explique en partie le mauvais fonctionnement des foyers à charbon alimentés avec du bois.

**PRODUITS DE LA COMBUSTION.** — Le bois, comme tout combustible, brûle en donnant comme résidus non utilisables pour le chauffage des cendres, d'une part, et de la fumée, d'autre part.

Les *cendres* sont peu gênantes dans la combustion du bois, d'abord parce qu'elles sont en faible quantité (le bois étant de tous les combustibles solides celui qui donne le moins de cendres), ensuite parce que, tant par leur nature que par la relativement basse température de combustion ( $1\ 200^\circ$ ), le bois donne des cendres pulvérulentes qui s'évacuent facilement dans le cendrier, à travers les barreaux de la grille. Pour ces raisons, on ne se heurte pas là aux difficultés rencontrées avec les combustibles minéraux qui produisent des mâchefers obstruant les grilles.

Rappelons que le pourcentage des cendres est de l'ordre de 1,4 à 2 p. 100 du bois sec.

Les *fumées* sont, par contre, beaucoup plus gênantes avec le bois qu'avec les combustibles minéraux. Cela tient surtout, comme nous le verrons, à la plus grande proportion de goudrons et surtout d'eau que contient le bois par rapport aux autres combustibles. L'utilisation rationnelle d'appareils de chauffage au bois est basée presque uniquement sur l'évacuation de cette eau et de ces goudrons. Nous y reviendrons longuement par la suite.

Voyons pour le moment la quantité de fumées produites en poids et en volume.

	O.	Az.	Total.		
Quantité théorique d'air nécessaire pour la combustion de 1 kilo de bois	En poids.	1kg,333	4kg,667	6 kg.	
	En volume.	$0\text{m}^3,930$	$3\text{m}^3,720$	$4\text{m}^3,560$ ,	
Quantité de fumées produite par la combustion de 1 kilo de bois sec.	H <sup>2</sup> O	CO <sup>2</sup>	A <sub>2</sub>		
	En poids.	0kg,540	1kg,593	4kg,667	7 kg.
	En volume.	$0\text{m}^3,669$	$0\text{m}^3,909$	$3\text{m}^3,720$	$5\text{m}^3,298$

L'eau qui figure dans ce tableau ne provient pas du bois lui-même,

puisqu'il est supposé complètement desséché à l'étuve ; elle provient tant de l'humidité de l'air comburant que des réactions chimiques résultant de la décomposition des matières volatiles contenues dans le bois sec.

D'après Liébault, il faut compter en pratique sur :

15<sup>kg</sup>,9 de fumées par kilogramme de bois à 20 p. 100 d'humidité.

Plus la combustion est complète, plus ces fumées doivent contenir de CO<sup>2</sup>. En pratique, les fumées de bois ne contiennent guère plus de 6 p. 100 de CO<sup>2</sup> et descendent très souvent bien au-dessous de ce chiffre avec des appareils de chauffage médiocres.

Voici, d'après Lemaire, la quantité et la composition des fumées produites par la combustion d'un bois de composition moyenne, ainsi que les températures de combustion, en fonction de la teneur en eau.

Quantité d'air comburant (m <sup>3</sup> ).	Taux d'humidité du bois.	Quantité de :		Température de combustion.
		Vapeur d'eau (m <sup>3</sup> ).	CO <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> ).	
4,630	0	0,669	0,909	1 865°
Avec excès de 30 %.	0	0,669	0,909	1 615°
	20	0,783	0,727	1 400°
	40	0,897	0,545	1 305°
Avec excès de 100 %.	40	0,897	0,545	1 000°

En principe, la température des fumées devrait être aussi basse que possible ; cela signifierait que l'échange de chaleur entre les gaz de la combustion et les surfaces de chauffe aurait été réalisé au maximum. Mais, en pratique, il faut toujours laisser aux fumées une température d'environ 150° pour assurer le tirage.

En outre, cette température des fumées doit rester relativement assez élevée avec le bois pour éviter les condensations de vapeur d'eau sur les parois des conduits.

**POUVOIR RAYONNANT DU BOIS.** — On appelle pouvoir rayonnant la faculté que possède un combustible d'émettre de la chaleur par radiation.

La plupart des auteurs ayant étudié spécialement cette question s'accordent à admettre que le pouvoir rayonnant du bois est de 25 p. 100 environ, le reste étant emporté par les gaz de combustion sous forme de « chaleur sensible ». Une partie de cette chaleur est utilisée par conduction dans les appareils de chauffage et le reste se perd dans les fumées gagnant les conduits de cheminée.

**DESSICCATION DU BOIS DE CHAUFFAGE.** — Nous avons vu que le bois sur pied contient, suivant les essences, de 30 à 60 p. 100 d'eau. Cette



eau se trouve incluse non seulement à l'intérieur des fibres, mais également entre les fibres. Les fibres présentent donc un état spongieux tel qu'à l'état naturel elles absorbent et conservent un minimum d'humidité variant entre 15 et 20 p. 100. C'est ce qui explique pourquoi un bois complètement desséché à l'étuve (à 105°) et laissé ensuite à l'air libre reprend en peu de temps son état d'équilibre aqueux de 15 à 20 p. 100. La torréfaction (à 280°) et la carbonisation (au delà de 300°), changeant l'état des fibres, suppriment cette hydrophilie.

Nous ne parlerons pas ici des procédés de dessiccation artificielle basés sur la dessiccation thermique, dans des séchoirs avec apport de chaleur extérieure. Ces procédés sont employés couramment maintenant pour le traitement des bois d'œuvre (dont le séchage naturel à l'air s'effectue seulement sur une profondeur de un centimètre par an environ), mais seraient trop onéreux pour du bois de chauffage. Signalons toutefois comme moyen de fortune, en cas de pénurie de bois sec, la pratique consistant à dresser des billes de rondins, préalablement fendus, autour des feux que les bûcherons allument pour brûler les brindilles et rémanents. Ce procédé mis à part, le mode de dessiccation le plus recommandable consiste à refendre d'abord le bois, puis à l'empiler dehors de telle façon que l'air puisse y circuler facilement. L'exposition à la pluie pendant quelques semaines n'est que profitable, parce que l'eau « dessève » le bois. C'est, en effet, dans la sève que se trouve la majeure partie de l'eau de constitution, et la dissociation de cette eau de la sève ne s'effectue que lentement à l'air seul. On peut aussi accélérer la dessiccation (malgré l'aspect paradoxal du procédé) en faisant baigner pendant quelques jours le bois dans un cours d'eau, s'il s'en trouve un à proximité. L'ancienne pratique du « flottage » utilisé pour transporter le bois par cours d'eau était en partie inspirée de cette considération.

Quand on estime le bois suffisamment dessévé, soit par flottage, soit par exposition à la pluie, on doit le rentrer pour l'empiler sous un auvent à l'abri de l'eau, mais cet empilage doit être exécuté avec soin pour assurer une aération aussi parfaite que possible.

Il y a intérêt à refendre le bois le plus tôt possible et à ne pas attendre, comme on le fait trop souvent, le moment de l'utilisation pour procéder à cette opération. La nature a doté, en effet, les arbres d'une écorce imperméable à l'air pour éviter précisément qu'il ne se dessèche pendant sa végétation : le bois fendu sèche presque uniquement par ses faces éclatées.

Dans cet ordre d'idées, un autre procédé de séchage peu coûteux à conseiller est l'écorçage. Il faut entendre par là non l'enlèvement complet de l'écorce, qui constituerait une opération trop dispendieuse, mais seulement le pelage de deux ou trois bandes, exécuté longitudinalement. Cette opération est d'ailleurs courante pour les bois de mine, dont on veut hâter la livraison.

Avec ces pratiques, on peut obtenir du bois de bûche à 20 p. 100 d'humidité, au bout de quinze à dix-huit mois.

Nous venons de parler des rondins ou bûches ayant entre 15 et 50 cen-

timètres de diamètre. Les mêmes pratiques que celles que nous venons de décrire sont valables également pour la charbonnette (sauf la refente qui n'est pas nécessaire, étant donnée la faible grosseur de ce bois).

Un autre procédé également recommandable est l'utilisation du bois découpé vert par les découpeuses dont nous avons parlé dans le tome I. Si cette pratique n'est pas très indiquée pour le chauffage des foyers de calorifères (ces derniers pouvant brûler économiquement des bûches entières), il présente, par contre, un certain intérêt pour les fourneaux de cuisine, construits pour le chauffage au charbon. Leurs foyers étant petits, on ne peut les alimenter avec du bois de grande dimension ; et, dans ce cas, les copeaux de bois obtenus avec les découpeuses, présentant une « densité de chargement » assez élevée, peuvent remplacer le charbon. On a proposé de leur donner pour cet usage le nom de « boulets de bois », par comparaison avec les « boulets de charbon ».

En ce qui concerne les procédés de dessiccation de ce bois découpé, nous prions le lecteur de se reporter au chapitre du tome I consacré à ce sujet.

**SCIURE DE BOIS.** — La sciure n'a qu'un pouvoir calorifique de 2 000 calories. Elle peut, néanmoins, être avantageusement utilisée comme combustible, à la condition d'être employée sur place aux endroits mêmes où elle est produite, c'est-à-dire dans le voisinage des scieries. Son transport serait, en effet, trop coûteux, étant donnée sa faible densité de chargement. La sciure provenant de débitage de bois non secs se conserve mal, parce qu'elle sèche difficilement en tas. La sciure nécessite, pour son utilisation dans les appareils de chauffage, des dispositifs de foyers spéciaux permettant à l'air de se frayer un passage à travers sa masse. Le plus souvent, les foyers à sciure sont composés de grilles à barreaux étagés et disposés en escalier. La sciure contenue dans la trémie descend d'elle-même le long de la pente de la grille, au fur et à mesure de la combustion des couches arrivées au foyer. Cette pente est calculée de telle manière que la sciure en descendant s'y répartisse en une couche d'assez faible épaisseur pour permettre à l'air primaire de la traverser facilement.

La sciure peut également servir à faire des briquettes, surtout avec les résineux (dont le goudron fait office de liant).

**CHARBON DE BOIS.** — Le bois peut, dans certains cas, être utilisé avantageusement dans les foyers, sous forme de charbon de bois. Sans doute, la transformation du bois en charbon de bois semble-t-elle de prime abord une erreur économique, étant donné le coût élevé de la carbonisation et l'importante déperdition de calories qui résulte de la distillation (voir tome I).

Néanmoins, les producteurs de charbon de bois peuvent avoir intérêt à alimenter leurs appareils de chauffage (chauffage central, cuisinières, réchauds, etc.) avec leurs rebuts de charbons, tels que les charbons comprenant une trop forte proportion d'incuits pour pouvoir être utilisés dans les gazogènes à moteur.



Dans un autre ordre d'idées, des usagers peuvent produire eux-mêmes du charbon de bois en quantité insuffisante pour faire l'objet d'un commerce, mais suffisante pour alimenter des appareils ménagers. Tel est le cas des boulangers récupérant la braise de leurs fours.

Nous avons également signalé dans le tome I le poêle à bois de Romanet, dont le principe consiste à utiliser pour le chauffage d'une pièce la chaleur provenant de la carbonisation du bois en vase clos. Les gaz et vapeurs dégagés pendant la distillation sont envoyés au foyer dans des brûleurs et sont ainsi utilisés pour entretenir constamment la température nécessaire à la carbonisation. Le charbon résultant de cette carbonisation (en vase clos) ne peut brûler et est retiré pour être utilisé dans les gazogènes. Autrement dit, au lieu d'utiliser au chauffage dans ce poêle toutes les calories contenues dans le bois, avec le rendement médiocre qui caractérise pareille combustion, on n'emploie ici que celles résultant de la réaction exothermique de la carbonisation.

A part ces cas particuliers, il n'est guère recommandable, au point de vue économique, d'acheter du charbon de bois pour alimenter un fourneau de cuisine ou un réchaud devant fonctionner tous les jours. Ce peut être, par contre, intéressant d'utiliser ce combustible dans une maison qu'on n'habite que passagèrement et où l'on ne fait la cuisine qu'occasionnellement. On peut faire ressortir par ailleurs, à l'actif du charbon de bois, que les appareils spéciaux l'utilisant, cuisinières et réchauds sont moins coûteux et moins volumineux que les appareils à bois de même puissance.

Ajoutons enfin que le feu de charbon de bois est plus régulier et moins brutal que le feu de bois.

**GAZ DE BOIS.** — Au lieu d'utiliser le bois cru, ou carbonisé, on peut également employer le *gaz de bois* comme combustible.

On estime en moyenne entre 300 et 350 mètres cubes la quantité de gaz distillée par une tonne de bois desséché et à 250 mètres cubes la quantité de gaz fourni par du bois à 25 p. 100 d'humidité. La densité de ce gaz est de 0,8 et son pouvoir calorifique d'environ 3 200 calories au mètre cube. La quantité et la nature des gaz produits varient avec la température de distillation. Le tableau suivant donne une idée de cette variation de composition en fonction des températures :

Température de distillation	CO <sup>2</sup> %	CO %	H <sup>2</sup> %	CH <sup>4</sup> %	C <sup>2</sup> H <sup>2</sup> %
300°	75	25	—	—	—
380°	41	25	0,6	29	3,7
545°	18	8	27	41	6
1 100°	6,5	12	40	33	6

Nous avons vu dans le tome I comment on peut gazéifier du bois, au moyen des gazogènes. Rappelons-en le principe : quand on fait brûler du

charbon avec une quantité d'air insuffisante pour comburer tout le charbon contenu dans le foyer, le  $\text{CO}^2$  qui résulte de la combustion proprement dite, se trouvant en présence de charbon à haute température (dans la zone dite « de réduction »), est décomposé pour former du CO. Ce CO est combustible, puisqu'il lui manque un atome d'oxygène pour donner le produit de combustion complète  $\text{CO}^2$ . Nous avons vu que, dans les gazogènes à moteur, on profite de cette affinité du CO vis-à-vis de l'oxygène pour le faire arriver au moteur où une étincelle de la bougie l'enflamme en présence de l'oxygène de l'air secondaire venant du mélangeur. On cherche donc dans les gazogènes à obtenir du CO, c'est-à-dire une combustion incomplète, pour terminer cette combustion dans les cylindres, au profit de la détente (troisième temps du cycle à quatre temps).

Pour le chauffage, nous cherchons à obtenir la combustion complète pour utiliser sous forme de chaleur toute l'énergie calorifique contenue à l'état latent dans le combustible. Nous avons vu que le moyen le plus classique d'obtenir ce résultat est de brûler ce dernier directement dans un foyer, où les gaz et vapeurs combustibles, provenant de la décomposition du bois à la chaleur, distillent et s'enflamment au fur et à mesure de leur dégagement. Mais on peut également procéder *d'abord* à la gazéification du bois dans un gazogène et envoyer ensuite ces gaz dans le foyer de l'appareil de chauffage. En d'autres termes, le gazogène à moteur envoie des gaz combustibles dans les cylindres, où on utilise leur énergie thermique en les faisant exploser brutalement pour repousser les pistons, tandis que le gazogène de chauffage envoie ces mêmes gaz dans un foyer où on les brûle pour utiliser directement leur énergie thermique.

Le gazogène employé au chauffage jouit toutefois d'une grande supériorité sur le même gazogène employé à la carburation, c'est qu'il n'a pas besoin de refroidisseurs ni d'épurateurs. Au contraire, plus les gaz sortent chauds, plus ils apportent de calories au foyer, et les impuretés (poussières carbonisées, pyroligneux, etc.) se détruisent dans ce foyer en produisant également de la chaleur. La purification du gaz se faisant, comme nous venons de le voir, à l'intérieur même de l'appareil de chauffage, il ne sort ni suie, ni goudrons dans les conduits de fumée. Quant à la vapeur d'eau, elle est en partie dissociée.

Il résulte de ces différents avantages que le rendement thermique du bois pré-gazéifié est supérieur à celui du même bois utilisé directement dans un foyer. D'après Aubert, un bois sec gazéifié dans un gazogène serait susceptible de rendre utilisable 3 000 à 4 000 calories, alors que, par la combustion ordinaire, ce même bois, engendrant beaucoup de suie, ne rendrait disponibles que 2 000 à 3 000 calories.

Il s'agit, dans ce dernier cas, de bois utilisé dans les foyers d'appareils ordinaires et non pas dans les appareils modernes spécialement et rationnellement étudiés pour la combustion du bois.

Le gaz de bois peut être fabriqué dans des usines à gaz et distribué par des canalisations appropriées, au même titre que le gaz de houille.



A la fin de la guerre de 1914, les usines à gaz manquèrent de houille. Certaines d'entre elles eurent recours au gaz de bois, soit comme appoint pour former un gaz mixte de bois et de houille, soit même comme combustible exclusif.

Il y avait, au point de vue technique, une difficulté à vaincre : c'était de réduire la teneur exagérée du  $\text{CO}^2$  produit par le gaz de bois. On a cherché à éliminer ce  $\text{CO}^2$  en faisant passer le gaz sur de la chaux, mais il fallait 1 kilo de chaux par mètre cube de gaz. On a préféré dissocier le  $\text{CO}^2$  par la chaleur en poussant la température de distillation au-dessus de 1 000°. Le gaz de bois ainsi obtenu avait un pouvoir calorifique de 4 000 calories environ.

Mais, d'après les règlements en vigueur, le gaz ne peut être distribué aux usagers que s'il contient une quantité de CO inférieure à 15 p. 100. Cette réglementation est basée sur la toxicité du CO (une proportion de 1 p. 100 de CO dans l'air est mortelle pour l'homme et les animaux). Le gaz de houille, surtout riche en hydrogène et en carbures, ne contient que 6 à 8 p. 100 de CO, alors que le gaz pauvre provenant du bois en contient de 20 à 30 p. 100 suivant les cas. On est donc obligé d'envisager la fabrication d'un gaz mixte, dans lequel le gaz de bois ne peut entrer que pour une proportion ne faisant pas dépasser à l'ensemble le taux de 15 p. 100 permis de CO. On peut, en conséquence, utiliser d'autant plus de gaz de bois que celui-ci contient plus de  $\text{CO}^2$ , c'est-à-dire qu'il est réellement « pauvre » : c'est le gaz tel qu'il sort des gazogènes avec un pouvoir calorifique réduit de 1 000 à 1 200 calories.

Le gaz de bois peut être également produit chez l'utilisateur au moyen d'un dispositif de gazéification analogue à celui des gazogènes ordinaires. Un cas typique d'organisation de ce genre a été réalisé en Suisse sur les indications de M. Aubert, inspecteur des Forêts.

« L'appareil se présente sous la forme d'un fourneau à bois, en tôle, soigneusement isolé et monté sur roulettes. Il se place devant toute chaudière à charbon, comme un brûleur à mazout. L'adaptation ne demande que quelques minutes, de sorte que l'on peut passer presque instantanément du chauffage au bois à celui au coke ou inversement.

« L'appareil est, en principe, un gazogène à bois, avec double apport d'air primaire. L'air secondaire, préalablement réchauffé le long des parois du foyer, débouche dans la tuyère de sortie des gaz. L'inflammation des gaz se produit soit à la sortie de cette tuyère, soit dans la chaudière. La flamme lèche la surface de la chaudière en contact avec l'eau de circulation.

« La température du foyer atteint 1 200° ; le bois y est réduit en charbon de bois ; qui se gazéifie en donnant naissance à un gaz de pouvoir calorifique élevé.

« La combustion est si complète qu'il n'y a nul besoin de ramoner la cheminée ou les éléments de la chaudière ; la proportion des cendres n'est que de 1 p. 100 contre 10 à 12 p. 100 pour le coke.

« L'allumage du brûleur est simple et presque instantané. Avec un feu

vif, on fait monter la température de l'eau de 20° à la température de service de 60° à 80° en moins d'une demi-heure.

« Une charge de bois suffit pour un fonctionnement ininterrompu de sept à dix heures. Les variations de la température de l'eau s'obtiennent par réglage de la vitesse de combustion, au moyen de l'air primaire. Un clapet, commandé par l'ouverture de la porte de chargement, rend impossible les retours de flamme. »

« Le brûleur fonctionne avec n'importe quels bois : résineux ou feuillus, quartiers ou rondins, bois haché, fagots, ainsi que toutes espèces de déchets, sauf la sciure. »

« Il fonctionne partout, à condition d'employer du bois sec et d'avoir une bonne cheminée. Avec du bois humide, la combustion reste bonne ; il ne se produit pas de dépôts, mais le rendement calorifique baisse très rapidement de plus de moitié. »

« Pour le petit modèle d'environ 30 000 calories par heure, la consommation se monte à 2 kilos de bois environ pour 1 kilo de coke, en employant du bois séché à l'air pendant environ une année. »

L'emploi des gazogènes n'est pas seulement limité aux chaudières à chauffage central, comme dans le cas précédent, mais peut encore être appliqué aux fourneaux de cuisine. Citons comme exemple de cette application le fourneau Brespa, qui comprend, en principe, un petit gazogène monté sur le côté du fourneau et qui envoie son gaz sous les plaques chauffantes puis dans le four. Ce gaz doit être, bien entendu, allumé avant son entrée dans le corps du fourneau.

Un des principaux inconvénients de ces gazogènes à bois pour usages domestiques est le danger qu'ils peuvent occasionner au cas où, pour une raison quelconque, la flamme viendrait subitement à s'éteindre : il se dégagerait alors du CO qui, n'étant plus brûlé, se répandrait soit dans la chaufferie, soit dans la cuisine, et risquerait de provoquer des accidents mortels. Aussi, doit-on recommander — voire même imposer — l'adjonction d'une veilleuse alimentée par un moyen quelconque (huile, pétrole, alcool essence) et qui, maintenant continuellement une flamme à la sortie de l'appareil gazéificateur, serait chargée de rallumer le gaz s'il venait à s'éteindre.

## B. — LA TOURBE

La tourbe est une matière d'origine végétale en voie de minéralisation, qui tient, par conséquent, le milieu entre le règne végétal et le règne minéral. Elle résulte de la décomposition lente de végétaux aquatiques variés. Elle est de texture spongieuse et se trouve de ce fait très riche en eau (90 p. 100). On a donné aux tissus composant la tourbe le nom de « gelée cellulosique » pour souligner l'état colloïdal qui la caractérise.



La composition chimique moyenne de la tourbe sèche est la suivante :

H	=	5,63	p. 100
O	=	29,6	—
C	=	57	—
N	=	2,1	—
Cendres	=	5,5	—

La teneur des cendres est très variable suivant les différentes tourbières. On en trouve n'ayant que 2 à 3 p. 100 de cendres, mais il en est qui peuvent atteindre et même dépasser 40 p. 100 (surtout dans les tourbières peu profondes).

Le pouvoir calorifique de la tourbe à 20 p. 100 d'eau est de 3 500 calories environ, c'est-à-dire sensiblement le même que celui du bois. Mais il existe des tourbes (notamment dans la Somme) dont le pouvoir calorifique peut atteindre 4 400 calories.

On estime à près de 100 000 hectares la superficie des tourbières réparties sur les différents points du territoire français (Somme, Savoie, Bretagne, Bouches-du-Rhône).

La tourbe est utilisée couramment comme combustible sur les lieux de production. Découpée avec un instrument spécial le « louchet », elle est disposée comme des briques empilées sur champ, avec des intervalles permettant une large aération. On arrive ainsi à abaisser sa teneur en eau jusqu'à 20 p. 100 après une exposition à l'air de plusieurs mois.

Les essais de dessiccation par compression n'ont pas donné de résultats encourageants à cause de la résistance des parois des cellules qui retiennent l'eau. Néanmoins, on est arrivé récemment à mettre au point un procédé (Robin-Van Roggen) basé sur le saupoudrage par de la poudre de tourbe desséchée, puis par la compression de l'ensemble à 10, puis à 50 atmosphères sur une bande de coton faisant office de buvard.

On peut, avec cette tourbe desséchée, obtenir par pression (de 1 500 kilogrammes) des « comprimés de tourbe crue », dont le pouvoir calorifique est de 4 800 calories. La quantité de goudron contenue dans la tourbe est suffisante comme liant.

La tourbe est le combustible nécessitant le moins d'air pour sa combustion. Il faut compter théoriquement 3<sup>m</sup>3,17 d'air pour brûler 1 kilogramme de tourbe. Cette quantité doit être pratiquement portée à 6 mètres cubes.

La tourbe brûle lentement en produisant un feu modéré et régulier.

### C. — LIGNITES

Les lignites sont des produits provenant de bois fossiles en voie de minéralisation. Ils ne contiennent plus de cellulose. Les lignites tiennent donc le milieu entre la tourbe et la houille. Distillés à basse température,

ils produisent du goudron dont on peut tirer des essences et autres combustibles liquides, et, comme résidu solide, un semi-coke donnant un bon combustible de chauffage, ne produisant pas de fumées.

Les lignites ont une teneur en eau qui peut varier de 10 à 50 p. 100 suivant la région où ils sont extraits.

On estime à 90 000 hectares la superficie des mines de lignites exploitées en France et à 800 000 tonnes environ leur production annuelle. Le département des Bouches-du-Rhône fournit à lui seul les 90 p. 100 de la production française.

Leur pouvoir calorifique est d'environ 2 500 calories.

Leur composition chimique moyenne est la suivante :

H	=	5,59	p. 100
O	=	17,2	—
C	=	70,5	—
N	=	1,7	—
Cendres	=	5	—

On fait des briquettes de lignite qui constituent un excellent combustible dans les foyers appropriés. La teneur naturelle des lignites en goudron rend inutile l'incorporation de liant additionnel pour obtenir les agglomérés.

Le pouvoir calorifique de ces briquettes peut atteindre 5 500 calories.

**AUTRES COMBUSTIBLES DE REMPLACEMENT.** — Nous ne citons que pour mémoire les combustibles de nature variés qu'on emploie dans certaines régions pauvres éloignées à la fois des régions boisées et des mines. Tels sont, par exemple, la paille comprimée, les bagasses (déchet de canne à sucre : p. c. = 2 000 à 2 500 calories), les coques d'arachides (p. c. = 4 200 calories), les déchets de ficelle (p. c. = 4 500 calories), la tannée (écorce de chêne ayant servi au tannage des peaux : p. c. = 1 500 calories), les ordures ménagères (p. c. = 700 à 1 100 calories suivant les saisons) ; dans certaines campagnes enfin, on utilise également comme combustibles les bouses de bovins séchées.

---



## CHAPITRE III

# APPAREILS DE CHAUFFAGE DOMESTIQUES AU BOIS

Ces appareils se divisent en quatre groupes distincts suivant qu'ils sont destinés :

- 1° Au chauffage des locaux ;
- 2° A la cuisson des aliments ;
- 3° A certains besoins ménagers (buanderie) ;
- 4° Au chauffage des fours à pain.

### A. — CHAUFFAGE AU BOIS DES HABITATIONS

En commençant par les dispositifs les plus rustiques, on peut citer tout d'abord les foyers nus, sans aucun appareil de chauffage, consistant en bûches disposées sur de grosses pierres, grâce auxquelles l'air arrive au-dessous du foyer. Ce système, utilisé autrefois par les peuplades primitives, se rencontre encore chez certaines tribus nomades habitant les grottes, les huttes ou les tentes. Les fumées s'évacuaient soit par une ouverture ménagée au sommet de la hutte et recouverte d'un petit toit contre la pluie, soit par l'entrée même de l'abri.

Nous n'insisterons pas sur ce mode de chauffage, dont le rendement est évidemment déplorable, étant données la quantité d'air mise en jeu et les températures variables de cet air.

Une légère amélioration de ce dispositif consiste dans l'utilisation de braseros, encore très employés dans les chantiers, pour chauffer l'air se trouvant devant la porte de l'abri. Ces braseros furent employés dans l'antiquité pour chauffer les habitations, au moyen de conduits à fumées logés dans les murs ou sous les dallages.

Ce n'est qu'au moyen âge qu'on imagina les hottes disposées au-dessous d'une cheminée. Les cheminées modernes sont conçues sur le même principe.

L'«âtre», qu'on rencontre encore dans la plupart de nos campagnes, est une vaste cheminée, qui sert à la fois au chauffage de la pièce et à la cuisson des aliments. Ces cheminées sont parfois si vastes qu'on peut s'asseoir sous la hotte. La marmite est accrochée à une crémaillère. Le rendement calorifique de ces grandes cheminées est moins mauvais que dans les petites cheminées d'appartement. L'air circule, en effet, avec faci-

lité de l'intérieur de la pièce au-dessus des bûches, et la marmite, en brisant la flamme, aide à diffuser les gaz chauds vers l'intérieur de la pièce, ajoutant ainsi un effet de convection au rayonnement direct des flammes.

Quoi qu'il en soit, toutes les cheminées à feu nu ont un rendement thermique minimale qui ne dépasse guère 15 p. 100, c'est-à-dire qu'il y a 85 p. 100 environ des calories du bois qui sont inutilisées pour le chauffage et qui s'échappent sous forme de chaleur sensible dans les conduits.

Ces cheminées, qui ont l'avantage d'être simples et agréables à la vue, peuvent être améliorées. Une des améliorations les plus marquantes est le dispositif Fondet, consistant en un faisceau de tubes en fonte disposés suivant un plan oblique aux flammes et réunis à leurs deux extrémités par des tuyaux horizontaux en communication avec l'extérieur de la cheminée (fig. 1).

L'air froid arrive par le tuyau du bas situé en dessous du foyer et, après s'être réchauffé dans les tubes obliques en contact avec les flammes, sort chaud par l'orifice du tuyau supérieur formant « bouche de chaleur ».

On estime que l'amélioration de rendement qui en résulte est de l'ordre de 20 à 25 p. 100.

Ce dispositif constitue en quelque sorte une transition entre la cheminée ordinaire et le poêle, d'où son appellation de « cheminée calorifère ».

**POÊLE A COMBUSTION VIVE.** — Il semble que ce soit Franklin qui, vers 1750, imagina en France le premier système de poêle.

Mais ces appareils étaient déjà connus des Anciens. On a trouvé, en effet, dans les ruines de Pompéi des sortes de poêles, ornements et travaillés avec le goût que nos ancêtres mettaient à décorer les objets les plus usuels. Ces poêles servaient surtout de bouilloires pour chauffer de l'eau, mais vraisemblablement aussi pour le chauffage des pièces. Le bois était introduit par un orifice spécial fermé par une porte et la grille du foyer était constituée par des tubes à l'intérieur desquels circulait l'eau à chauffer.

Composés en général d'un cylindre en tôle ou en fonte, les poêles comprennent au-dessus une porte de chargement et au-dessous un cendrier, constitué le plus souvent par un simple tiroir. L'air entre par une fenêtre prévue à cet effet. L'insuffisance de précision du réglage d'air a pour conséquence d'introduire du comburant toujours en excès et, par suite, de provoquer à l'intérieur du poêle une combustion « vive ». On est donc amené à recharger continuellement ces appareils. Cette insuffisance de réglage peut être en partie corrigée par une clef disposée sur le tuyau de sortie du poêle et agissant sur le tirage. C'est un correctif, mais qui manque également de précision.

Ces poêles agissent par rayonnement, mais surtout par convection : l'air circulant autour d'eux étant violemment chauffé monte en déterminant un brassage intense des couches d'air froid qui viennent à leur tour au contact du poêle. Ces poêles n'étant pas collés au mur, l'air circule facilement autour. Enfin le fait que ces appareils de chauffage sont plus ou moins écartés du mur oblige à avoir des conduits plus longs qui augmentent dans



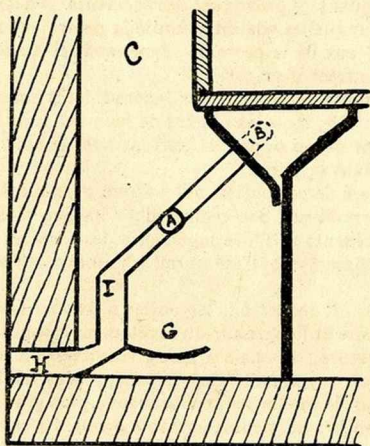


Fig. I

APPAREIL FONDET

A. Collecteur.

B. Bouche de chaleur.

C. Cheminée.

H. Prise d'air.

G. Grille.

I. Faisceau tubulaire.

de fortes proportions l'étendue des surfaces d'échange entre la tôle et l'air ambiant, en récupérant ainsi une partie des calories utilisables.

Si, au point de vue rendement, on arrive à des chiffres nettement supérieurs à celui caractérisant la cheminée du type ordinaire, ce poêle rudimentaire est, somme toute, médiocre; il est toutefois perfectible, tout d'abord au point de vue de la nature et de la qualité des matériaux employés: la tôle a l'inconvénient d'être trop bon conducteur de la chaleur; elle rougit facilement, en risquant de provoquer des accidents. D'autre part, les sautes de température auxquelles elle est soumise la déforment rapidement, augmentant ainsi les jeux de la porte de chargement et du cendrier et exagérant encore les rentrées d'air.

Les poêles en fonte présentent des inconvénients un peu atténués par rapport à ceux en tôle, mais les « coups de feu » qui sont la caractéristique du fonctionnement de ces appareils, surtout avec le bois, provoquent souvent des fentes dans la paroi.

Un type amélioré de ces poêles, qui a eu un gros succès il y a quelques années, est le genre Mirus. Son réglage d'air un peu plus précis que dans les appareils précédents et l'idée ingénieuse des fenêtres en mica permettant de voir des flammes ont été parmi les améliorations qui ont justifié son succès.

Un gros progrès est réalisé par les poêles à bois en faïence, si répandus en Alsace. La nature et l'épaisseur du revêtement s'opposent aux brusques écarts de température; la chaleur qu'ils transmettent est douce et continue; leur pouvoir rayonnant étant beaucoup plus faible qu'avec la tôle ou la fonte, on leur donne un volume beaucoup plus grand. Le pittoresque de leur montage en fait un meuble agréable à voir. Ils comportent souvent un petit four servant à tenir les plats au chaud. Enfin leur indéformabilité rend possible un réglage d'air correct.

Ces poêles étant généralement placés près d'un mur, on utilise la récupération de chaleur des fumées par un tuyau enroulé en serpentín dans un plan vertical entre l'appareil et la buse de sortie dans le mur.

En outre, ces poêles ont l'avantage de former accumulateur de chaleur. Leur masse de maçonnerie accumule de ce fait les calories et les restitue peu à peu sous forme de chaleur douce.

Ce type de poêle est comme les précédents, à combustion non continue, c'est-à-dire que le combustible est mis directement bûche par bûche dans le foyer, et qu'il faut donc le recharger assez souvent. Toutefois, grâce à son réglage d'air assez précis, il tient le milieu entre les poêles à combustion vive ordinaire et les poêles à combustion continue.

**POÊLES A BOIS A COMBUSTION CONTINUE.** — Les poêles que nous venons de décrire jusqu'ici ne comportent en somme qu'une chambre, formant foyer, dans laquelle le bois introduit brûle aussitôt. Dans les systèmes à combustion continue, le poêle comporte deux parties: une servant de chambre de combustion et l'autre située au-dessus ou à côté de la précédente et dans laquelle on emmagasine du combustible. Comme le courant



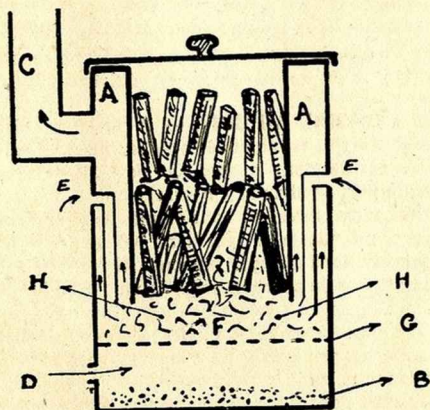


Fig. 2.

POËLE A COMBUSTION LENTE

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| A. Chambre de chauffe.  | E. Entrée air secondaire.                           |
| B. Cendrier.            | F. Foyer.   |
| C. Cheminée.            | G. Grille.  |
| D. Entrée air primaire. | H. Zone de combustion des gaz par l'air secondaire. |

des gaz existant entre l'arrivée d'air au foyer et la sortie dans les conduits de fumée ne passe pas par ce magasin, le combustible se trouvant en attente dans ce dernier, s'échauffe peu à peu, sans cependant pouvoir brûler par manque d'air. Ce système présente le grand avantage d'éviter les chargements fréquents. Dans certains appareils, il suffit de deux ou trois chargements par jour (fig. 2).

Les poêles à combustion continue ont surtout été étudiés pour la combustion du charbon.

Il a fallu les épreuves sévères que nous traversons pour remettre le bois en faveur, et ce n'est que depuis peu que les poêles à bois perfectionnés ont fait leur apparition ; nous en reparlerons au chapitre suivant.

**CHAUFFAGE CENTRAL AU BOIS.** — A quelques très rares exceptions près, on peut dire que les chaudières à chauffage central à bois n'existaient pas jusqu'à ces dernières années. On peut même constater que la plupart des installations de chauffage central montées dans les châteaux et locaux publics des centres forestiers sont munies de chaudières à charbon.

Sans doute peut-on brûler à la rigueur du bois dans ces foyers, mais le rendement et les conditions d'emploi en sont tellement défectueux que les usagers préfèrent acheter du charbon, même quand leurs bois de feu restent invendus sur leurs coupes. Le rendement thermique de ces foyers non conçus pour le bois ne dépasse guère 30 p. 100 ; l'approvisionnement en bois exige des rechargements très fréquents ; l'encrassage et le goudronnage des appareils et des conduits, enfin, ont achevé de jeter le discrédit sur ce mode de chauffage. Seuls des appareils rationnellement étudiés pour le chauffage au bois sont finalement recommandables.

## B. — CUISSON DES ALIMENTS AU BOIS

Nombreux sont encore dans les campagnes les foyers disposés dans de vastes cheminées et au-dessus desquels la marmite accrochée à une crémaillère sert à préparer la soupe qui constitue le plat de résistance des ruraux. Parfois, les dimanches et jours de fêtes, une broche à rôtir présente aux flammes et aux tisons un poulet, une oie, voire même un cochon de lait, ce mode de cuisson étant d'ailleurs fort apprécié des gourmets.

La simplicité et le bon marché de l'installation et la possibilité d'y brûler des débris de bois, ainsi que les vieilles souches de bois arrachées à temps perdu, expliquent, la routine aidant, la grande quantité de ces installations existant encore actuellement.

Nous avons vu ce qu'il fallait penser de ces feux nus au point de vue rendement thermique.

Dans les habitations modernes, ces vastes cheminées ont disparu pour faire place aux fourneaux de cuisine avec fours et bain-marie. Dans les campagnes, ces fourneaux sont le plus souvent alimentés avec du bois. Ils ne se différencient généralement des fourneaux à charbon que par les dimensions plus grandes des foyers et par une porte de chargement ménagée



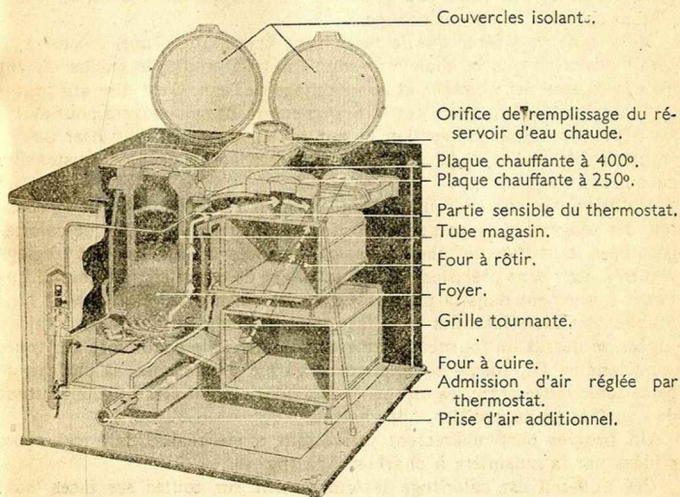


Fig. 3.

sur le devant du fourneau. Le rendement de ces appareils est médiocre, comme d'ailleurs celui de la plupart des cuisinières à charbon.

Les cuisinières ne devraient pas, en effet, émettre de chaleur dans la pièce où elles sont installées, si l'on entendait réserver, comme cela paraît logique, toute la chaleur émise au profit de la cuisson des aliments (et au chauffage de l'eau pour les besoins ménagers).

Toutefois, dans beaucoup d'habitations modestes, la cuisinière est utilisée à la fois comme poêle chauffant la salle commune, voire même les pièces avoisinantes.

Les poêles-cuisinières possèdent, en outre, l'avantage d'être de construction simple et par suite peu coûteuse, l'enveloppe en tôle ou en fonte n'étant garnie d'aucun calorifuge.

Mais, à ne considérer que le rendement thermique d'une cuisinière, il serait désirable que la chaleur produite ne fût employée exclusivement qu'à la cuisson des aliments et au chauffage de l'eau. C'est dire que toutes les faces du fourneau devraient être soigneusement calorifugées pour éviter les déperditions par convection et par rayonnement et n'utiliser que la transmission directe de la chaleur par conduction au profit des ustensiles de cuisine.

Malheureusement, ce souci de rendement n'a guère préoccupé la clientèle des usagers, ni la grande majorité des constructeurs. Que de calories gaspillées, tant dans les cheminées, par rentrées d'air excessives (réglage d'entrée d'air sans précision, portes et tiroirs de cendriers mal joints) que par rayonnement dans la pièce. Si, dans les cuisinières relativement bien établies, les faces latérales et la face inférieure sont grossièrement calorifugées, le dessus du fourneau forme en somme table chauffante sur toute son étendue. Or, même complètement garnie d'ustensiles, la surface de cette table laisse entre ces ustensiles des vides obligatoires qui sont autant de « surface de déperdition » de chaleur.

Un progrès particulièrement intéressant a été réalisé dans cet ordre d'idées par la cuisinière à charbon Aga (fig. 3).

Cet appareil est calorifugé intérieurement sur toutes ses faces, sauf aux emplacements des plaques chauffantes (« ronds ») ; celles-ci sont elles-mêmes calorifugées extérieurement par des couvercles isolants rabattus sur les ustensiles de cuisine. Ces plaques sont en fonte très épaisses, ainsi que les parois des fours, de manière à emmagasiner de la chaleur. Une des plaques recevant directement la chaleur du foyer est chauffée à 400° et sert pour les cuissons rapides (grillades). L'autre, située au-dessus du four, est à 250° et est utilisée pour les cuissons lentes à feu doux.

L'entrée d'air est minutieusement réglée et contrôlée automatiquement par un thermostat, assurant une combustion lente mais complète du combustible, donnant des fumées sans suie.

Il résulte de ces précautions que le rendement thermique est excellent et permet de réaliser une économie de combustible de l'ordre de 70 à 80 p. 100 par rapport aux cuisinières ordinaires.

Cette cuisinière fonctionne au charbon (grain d'antracite), mais, si nous



en avons mentionné ici le principe, c'est pour arriver à conclure que, si l'on se donnait la peine d'étudier un instrument similaire pour la cuisine au bois, on remédierait ainsi en grande partie aux deux principaux inconvénients qu'on reproche aux cuisinières à bois, à savoir les chargements trop fréquents et la combustion imparfaite qui se traduit par des dépôts de suie et de goudrons dans les conduits.

Mentionnons également, sans y insister, les réchauds à charbon de bois, consistant en somme en simples grilles sur lesquelles on fait brûler le charbon et sous lesquelles on dispose un petit récipient rempli d'alcool pour allumer le charbon. Ces réchauds, à feu nu, le plus souvent portatifs, sont mis hors de la cuisine pour éviter les intoxications par l'oxyde de carbone, ou installés sous des hottes en communication avec la cheminée.

### C. — CHAUFFAGE POUR BESOINS MÉNAGERS DIVERS

Nous n'insisterons pas sur cette question, qui n'intéresse guère d'ailleurs que les buanderies. On retrouve, là encore, le foyer à feu vif, à alimentation intermittente, le « ciel » de ces foyers étant à jour pour permettre d'y faire reposer les marmites et lessiveuses classiques.

Là encore, rendement thermique très imparfait, chargements fréquents et facilité d'utilisation défectueuse.

### D. — FOURS

Nous n'avons pas l'intention de parler en détail ici du chauffage au bois des fours de boulanger. Ce sujet sortirait du cadre de cet ouvrage, où nous nous contentons de parler du chauffage domestique. Toutefois, dans la campagne que nous menons en faveur de l'utilisation du bois, en vue de la valorisation des nos Forêts nationales, nous tenons à reproduire ci-dessous un passage d'une excellente conférence faite par M. Gohin à la S. I. A. concernant les fours de boulanger :

« La cuisson au mazout du pain exige aux 100 kilogrammes de pain cuit dans le four à chauffe discontinue de 90 000 à 100 000 calories.

« La cuisson au bois exige aussi de 80 000 à 100 000 calories, et seulement 50 000 à 60 000 en récupérant la braise substituable à l'essence.

« Comme le mazout provient de la distillation du brut, opération qui cause une perte de calories, la cuisson au mazout consomme plus du double des calories consommées par le vieux four à bois. Les fournils de ville, de bourg, sont alimentés d'un combustible importé venant en France de milliers de kilomètres sur des bateaux étrangers pour la plupart, tandis qu'à quelques kilomètres le bois sèche sur pieds.

« Or, le brûleur à mazout, sale, malodorant, a bien des inconvénients.

« La principale objection faite à l'emploi du bois, objection qui tourne au slogan, est qu'il coûte cher de transport. Or, 1 kilogramme de bois à 4 000 calories équivaut à peu près, nous venons de le voir, à 1 kilogramme de mazout incorporé dans le brut. Dans un pays comme la France, où le

Cheval de trait est arrivé à un haut degré de perfection, où l'industrie automobile cherche des débouchés, comment prétendre sérieusement qu'il est sage d'aller à l'autre bout du monde chercher ce qu'on peut trouver sans transporter plus de tonnes à quelques kilomètres ou dizaines de kilomètres dans les cas les plus défavorables.

« Si encore le mazout était, comme l'essence, propre à manipuler, mais il est sale et malsain, affirment certains, tandis que le bois, et particulièrement le hachis de bois, permet une chauffe propre et plus hygiénique que ne l'est, si on en croit les experts, la chauffe au mazout.

« Supposant la ration de pain de 25 millions de personnes en France cuite au mazout, on peut estimer à 1 000 tonnes par jour la quantité de mazout qu'on peut remplacer *sans peine*, sans découverte, par 1 000 tonnes de menu bois abandonné sur coupe dans la majorité des cas. Ces 1 000 tonnes peuvent actionner 40 000 camions.

« Dans un bon taillis de vingt ans, le tonnage de bois menu de 3 à 0 laissé sur place est de 5 tonnes environ à l'hectare. Il suffit des menus bois résiduels de 200 hectares pour remplacer les 1 000 tonnes de mazout, soit 75 000 hectares par an. Or, si on coupait un vingtième des surfaces boisées, on couperait 500 000 hectares, sur lesquels plus de la moitié sont de bons bois. Les 300 000 tonnes de bois nécessaires au remplacement de 300 000 tonnes de mazout brûlées en boulangerie représentent une faible partie des résidus de 3 à 0 très souvent brûlés sur coupe pour s'en débarrasser.

« Si maintenant nous poussons plus loin l'étude de ce problème de la cuisson du pain, nous voyons qu'un four continu à gaz ne consomme que de 30 000 à 35 000 calories par 100 kilogrammes de pain, c'est-à-dire trois fois moins que le four à mazout à chauffe discontinue. Le générateur de gaz récupérant la braise et 1 000 calories gaz au kilo de bois est alors le producteur de charbon le plus économique qui soit. En effet, les 30 kilogrammes de bois dont le gaz permet de remplacer 10 kilogrammes de mazout cuisent 100 kilogrammes de pain et fournissent 8 kilogrammes de charbon de bois remplaçant 7 litres d'essence.

« Il est infiniment plus facile pour des villes comme Bourges, Saint-Amand-Montrond, Nevers, Clamecy, etc., de faire venir 30 kilogrammes de déchet de bois de la forêt voisine que 25 kilogrammes ou même 30 kilogrammes de pétrole brut d'Amérique. »

### **INCONVÉNIENTS DE L'EMPLOI DU BOIS DANS LES APPAREILS NON SPÉCIAUX.**

— Si le charbon a été peu à peu substitué au bois dans les différentes applications que nous venons de passer en revue, cela tient (indépendamment des raisons d'ordre plus général que nous avons analysées au début de cet ouvrage), à l'imperfection même de ces appareils, relativement au *volume du foyer*, au *réglage défectueux de l'arrivée d'air*, aux *dépôts* dans les conduits et finalement au *mauvais rendement*.

**Volume du foyer.** — Le pouvoir calorifique du bois à 13 p. 100 d'eau



n'étant que de 3500 calories en moyenne, il faut plus de 2 kilogrammes de bois pour remplacer 1 kilogramme de houille à 7 500 calories. D'autre part, la densité de chargement du bois n'étant que de 0,4 en moyenne, alors que celle du charbon est de 1,2, il faut à égalité de puissance calorifique un volume de 6 litres et demi de bois pour remplacer un litre de charbon.

En conséquence, pour éviter de construire des appareils trop volumineux, on a été amené à réduire le volume rationnel à donner au foyer, ce qui a pour effet de multiplier les opérations de chargement et, par suite, d'occasionner des pertes de temps appréciables, en même temps que des dépenses supplémentaires de calories.

Ajoutons à cela qu'un foyer trop petit incite, pour obtenir une quantité de chaleur voulue, à « pousser le feu » de façon presque continue, ce qui a pour conséquence de diminuer la durée de contact des gaz chauds avec les surfaces d'échange et, par suite, d'évacuer ces gaz dans la cheminée à une température trop élevée.

**Réglage défectueux de l'arrivée d'air.** — La plupart des appareils de chauffage au bois employés jusqu'à ce jour (qu'il s'agisse de poêles, chaudières à chauffage central ou cuisinières) possèdent des ouvertures d'arrivée d'air pouvant être plus ou moins masquées par une simple plaque de tôle coulissante à course réduite. Il en résulte que le réglage d'arrivée d'air se fait « au petit bonheur », avec toutes les chances de ne pas correspondre au réglage optimum. Ce réglage est d'ailleurs illusoire, car les « rentrées d'air » se font le plus souvent par la porte du cendrier, qui est rarement étanche. Dans les fourneaux de cuisine, par exemple, les cendriers sont constitués le plus souvent par de simples tiroirs que les constructeurs prévoient intentionnellement de dimensions inférieures à leur logement pour faciliter leur manipulation et éviter les coincements dus aux dilatations pouvant se produire sous l'effet de la chaleur.

Ce manque de précision de réglage de l'air primaire peut être corrigé en partie par la clef de tirage se trouvant généralement sur le conduit de sortie de l'appareil, mais les irrégularités forcées des besoins de tirage provenant de la tenue du feu de bois constamment variable (surtout dans les foyers de petites dimensions) rendent illusoire la précision de ce réglage additionnel.

**Dépôts dans les conduits.** — Ces dépôts peuvent être *solides* ou *liquides*. Les dépôts solides sont les *suies* résultant d'une combustion incomplète du bois. Cette combustion incomplète provient soit d'une insuffisance d'arrivée d'air primaire, soit d'un chargement trop massif de combustible, soit d'un brassage imparfait du comburant et des gaz, soit enfin d'une température insuffisante provenant d'un excès de vapeur d'eau du combustible. Lorsque le feu est poussé, le tirage augmentant sous l'effet de l'élévation de température des gaz produits accroît la vitesse d'entraînement des produits de la gazéification, sans leur laisser suffisamment de temps

pour se mélanger dans le foyer avec l'air comburant. Les filets d'air et les gaz cheminant côte à côte à grande vitesse à travers le foyer, et ce n'est que plus loin, dans les conduits, que leur mélange s'opère ; mais la température n'est plus suffisante alors pour que la combustion puisse se terminer. Les fines particules de carbone, libérées pendant la gazéification et la distillation des hydrocarbures, se déposent ainsi sous forme de suie n'attendant que le moment propice pour brûler au contact de flammèches entraînées dans les conduits : c'est le « feu de cheminée » inévitable, si l'on n'a pas la précaution de faire ramoner une fois ou deux par saison.

Ce dépôt de suie n'est d'ailleurs pas particulier au bois ; il se produit également dans les installations fonctionnant au charbon.

Les *dépôts liquides* sont, par contre, l'apanage du bois combustible. Le bois, sous l'effet de la chaleur, produit, comme nous l'avons vu, des vapeurs condensables, composées de vapeur d'eau et de pyrolygèneux (plus particulièrement l'acide acétique et les goudrons).

La vapeur d'eau, quand elle se trouve en excès, est le plus grand ennemi des appareils de chauffage. Nous avons vu précédemment son effet nuisible sur le pouvoir calorifique et sur les températures d'inflammation et de combustion des bois, et nous n'y reviendrons pas. Mais les inconvénients de l'excès d'eau ne nuisent pas seulement au rendement calorifique dans le foyer : la vapeur d'eau évacuée dans les conduits s'y condense, ruisselle le long des parois, s'infiltré entre les poteries, pénètre dans les murs, entraînant avec elle des goudrons qui produisent le « bistrage » qu'on remarque aussi bien à l'extérieur de ces murs qu'à l'intérieur au grand dommage des papiers et tentures. Une odeur insupportable rend ces pièces souvent inhabitables, et l'humidité y cause des dégâts parfois importants.

A ces inconvénients, graves pour la conservation des habitations, s'ajoute un tirage défectueux de la cheminée par abaissement excessif de la température des fumées au contact des parois humides. Les fumées n'étant plus suffisamment légères et manquant de l'énergie cinétique nécessaire pour chasser devant elles les couches d'air froid s'introduisant par la cheminée, sont refoulées en partie et pénètrent dans l'habitation par toutes les fentes qui se présentent (dessous de porte en particulier).

L'*acide acétique* qui se dégage du bois attaque toutes les parties métalliques qu'il rencontre. Mais c'est surtout sur la toiture que les dégâts s'observent : à la sortie de la cheminée, les vapeurs d'acide acétique se condensent en fines gouttelettes qui viennent se déposer sur le toit. Si les tuiles et ardoises n'en souffrent guère, par contre les couvertures en tôle ondulée, les chéneaux ou gouttières ainsi que les raccords en zinc des cheminées sur la toiture sont attaqués et rapidement rongés.

Les *goudrons* enfin se condensent également dans les conduits. Avec du bois humide, les goudrons se délayent dans l'eau de condensation, causant les effets de bistrage dont nous avons parlé. Si le bois est sec, les vapeurs de goudrons se condensent sur les parois des conduits, évaporent leur eau et se transforment en un revêtement qui se solidifie, n'attendant, comme les suies, que l'occasion de brûler au premier passage d'une flammèche prove-



nant, par exemple, d'un morceau de papier enflammé, entraîné par le tirage.

Les dépôts de goudron dans les conduits sont plus dangereux que les dépôts de suie, car ils résistent au hérissou du ramoneur. Le seul ramonage efficace est... le feu de cheminée. Avec les tuyaux de poêle, ce procédé est sinon recommandable, du moins efficace : on démonte ces tuyaux, on les transporte au dehors et on y met le feu. Mais la « cuisson » à laquelle ils sont soumis amoindrit leur résistance et diminue sensiblement leur durée. Quand il s'agit de conduits en maçonnerie, le feu de cheminée « ramone » bien à sa façon les dépôts goudronneux, mais, en dehors des dangers d'incendie généralisé, il fait éclater les conduits en poterie, avec toutes les conséquences qui peuvent résulter de cette détérioration.

En conclusion, les avantages que présente le bois combustible (intérêt national, économie, valorisation des produits de nos forêts) risquent d'être annihilés par les inconvénients graves résultant de son emploi dans des appareils ne présentant pas de caractéristiques spéciales pour pallier aux inconvénients inhérents à la composition du bois et à son mode de combustion. C'est, répétons-le, la médiocrité de conception des appareils de chauffage qui a été le plus grand ennemi du bois combustible jusqu'à ces derniers temps.

Nous allons examiner maintenant d'abord les moyens de fortune permettant de diminuer, dans une certaine mesure, les inconvénients que nous venons d'étudier et ensuite les procédés qui se sont faits jour depuis peu, permettant de retirer tous les avantages du bois grâce à des appareils *rationnellement* étudiés pour l'utilisation de ce combustible.

---

## CHAPITRE IV

# UTILISATION RATIONNELLE DU BOIS DE CHAUFFAGE

Nous avons vu que les principales améliorations à apporter aux appareils de chauffage au bois avaient trait à la *combustion continue*, à l'*élimination de la vapeur d'eau et des pyrolytiques* résultant de la distillation des bois, à la nécessité d'un *réglage correct de l'air primaire*, aux dimensions convenables à donner au foyer et à une *meilleure récupération de la chaleur* du foyer.

Quand on est amené, par insuffisance de charbon, à mettre du bois dans les appareils à foyer conçu pour le charbon, on peut améliorer l'utilisation du bois par un mélange avec du coke. Des essais de ce genre ont été entrepris en Suisse, sous la direction de M. Aubert, spécialiste de ces questions. Les fumées et les goudrons du bois sont en partie absorbés par le coke grâce à la grande porosité de celui-ci. On évite ainsi une des principales causes d'encrassement des cheminées tout en récupérant une part importante de calories. M. Aubert conseille à cet effet deux procédés : ou découper préalablement le bois à la découpeuse, comme nous l'avons vu (tome I), et mélanger intimement le bois et le coke à raison de un à deux volumes de coke pour un volume de bois, suivant les cas ; ou noyer complètement des bûches ou rondins entiers dans la masse du coke, en ayant le soin de disposer le bois par lits successifs et de façon que ces rondins ne se touchent pas (fig. 4). Le bois devra être découpé à une longueur légèrement inférieure à celle du foyer, de manière qu'il y ait une certaine épaisseur de coke entre les extrémités des bûches et les parois du foyer. De cette façon, le bois se carbonise peu à peu sans flamber et se consume sous forme de charbon de bois.

Ce procédé ne doit être considéré que comme un correctif de l'emploi du bois dans un foyer à charbon et ne résout qu'une petite partie des problèmes que nous avons exposés plus haut concernant la combustion rationnelle du bois.

Pour tirer du bois tous les avantages qu'il comporte en tant que combustible, il est indispensable de l'utiliser dans des appareils modernes dont nous allons parler.

**COMBUSTION CONTINUE.** — Une des grandes supériorités des appareils modernes à charbon, au point de vue utilisation et manutention du combustible, réside dans la combustion continue, c'est-à-dire dans le chargement aussi peu fréquent que possible (une ou deux fois par vingt-quatre



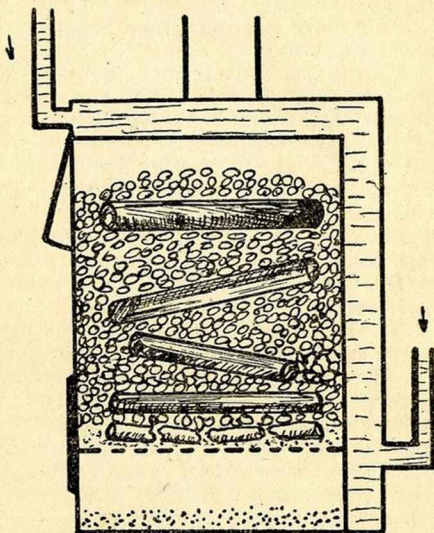


Fig. 4.

Procédé recommandable d'utilisation du bois dans les chaudières à charbon.

heures) des appareils, et notamment des chaudières de calorifère. Ce résultat est obtenu sans difficulté avec le charbon en donnant à la chambre de combustion des dimensions assez vastes pour pouvoir y accumuler la quantité nécessaire à l'approvisionnement en combustible pendant un temps donné. Un réglage correct et d'ailleurs automatique d'air primaire (thermostat) assure une combustion lente et régulière du combustible.

Des dispositifs semblables sont maintenant employés pour le bois : une capacité de dimensions appropriées et formant magasin est ménagée pour recevoir une réserve de bois, soit au centre de l'appareil (fig. 2), soit dans une trémie disposée latéralement. Ces magasins ne doivent pas se trouver sur le circuit air-primaire-cheminée pour que la combustion de l'ensemble soit évitée. Elle est toujours placée en dérivation de ce circuit. Ce n'est qu'au fur et à mesure de leur pénétration dans le foyer que les morceaux de bois situés à la base du magasin, se trouvant au contact des braises chaudes et de l'air primaire, brûlent à leur tour. Pendant son séjour dans le magasin, le bois s'échauffe peu à peu, se dessèche et commence même à se carboniser. Il se présente donc ainsi dans d'excellentes conditions au foyer, après avoir abandonné une partie de ses gaz et vapeurs qui vont être obligés de traverser le foyer, comme nous le verrons plus loin.

On assure ainsi dans d'excellentes conditions la combustion continue avec chargements se réduisant à deux ou trois par vingt-quatre heures (suivant l'importance du magasin et le réglage du foyer). On arrive donc sur ce point à une commodité de chargement et à une économie de main-d'œuvre sensiblement égales à celles qui ont valu bien souvent aux chaudières à charbon leur réputation de commodité. Les chargements s'opèrent au moins aussi vite qu'avec le charbon, car on peut, dans la plupart des appareils actuels, y mettre des bûches entières de dimensions variant, suivant la puissance calorifique de l'appareil, de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre de longueur et de 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,30 de diamètre.

La manutention du bois est, par surcroît, moins salissante que celle du charbon.

**ÉLIMINATION DE LA VAPEUR D'EAU.** — La vapeur d'eau qui se dégage pendant la dessiccation et le commencement de carbonisation du bois contenu dans le magasin de réserve ne s'en va pas directement dans la cheminée, comme dans les matériels rudimentaires de chauffage que nous avons passés en revue au chapitre précédent, mais est généralement obligée de traverser le foyer, ou tout au moins les zones très chaudes voisines du foyer, avant de se mêler aux fumées dans la cheminée. Elle se trouve, de ce fait, fortement échauffée et risque moins de se condenser dans les conduits. Si les inconvénients résultant de cette condensation se trouvent ainsi atténués, ils ne sont pas complètement supprimés pour peu que le bois ne soit pas suffisamment sec (18 à 20 p. 100 d'eau). D'autre part, la dissociation de l'eau par la chaleur peut donner un peu d'hydrogène, mais cet hydrogène va se combiner à nouveau avec de l'oxygène pour redonner de la vapeur d'eau (sauf combinaison de quelques atomes



d'hydrogène avec du carbone pour former, dans une faible proportion, quelques carbures d'hydrogène).

On ne peut donc pas, dans l'état actuel de la technique, se débarrasser complètement de l'eau contenue dans le bois, et il faut se contenter ou de la porter à température élevée pour éviter les condensations ou de calorifuger les conduits, comme nous le verrons plus loin. L'élévation exagérée de température des vapeurs n'est d'ailleurs pas recommandable, puisqu'elle se traduit par une perte de calories.

Le progrès consiste à rechercher les procédés permettant d'évacuer la vapeur d'eau dans le magasin même, c'est-à-dire avant son passage dans le foyer. Un nouvel appareil actuellement à l'étude résoudrait ce problème. En attendant, il apparaît indispensable de mettre en garde les usagers contre l'emploi de bois qui ne soit pas *très sec*.

**ÉLIMINATION DES PYROLIGNEUX.** — Le bois en distillant produit, outre de la vapeur d'eau, des vapeurs de pyroligneux comprenant surtout de l'alcool méthylique, des goudrons et de l'acide acétique.

Pour éviter que ces vapeurs ne passent dans la cheminée, deux procédés sont employés : on peut d'abord utiliser le principe de la combustion inversée que nous avons étudié dans les gazogènes (tome I) en obligeant les produits gazeux de la distillation à traverser le foyer.

La combustion inversée transforme les vapeurs pyroligneuses en gaz incondensables et en carbone pulvérulent.

L'alcool méthylique brûle facilement ; quant à l'acide acétique et aux goudrons, nous savons qu'ils se dissocient aux hautes températures et se combinent au charbon en produisant de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène et des carbures d'hydrogène (méthane et éthylène) qui, en présence de l'oxygène, deviennent des combustibles. On réalise ainsi une opération doublement avantageuse, en évitant d'une part les inconvénients de goudronnage des conduits, de bistrage des murs et de corrosion des zincs des toitures, et en récupérant d'autre part des calories par la combustion de ces corps corrosifs.

Un second moyen consiste dans une adduction d'air supplémentaire. Cet air dit « secondaire » (par opposition à l'air « primaire » pénétrant dans le foyer), doit arriver *au-dessus* du foyer, c'est-à-dire au niveau des flammes, pour pouvoir brûler les produits de distillation du bois qui arrivent *au-dessus* du foyer.

Cette arrivée d'air secondaire doit se faire sous certaines conditions de *débit*, de *répartition* et de *température*.

Le débit devrait pouvoir être dosé exactement pour qu'il y ait une quantité d'air suffisante à la combustion des gaz et vapeurs combustibles. Un excès d'air secondaire est tout aussi nuisible qu'un excès d'air primaire, puisque l'air inutilisé prélève au foyer des calories qui sont perdues dans les fumées. Ce dosage est plus difficile à calculer que celui de l'air primaire (qui peut se faire automatiquement par thermostat), aucun dispositif automatique ne semblant pouvoir être facilement réalisable dans ce but.

Tout ce qu'il apparaît possible de faire, c'est de prévoir un obturateur sur le tuyau de prise d'air (secondaire) pour régler « au jugé » cette arrivée d'air. Mais aucun indice ne permet de savoir quand ce réglage est optimum.

Il reste dans ce domaine des recherches fructueuses à entreprendre.

La répartition de cet air secondaire doit être minutieusement étudiée : il faut, en effet, que l'air soit réparti uniformément non seulement sur toute la base du magasin par où sortent les gaz et vapeurs provenant du commencement de distillation pyrogénée des bois, mais encore sur toute la surface du foyer où le bois finit sa gazéification et effectue sa combustion.

Il est donc tout indiqué d'envoyer l'air secondaire sous forme d'une nappe perpendiculaire à la direction des gaz, c'est-à-dire horizontale. La réalisation de ce principe rencontre d'assez grosses difficultés, parce que, si l'air est admis par un orifice disposé horizontalement, il est à craindre que cet air sollicité par le tirage ne gagne directement le fond du foyer. On serait donc amené à prévoir un certain nombre de prises d'air disposées à intervalles réguliers autour du foyer, chacune de ces prises étant calculée pour n'envoyer son air que jusqu'au centre du foyer. On peut également imaginer une seule prise, mais avec un conduit annulaire, perforé, distribuant l'air autour du foyer.

Une autre disposition consiste à amener l'air secondaire par les tuyaux extérieurs verticaux dont les orifices sont situés sur le dessus de la chaudière. Si le nombre des tuyaux et la forme des ajutages sont judicieusement étudiés, on peut admettre que l'air s'épanouit en nappes régulières horizontales au-dessus du foyer (fig. 2).

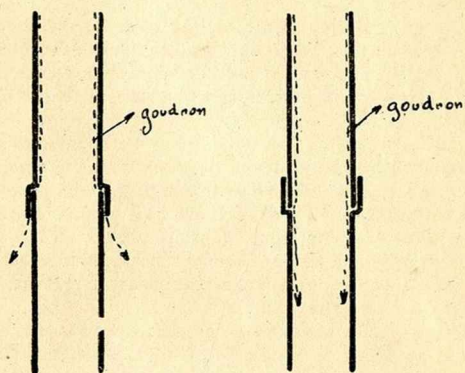
Il est également désirable d'avoir des dispositifs favorisant le brassage intime de l'air secondaire et des vapeurs. On peut imaginer à cet effet des chicanes retardant et contrariant le départ des vapeurs et de l'air pour les laisser plus longtemps en présence.

La température enfin de cet air secondaire n'est pas à négliger. Il ne faut pas, en effet, qu'il arrive froid pour ne pas abaisser la température du foyer au point de ne pouvoir brûler les gaz. Il est donc indispensable de recourir à des procédés, de réalisation peu difficile d'ailleurs, ayant pour effet de réchauffer préalablement cet air secondaire, en utilisant de préférence à cet effet la récupération de chaleurs perdues en provenance soit du cendrier, soit de la base de la cheminée.

L'emploi simultané de ces deux procédés (tirage inversé ou air secondaire) est particulièrement recommandable.

**RÉGLAGE D'AIR PRIMAIRE.** — Le bois étant très inflammable en même temps que très combustible, le dosage précis de la quantité d'air primaire est de toute première importance en vue de l'obtention d'un bon rendement. Nous avons vu qu'une insuffisance d'air était une des causes principales de production de suie et que, d'autre part, un excès d'air se traduisait par un refroidissement inutile du foyer. La proportion d'air primaire en marche normale est fonction de la surface de grille, de la di-





a.

Emboîtement normal  
pour le charbon.

Fig. 5.

b.

Emboîtement inversé  
pour le bois.

mension du combustible et de l'épaisseur de ce combustible sur la grille. A ce dernier point de vue, les appareils modernes à bois avec magasin de combustible apportent une solution heureuse, puisque l'alimentation du foyer se fait en somme automatiquement par la chute, suivant les besoins, de nouveaux morceaux de bois dans le foyer. L'épaisseur de la couche de combustible en ignition est donc sensiblement uniforme. On se rapproche ainsi des conditions excellentes d'alimentation automatique des foyers à charbon, alimentation automatique qui a pour conséquence une sérieuse économie de combustible, en même temps qu'un réglage plus précis de l'arrivée d'air primaire.

Comme nous ne voulons pas entrer ici dans l'étude théorique des foyers, comportant, entre autre, le calcul de la surface des grilles, nous admettrons que ce calcul est fait exactement par le constructeur et que le débit d'air primaire est conforme aux besoins correspondant à un certain régime de chauffe.

Ce qu'il faut prévoir (tout au moins pour les chaudières de chauffage central), c'est un réglage automatique d'arrivée d'air assurant le fonctionnement régulier de l'appareil pour un certain réglage établi préalablement par le chauffeur en fonction de la température qu'il veut obtenir. Aucune difficulté de réalisation ne se présente dans cet ordre d'idées, car on dispose actuellement de thermostats fonctionnant de façon très satisfaisante et agissant automatiquement et avec suffisamment de précision sur l'ouverture du volet d'air primaire.

Toutefois, il est recommandable de ne pas tabler sur le fonctionnement du thermostat au début de la chauffe : il faut, en effet, donner un excès d'air au début pour favoriser la formation d'un brasier ardent : on amorce ainsi le tirage et l'on évite surtout le goudronnage provenant de la distillation du bois insuffisamment allumé.

**FOYER.** — Les dimensions des foyers à bois doivent être calculées largement. On doit tenir compte, en effet, qu'il faut un poids de bois double du poids de charbon pour produire la même quantité de chaleur.

Les foyers à charbon ne sont généralement pas munis de dispositifs d'arrivée d'air secondaire, et l'arrivée d'air primaire est calculée en fonction des besoins relativement grands de comburant pour la combustion du charbon. Cette quantité d'air primaire est excessive pour le bois (qui contient, comme nous l'avons vu, beaucoup d'oxygène). La combustion du bois s'effectue donc trop rapidement. Mais les gaz et vapeurs combustibles qui s'en dégagent au-dessus du foyer manquent au contraire d'air pour brûler dans de bonnes conditions. C'est pour cela qu'il faut aux foyers à bois un apport complémentaire d'air secondaire.

**ÉTENDUE ET FORME DES SURCHARGES DE CHAUFFE.** — Le bois brûlant généralement avec de longues flammes, il importe que ces flammes ne parviennent pas jusqu'à la cheminée, tant pour éviter les risques d'incendie que pour restreindre la déperdition de calories. Il est



donc recommandable de disposer des « autels » ou « pare-flammes » obligeant celles-ci à effectuer un circuit dans la chambre de combustion, avant d'en sortir. Il s'effectue en même temps un brassage des gaz qui améliore la combustion par un meilleur mélange de l'air et des vapeurs de distillation. Ces pare-flammes peuvent être avantageusement remplacés par les surfaces de chauffe elles-mêmes, quand on peut les disposer en chicanes sur le trajet des gaz. On augmente ainsi les surfaces de chauffe directe ou indirecte, sans accroître sensiblement l'encombrement de l'installation, et on évite en même temps les effets nuisibles des « coups de feu » sur l'enveloppe de l'appareil.

**Calorifugeage.** — Il faut enfin, quand il s'agit d'une chaudière destinée au chauffage central, éviter les déperditions de chaleur par rayonnement dans la chaufferie. On y arrive en calorifugeant l'appareil au moyen d'isolants maintenus en place par une enveloppe extérieure. L'isolant dont l'emploi tend à se généraliser de plus en plus est la « laine de verre ».

On peut également calorifuger la chaudière au moyen de maçonnerie en brique, mais la brique étant meilleure conductrice de la chaleur que ne l'est la laine de verre et étant plus coûteuse, on préfère généralement utiliser ce dernier matériau.

Bien entendu, quand il s'agit de poêles, comme ces appareils sont destinés à propager la chaleur par rayonnement, loin de les calorifuger, on cherche, au contraire, à utiliser pour leur construction des matériaux bons conducteurs de la chaleur, tels que la tôle ou la fonte, qui rayonnent immédiatement la chaleur qui leur est transmise par le foyer, ou des matériaux accumulateurs de chaleur qui restituent petit à petit dans l'air ambiant les calories emmagasinées dans leur masse (poêles en faïence).

**Cheminées.** — Si, en principe, une cheminée quelconque peut évacuer toutes fumées, quelle que soit leur provenance (fumées de charbon ou de bois), il est toutefois certaines précautions à prendre pour éviter que les cheminées dans lesquelles passent les fumées provenant de la combustion du bois ne se couvrent rapidement de goudrons et ne « bistrent » les murs dans lesquels ou le long desquels elles sont montées.

Le goudronnage interne des cheminées rend les ramonages difficiles et risque, de ce fait, de provoquer des feux de cheminées.

Quant au bistrage, il provient du manque d'étanchéité des cheminées : l'eau, en se condensant, se charge de goudrons et, en coulant dans la cheminée, s'engage dans les joints ou les fissures qu'elle rencontre et pénètre dans les murs.

Cette condensation d'eau, d'où vient tout le mal, n'est pas la plupart du temps imputable aux appareils de chauffage, mais uniquement au refroidissement excessif des cheminées. Il faut donc, quand on construit une maison dans laquelle on a l'intention d'utiliser des appareils de chauffage au bois, éviter de disposer les cheminées dans les murs extérieurs et encore moins à l'extérieur de ces murs, mais de préférence le long des murs ou

cloisons intérieures. Si l'on est obligé de loger ces cheminées dans les murs extérieurs, il faut avoir la précaution de les calorifuger suffisamment pour qu'elles ne soient pas trop sensibles au froid extérieur.

Quand il s'agit de cheminées faites de tuyaux (de poterie ou de tôle), il est recommandé de monter ces tuyaux à l'envers de l'emboîtement normal pour les foyers à charbon. Autrement dit, dans les cheminées destinées à évacuer les fumées provenant de la combustion de charbon, on emboîte les tuyaux (fig. 5, a), de telle sorte que le côté femelle se trouve en bas, pour que les fumées n'aient pas tendance à sortir par les joints.

Dans les cheminées à bois, l'emboîtement inverse (fig. 5, b.) est préférable pour éviter que l'eau goudronneuse de condensation qui descend le long de la cheminée, ne sorte par les emboîtements.

Pour éviter enfin que les eaux goudronneuses de condensation ne redescendent dans la chambre de combustion, il est recommandable de disposer au bas des tuyaux un « pot » destiné à recueillir le liquide.

Enfin, étant donné que le volume des fumées de bois est plus important, pour une même quantité de chaleur dégagée, que le volume des fumées correspondantes de charbon, il est bon de prévoir pour les cheminées destinées à évacuer les fumées de bois des sections plus grandes que pour les fumées provenant du charbon. On admet généralement que les sections doivent être de un tiers plus grandes pour le bois que pour le charbon.

En conclusion, l'emploi du bois est économique quand on sait l'utiliser rationnellement dans des appareils bien conçus et quand les cheminées sont suffisamment protégées contre le froid extérieur.

Avec ces précautions, le bois combustible peut et doit, dans les régions boisées, concurrencer avec avantage les combustibles minéraux, pour le grand bien des usagers, de la Forêt française et, par suite, de l'Économie nationale.

---



COLLABORATION PUBLICITAIRE

de

**M. R. RABOTTEAU**

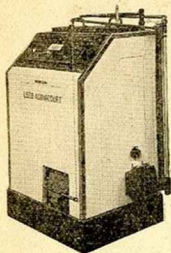
**44, Rue La Boétie 44**

**— PARIS (VIII<sup>e</sup>) —**

—

SPÉCIALISATION AGRICOLE

# Chaudières à bois LECO-AUDINCOURT



Les circonstances présentes ont placé le bois en tête des combustibles de chauffage central en remplacement de l'antracite et du coke. On ne saurait penser à utiliser le bois dans des chaudières conçues pour brûler des charbons maigres sous peine de goudronnage et condensation dans la chaudière et la cheminée, bistrage traversant les murs, obturation des cheminées, sans préjudice des consommations importantes et de l'insuffisance du chauffage.

Il est rappelé :

- **qu'en chauffant au bois** des produits volatils se dégagent, entre autres : vapeur d'eau hygroscopique, gaz carbonique inclus, pyroligneux, goudrons, hydrocarbures, etc., en même temps que se produit la carbonisation du bois avec production de chaleur.
- **que la proportion d'eau** a une grande influence sur le rendement calorifique de la combustion, qu'il est par conséquent indispensable d'utiliser des bois secs de deux ans de coupe, ou, à la rigueur, un an pour les bois tendres, mais qu'il est impossible d'obtenir du bois complètement sec, d'où existence de vapeur d'eau dans les produits de distillation.

— **qu'en conclusion** un foyer de chauffage central à bois doit brûler non seulement le carbone sous forme de charbon, mais aussi les goudrons, hydrocarbures, pyroligneux, qu'il doit éliminer la vapeur d'eau sans condensation, ceci à base allure comme à allure vive.

La chaudière « LECO-AUDINCOURT », brevetée S. G. D. G., remplit toutes ces conditions. Elle se compose essentiellement : **d'un foyer spécial** avec grille d'air primaire et dispositif breveté à double amener d'air secondaire préalablement réchauffé avant son introduction dans le foyer ; **d'un utilisateur** (chaudière proprement dite à eau chaude, vapeur, etc.) ; **d'un magasin de combustible** adossé à l'utilisateur, latéral par rapport au foyer ; **d'un système de régulation** automatique de combustion.

Le **processus de la combustion** est le suivant : le bois est réchauffé dans la partie supérieure du magasin par son contact avec l'utilisateur, puis, à mesure qu'il descend, par le contact avec les parois inférieures et le rayonnement du foyer. Les produits volatils se dirigent vers le centre de dépression qu'est le foyer. En s'approchant du brasier qui s'est formé sur la grille d'air primaire, le bois termine sa carbonisation en dégageant de la chaleur, puisque cette réaction est exothermique, et en libérant des produits volatils, goudrons, pyroligneux, hydrocarbures notamment. Tous les produits gazeux passent sur le brasier à haute température, où les vapeurs de goudron sont « crackées », la vapeur d'eau dissociée pour former le carbone de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, les pyroligneux réduits pour former des hydrocarbures. Les gaz combustibles portés à haute température rencontrent ensuite l'air secondaire réchauffé et brûlent complètement. Le bois arrive alors sur la grille d'air primaire sous forme de charbon de bois où il termine sa combustion en formant un lit de braises rouges maintenant **une température élevée dans le foyer**, condition sans laquelle les réactions sur les gaz de distillation ne peuvent s'opérer. Les produits de la combustion des gaz et du bois carbonisé traversent alors l'utilisateur, auquel ils cèdent leur chaleur pour se rendre ensuite dans la cheminée. Les fumées — outre l'azote apporté par l'air de combustion — ne contiennent



plus que du gaz carbonique ( $CO_2$ ), un léger excès d'oxygène et un peu de vapeur d'eau.

**FONCTIONNEMENT A ALLURE RÉDUITE.** — Si le régulateur automatique tend à fermer le clapet d'air, que se passe-t-il ? Une entrée d'air auxiliaire assure la **conservation du feu** sur la grille d'air primaire et maintient le lit de braises rouges. Le bois continue sa distillation et sa carbonisation à allure très réduite. La faible quantité de produits gazeux passant sur le lit de braises subit les réactions précédemment indiquées ; une amenée auxiliaire d'air secondaire réchauffé en assure ensuite la combustion complète. Le problème de la combustion complète à toutes les allures est ainsi résolu.

**DISPOSITIONS ASSURANT L'ÉLIMINATION DE LA VAPEUR D'EAU.** — Dans les chaudières à eau chaude, il importe que la température des fumées ne descende pas en-dessous de celle du « point de rosée » ; dans ce but, les utilisateurs sont calculés et construits avec courants d'échange parallèles, disposition freinant la chute de température dans la marche à allure réduite. Pour la même raison, il est prévu un by-pass entre la prise et le retour de l'eau de circulation avec robinet à volet à cadran indicateur permettant le fonctionnement du chauffage à toutes les températures normales ( $35^\circ$  à  $90^\circ$ ), sans que la température à la sortie de la chaudière descende jamais en dessous de  $70^\circ$ . Outre la sécurité de marche et d'entretien, ces dispositions assurent : 1<sup>o</sup> le maintien du tirage et, par conséquent, la conservation du feu ; 2<sup>o</sup> la possibilité de brancher un appareil de production d'eau chaude sanitaire sur le circuit à température minimum de  $70^\circ$ , fournissant de l'eau à  $60^\circ$  pour tous les besoins (toilette, bain, cuisine, lavages, etc.), tandis que le chauffage fonctionnera sur le circuit à basse température.

**CONSTRUCTION.** — C'est essentiellement une construction **en acier** d'épaisseur largement prévue avec accessoires : grilles, plaques, tuyères, etc., en fonte spéciale : tampon de chargement à joint embrevé, à charnières ; tampon de ramonage d'un enlèvement facile ; jaquette calorifuge. **Avantages particuliers** : absence de maçonnerie d'une durée limitée ; construction monobloc sans risques de fuite ; robustesse ; aspect agréable ; chargement en long des bûches, beaucoup plus commode que le chargement en bout ou en bûches verticales ; allumage et mise en régime rapides autorisant le fonctionnement intermittent pendant les demi-saisons ; enlèvement facile des cendres ; ramonage aisé de l'utilisateur, un unique tampon donnant accès direct à toutes les surfaces d'échange ; utilisation de bois en bûches de  $0^m,50$  pour les petits modèles, de 1 mètre pour les gros modèles.

**CONSOMMATION.** — Les essais faits sur plusieurs saisons montrent que, en raison des facilités de fonctionnement intermittent de demi-saison, 3,5 stères de bois dur ou 5 stères de bois tendre remplacent une tonne de coke.

**DOMAINE D'APPLICATION.** — La chaudière « LECO-AUDINCOURT » trouve les mêmes applications que les chaudières de chauffage central à charbon : chauffage de pavillons, villas, châteaux, églises, édifices publics (écoles, mairies, salles de fêtes, bains-douches, etc.). Elle peut prendre la place d'une chaudière à charbon existante ou fonctionner en parallèle avec elle.

**INSTALLATION.** — Les chaudières « LECO-AUDINCOURT » sont vendues et installées par tous les entrepreneurs de chauffage central.

**COMPAGNIE DES FORGES D'AUDINCOURT : Usines d'AUDINCOURT (Doubs)**

**COMPAGNIE DES FORGES D'AUDINCOURT : Division chauffage et chaudronnerie, 23, rue de Madrid, PARIS**

**Zone libre : M. R. AUBERT, 14, rue Hôtel-des-Postes, à NICE (A.-M.)**

# Les POÊLES A BOIS

## " ARGOS " & " FRANK "

Système **FRANÇOIS TURPIN**, B<sup>te</sup> S. G. D. G.

Chauffent 150 m<sup>3</sup> avec une moyenne de 15 kilos de bois  
par 24 heures en 2 chargements.

---

# CUISINIÈRES A BOIS

## " ATLANTE "

## " ELFE " & " MAB "

Système **FRANÇOIS TURPIN**, B<sup>te</sup> S. G. D. G.

Cuisine et service d'eau chaude. — Feu continu. —  
Combustion des goudrons. — Rendement thermique  
maximum par le calorifugeage des parois et l'emploi  
de plaques chauffantes et de foyers à ailettes brevetés.

---

# Réchaud-Four " GRILL "

## AU CHARBON DE BOIS

Système **FRANÇOIS TURPIN**, B<sup>te</sup> S. G. D. G.

Feu continu. — Rendement maximum par calorifugeage  
des parois. — Combustion de l'oxyde de carbone.

---

**USINAGE ET MANUTENTION**

20, rue de Marne, ALFORTVILLE (Seine)





CHAUFFAGE CENTRAL AU BOIS

# CHAUDIÈRE "MALVINA"

Système **FRANÇOIS TURPIN**, B<sup>te</sup> S. G. D. G.

Rendement thermique 80 0/0. — Feu continu avec 2 chargements par 24 heures. — Combustion des goudrons à tous les régimes.

# CHAUDIÈRE "SYLVIS"

AU CHARBON DE BOIS

Système **FRANÇOIS TURPIN**, B<sup>te</sup> S. G. D. G.

Rendement 85 0/0. — Feu continu avec 2 chargements par 24 heures. Combustion complète de l'oxyde de carbone.

CARBONISATION EN FORÊT

# Fours "LOUXOR"

Système **FRANÇOIS TURPIN**, B<sup>te</sup> S. G. D. G.

Carbonisation des bois verts et secs. — Production : 600 kilos de charbon de bois par 24 heures. — Rendement : 28,4 0/0. — Récupération des goudrons et des pyroligneux. — Appareils démontables et transportables. — Parois calorifugées. — Marche continue, — Chauffe automatique.

## USINAGE ET MANUTENTION

20, rue de Marne, ALFORTVILLE (Seine)

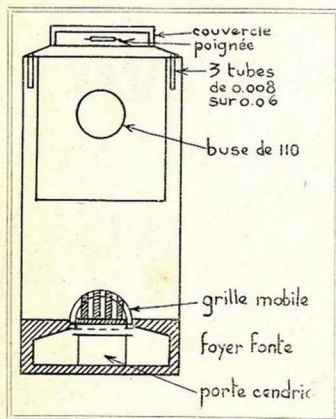
## LES CARBURANTS FORESTIERS CHAMPENOIS à JAULGONNE (Aisne)

### “ Poêle à bois C.F.C. ”

Le poêle C. F. C. est conçu spécialement pour le chauffage rationnel au bois.

Il est cylindrique et construit en forte tôle. Son foyer est en fonte.

Les bûches sont mises debout par la porte supérieure. Cette porte, en forme de disque plat, permet le chauffage de tout ustensile de cuisine.



Le socle du foyer est constitué par une boîte en fonte servant de cendrier. Il comporte, en outre, des ouvertures réglables permettant l'entrée de l'air « primaire » nécessaire à la précombustion du bois.

La grille a une forme hémisphérique, particulièrement efficace pour la bonne diffusion de l'air.

A la partie supérieure du poêle, une trémie cylindrique est fixée de façon non jointive, de manière à laisser passer les gaz condensables qui se dégagent du bois avant sa pénétration dans la zone active du foyer.

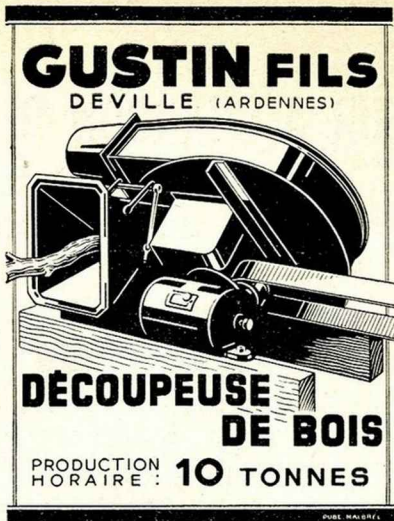
Ces gaz sont entraînés vers le foyer par un courant d'air « secondaire » provenant des trois prises d'air disposées à la partie supérieure de l'espace annulaire séparant la trémie de l'enveloppe extérieure. Arrivés à la hauteur des flammes, ce mélange gazeux brûle. Les goudrons se trouvent ainsi détruits, tout en apportant au poêle leur contribution de calories non négligeable.

Vingt kilogrammes de bois sec suffisent pour chauffer une pièce de 100 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Au lieu d'introduire du bois en bûches, on peut également charger le poêle avec du bois découpé à la superdécoupeuse C. F. C. (voir avant-dernière page du tome I).

En effet, les bois de dimensions inférieures à 6 centimètres devant être utilisés pour les gazogènes, tous les morceaux débités par la superdécoupeuse et de diamètre supérieur à 6 centimètres, qui sont précisément trop gros pour le bon fonctionnement des gazogènes, seront, au contraire, d'une utilisation parfaite dans le poêle C. F. C.





**Notre hacheur de rémanents** permet le découpage de branchages, bûches et perches, jusqu'à 10 et 12 cm. de diamètre.

**Fonctionnement** : les bois sont sectionnés en biseau comme par la hache d'un bûcheron et évacués automatiquement par la goulotte de sortie orientable.

**Détail de fabrication** : trois longueurs de coupe (3, 6 ou 10 cm.) peuvent être obtenues par changement de piqueurs.

**Caractéristiques :**

Poids : 1 200 kg.

Force motrice : 8 à 15 CV.

Pour votre gazogène à charbon de bois

# BROYEUR A CHARBON DE BOIS

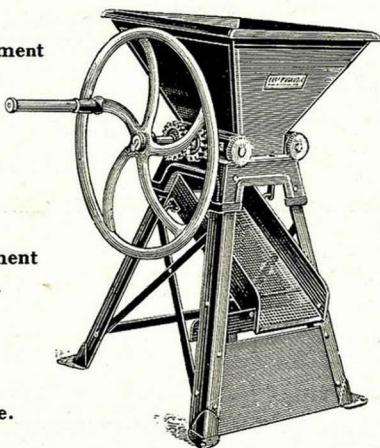
(Breveté S. G. D. G.)

à secoueurs automatiques  
avec séparation des petits fragments et des poussières

Fonctionnement  
simple  
et  
sans  
fatigue.

Encombrement  
réduit.

Prix  
modique.



Rendement  
appréciable :  
150 $\frac{1}{2}$  kil.  
à  
l'heure.

Construction  
robuste.

S'adresser aux

**Établissements VIAUD**

Constructeurs

**BARBEZIEUX** (Charente)

R. de C. n° 1272



# LE GAZOGÈNE A BOIS

## " FACEL "

Le gazogène construit par la Société des **FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS D'EURE-ET-LOIR**, suivant les procédés B. B. K., s'efforce de remédier aux défauts des différents gazogènes connus, notamment : manque de souplesse, manque de puissance, usure rapide, impossibilité de fonctionner avec des combustibles de qualités très différentes.

Dans ce but, les dispositions suivantes ont été adoptées :

1° Le foyer du gazogène est composé de plusieurs zones de travail où les différentes combinaisons chimiques se produisent successivement. Ceci conduit à donner des diamètres différents aux sections de passage des gaz dans les zones de foyer et à donner à ce foyer ainsi composé la forme particulière d'une succession de cônes reliés entre eux par de courtes parties cylindriques.

2° L'air nécessaire aux combinaisons chimiques est introduit dans chacune des zones de travail et sous une pression (ou avec une dépression) convenable en proportion bien définie pour chacun des combustibles qui peuvent être utilisés.

Une fois un premier réglage opéré, ces proportions se conservent automatiquement.

3° Différentes dispositions accessoires, réchauffage de l'air introduit, calorifugeage, soupape de décharge supprimant le goudronnage, etc., empêchent des pertes de calories et assurent un rendement supérieur.

Ce gazogène permet l'emploi de bois de qualités très différentes : bois dur ou tendre, pouvant contenir jusqu'à 25 p. 100 d'eau d'imbibition et dont les dimensions des morceaux peuvent aller de  $50 \frac{m}{m} \times 10 \frac{m}{m}$  jusqu'à  $60 \frac{m}{m} \times 50 \frac{m}{m}$ , sans pour cela produire des impuretés ou goudrons gênant le fonctionnement du moteur et de ses accessoires.

Ce gazogène est conçu sous trois types différents : 440, 500 et 600, permettant l'équipement de moteurs de 1 à 12 litres de cylindrée.

Les types 440 et 500 sont monoblocs ; il en résulte une facilité et une économie de montage importantes. Ces deux types se montent soit à l'avant, soit à l'arrière des véhicules, sans modification de carrosserie. Ceci est rendu possible par la légèreté de l'appareil, le moins lourd de tous les gazogènes à bois.

D'autre part, l'entretien du gazogène est particulièrement facile et demande le minimum de temps.

La puissance d'outillage de **FACEL** permet la livraison immédiate des gazogènes de tous types.

**FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS  
D'EURE-ET-LOIR**

**19, avenue George-V, PARIS**

**USINES A COURBEVOIE ET A DREUX**

Tél. : Balzac 07-42

# DÉCOUPEUSE A BOIS

## " FACEL "

Les **FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS D'EURE-ET-LOIR** ont mis au point une découpeuse à bois destinée à la préparation du bois pour gazogène. Elle permet d'alimenter en bois préparé à la dimension voulue les fours de carbonisation et de séchage du bois.

Cette machine, d'une construction particulièrement robuste et soignée, est une véritable machine-outil.

Le bâti se compose d'un châssis en cornière indéformable, soudé électriquement, formant remorque pouvant être attelée derrière une voiture ou un camion.

Il comporte différentes pièces en fonte à haute résistance supportant les paliers de l'arbre principal ainsi qu'une enclume permettant une coupe franche des branches d'arbres jusqu'aux plus fortes épaisseurs.

Les couteaux sont en acier spécial à haute résistance, montés sur les bras d'un volant, dont l'inertie supprime les à-coups résultant des coups.

Les caractéristiques principales sont les suivantes :

**Encombrement** : longueur : 1<sup>m</sup>,75, largeur : 1<sup>m</sup>,60, hauteur : 1<sup>m</sup>,70.

**Diamètre** : admis jusqu'à 12 centimètres.

**Longueur des tronçons** : réglable de 2 centimètres à 6 centimètres.

**Débit horaire** : 4 tonnes environ.

**Poids de la machine sans moteur** : 700 kilogrammes environ.

**Moteur** : environ 5 CV ; vitesse : 1 200 Tm.

**Documentation et renseignements :**

**FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS  
D'EURE-ET-LOIR**

[ 19, avenue George-V, PARIS (VIII<sup>e</sup>).





