

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 67 (1941)
Heft: 4

Artikel: Le bois: carburant de remplacement
Autor: Delley, Ed.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-51318>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 13.50 francs

Etranger : 16 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 11 francs

Etranger : 13.50 francs

Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements

s'adresser à la librairie

F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. —

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président: R. NEESER, ingénieur, à Genève; Vice-président: M. IMER, à Genève; secrétaire: J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres: *Fribourg*: MM. L. HERTLING, architecte; A. ROSSIER, ingénieur; *Vaud*: MM. F. CHENAUX, ingénieur; E. ELSKES, ingénieur; EPITAUX, architecte; E. JOST, architecte; A. PARIS, ingénieur; CH. THÉVENAZ, architecte; *Genève*: MM. L. ARCHINARD, ingénieur; E. ODIER, architecte; CH. WEIBEL, architecte; *Neuchâtel*: MM. J. BÉGUIN, architecte; R. GUYE, ingénieur; A. MÉAN, ingénieur; *Valais*: M. J. DUBUIS, ingénieur; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION: D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

Publicité : TARIF DES ANNONCES

Le millimètre
(larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions
de pages.

Rabais pour annonces
répétées.



ANNONCES-SUISSES s.a.
8, Rue Centrale,
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. STUCKY, ingénieur, président; M. BRIDEL; G. EPITAUX, architecte; M. IMER.

SOMMAIRE : LES PROBLÈMES DE L'HEURE : *Le bois : carburant de remplacement*, par ED. DELLEY, ingénieur, à Fribourg. — *Un abattoir moderne*. — *Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et Société vaudoise des ingénieurs et des architectes*. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT.

LES PROBLÈMES DE L'HEURE

Le bois : carburant de remplacement

par ED. DELLEY, ingénieur, à Fribourg¹.

Celui qui, il y a une année seulement, mettait encore en doute l'importance du bois pour la traction automobile, ne pensait pas que le temps lui infligerait un démenti aussi brutal; et la véhémence avec laquelle il réclame aujourd'hui une intensification — hors de mesure parfois avec nos possibilités — de l'emploi de ce carburant, estimé tout à coup précieux, n'est pas pour nous étonner. Le progrès scientifique exige deux facteurs: une intelligence clairvoyante qui se lance en avant, en plein inconnu, pour y jeter une sorte de jalon, et la maturation intellectuelle de ceux qui doivent l'atteindre.

Après bientôt vingt ans d'efforts soutenus on reconnaît, enfin, chez nous, la portée économique, politique et sociale de l'emploi du bois comme carburant. On ne met plus en doute que les moteurs à gazogène, convenablement étudiés, sont au point, de sorte que la cause paraît être entendue, définitivement. Les preuves en sont: la création d'une centrale pour l'étude et l'utilisation immédiate des carburants de remplacement; la réglementation de l'utilisation des gazogènes; la limitation des types de générateurs à gaz de bois et de charbon de bois; la transformation massive de camions automobiles à essence en vue de leur adaptation aux carburants nouveaux; la formation, dans des cours spéciaux, des bûcherons nécessaires au surcroît de travail occasionné par des besoins

nouveaux, etc.: tout autant d'indices heureux d'un réveil en sursaut de notre énergie.

Brusquement, l'économie forestière se trouve placée devant un problème ardu. Jusqu'à l'automne prochain, quinze cents camions à essence doivent être transformés pour la marche au bois et munis de gazogènes *ad hoc*. Ceux-ci consommeront, au cours de cette période d'adaptation, environ 60 000 stères de bois, la plus grande partie du hêtre. Au cours de l'année suivante, ils en utiliseront le double. L'économie forestière suisse est en mesure de fournir ces quantités supplémentaires d'une façon continue. La question s'est posée seulement de savoir s'il lui serait possible de mettre à la disposition du consommateur, la première année au moins, la quantité de bois nécessaire et si ce bois serait assez sec. Heureusement, des mesures appropriées ont été prises en temps opportun pour mettre sans retard à disposition de l'économie nationale les assortiments de bois de feu convenant le mieux à la préparation du bois-carburant et susceptibles de sécher rapidement. Lorsqu'il s'agit de l'intérêt supérieur du pays, les associations forestières défient les obstacles de tout genre et le surcroît de travail que ce nouvel état de fait impose, même lorsqu'il est la conséquence de la nonchalance d'autrui.

On a déjà démontré ici¹, l'intérêt que présente pour notre économie nationale et pour notre sécurité le camion à gazogène; nous n'y reviendrons pas. Chacun est à même de refaire les calculs relatifs au gain réalisable par l'emploi du bois au lieu d'essence et de tenir compte, dans leur établissement, des conditions nouvelles.

Le bois, traité dans un gazogène, dégage un gaz combustible, ou carburant, qui constitue avec l'air un mélange déto-

¹ Nous sommes heureux d'offrir à nouveau à nos lecteurs une étude de M. Delley dont, à plus d'une reprise déjà, ils purent apprécier la compétence en pareille matière. La question des carburants de remplacement n'est pas traitée ici dans son ensemble, et c'est intentionnellement. L'auteur a jugé, et nous avec lui, qu'il importait avant tout aujourd'hui d'orienter parfaitement nos milieux techniques sur les propriétés du gaz de bois et les modalités de son utilisation pour la traction automobile. C'est en effet de tous les produits de remplacement préconisés le seul qui soit chez nous, pour l'instant, susceptible d'une grande généralisation. (Réd.)

¹ « Les véhicules routiers à gazogène au service de la défense et de l'économie nationale », par Ed. Delley, *Bulletin technique* du 30 décembre 1939, p. 327. (Réd.)

nant capable d'actionner un moteur à explosion. En passant de l'essence au gaz de bois, on enregistre, à égalité de cylindrée et de nombre de tours, une diminution de puissance de 45 à 50 % environ due :

1. au faible pouvoir calorifique du mélange air-gaz de bois : 580 à 600 Kcal/m³ contre 850 à 900 Kcal/m³ pour le mélange air-essence, soit une diminution d'un peu plus de 30 % ;

2. à une diminution de remplissage des cylindres provenant :

a) de la température du gaz fourni par le gazogène, supérieure de 30° C au moins à celle de l'air carburé par l'essence, d'où réduction corrélative du remplissage, donc de la puissance de l'ordre 10 % ;

b) d'une résistance accrue à l'aspiration par les refroidisseurs, les filtres, les plus longs conduits, etc., ce qui entraîne une nouvelle perte évaluée à 5 %.

Toutes choses égales, la perte du gazogène par rapport à l'essence ressort donc aux environs de 50 %.

Il ne s'ensuit pas que le gaz de bois soit un mauvais carburant ; il présente, lui aussi, des avantages que les moteurs construits à cet effet ou transformés convenablement ont fort bien mis en valeur. La perte de puissance peut être ramenée à 30 % au maximum :

1. par une augmentation du taux de compression porté à 8 : 1 et plus ;

2. par un refroidissement intense du gaz fourni par le gazogène ;

3. par l'adoption de tuyauteries d'aspiration de fortes sections, de coudes à grands rayons, de larges surfaces filtrantes, par une lutte continuelle contre le colmatage ;

4. par le maintien à la normale du régime du moteur, en augmentant la démultiplication du pont arrière du véhicule.

Toutefois, si le moteur à essence qu'on veut transformer pour la marche au gaz de bois n'est utilisé qu'à une fraction de sa puissance effective, la vitesse réalisée en palier avec le gazogène traduit une perte inférieure à 30 %. Cette perte paraît intégralement dès que la puissance maximum est requise. Ce sera souvent le cas pour les voitures de faible puissance, pour des véhicules surchargés, dans des côtes. Avec un couple moteur fortement diminué en face d'un couple résistant demeuré constant, il faut inmanquablement avoir plus souvent recours aux vitesses intermédiaires, ce qui diminue le rendement de la transmission. Autant de raisons pour conclure que l'adaptation du gazogène ne doit pas se faire sans réflexion. En principe, le gazogène doit demeurer réservé aux véhicules industriels, si possible conçus et construits à cet effet. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Le gazogène.

Gazéifier du bois ou du charbon de bois consiste, au fond, à oxyder du charbon solide par l'oxygène de l'air en vue d'obtenir un gaz tonnant. Cette oxydation donne deux gaz : l'oxyde de carbone (CO), combustible et l'acide carbonique (CO₂), inerte. Pour obtenir le minimum de ce dernier, on le surcarbone afin de reformer de l'oxyde de carbone, ce qui est facile en présence de charbon incandescent. Malheureusement, la réaction inverse est aussi très facile, à moins de dépasser 1100°. A cette température élevée, les cendres fondent et s'éliminent facilement ; mais cet avantage ne compenserait pas l'inconvénient grave d'une température aussi élevée dans toute la masse, capable de détruire les meilleures enveloppes, si des dispositions spéciales n'étaient pas prises.

Les réactions qui président à la formation du gaz de gazogène sont les suivantes :

Au niveau de l'arrivée de l'air dans le gazogène, l'oxygène

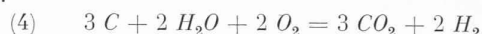
de l'air agit sur les principaux composants du bois en ignition (carbone, oxygène et hydrogène) suivant les équations :



L'équation (2) n'est qu'intermédiaire, car l'oxyde de carbone formé est transformé en acide carbonique selon l'équation :

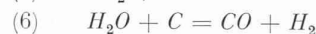
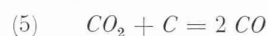


Les produits de la combustion sont donc de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau et tout se passe selon l'équation brute :



Mais, la combustion partielle du bois produit de la braise qui devient rouge par combustion et par radiation.

L'acide carbonique et la vapeur d'eau traversent cette zone réductrice et se transforment en gaz combustibles suivant les formules ci-après :



Les produits obtenus sont donc finalement de l'acide de carbone et de l'hydrogène, gaz brûlant dans le moteur en présence de l'oxygène de l'air mélangé à eux.

Tout se passe normalement si le bois ne contient pas trop d'humidité. S'il y a excès d'eau, la production d'oxyde de carbone diminue par suite d'une nouvelle formation d'oxyde carbonique. Ce gaz incombustible se forme suivant la réaction :



En fait, la transformation du gaz est conditionnée, en régime normal, par la quantité d'oxygène nécessaire à la formation de l'oxyde de carbone. Cet oxygène peut être pris à l'air ou à l'eau dans des limites qu'il importe de respecter soigneusement.

La combustion complète d'un kilogramme de carbone provenant du bois ou du charbon de bois, telle qu'elle ressort de l'équation (1), donnerait naissance à une quantité de chaleur égale à 8140 Kcal ; sa combustion partielle en oxyde de carbone n'en fournit que 2440. La différence est représentée par l'énergie latente contenue dans l'oxyde de carbone produit. Comme le gaz est destiné à l'alimentation d'un moteur à explosion, cette quantité de chaleur sensible est complètement inutilisable ; il est, en effet, nécessaire de refroidir complètement le gaz avant son entrée dans le cylindre, sous peine de voir diminuer le poids et, par suite, l'énergie disponible de la cylindrée. C'est pour réduire, le plus possible, la chaleur sensible libérée que, dans le cas du gazogène à charbon de bois, on introduit avec l'air une certaine proportion d'eau ou de vapeur d'eau, dont la réduction par le charbon donne lieu à une absorption de chaleur de 2390 Kcal et à un dégagement de gaz combustible suivant la réaction (6). Cette réaction permet d'absorber dans une proportion quelconque la chaleur sensible libérée par la réaction : $2C + O_2 = 2CO$. En fait, on se trouve limité par la nécessité de maintenir à une température convenable la zone de réduction et de compenser le refroidissement des parois du gazogène.

Pratiquement, les réactions ci-dessus étant incomplètes, le gaz fourni par le gazogène contient outre les composés principaux : oxyde de carbone, hydrogène et azote provenant de l'air nécessaire à la combustion, une certaine quantité d'autres corps réagissant : oxygène, acide carbonique, vapeur d'eau, méthane, en proportions variables suivant le type de gazogène et suivant les conditions de fonctionnement de ce

dernier. Les compositions moyennes (% du volume) de gaz de gazogène sont les suivantes :

	Combustibles			Inertes		
	CO	H ₂	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂
gaz de bois	19	17	3	12	0,5	48,5
gaz de charbon de bois	30,4	8,7	—	1,3	1,0	58,6

La faible teneur en oxyde de carbone du gaz de bois est compensée par la présence de méthane : ce qui fait que les gaz de bois et de charbon de bois ont sensiblement le même pouvoir calorifique.

En définitive, le gazogène est un foyer assez simple qui, à l'expérience, s'est révélé comme doué d'une élasticité et d'une souplesse de marche qu'on peut, d'une façon générale, qualifier de remarquables. Plus on active le tirage de l'air, plus on accroît le débit du gaz combustible dont la qualité reste convenable, même pour de larges variations d'allure.

Un gazogène pour véhicule automobile doit satisfaire à plusieurs conditions :

1. être léger et peu encombrant ;
2. se prêter à l'emploi d'un carburant de ravitaillement facile ;
3. être mis en marche, pratiquement, en quelques minutes ;
4. fournir un gaz convenable à tous les régimes, même au ralenti ;
5. posséder un rayon d'action suffisant et se décrocher aisément, mais à des intervalles de temps éloignés ;
6. s'adapter sans difficultés et sans frais excessifs aux principaux types de camions.

Le gazogène à bois système *Imbert* (fig. 1), de beaucoup le plus répandu et le plus connu dans notre pays, répond parfaitement aux exigences de service d'un camion automobile. Il se compose essentiellement d'un cylindre à double paroi de 500 mm de diamètre environ et 1800 mm de hauteur. Le cylindre intérieur ou trémie est suspendu à l'enveloppe ou cylindre extérieur ; il est percé, dans sa partie supérieure, d'une série de trous destinés à l'évacuation d'une portion de l'eau contenue dans le bois. La partie inférieure de cette trémie se rétrécit en une sorte de creuset possédant un col suivi d'un évase-ment ; cette partie forme le foyer. Le haut du foyer est entouré d'un tube portant des buses dirigées vers l'intérieur ; c'est par là qu'arrive l'air nécessaire à l'oxydation des composants du bois. Le bois introduit à la partie supérieure de l'appareil subit successivement un séchage, une distillation, une oxydation et finalement une réduction des produits obtenus

en cours de gazéification. Le foyer est rempli et entouré de charbon de bois introduit une fois pour toutes lors de la première mise en marche ; par la suite, il se forme de lui-même.

Les produits de la gazéification, aspirés à travers cette couche de charbon incandescent, sont donc ou réduits, ou dissociés. C'est le cas des composants nuisibles au moteur tels que goudrons, acide acétique et hydrocarbures plus lourds qui sont dissociés à la température élevée qui règne en cet endroit et transformés partiellement en gaz. Un cendrier avec grille pourvoit à l'évacuation des cendres.

Le fonctionnement du gazogène est assuré, en marche, par l'effet d'aspiration du moteur ; lors de la mise en route, par un ventilateur branché sur la conduite d'aspiration allant du moteur au gazogène. L'aspiration du gaz se fait à travers les refroidisseurs et les épurateurs où le gaz se débarrasse des impuretés de toute sorte qu'il contient encore.

L'étranglement que présente le foyer en dessous de l'endroit où a lieu la première distillation du bois a une influence considérable sur le fonctionnement de toute l'installation : gazogène, refroidisseurs, épurateurs et moteur.

Si on augmente d'une façon constante et continue la puissance du gazogène, c'est-à-dire si le moteur aspire dans l'unité de temps de plus en plus de gaz du gazogène, les facteurs qui influent sur la puissance du moteur sont les suivants :

a) Le pouvoir calorifique du gaz produit : il est fonction, dans une certaine mesure, de la puissance du gazogène. L'augmentation de la quantité d'air et de gaz aspirés à travers le charbon incandescent accroît la vitesse de combustion, c'est-à-dire la quantité de bois brûlé et en même temps la température du foyer. Une température élevée rend plus complètes les réactions chimiques, et le pouvoir calorifique du gaz s'en trouve augmenté d'autant. A son tour, le pouvoir calorifique croissant influence favorablement la puissance du moteur. Par contre, avec une puissance du gazogène décroissante, la température du foyer faiblit de plus en plus, les réactions de combustion sont moins parfaites et les gaz de produits de moins bonne qualité.

b) La température du gaz produit : elle augmente avec la puissance du gazogène ; le refroidissement du gaz devient aussi plus difficile. Le gaz dilaté par la chaleur remplit mal les cylindres ; les explosions peuvent devenir brutales, le moteur risque de cogner.

c) La résistance à l'aspiration : elle croît aussi avec la puissance du gazogène et, diminuant le remplissage des cylindres, fait obstacle à l'augmentation de puissance du moteur.

d) La teneur en poussières du gaz : elle croît avec sa vitesse. L'épuration présente des difficultés sans cesse accrues avec la puissance fournie par le gazogène.

SCHEMA EINER IMBERT FAHRZEUG HOLZGASERZEUGER-ANLAGE.
SCHEMA DUNE INSTALLATION DE GAZOGENE à BOIS IMBERT POUR VEHICULE.

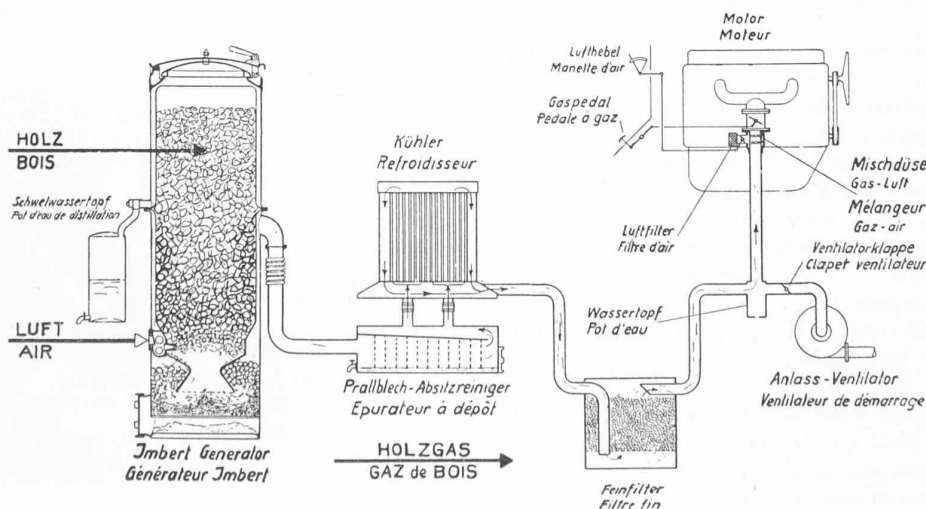


Fig. 1.

L'augmentation de la puissance du gaz est donc limitée par la température du gaz produit, par la résistance éprouvée à l'aspiration et par la teneur en poussières du gaz. Ces trois facteurs sont définis par la vitesse du gaz dans le profil étranglé du foyer. Cette vitesse dépend du volume de gaz aspiré par le moteur, de la température du gaz passant à cet endroit, enfin du rapport de la surface occupée par le charbon à la surface libre dans le profil. Si l'étranglement est trop prononcé, c'est la sous-pression à l'entrée du moteur qui augmente et la puissance de ce dernier qui diminue. Si l'étranglement est trop faible, la dissociation des goudrons et des autres hydrocarbures supérieurs risque d'être par trop incomplète. Autre chose : la réduction de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau en oxyde de carbone et hydrogène exige la présence d'une couche de charbon suffisante. Cette réduction est d'autant plus complète que le gaz est plus longtemps en contact avec le charbon incandescent et que la température de ce dernier est plus élevée. Or, ces deux exigences sont contradictoires. En effet, seule une augmentation du débit d'air est capable d'élever cette température. Mais cela suppose, de la part du moteur, un plus gros prélèvement de gaz. Il s'ensuit une vitesse accrue des gaz qui seront moins longtemps en contact avec le charbon incandescent, d'où une moins bonne réduction et une augmentation de la dépression à la sortie du gazogène. On voit par là toute l'importance qu'il y a d'avoir un gazogène bien étudié.

Le bois.

Le bois joue aussi un rôle de premier plan dans le fonctionnement du gazogène et sur la qualité du gaz produit, par sa qualité, par sa nature et par la grosseur de ses morceaux.

Pour pouvoir assurer un fonctionnement régulier du gazogène, le bois ne devrait pas contenir plus de 15 % d'eau. C'est, en effet, le pourcentage maximum qui théoriquement peut se combiner au carbone incandescent pour former un gaz d'eau à même d'enrichir le gaz produit par le gazogène. S'il y a excès d'eau, la production d'oxyde de carbone diminue par suite d'une nouvelle formation d'acide carbonique.

Considérons un poids déterminé de bois (1 kg, par exemple) à des teneurs d'humidité différentes : 0 % anhydre et 50 %, fraîchement abattu étant les valeurs extrêmes.

La teneur en carbone (composant le plus utile) tombe de 480 gr pour 1 kg de bois anhydre à 240 gr pour du bois à 50 % d'eau. Il en résulte que la formation d'oxyde de carbone suit une ligne de plus en plus descendante et que si 1 kg de bois anhydre peut donner jusqu'à 400 gr d'oxyde de carbone, le même bois à 50 % d'eau n'en donne plus que 120 gr. La différence entre 400 et 480 gr, respectivement 120 et 240 gr représente le carbone perdu sous forme d'acide carbonique.

D'autre part, l'utilisation de l'eau, et en conséquence la production d'hydrogène, croît jusqu'à un palier situé vers le moment où le bois contient 15 % d'eau. Ce chiffre dépassé, on constate un excès d'eau d'autant plus considérable que le bois est moins sec. Cette eau vaporisée est de plus en plus gênante, d'abord parce que, entraînant des calories dans les canalisations, elle s'oppose au refroidissement des gaz, enfin parce qu'il faut la condenser et l'évacuer avant son arrivée au moteur ; sinon, en trop grande proportion, elle ne manquerait pas de noyer les bougies.

On constate donc la production décroissante d'oxyde de carbone et d'hydrogène avec une augmentation du taux d'humidité du bois, ainsi que la place croissante tenue par l'acide carbonique et la vapeur d'eau. Il est dès lors faux de prétendre que le bois vert convient aussi bien que le bois sec à un gazogène. Le bois le plus apte à l'alimentation sans diffi-

cultés des gazogènes est celui contenant de 15 à 20 % d'eau au plus. Au-dessous de 15 %, la baisse de la teneur du gaz en hydrogène est sensible sur la valeur du pouvoir calorifique et l'inflammation du mélange gazeux dans le moteur, rendue plus lente de ce fait. Au-dessus de 20 % on constate des reprises moins franches du moteur, à moins que la perfection du gazogène et des épurateurs permette l'évacuation totale de la condensation de l'eau en excès. Pratiquement, le bois contenant 30 à 35 % d'eau (séché en forêt) est difficilement gazéifié ; on n'en fera usage qu'à titre passager, dans le cas de force majeure seulement.

Le bois humide oblige à des rechargements plus fréquents, au transport d'un volume et d'un poids de combustible plus élevé pour le même effet utile. Enfin, le rendement thermique du carburant qui est de 95 % avec du bois théoriquement sec s'abaisse très rapidement lorsque la teneur en eau s'accroît. Il est donc recommandé de former des stocks de bois dont une quantité est toujours prête à l'emploi, si l'on veut obtenir le meilleur rendement du gazogène.

Le bois qui convient le mieux au gazogène est le bois de hêtre ou foyard. Le chêne ne fournit pas un charbon de bois assez ferme ; son emploi isolé est de ce fait à déconseiller. Si l'on fait usage de sapin seulement, on doit cribler le charbon du foyer plus souvent et en compléter la charge de temps en temps. Mélangé à du bois de foyard (dans la proportion $\frac{2}{3}$ bois de foyard et $\frac{1}{3}$ bois de sapin et même dans des proportions égales), le bois de sapin donne aussi entière satisfaction.

D'autre part, il est très important que le bois se présente sous forme de morceaux de grosseur régulière, de manière à assurer une perméabilité bien uniforme sur toute la section de la cuve. Sinon, on évite difficilement la formation de « cheminées » ou passages libres à travers la couche de carburant, cheminées permettant à l'air encore riche en oxygène de gagner directement la zone de sortie et d'y brûler l'oxyde de carbone formé au grand détriment du rendement thermique du gazogène.

Quant au mode de préparation de bois-carburant (composition, façonnage et dépôt), nous nous permettons de renvoyer les personnes que la chose intéresse plus particulièrement au « Marché du bois », organe de l'Association suisse d'économie forestière n° 16, du 12 mai 1939 ; n° 15-16 du 15 mai 1940 ; n° 1, du 19 septembre 1940. (Voir fig. 2, 3 et 4.)

L'intérêt que la Suisse a au point de vue de l'économie et de la défense nationale à voir se multiplier les gazogènes, est accru par la nécessité grave où elle est de valoriser le produit de ses forêts de montagne de façon à assurer la nourriture à

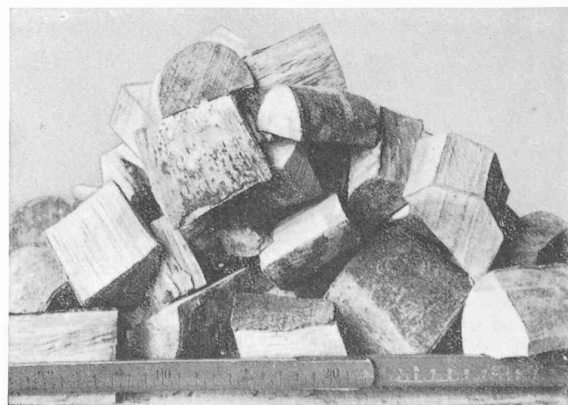


Fig. 2. — Bois découpé, de forme et de dimensions régulières.



Fig. 3. — Bois déchiqueté, non trié ; au premier plan, copeaux et éclats.

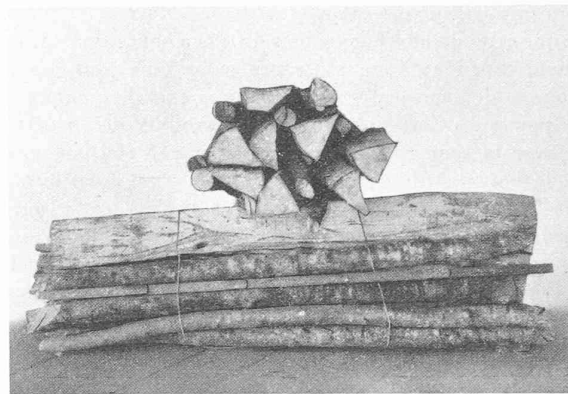


Fig. 4. — Fagot de bois carburant, 100 cm lg/90 cm pourtour, rondins ou quartiers de 3 à 6 cm ; les quartiers plus grands sont refendus (sections de 20 à 30 cm).

ceux qui, vivant de la forêt, en assurent la conservation. La question de tirer parti du bois qui se perd en montagne faute de chemins d'accès convenables, et sa conversion sur place en *charbon de bois* — dont l'Association suisse d'économie forestière a pris l'heureuse initiative — mérite d'être signalée.

Pour obtenir 1 kg de charbon de bois, il faut 3 à 4 kg de bois. Un litre d'essence = 2 à 2,5 kg de bois brut = 1,2 à 1,4 kg de charbon de bois (tiré de 4 à 5 kg de bois). Comparativement à la traction au gaz de bois, la perte d'énergie avec le charbon de bois est de 50 % environ. On ne saurait donc se résoudre à faire usage du charbon de bois comme carburant que dans le cas bien défini où il permet la mise en valeur d'un produit qui, autrement, ne trouverait pas emploi.

Le *charbon de bois*, grâce à sa porosité, est très actif ; il donne un gaz pratiquement exempt de soufre et de produits acides. Le gazogène à charbon de bois est moins volumineux et moins lourd que celui nécessaire à la gazéification directe du bois. Cependant, le charbon de bois présente de sérieux inconvénients : il est très hygroscopique, de sorte qu'il faut parfois le dessécher préalablement sinon le gazogène fonctionne mal ; ensuite, sa friabilité est telle qu'il produit beaucoup de poussières, fort incommodes pour les usagers ; enfin il est volumineux. Il faut 6 litres de charbon pour remplacer 1 litre d'essence, ce qui oblige à avoir sur le véhicule une réserve encombrante de combustible.

C'est donc pour des raisons d'ordre technique qu'on a été amené à étudier l'agglomération.

L'*agglomération* a pour but la fabrication d'un produit dense, d'un emploi commode et propre, mais d'un prix de revient relativement élevé du fait qu'il faut ajouter au prix du charbon lui-même des frais assez élevés d'agglomération. L'agglomération est donc, techniquement parlant, une solution plus avantageuse que le charbon de bois. Cette solution consiste à fabriquer des agglomérés en partant de bois déchiqueté en menus morceaux (ce qui facilite le traitement), en desséchant ce bois dans un autoclave, d'abord sous pression, puis sous vide partiel et en le carbonisant dans une cornue chauffée par sa périphérie. Cette carbonisation s'opère en deux phases : de 155° à 285° ; puis de 285° à 420°. La cornue est munie d'un puits central perforé, qui recueille le produit de la distillation ou goudron primaire, protégé contre le craquage par leur mode d'évacuation, dans la partie la moins chaude de la cornue.

Une tonne de bois séché à l'air donne environ 270 kg de charbon de bois, 100 à 120 kg de goudron primaire, 50 m³ de gaz.

Le goudron primaire constitue l'agglomérant à la confec-

tion de petits boulets ovoïdes moulés à la presse, en se servant du charbon de bois retiré de la cornue et broyé.

Ces boulets sont recuits, et constituent alors un aggloméré très compact et assez résistant aux chocs ; leur densité assez variable avec l'essence de bois utilisé est voisine de celle de la benzine, ils n'absorbent pas d'humidité et peuvent être entreposés sans précautions spéciales. Leur encombrement est à peu près trois fois moindre que celui du bois qui les a fournis.

Pour obtenir un bon aggloméré pour gazogène, il s'avère nécessaire de n'utiliser qu'un bon charbon broyé spécialement. On peut certes utiliser, à la rigueur, les poussières et les déchets de la fabrication du charbon de bois, il est préférable toutefois de réserver ces poussières pour la fabrication de combustibles domestiques. La pratique a démontré que les boulets ou comprimés les meilleurs s'obtiennent lorsque le charbon de bois se compose d'environ 80 % de matière d'un grain inférieur à 0,5 mm et 20 % de 0,5 mm à 2 mm. On a essayé, comme liant, des colles à base de mélasse ou de silicates, et de la pâte de bois chimique ; ceux qui conviennent le mieux sont les goudrons de bois émulsionnés ou non, ou le brai demi-dur.

L'emploi du bois et celui du charbon de bois dans les gazogènes présentent tous deux des avantages et des inconvénients. Une solution plus avantageuse semble avoir été trouvée dans un terme intermédiaire de carbonisation, c'est-à-dire dans un bois ayant subi un début de distillation à une température suffisante pour éliminer l'eau d'hydratation et une partie de l'eau de constitution, de l'acide carbonique et des pyroligneux, mais insuffisamment poussée pour rendre le charbon friable et provoquer le dégagement des gaz à pouvoir calorifique élevé qui se forment à température plus haute : c'est le *bois torréfié*, appelé aussi charbon roux, qui est du bois distillé vers 275° et qui présente des avantages pouvant se résumer ainsi :

Il est dense (sa densité est environ les $\frac{9}{10}$ de celle du bois initial), non friable, peu hygroscopique (à l'état normal, il ne contient que 7 à 8 % d'eau environ), d'une manipulation aussi aisée et propre que celle du bois.

Le défaut de l'emploi du bois dans les gazogènes tenant au grand dégagement de vapeur d'eau au moment de l'arrêt du moteur est considérablement atténué avec le bois torréfié, puisque celui-ci ne dégage plus de vapeurs au-dessous de 275° à 300°. L'utilisation du bois torréfié correspond à une meilleure récupération des calories du bois et ceci est un fait très important au point de vue de l'économie de l'énergie disponible dans nos forêts.

Bien que le pouvoir calorifique du bois torréfié soit moins élevé que celui du charbon de bois distillé à haute température, il donne cependant une puissance calorifique plus élevée et un volume de gaz plus grand, à volume égal de combustible.

Le pouvoir calorifique propre du produit de distillation croît avec la température de distillation ; le charbon provenant de bois distillé à 550° fait près de 8200 Kcal/kg alors que le bois anhydre en fait 4500 à 4600. Mais, cet avantage disparaît si l'on rapporte le pouvoir calorifique non plus au poids mais au volume car, alors que la densité du bois débité est de 400 à 500 kg au stère, celle du charbon n'est plus que de 200 kg au m³. En revanche, la chaleur de combustion du charbon obtenu à partir de 1 kg de bois qui reste constante jusque vers 300° tombe brusquement ensuite. Dans le charbon cuit à 500°-550° on ne retrouve que 50 % environ des calories que pourrait donner le bois initial. La carbonisation entraîne donc une perte de la moitié des calories du bois. A cette perte, il faut encore ajouter la dépense de chaleur nécessitée par la distillation.

Rendement en charbon aux diverses températures et pouvoir calorifique de celui-ci, pour du bois de pin.
(Essais de M. Dupont.)

Température de distillation	Rendement en charbon en % du bois sec	Pouvoir calorifique Kcal/kg	Chaleur combustion du charbon provenant de 1 kg de bois	Aspect du charbon
100°	100	4730	4730	bois sec
275°—290°	80,4	5780	4650	roux dur
310°	54	6870	3700	roux foncé
400°	38	7710	2930	assez dur
545°	27,5	8250	2270	friable

Le pouvoir calorifique du carburant n'est qu'une des faces du problème. Ce qu'il faut considérer pour l'emploi dans les gazogènes c'est le rendement en gaz des divers produits, le pouvoir calorifique de ces gaz et la chaleur dégagée à l'explosion dans le cylindre par m³ du mélange gazeux utilisé.

Les résultats d'essais effectués sur du bois de pin par M. Georges Dupont¹ ont conduit aux constatations suivantes ; qui sont de la plus haute importance :

a) Le pouvoir calorifique des gaz est sensiblement constant et maximum pour le bois distillé aux températures comprises entre 100° et 290°. Il est moindre pour le bois humide ainsi que pour le charbon distillé à haute température. Le pouvoir calorifique au m³ de cylindrée qui est la caractéristique la plus intéressante au point de vue de l'utilisation dans les moteurs suit une courbe sensiblement parallèle.

b) Le rendement calorique au moteur du bois initial, c'est-à-dire le nombre de calories que l'on peut obtenir finalement au moteur, en partant de 1 kg de bois sec, pris au gazogène aux divers états d'humidité ou de distillation, est également maximum lorsque ce bois est torréfié entre 100° et 290°. Il subit une chute brusque quand la distillation franchit la température de décomposition exothermique et continue à s'abaisser fortement quand on élève la température de distillation.

c) La chaleur de combustion des gaz provenant de 1 kg de charbon (c'est-à-dire la puissance calorifique du charbon utilisable au gazogène) ainsi que le volume des gaz produits, croissent progressivement avec la température de distillation.

Les considérations qui précèdent laissent donc une marge pour le choix de la température de torréfaction comprise entre 100° et 290°. Mais, pour les raisons qui suivent, le choix doit être porté sur les températures supérieures à cette marge, soit entre 270° et 290°. En effet :

1. à cette température, l'élimination de l'eau de constitution du bois est plus complète, la température de régime du

gazogène est donc plus élevée et la qualité du gaz est moins sensible aux variations de débit du gazogène ;

2. le bois torréfié à ces températures est moins hygroscopique, plus poreux et plus léger que le bois simplement séché à 100° ; enfin, il ne dégage plus de vapeur qu'au-dessus de 275°.

Les résultats d'essais effectués par M. Dupont sur un gazogène à combustion renversée sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Eat du bois (pin) ou température de distillation du charbon.	Rendement à partir de 1 kg de bois sec.	Volume des gaz secs produits m ³ /kg de charbon	Chaleur de combustion de ces gaz Kcal.	Chaleur de combustion du gaz venant de 1 kg de bois sec	Utilisation au moteur Kcal/m ³ de cylindrée.
bois à 18 % d'humidité	118,0	2,21	3150	3720	628
bois séché à 100°	100,0	2,48	3860	3860	659
bois distillé à 275°-290°	env. 80,4	3,05	4610	3700	655
bois distillé à 310°	env. 54,0	3,77	5540	3000	648
bois distillé à 400°	env. 38,0	4,22	5700	2170	623
bois distillé à 550°	27,5	5,10	6070	1670	595

Solide, peu hygroscopique, d'une manipulation aisée et propre, ayant à volume égal un rendement calorique nettement plus élevé que le charbon de bois ordinaire, donnant un gaz dont la puissance au m³ de cylindrée est maximum, ne dégageant des vapeurs qu'au-dessous de 275° : ce sont là autant d'avantages que la marche pratique de camions à gazogène a sanctionnés. Au moment où se pose, chez nous, la question de savoir sous quelle forme il y aura lieu dans l'avenir d'utiliser le bois de nos forêts de montagne pour la traction de véhicules à moteur, spécialement pour ceux de cylindrée moyenne (voitures de tourisme), il faut envisager toutes les possibilités offertes par la technique pour valoriser au mieux les produits de notre sol.

(A suivre.)

Un Abattoir Moderne.

L'accroissement continu de la population urbaine, depuis quelques dizaines d'années, ainsi que la désaffectation d'anciennes installations qui ne satisfaisaient plus aux exigences de la salubrité publique, ont conduit bien des Municipalités à envisager la construction d'abattoirs répondant aux principes de l'hygiène et de la technique modernes¹. C'est ainsi que la Ville de Winterthur s'est vue obligée, elle aussi, de supprimer son ancien abattoir situé au centre de la ville et de le remplacer par des installations plus rationnelles. Bien que le nouvel abattoir, qui a été érigé dans les environs de la ville, au bord de la Töss n'est pas une installation de très grande envergure, il n'en présente pas moins un intérêt spécial par le fait qu'on y a mis à profit toutes les plus récentes expériences réalisées dans ce domaine particulier. Aussi ne manquera-t-il pas d'attirer l'attention des milieux compétents et pourra-t-il contribuer à l'évolution ou à la solution de maints problèmes qui se posent dans la construction des abattoirs modernes et de leurs installations mécaniques.

¹ Voir entre autres *Bulletin technique* du 25 février 1939, p. 41, la reproduction des projets primés au concours des abattoirs de Genève et *Bulletin technique* du 1^{er} juin 1940, p. 117, les résultats du concours des nouveaux abattoirs de Lausanne. (Réd.)

¹ Rapport présenté au Congrès du bois de feu et du charbon de bois de Nancy, 24-26 juillet 1934.