

753  
N°

W

Les grandes questions à l'ordre du jour

---

A. BERTIN

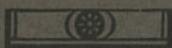
Inspecteur des Eaux et Forêts  
Conseiller technique du Ministère des Colonies



**Principaux**  
**Emplois chimiques**  
**du Bois**

Précédé d'une Préface de M. A. TASSEL  
Intendant général des troupes coloniales  
Directeur au Ministère des Colonies

et d'une lettre de M. CANGARDEL  
Directeur général de l'Union Française Maritime



PARIS

Librairie de "La Vie Technique et Industrielle"  
18, Rue Séguier (VI<sup>e</sup>)

Registre du Commerce : Seine 13.729

Tous droits réservés

Copyright 1924 by La Vie Technique, Industrielle, Agricole et Coloniale

1922



00153

VILLE de L

Les grandes questions à l'ordre du jour

A. BERTIN

Inspecteur des Eaux et Forêts  
Conseiller technique du Ministère des Colonies



# Principaux Emplois chimiques du Bois

Précédé d'une Préface de M. A. TASSEL

Intendant général des troupes coloniales  
Directeur au Ministère des Colonies

et d'une lettre de M. CANGARDEL

Directeur général de l'Union Française Maritime



PARIS

Librairie de "La Vie Technique et Industrielle"

18, Rue Séguier (VI<sup>e</sup>)

Registre du Commerce : Seine 13.729

Tous droits réservés

Copyright 1924 by La Vie Technique, Industrielle, Agricole et Coloniale

## NOTE DE L'AUTEUR

L'auteur tient à faire remarquer que son étude entière sur les *Principaux emplois chimiques du bois*, rédigée dans un but de documentation pratique, constitue simplement un aide-mémoire sans prétentions dont la publication n'a été envisagée qu'après coup. On trouve actuellement en librairie bien peu de manuels simples sur un tel sujet ; ces pages peuvent, après tout, rendre quelques services.

Bien qu'en évolution constante, la science des utilisations chimiques du bois a des bases fort anciennes.

A côté de données nouvelles et inédites, ce travail doit nécessairement reprendre des notions déjà exposées dans différents livres et cours, résumés dans les notes et archives de l'auteur, plus ou moins anciennes, et qui rappellent forcément les divers documents dispersés, épuisés ou disparus, qui les ont inspirées.

La présente étude cite dans le texte, ou par annotations, les inventeurs des divers procédés ou les originaux (voir citations de MM. les sénateurs Tissier, Georges Vié, Dumésny et Noyer, etc...).

L'auteur tient à déclarer en outre que plusieurs passages, tirés de ses notes anciennes, sont inspirés parfois du traité sur *Le Bois*, par J. Boverie, librairie Gauthier-Villars ; et surtout du savant *Traité d'exploitation commerciale des bois*, de M. Alphonse Mathey, conservateur des Eaux et Forêts en retraite, directeur général de la Société « Sylvanis », — librairie Lucien Laveur, — livre de chevet inspirant et guidant toutes les personnes intéressées aux diverses utilisations du bois, qui en espèrent une édition nouvelle.

Pour que nul ne l'ignore, les passages signalés ci-après sont tirés du traité de M. A. Mathey.

*Au chapitre I<sup>er</sup>*. Dans la « Composition immédiate des bois », paragraphes sur les diastases, amides, substances alimentaires, et sur les glucosides.

*Au chapitre II*, fin du paragraphe sur la densité des charbons de bois, paragraphes sur le pouvoir calorifique de ces charbons, volume des meules verticales, rendement des bois en charbon, fours mexicains.

[Abstraction faite de la figure n° 8, les figures de ce chapitre, figures n°s 1 à 11 inclus, sont reproduites d'après les dessins de M. A. Mathey.]

*Au chapitre IV*, début des paragraphes ci-après :

« Mode de présentation des bois à papier », qualités et emplois des « pâtes mécaniques et pâtes chimiques ».

A. BERTIN.

## PREFACE

---

L'auteur présente au Public une étude sur la « Chimie du bois » et sur les multiples emplois chimiques du bois et de ses résidus. Cet ouvrage vient à son heure à plusieurs titres : tout d'abord parce que la recherche des carburants est à l'ordre du jour et que le bois nous en offre de divers ordres ; parce qu'il est opportun d'appeler l'attention des exploitants du bois, aux divers stades de son utilisation, sur les nombreux emplois industriels dont il peut être l'objet ; parce que, enfin, il est nécessaire de faire connaître ce que nos forêts coloniales, qui couvrent une superficie double de celle de la France, renferment de richesses inexploitées ou inutilisées.

Nos massifs coloniaux sont formés de peuplements très hétérogènes, où, par suite, s'impose la nécessité d'envisager des emplois très divers, appropriés à des essences si variées, mélangées pied à pied.

A côté des bois de luxe (bois des îles et bois d'ébénisterie de choix) qui, seuls, ont une valeur réelle sur pied, combien d'autres essences à transformer en bois d'œuvre, mais dont les frais d'exploitation, de sciage, de présentation industrielle et de transport jusqu'au lieu d'emploi ne peuvent être envisagés que par de puissantes entreprises disposant de moyens adéquats.

M. Bertin ouvre de nouvelles perspectives à l'utilisation de ces arbres, des petits bois et des sous-produits en indiquant les divers emplois à en faire et en décrivant les procédés les plus simples pour les réaliser.

Peut-être est-ce là la solution de la question forestière coloniale; en offrant de nouveaux débouchés aux essences et aux sous-produits actuellement sans valeur, et par suite voués à la destruction, en indiquant les moyens de les transformer sur place en pâte de cellulose, en carburant et en produits chimiques de grande valeur, sous une faible masse, l'auteur fait entrevoir des possibilités qui ne manqueront pas de tenter certains réalisateurs. Et par là même seront assurées l'exploitation totale et rationnelle et la conservation de nos forêts.

On a constaté depuis longtemps que « la forêt précède les peuples, le désert les suit ». Cette constatation est de tous les âges et on peut en vérifier aujourd'hui encore l'exactitude dans plusieurs pays. Par son énorme étendue la forêt entrave l'agriculture ; dans les pays neufs, elle ne présente pas de valeur, puis avec le développement de la civilisation, le bois devient une matière indispensable et, après avoir détruit, on est contraint de reboiser, non seulement pour assurer la salubrité et la fertilité des campagnes, mais aussi pour s'approvisionner en matière ligneuse.

Je voudrais que, profitant des dures leçons du passé, ces excès de destruction et ces volte-faces onéreuses soient évités à nos colonies et j'en aperçois des remèdes dans la valorisation des bois inférieurs et des sous-produits ; on respecte généralement une végétation créatrice de revenus assurés, on en surveille la reproduction, alors que des objets sans valeur immédiate ne méritent ni soins de conservation, ni mesures de régénération.

La chimie de la cellulose et du bois est une science toute nouvelle, encore en évolution, et dont la documentation dispersée est partant difficile à réunir et à connaître.

Cette étude facilitera l'initiation des forestiers qui ont la charge de sauvegarder et de perpétuer nos richesses forestières, et des exploitants qui en assurent l'utilisation industrielle; elle leur dira qu'après avoir produit du bois, on peut encore, par divers procédés, obtenir de l'alcool méthylique et surtout de l'alcool éthylique, du gaz pauvre pour gazogènes, de la pâte à papier, etc...

Elle leur présentera sous une forme concise et pratique les principes des industries chimiques dérivées du bois et facilitera leurs travaux de recherche.

Je souhaite à ce manuel l'accueil qu'il mérite tant par la documentation qu'il met à la disposition de tous que par la notoriété même de son auteur ; après avoir exploré une grande partie de nos forêts tropicales, il avait le droit légitime d'en indiquer la meilleure utilisation.

A. TASSEL.

« UNION FRANÇAISE MARITIME »  
36, rue de Naples, Paris (8<sup>e</sup>)

Paris, le 20 juillet 1922.

Monsieur BERTIN,  
Inspecteur des Eaux et Forêts,  
Conseiller technique du Ministère des Colonies.

*Mon cher Ami,*

*Je salue avec joie la publication de votre ouvrage sur  
« Les Principaux Emplois Chimiques du Bois ».*

*Sans tirer gloire d'un effort qui est tout entier vôtre,  
je suis heureux d'avoir vaincu les résistances de votre mo-  
destie et d'avoir réussi à vous persuader que la publica-  
tion de votre étude, à la fois savante et pratique, présen-  
terait un grand intérêt pour les chefs d'industrie et les  
négociants.*

*Ayant accepté, comme vous le savez, la lourde tâche de  
vendre un grand nombre de bateaux en bois construits  
pendant la guerre, unités dont une bonne partie ne pou-  
vait plus être destinée à la navigation, je me suis préoc-  
cupé des débouchés possibles pour ces coques sans  
emploi maritime, mais dont les bois pouvaient être réuti-  
lisés par diverses industries.*

*Sans vos conseils, qui m'ont éclairé et heureusement  
guidé dans mes études, j'aurais pu faire fausse route et  
envisager le problème de la liquidation de la flotte en bois  
sous un jour différent.*

*Vos études ont été communiquées par mes soins à tous  
les acheteurs de nos navires en bois, elles les ont intéres-  
sés car ils y trouvent des renseignements précieux pour  
le triage, par catégories, avant mise en vente, des diffé-  
rentes essences de bois employées dans la construction  
de ces coques.*

*De même, les conducteurs de chantiers de démolition  
de tous édifices où les bois abondent, vous devront d'ex-*

cellents renseignements pour l'utilisation de leurs matériaux de démolition.

Enfin, vous apportez une solution fort heureuse à la crise actuelle de la propriété forestière où sévit la mévente des petits bois qui doivent prendre une très grande valeur par leur transformation en produits chimiques.

En souhaitant de tout cœur à votre livre le succès qu'il mérite, je vous prie d'agréer, mon cher ami, l'assurance de mes sentiments les plus dévoués.

H. CANGARDEL,

Directeur général de la Société des Armateurs  
Français et de **L'Union Française Maritime**  
(Société sous le contrôle du Sous-Secrétariat  
d'Etat de la Marine Marchande).

---

# PRINCIPAUX EMPLOIS CHIMIQUES DU BOIS

## Utilisation des Résidus, Déchets et Sous-Produits d'Exploitation forestière ou de Bois de démolition

### CHAPITRE PREMIER

## Composition chimique des Bois

On distingue en chimie organique l'*analyse élémentaire* qui dissèque la matière jusqu'aux corps simples, et l'*analyse immédiate* séparant seulement les uns des autres les divers composés chimiques bien définis, dont le mélange constitue la substance organisée soumise à l'examen du chimiste.

### A. - COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DES BOIS <sup>(1)</sup>

Si l'on recueille la sciure produite en sciant, peu de temps après l'exploitation, un arbre abattu en période de sève ralentie ou en hiver, on obtient, par l'analyse élémentaire, des résultats un peu différents selon les essences et variétés examinées, mais en chiffres arrondis les résultats sont, en moyenne, les suivants :

40 % d'eau hygrométrique;  
1 % de cendres;  
59 % de principes élémentaires :  
Carbone, 30 % Hydrogène, 3,50 %, Oxygène, 25 %, Azote, 0,50 %.

#### Teneur en eau

I. — La TENEUR EN EAU diffère d'espèce à espèce, et varie pour un même arbre :

(1) Voir J. Beauverie. « Le Bois ». Imprimerie Gauthier-Villars.

- 1° Suivant ses diverses parties (maximum dans les parties jeunes ou de formations récentes);
- 2° Suivant la saison d'abatage (minimum en hiver);
- 3° Avec la durée de dessiccation à l'air libre;
- 4° Suivant qu'il est écorcé ou non; l'écorçage favorisant la dessiccation;
- 5° Suivant qu'il est débité ou non; le débitage favorisant la dessiccation.

#### Teneur en cendres

II. — Lorsqu'on brûle des fragments de bois, on obtient toujours des CENDRES ou résidus incombustibles formés d'un grand nombre de corps simples qui se trouvent dans la plante à l'état de combinaisons salines. Ces corps simples sont, en première ligne : le soufre, le phosphore, le chlore, le silicium, le potassium, le calcium, le magnésium, le fer, le sodium, substances communes à tous les végétaux; on rencontre encore, mais moins généralement: l'aluminium, le baryum, le zinc, le bore etc...

Les combinaisons salines de ces différents éléments apparaissent dans le bois en quantité faible, mais elles sont indispensables pour que se produise la bonne croissance du végétal dont le développement est bien amoindri si une seule des substances utiles fait défaut.

La teneur en quantités de cendres et la composition des cendres varient avec les différentes essences, et pour une même essence avec la nature minéralogique du sol de végétation, avec l'époque de l'abatage, et enfin avec les différentes parties du végétal.

En moyenne, on peut classer comme il suit, par ordre d'importance, les principaux éléments inorganiques entrant dans la composition des cendres forestières :

##### 1° Bases :

Chaux .....	50 %
Potasse et soude.....	15 %
Magnésie .....	5 %
Oxydes de fer et de manganèse.....	3 %

##### 2° Acides :

Acides phosphorique et silicique....	10 %
Acide sulfurique.....	2,50 %

La chaux et la silice se trouvent surtout dans l'écorce, la potasse est localisée principalement dans les feuilles et le bois.

La teneur des cendres en sels solubles et surtout en:



Forêt domaniale de Vizzavona (Corse) (Cl. Thiollier).  
Pins laricio.

potasse est relativement forte. Cela explique l'emploi qu'on en fait de tout temps pour le lessivage du linge. Actuellement, l'industrie dispose d'autres sources plus abondantes et plus économiques de potasse.

#### **Fabrication du carbonate de potasse**

C'est donc un véritable pis-aller que de FABRIQUER DU CARBONATE DE POTASSE en incinérant les bois. Cette fabrication est encore pratiquée cependant dans certaines régions de Scandinavie, de Russie et du Canada. Elle pourrait encore présenter un certain intérêt dans nos colonies ou encore pour l'utilisation des déchets d'exploitation rassemblés sur un même point sans transports onéreux, ou, faute de mieux, pour l'emploi ultime de bois de démolition dont on ne pourrait pas tirer un meilleur parti.

Après incinération des bois, les cendres sont lessivées; et le produit du lessivage est ensuite évaporé, calciné et raffiné. Le rendement en carbonate de potasse atteint à peu près deux millièmes du poids du bois. Aussi, cette fabrication est-elle abandonnée de plus en plus.

#### **Influence des matières minérales des cendres sur les emplois du bois**

De ce que la proportion de cendres contenues dans le bois est très faible il ne faudrait pas conclure que ces matières minérales sont sans influence sur les qualités de la matière ligneuse et sur ses emplois pratiques.

Les bois les plus durs, comme l'*ébène*, sont relativement très riches en cendres (3,9 % pour l'*ébène*). Ce même bois d'*ébène* doit son scintillement particulier aux cristaux qui garnissent les cellules des rayons médullaires.

Le microscope permet d'apercevoir des cristaux de silice dans la paroi des fibres du bois de *teck*, dont l'imputrescibilité et la dureté sont ainsi expliquées. Il est vrai que la silice use rapidement les lames de scie et rend moins facile la mise en œuvre du *teck*.

Le bois de *bruyère* convient très bien pour la fabrication des fourneaux de pipe, car il est rendu difficilement inflammable par les salicylates qu'on trouve relativement abondants dans les fibres (1.81 %).

Mais, au point de vue pratique, l'influence de la composition minérale des bois est surtout considérable sur les phénomènes d'altération des bois. Certaines substances minérales sont des aliments de premier ordre pour les champignons qui détériorent plus rapidement les bois

abattus en sève, et par conséquent riches en eau et en matières albuminoïdes. Mais la prolifération des champignons est active, surtout parce que les bois en sève possèdent plus de potasse et d'acide phosphorique.

#### Teneur en principes élémentaires

III. — La proportion des *principes élémentaires* : carbone, hydrogène, oxygène, azote varie peu dans les divers bois. Dans le bois complètement sec, formé



Cliché : C.F.A.F.

Tronçonnage d'une grosse bille d'acajou à la Côte d'Ivoire.

surtout de cellulose pure, il y a excès de carbone et d'hydrogène en plus de la composition de la cellulose pure.

### B. - COMPOSITION IMMÉDIATE DES BOIS

De la connaissance de cette composition découlent tous les emplois chimiques du bois. Il est donc nécessaire de rappeler ici au moins les principes qui servent de point de départ aux diverses applications industrielles pratiques actuellement connues.

Nous distinguerons la sève qui remplit les cellules, et les principes qui forment la paroi des cellules.

## I. — SEVE OU CONTENU DES CELLULES DU BOIS ET PRINCIPES DE LA SEVE QUI IMPREGNENT PARFOIS LA PAROI DES CELLULES

Les éléments âgés du bois formant le bois de cœur des arbres sont morts et vides de tout contenu. Mais le bois d'aubier fraîchement formé, les rayons médullaires, le parenchyme sont gorgés de *protoplasma* qui constitue la matière vivante par excellence, formée surtout d'albuminoïdes, mais dont il est impossible de déterminer exactement la composition chimique, car elle se modifie constamment. C'est l'évolution perpétuelle du *protoplasma* qui constitue la vie elle-même.

On trouve donc dans les jeunes tissus végétaux de nombreux dérivés de l'activité du *protoplasma*.

Des FERMENTS SOLUBLES ou DIASTASES (1), agents actifs de la transformation des aliments des plantes, comme l'*amylase* transforment l'amidon en dextrine, comme la *pepsine* qui aide à la digestion de chair animale (latex du figuier, suc de papayer), l'*émulsine* de l'amandier, des alisiers et sorbiers.

Des AMIDES, comme l'*Asparagine* des jeunes pousses de l'orme, des ALCALIS ORGANIQUES, comme la *quinine*, la *cinchonine* (quinquinas), la *pipéridine* (poivriers), la *caféine* et *théobromine* (caféiers, théiers, cacaoyers).

Des SUBSTANCES ALIMENTAIRES très variées, comme les *graisses*, *beurres* et *huiles végétales*, emmagasinées dans les graines et les fruits. Le beurre d'oba ou *Pain d'Odika* (*Irvingia gabonensis* du Gabon), l'*huile d'Argan* (*Argania Sideroxylon*, du Maroc), l'*huile de palme* (*Eléis Guinéensis*, du Bénin), l'*huile de noix*, l'*huile de faine* (du hêtre), etc.

Des MATIERES DE RESERVE ET D'EXCRETION, comme les *gommes*, provenant surtout d'acacias des pays chauds, les *huiles de bois*, l'*amidon*, les *corps sucrés*, les *glucosides*, les *résines*, etc.

Lorsque le bois a été abattu en hiver ou en période de sève ralentie, il contient beaucoup d'*amidon* de réserve qui a l'inconvénient de prédisposer les bois à la vermou-lure, mais communique, par contre, à la matière ligneuse des qualités plus grandes pour la plupart des usages.

(1) A. Mathey : « Traité d'exploitation commerciale des bois ». Librairie Lucien Laveur.



(Cl. Thiollier)

Forêt de Hez-Froidmont (Oise)  
Exploitation dans un peuplement de chênes et hêtres

### Moyens de reconnaître qu'un bois a été abattu en été ou en hiver

L'amidon bouche les pores du bois et le rend plus dur et plus imperméable. L'amidon se colore en violet par l'iode. Pour reconnaître si un bois a été coupé en hiver on l'imprègne de solution iodurée; si la surface apparaît jaune, et non violette, on peut affirmer que l'arbre a été abattu en sève; si, au contraire, des bandes sombres ou noires apparaissent, c'est qu'on a affaire à un bois coupé en période de sève ralentie.

### Suite de l'énumération des matières de réserve et d'excrétion des bois

La *glu* vient d'une matière de réserve : la *viscine* (fruit du gui ou *Viscum album*, écorce du houx, racine des viornes). Le *Bornéol*, matière première du camphre s'obtient par distillation des parties jeunes du camphrier de Bornéo ou du camphrier du Japon (*Cinnamomum Camphora*) acclimaté dans l'Indochine française.

Les *corps sucrés* contenus dans la sève proviennent de la transformation de l'amidon en dextrine, puis en sucre. Ils comprennent les *glucoses* et *saccharoses*, les *mannites* du frêne et de l'érable, la *quercite* des chênes, la *pinite* des pins.

L'érable « *Negundo aceroides* » d'Amérique fait l'objet d'une exploitation industrielle suivie de *sucre* et *miel d'érable*; tandis que nos érables indigènes, le bouleau, le charme et le tilleul, dont la sève est sucrée et désaltère agréablement au printemps, contiennent seulement de 2 à 5 % de sucre, proportion trop minime pour que l'extraction en soit rémunératrice.

Aux saccharoses se rattachent les *glucosides*, corps neutres ou faiblement acides, composés ternaires (carbone, hydrogène et oxygène) comprenant : — la *bétuline* et la *salicine*, abondantes dans les écorces de bouleaux et saules, utilisées pour la préparation des cuirs dits de Russie — et surtout les glucosides azotés ou *Tanins*, répandus dans le suc cellulaire, mais qui imprègnent les parois des cellules ligneuses dans les parties anciennes du bois. L'aubier est la zone la plus pauvre en tanin, et c'est au contraire, dans les couches périphériques du bois du cœur que le tanin atteint subitement son maximum (chêne et châtaignier), puis la teneur en tanin diminue plus ou moins progressivement vers le centre de l'arbre.

Les *acides organiques*, existant dans les végétaux, soit à l'état de dissolution séveuse, soit à l'état d'éthers orga-

niques ou de sels minéraux: *acide gallique* (chêne, châtaignier, sumac, manguier, cœsalpina, etc.), *acide acétique*, sous forme d'acétates; *acide oxalique*, à l'état d'oxalates dans un grand nombre de végétaux et préparé par traitement de la sciure de bois.



Forêt de Ouessou (Gabon). — Un éléphant fraîchement abattu.  
Cliché mission Périquet (*Chapelot, éditeur*).

Puis, les carbures ou composés binaires (carbone, hydrogène) donnent : 1° les *résines des pins* et les *oléorésines*. Ces dernières sont de résines associées à des huiles essentielles; exemple : le baume de Tolu, le *benjoin* coulant du tronc de « *Toluijera Balsanum* », et « *Syrax Benzoin* »;

2° Les *caoutchoucs et latex divers, gutta-perchas, balatas*, et les laits végétaux comestibles;

3° Les *essences*, qui rendent les bois odorants, bois de cèdre, bois de rose, etc.

Enfin, des matières colorantes permettent d'utiliser les *bois de teinture*.

## II. — COMPOSITION DE LA MEMBRANE DES CELLULES DU BOIS

Sans doute, les principes du protoplasme sont très variés et donnent naissance à des industries nombreuses, mais très spécialisées suivant chaque espèce forestière; par contre, les principaux emplois du bois en chimie industrielle sont basés surtout sur l'utilisation de la matière ligneuse elle-même, qui forme le substratum de la paroi des cellules et le squelette ligneux de toutes les essences.

Nous abordons véritablement ici les données primordiales qui dominent toute la question des emplois chimiques généraux du bois, étudiés dans les pages suivantes principalement aux points de vue économique et industriel.

Une cellule destinée à devenir ligneuse a ses parois constituées comme celles de toutes les autres cellules, par l'association de deux principes ternaires : la *cellulose* qui domine, et des *principes pectiques*, formant la matière intercellulaire ou la lame mitoyenne entre cellules contiguës. Plus tard, dans la cellule ligneuse, viennent se superposer à ces substances des matières incrustantes complexes, appelées matières lignoniques, ou encore *lignones*, mal connues, où domine la *vasculose* de Frémy.

La chimie de tous ces composés ternaires formant le groupe des « Celluloses » est actuellement encore très mal connue, et on doit espérer que de très belles applications industrielles résulteront des progrès de cette science.

Au point de vue pratique, nous considérons le bois comme formé essentiellement de cellulose et de vasculose.

### a) - CELLULOSE.

La cellulose qu'on trouve à l'état presque complètement pur dans la fibre du coton et la moelle de sureau est un hydrate de carbone de même composition centésimale que l'amidon,  $C^6 H^{10} O^5$ , mais plus condensé que ce dernier. Si la molécule d'amidon est  $(C^6 H^{10} O^5)^n$ , celle de la cellulose pure est au moins  $(C^6 H^{10} O^5)^{n+1}$   $n$  étant environ égal à 5.

Frémy et Urbain distinguent :

La *cellulose* proprement dite, la *paracellulose* et la *métacellulose*.

La *métacellulose* ou *fungine* nous intéresse peu, car

elle compose surtout le tissu des algues et des champignons.

#### **Solubilité dans le réactif de Schweitzer**

La *paracellulose* est à molécule plus condensée que la *cellulose* propre, dont le caractère distinctif est d'être soluble lentement à froid dans le *réactif de Schweitzer*. Ce réactif, composé d'oxyde de cuivre ammoniacal, se présente comme une liqueur d'un beau bleu et s'obtient en faisant passer plusieurs fois de l'ammoniaque sur de la tournure de cuivre.

La paracellulose est également soluble dans la même liqueur, mais seulement après l'action des acides.

#### **Amidon et cellulose bleuissent en présence de l'iode**

Nous avons vu que la cellulose a une composition analogue à celle de l'amidon. La réaction caractéristique de la cellulose consiste, comme celle de l'amidon, à produire une coloration bleue avec les réactifs iodés constitués par des acides ou par des sels métalliques concentrés additionnés d'iode.

Le réactif ainsi ajouté à l'iode a pour effet de transformer la cellulose en amyloïde, substance analogue à l'amidon, qui se colore en bleu ou en violet par l'iode libre.

#### **b) - VASCULOSE ou mieux LIGNINE (vocabulaire plus moderne).**

C'est une substance ternaire mal définie, renfermant plus de carbone, plus d'hydrogène et moins d'oxygène que la cellulose. Elle comprend les Pecto et Muco-celluloses.

La vasculose existe dans tous les tissus végétaux, mais en proportion variable suivant les essences. C'est ainsi que chez les conifères (pins et sapins), même très âgés, la couche interne de la membrane des cellules reste toujours cellulosique. La cellulose domine dans les conifères.

La vasculose est beaucoup plus abondante dans les bois durs et denses (gaïac, bois de fer 40 0/0, chêne 30 0/0) que dans les bois tendres (peuplier 18 0/0) et résineux (pins, sapins). Elle imprègne les cellules âgées du bois de cœur plus que celles de l'aubier. Frémy et Urbain admettent que pendant le vieillissement des tissus ligneux, la cellulose tend de plus en plus à se déshydrater et à se déshydrogéner pour former le bois parfait où la vasculose domine.

Un bois est d'autant plus nerveux, solide et résistant qu'il contient plus de vasculose.

**Les bois vieillis à l'air sont moins solides**

Sous l'action de l'oxygène de l'air, la vasculose se décompose facilement. Ainsi s'explique ce phénomène que le bois exposé aux intempéries perd peu à peu de sa consistance et de sa dureté. La disparition de la vasculose est une source d'altération des bois mis en œuvre dont la durée n'est pas éternelle. Il est donc prudent de réformer, après un certain nombre de mois de service, les charpentes qui ont besoin de beaucoup de solidité, comme par exemple, les carcasses d'avions en bois.

**PROPRIÉTÉS COMPARÉES DE LA CELLULOSE  
ET DE LA VASCULOSE OU LIGNITE  
(Applications industrielles)**

---

**COMBUSTION. — PYROGENATION  
OU DISTILLATION DES BOIS. — PÂTE À PAPIER  
ALCOOLS DE BOIS, etc...**

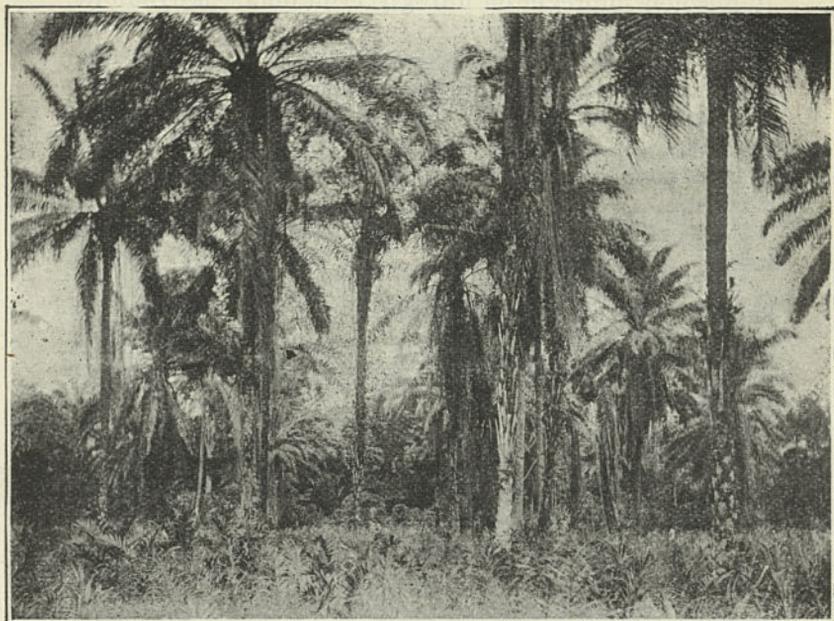
Nous venons de citer un exemple qui montre l'importance pratique de l'étude des propriétés chimiques des différents principes ligneux. Cette connaissance est indispensable pour l'appréciation de la valeur des bois comme combustibles ou comme matière première pour la distillation, la pâte à papier, les alcools méthylique et éthylique, etc.

**Propriétés de la cellulose**

La cellulose n'est pas attaquée par les *acides étendus* à froid ; à chaud, ils agissent comme le font à froid les acides concentrés.

...  
L'*acide chlorhydrique étendu* est sans action à froid sur la cellulose, mais par une ébullition prolongée, il transforme et hydrolyse la cellulose progressivement en dextrine, puis en glucose, qui sera le point de départ de la fabrication de l'alcool éthylique (ou alcool de vin) aux dépens du bois. Plus concentré, l'acide chlorhydrique opère rapidement cette saccharification. Très concentré, l'acide chlorhydrique réduit la cellulose en acides umniques noirs, et composés analogues aux lignites, tourbes, houilles et enfin, en carbone pur.

L'*acide sulfurique* agit de même. Concentré à froid, ou bien étendu, mais à chaud, il transforme la cellulose en dextrine, puis en glucose, sucre fermentescible. C'est la vieille expérience de *Braconnot* qui réussit le premier, au moyen de l'*acide sulfurique* et de la chaleur, la transformation en sucre de la cellulose de vieux chiffons.



Plantation de cacaoyers sous une palmeraie. — Cliché mission Périquet  
(Chapelot, éditeur).

D'où le nom de *sucre de chiffons* donné au glucose ainsi fabriqué, qui permettra d'obtenir d'alcool éthylique ou alcool vinique de bois, comestible. Moyennement concentré et froid, l'*acide sulfurique* transforme la cellulose du papier en une matière qui, après lavage dans l'eau ammoniacale, est translucide et constitue le *papier parchemin* ou *papier sulfurisé*.

Les *alcalis*, même concentrés, n'agissent pas sur la cellulose. Cependant, soumise à l'action des hydrates de potasse ou de soude fondus, la cellulose se transforme en oxalates, acétates et formiates avec dégagement d'hydrogène. Cette réaction est utilisée notamment en Angleterre, en Allemagne et même en France pour la transformation industrielle de la sciure de bois en *acide oxalique* (usines florissantes à Manchester, etc.)

L'acide azotique concentré et froid, seul, ou, mieux, mélangé à l'acide sulfurique, donne avec la cellulose des fulmicotons, cotons-poudres ou celluloses nitrées, dont les solutions dans l'alcool et l'éther constituent les collodions. Les cotons-poudres ou celluloses plus riches en azote constituent la base des « *poudres sans fumée* ». Le fulmicoton imprégné de nitroglycérine donne la dynamite, *gomme* ou *poudre Nobel*.

Les celluloses nitrées dissoutes dans le toluène et additionnées de camphre forment la base du *celluloïd*.

Le collodion, réduit en fils très minces, dénitrifiés par un réducteur alcalin, forme la « *Soie artificielle* » Chardonnet dont la fabrication constitue une industrie pleine d'avenir.

Tels ont le principaux dérivés industriels de la cellulose.

#### Propriétés de la vasculose ou lignine

La *vasculose*, de son côté, résiste aux dissolvants, neutres : elle est insoluble également dans le réactif Schweitzer.

La vasculose est riche en carbone ; on peut donc admettre que la *valeur des bois comme combustible* augmente avec la proportion de vasculose existant dans le bois.

Dans l'opération de la DISTILLATION EN VASE CLOS, c'est la vasculose bien plus que la cellulose qui donne l'acide acétique (vinaigre de bois ou acide pyroligneux) et l'alcool méthylique (esprit de bois, méthylène ou alcool de bois), impropre à la consommation de bouche et servant de dénaturant à l'alcool éthylique ou alcool de vin.

Pour la préparation de ces divers produits, on préférera donc les essences de bois riches en vasculoses, c'est-à-dire les bois feuillus, durs et denses. Un grand nombre de nos essences coloniales conviennent très bien. Au contraire, les bois résineux (conifères, pins, sapins, etc...), produiront, par distillation, plus de goudrons de bois ou d'huiles de pins estimés dans le commerce, mais ils fourniront moins d'acide acétique et moins de méthylène ou alcool méthylique.

La vasculose n'est pas attaquée par les acides étendus non oxydants (acides chlorhydrique, sulfurique, phosphorique), elle est colorée en jaune noirâtre par les acides concentrés. C'est ainsi que si on laisse tomber une goutte d'acide sulfurique sur un morceau de bois, la matière ligneuse se teinte en noir.

*L'acide azotique*, étendu de trois fois son volume d'eau, reste à froid sans action sensible sur la cellulose mais il oxyde la vasculose et la transforme en acides résineux de Frémy solubles dans l'alcool, la potasse, la soude et l'ammoniaque. Sur cette réaction peut être basée toute une industrie ayant pour objet d'obtenir la cellulose délinifée (ou privée de vasculose) en vue de la préparation de la PÂTE A PAPIER.

Tous les oxydants : chlore, acide sulfureux et sulfites, permanganate de potasse, ozone, acides chloriques, etc... ont la même action que l'acide azotique : à froid et peu concentrés ils n'altèrent pas sensiblement la cellulose, tandis qu'ils oxydent la vasculose en formant avec elle des acides résineux facilement éliminables. Ils peuvent donc servir à la fabrication de la *pâte à papier* ; et notamment les sulfites sont très employés dans cette industrie car ils agissent à faible pression et n'attaquent pas du tout la cellulose elle-même comme tendent à le faire d'autres oxydants.

La pâte de bois au bisulfite traitée par le sulfo carbonate de potasse produit la *viscose* transparente et qui fournit la matière première principale des soies artificielles actuellement en usage.

A une température de 130 degrés centigrades, soit 2,61 atmosphères de pression à l'autoclave, les alcalis concentrés n'attaquent pas la cellulose mais produisent avec la vasculose des acides résineux solubles. Cette réaction est utilisée pour la fabrication de la *pâte à papier* principalement à partir de la paille qui contient des vasculoses encore plus facilement attaquables que celles du bois. Signalons en passant que les produits noirs si abondants dans les jus de fumier proviennent de la vasculose de la paille, dissoute par les alcalis des urines.

Pour la fabrication de pâte à papier on utilise la cellulose du bois à l'exclusion de la vasculose, on devra donc rechercher de préférence les bois les plus tendres qui renferment moins de vasculose que les bois durs mais qui sont constitués surtout par la cellulose (62 à 64 % dans le peuplier, 53 % dans le chêne, 20 % dans l'ébène).

La même remarque s'applique à l'industrie de l'extraction du sucre de bois et de l'*alcool éthylique* (ou vinique) de bois. Mais il faut tenir compte des différences entre les diverses essences de bois, pour cette préparation des divers produits de la saccharification de la cellulose. Tandis que le peuplier renferme 62 ou 64 % de cellulose, le sapin en accuse seulement 53 %, et cependant le rende-

ment du bois de sapin en alcool est beaucoup plus considérable que celui du bois de peuplier, toutes les conditions expérimentales restant les mêmes.

Quand on saccharifie à fond un bois de gymnosperme (conifères, résineux, sapins, etc...) on obtient un mélange de sucres où dominant le glucose et le mannose. La même opération pratiquée sur un bois d'angiosperme (bois feuillus : hêtre, charme, etc...) donne du glucose et du xylose. Or le xylose résiste à l'action de la levure et seuls le glucose et le mannose sont fermentescibles. On conçoit donc que les bois de sapin et les bois résineux doivent être préférés pour la fabrication de l'alcool éthylique à pratiquer surtout dans les régions riches en forêts de gymnospermes (forêts septentrionales, forêts de montagnes, hauts plateaux de l'Indochine Française et de l'Annam).

Du même point de vue — fabrication d'alcool éthylique — ces considérations doivent être déterminantes pour les forestiers, dans la question du reboisement, puisque, selon le choix des espèces le rendement en alcool pourra passer du simple au double.

Dans ce premier chapitre, dont le terme est atteint, nous venons de rappeler les principes généraux de chimie qui président aux divers emplois chimiques des bois. Nous pouvons entrer maintenant dans des considérations plus directement pratiques et étudier les principales fabrications capables de fournir une utilisation rémunératrice des déchets d'exploitation forestière ou des résidants de démolition de chantiers ou de navires en bois.

Nous étudierons successivement et surtout en nous plaçant au point de vue du rendement économique :

*Chapitre II.* — Carbonisation et distillation des bois ; procédés simples de carbonisation ; charbons de bois ; goudrons ; briquettes.

*Chapitre III.* — Distillation en usines ; pyroligneux proprement dit ; méthylène ; acide acétique ; acétone.

*Chapitre IV.* — Pâtes à papier.

*Chapitre V.* — Alcool éthylique (ou vinique) extrait du bois.

*Chapitre VI.* — Gaz d'éclairage au bois ; gaz pauvre pour gazogènes.

Les autres industries chimiques dérivés du bois, comme celles des matières tannantes et tinctoriales sont beaucoup plus spéciales et méritent une étude à part. Elles exigent d'ailleurs des essences de bois bien précises et ne peuvent être considérées comme propres à utiliser des rémanants d'exploitation ou de démolition.



Une grosse liane dans la grande forêt du Gabon.

Cliché mission Périquet (*Chapelot, éditeur*).

CHAPITRE II

# Carbonisation et Distillation des Bois <sup>(1)</sup>

## PROCÉDÉS SIMPLES DE CARBONISATION CHARBONS DE BOIS - GOUDRONS - BRIQUETTES

Il convient de distinguer :

- 1° Les procédés de carbonisation par combustion partielle ;
- 2° Les procédés de carbonisation par distillation à l'abri de l'air en vase clos ou en cornues.

Nous allons étudier dans ce chapitre surtout le premier groupe de procédés : *meules de forêt*, ou *fourrs rustiques* exigeant une faible immobilisation de capital ; mais les principes généraux sont les mêmes pour tous les procédés de carbonisation et les produits obtenus sont également analogues.

Pour éviter des répétitions quelques généralités s'imposent avant de commencer l'étude des fabrications simples.

### PRODUITS DE LA CARBONISATION DES BOIS EN VASE CLOS

Le tableau ci-après (tableau n° 1) donne la liste des produits industriels dérivés de la carbonisation des bois en vase clos.

On le voit ces produits industriels sont fort nombreux.

En réalité le phénomène de la carbonisation des bois peut être décrit simplement en rappelant que le bois sous l'action de la chaleur au-dessus de 150° se décompose en vapeurs et produits gazeux, puis s'enflamme au contact

---

(1) Les figures qui illustrent ce chapitre sont reproduites d'après les dessins de M. le Conservateur des Forêts A. Mathey : « Traité d'exploitation commerciale des bois ». Librairie Lucien Laveur.

TABLEAU N° I

Produits dérivés de la carbonisation des bois en vases clos.

<p><b>1 Acide pyroligneux</b></p>	<p>9 Pyrolignite de chaux brun. . . . . 10 — — gris . . . . .</p> <p>18 Acétate de chaux blanc 19 Pyrolignite de soude, fritié. 20 — — neige, fondu. 21 Acétate de soude en cristaux. 22 — — 23 Pyrolignite de plomb. 27 Acétate de plomb. 28 Pyrolignites de fer. 29 Acétate d'alumine. 30 — de chrome. 31 — de nickel. 32 — de potasse. 33 — de zinc. 34 — de cobalt. 35 — de manganèse. 36 — de baryum. 37 — d'ammoniaque. 38 — de glycérine, etc. 39 — de méthyle. 40 — d'éthyle. 41 — d'amyle, etc.</p>	<p>41 Acide acétique industriel. 42 Acétone ordinaire. 43 Acétone poudrière. 46 Huiles d'acétone. 47 Méthyléthylcétone.</p> <p>24 Acétate de cuivre (Verdet neutre). 25 Acide acétique bon goût pour conserves.</p>	<p>13 Chloroforme. 14 Iodoforme.</p>
<p><b>4 Acide acétique brut</b></p>	<p>42 Méthylène ordinaire pour la fabrication de certains vernis. 43 Méthylène acétoné. 44 — — pour la dénaturation. 47 Alcool méthylique pur pour la fabrication des colorants d'aniline.</p>	<p>53 Carbonate de créosote. 54 Phosphate (Phosphate de créosote). 55 Tapposote (l'annophosphate de créosote). 56 Créosoforme (Combinaison de créosote et de formaldéhyde). 57 Tanoctré-soforme.</p>	<p>61 Carbonate de gaiacol. 52 Phosphate de gaiacol. 63 Gaiacol. 64 Tannogaiacolforme.</p>
<p><b>5 Méthylène brut</b></p>	<p>50 Huiles légères. 51 — lourdes.</p>	<p>59 Gaiacol liquide . . . . . 60 — cristallisé naturel.</p>	<p>59 Gaiacol . . . . . 65 Brai. Résines.</p>
<p><b>6 Couétron de bois</b></p>	<p>65 Brai. Résines.</p>	<p>67 Noir de fonderie 68 Briquettes. 8 Poussier.</p>	<p>67 Noir de fonderie 68 Briquettes. 8 Poussier.</p>
<p><b>2 Charbon de bois</b></p>	<p>7 Braisette pour gazogènes. 8 Poussier.</p>	<p>67 Noir de fonderie 68 Briquettes. 8 Poussier.</p>	<p>67 Noir de fonderie 68 Briquettes. 8 Poussier.</p>
<p><b>3 Gaz combustibles ou gaz au bois.</b></p>	<p>67 Noir de fonderie 68 Briquettes. 8 Poussier.</p>	<p>67 Noir de fonderie 68 Briquettes. 8 Poussier.</p>	<p>67 Noir de fonderie 68 Briquettes. 8 Poussier.</p>

de l'air et si la combustion n'est pas arrêtée il ne reste bientôt plus que des cendres alcalines renfermant beaucoup de potasse.

Si la combustion est arrêtée ou si l'on chauffe le bois de façon que l'air n'arrive pas librement à sa surface on obtient d'une part du charbon de bois résidu solide de l'opération et d'autre part des produits volatils dont une partie se condense en constituant les goudrons et l'acide pyroligneux brut ce dernier étant formé surtout d'acide acétique  $C^2 H^4 O^2$  et de méthylène ou alcool méthylique  $C H^4 O$  ou « esprit de bois » impropre à la consommation de bouche (poison).

La loi de 1872 a fixé l'emploi du méthylène comme agent de dénaturation des alcools impropres à la consommation. La proportion du méthylène type régie, d'abord fixée à 25 p. cent du mélange fut abaissée en 1893 et 1897 à 15 et à 10 p. cent.

Voici un autre groupement des produits de la distillation d'après leur état gazeux, liquide ou solide :

1° *Gaz* : carbures d'hydrogène, oxyde de carbone, acide carbonique, hydrogène.

2° *Pyroligneux (condensables)* : carbures, alcool méthylique, alcools crotonilique et amylique, éther, acétone, formaldéhyde, méthylol ; acides acétique, propionique, butyrique, valérique ; et enfin des composés azotés de forme ammoniacale : amine et pyridine.

3° *Goudrons (liquides)* : carbures (benzènes et xylènes), encore de l'alcool méthylique et de l'acide acétique avec ses homologues supérieurs des mono et diphenols ; un peu de pyrogallol, de l'éther diméthylique, etc.

4° *Résidus (solides)* : charbon de bois.

Si on laisse décanter les produits du liquide pyroligneux condensé on distingue trois couches de densités différentes :

Couche inférieure : goudrons, huiles, acide acétique ;

Couche moyenne : eau, esprit de bois ou méthylène, acétones, matières goudronneuses en dissolution ;

Couche supérieure : hydrocarbures légers et acide acétique.

Une simple séparation par densité, grâce à des dispositifs appropriés suffit à les séparer. Des réactions simples, des distillations fractionnées suffisent à donner toute la série des corps énumérés : précipitation des acides par les bases (préparation des acétates de chaux, de soude, de fer, d'alumine, de plomb, de cuivre) ou mise à profit de leurs propriétés physiques (rectification, distillations fractionnées du méthylène, de l'acide acétique).

Ce qui précède se rapporte au point de vue qualificatif.

Au point de vue quantitatif la production varie :

1° *Avec la nature des essences de bois.* — Pour obtenir beaucoup d'acide acétique et de méthylène on doit préférer : le chêne (préalablement écorcé), le charme, le bouleau, le hêtre, le tilleul, l'érable et le frêne. Au contraire si l'on recherche la production des goudrons il faut donner la préférence aux bois résineux (pins, sapins, etc...)

2° *Avec la grosseur des bois.* — Les bois de faible diamètre dits de charbonnette, ayant poussé lentement dans des terrains secs ou rocheux et abattus en hiver fournissent le pyroligneux le plus riche et le plus abondant.

3° *Avec l'état de siccité des bois.* — Les bois ayant une ou deux années de coupe fournissent le meilleur rendement.

4° *Avec la température et la plus ou moins grande rapidité de la distillation.* — Si la température croît rapidement la quantité de gaz est maxima ; si elle croît lentement, on obtient le maximum de charbon et de vapeurs liquifiables.

Le tableau ci-après (tableau n° II) montre l'importance de la rapidité de la distillation et l'influence de la nature des bois employés.

En moyenne **il est admis que 100 kilos de bois fournissent :**

a) 25 à 27 kgs de charbon ;

b) 55 k. de pyroligneux comprenant : 7 k. d'acide acétique, 2 k. de méthylène, 3 k. de goudrons libres, 43 k. d'eau ; soit en résumé 55 k. de produits condensables dont 3 k. de goudrons.

En pratique pour une cornue de 1.700 k. de bois on obtient environ 950 litres de pyroligneux et 50 litres de goudrons.

TABLEAU N° II

**RENDEMENTS % et en Kgs de BOIS SÉCHÉS A L'AIR**

ESPÈCES DE BOIS	NATURE DE L'ORÉATION	DISTILLAT TOTAL	GOUDRON	PYROLIGNEUX			CHARBON	GAZ
				Poids du Pyro- ligneux	Teneur en acide	Acide (Poids)		
		K	K	K	%	K	K	
Charme	Lente	52.04	4.75	47.65	13.5 %	6.43	25.37	22 23
	Rapide	48.52	5.55	42.97	12.18	5.23	20.47	31 01
Bourdaine	L	52.79	7 58	45.21	13.38	6.05	26.50	20 71
	R	45.38	5.15	40.13	11.16	4.49	22.53	32.09
Aulne	L	50.53	6 39	44 14	13.08	5.77	31.56	17.91
	R	47.76	7.06	40.70	10.14	4.13	21.11	31.13
Bouleau	L	51.05	5.46	45.59	12 36	4.63	29.24	19 71
	R	42.98	3.24	39.74	11.16	4.43	21.46	35.56
Sorbier	L	51.54	7.43	44.11	12.60	5.56	27.84	20.62
	R	46.40	6.41	39 99	10 41	4.16	20.20	33.40
Hêtre . . (tronc)	L	51.65	5.85	45.80	11.37	5.21	26.69	21.66
	R	44.30	4.90	39.45	9.78	3.86	21.90	33.75
Hêtre . . (branches)	L	49.89	4.81	45.08	11.40	5.14	26 90	23.92
	R	43.14	2.90	40.24	10.89	4.38	21.30	35.56
Peuplier	L	47.44	6.19	40.54	12.57	5.10	25.47	27.09
	R	46 36	6.91	39.45	11.04	4 36	21.33	32.31
Hêtre bran- ches échauffées)	L	51.31	3.56	47.75	10.08	4.81	23.23	25.46
	R	47.32	5.99	41.33	8.88	3.67	20.98	31.70
Chêne rouvre	L	48.15	3 70	44.45	9.18	4 08	34.68	17.17
	R	45.24	3.20	42.04	8.19	3.41	27.73	27.03
Sapin	L	»	»	»	»	»	»	»
	R	51.75	9.77	41.98	5.70	2.39	24.18	24.07
Mélèze	L	51.61	9 30	42.31	6.36	2.69	26.74	21.65
	R	43.77	5 58	38.19	5.40	2.06	24.16	32.17
Moyennes.	L	50.73	5.91	44.80	11.35	5.04	27.93	21.64
	R	46 08	5.51	40.52	9.58	3.88	22.27	32.48

**PROCÉDÉS SIMPLES DE CARBONISATION**

Nous venons de dire qu'on emploie les réactions les plus simples possibles pour séparer les divers produits, néanmoins l'industrie des pyroligneux est compliquée et

suppose l'installation de grandes usines immobilisant des capitaux importants qu'il faut amortir.

Nous cherchons avant tout une utilisation rémunératrice pour des déchets d'exploitation ou des rémanants de démolition et nous désirons par conséquent ne pas grever cette utilisation par des installations coûteuses, ou qui seraient difficiles à réaliser dans des régions primitives et dans les colonies forestières.

On peut chercher à revendre le pyroligneux brut, trop onéreux à traiter, mais à l'heure actuelle on ne connaît aucune transaction de cette nature.

Au pis-aller on peut négliger ou perdre le pyroligneux, et récolter par des procédés simples sans installations coûteuses : le charbon de bois, les goudrons et s'il y a lieu les gaz de bois. L'industrie de récupération reste très viable dans ces conditions qui se trouvent actuellement réalisées d'ailleurs dans un grand nombre de petites installations forestières.

## FABRICATION DU CHARBON DE BOIS

Il s'obtient par carbonisation des bois — soit dans les usines au moyen des cornues — soit en forêt ou sur chantier afin d'éviter les frais de transport des matières premières (procédés des meules ou procédés des fours).

On peut avec ces procédés très simples tirer un bon parti de bois abandonnés. Nous croyons donc intéressant de donner quelques développements sur les installations fort économiques permettant la fabrication rustique des charbons de bois.

### Propriétés du charbon de bois

Le charbon de bois obtenu à une température de 200 degrés est roux et encore résistant (fumerons) il s'enflamme très facilement et brûle avec flamme et fumée — vers 300° il est noir cassant, facile à enflammer et de bonne qualité — à des températures plus fortes il devient dur difficilement enflammable. C'est à la température de 400° et au-dessus qu'on prépare les poudres de charbon devant servir à la peinture.

### Classement industriel des charbons

On distingue : le *charbon fort* fourni par les bois durs d'essences feuillues à feuilles larges, il s'allume diffi-

lement, mais dure longtemps, donne beaucoup de chaleur et convient très bien pour la fusion des minerais ; le *charbon doux* provenant des bois tendres et résineux s'allume facilement, convient aux usages domestiques ; les *fumérons* ou *incuits* qui servent à l'allumage des meules ; la braise issue du charbon à moitié consumé, friable, recherchée par les maréchaux.

#### Densité des charbons

Au détail le charbon se vend au volume en *sacs bagués* ou fermés à la ficelle ; on en *sacs brochés* ou fermés avec des baguettes entortillés dans la toile des sacs ; ou à l'*hectolitre*.

Mais les ventes importantes et la vente en gros se font généralement au poids, il est donc important de connaître la densité du charbon de bois.

Le poids spécifique du charbon varie de 1,45 à 1.50. Cependant le charbon de bois surnage sur l'eau soutenu par l'air qui remplit ses innombrables pores.

Les charbons de meules de forêt renfermant 6 à 8 % d'humidité pèsent :

- Charbon de sapin des Vosges 12,5 à 15 k. l'hectolitre ;
- d'épicéas et pins 14 à 15 k. l'hect. ;
- de bois feuillus tendres 14 à 20 k. l'hect. ;
- de bois feuillus durs 20 à 24 k. l'hect.

Les charbons provenant de la distillation en vases clos sont beaucoup plus légers (17 kilos en moyenne pour le charbon de bois durs).

Le charbon est d'autant plus lourd :

- 1° que les essences dont il provient ont crû plus lentement ;
- 2° que la carbonisation a été plus lente et plus régulière ;
- 3° que les morceaux en sont plus gros.

#### Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique absolu du charbon de meules à 6 ou 7 % d'humidité est de 7.000 calories ; celui du bois ordinaire à 20 % d'humidité de 2.800 calories ; celui du bois sec de 3.600 calories ; celui de la houille de 7.500 calories.



Forêt de la Joux (Jura)  
Epicéas

(Cl. Thiollier)

### Emploi du charbon de bois

Le charbon de bois est utilisé pour le *chauffage domestique*. Il est apprécié pour certains usages industriels dans les *forges, verreries et céramiques*. Les cendres de bois alcalines et calcaires favorisent la fusion des gangues de minerais de fer. Au contraire le meilleur des coques lavés contient toujours 9 à 10 % de cendres renfermant du soufre, arsenic, phosphore, toutes substances très nuisibles à la qualité des fontes.

Pour les *acières*, le charbon de bois qui contient un peu de carbonate de potassium est le ciment donnant la pénétration maxima et la vitesse maxima, en sorte que la cémentation au bois produit des aciers de qualité absolument exceptionnelle (câbles et fils de fer au bois).

Dans les *briqueteries*, le poussier de charbon de bois mêlé aux terres à brique brûle pendant la cuisson et donne de la dureté et de la résistance aux briques. Il sert encore comme isolant, comme matière filtrante, etc...

Le charbon de bois constitue enfin un excellent combustible pour les *gazogènes* dont nous parlerons dans un chapitre suivant.

## FABRICATION DU CHARBON PAR LE PROCÉDÉ DES MEULES

Pour obtenir du charbon il faut avant tout garantir le bois en combustion de l'action de l'air, on construit donc des meules où la carbonisation se produit aux dépens d'une partie du bois à carboniser.

### MEULES VERTICALES

La forme générale des meules employées en Europe pour la carbonisation des bois est celle d'un paraboloïde

dont le volume est donné par la formule  $V = \frac{d^2 \pi h}{4 \times 2}$  :

d est le diamètre de base de la meule et h est sa hauteur,  $\pi = 3,1416$ .

Le volume des meules est très variable. D'une façon générale il diminue en allant du Nord au Midi. Les meules de Suède et d'Autriche contiennent de 200 à 300 stères.

En France la pratique a conduit à diminuer le volume des meules autrefois plus fort, et les meilleurs rendements sont obtenus avec celles de 7 à 10 stères. En Allemagne on préfère les meules de 30 à 40 stères.

#### **Faulde**

Sur un sol plutôt sec (sans excès) et à l'abri du vent, on prépare un emplacement convenable nommé *faulde* ; le terrain choisi ne doit pas être trop léger ni sablonneux ; il ne doit pas non plus être compact, afin qu'il puisse absorber les liquides qui se condensent pendant la carbonisation. Quand on le peut on se sert d'une faulde ayant déjà servi ; le rendement en charbon y est supérieur de 10 à 20 % en moyenne. Toutefois il faut piocher et arroser plus ou moins la sole si on cuit 3 fois à la même place. Sur une faulde trop sèche il se produit trop de perte.

L'aire doit être inclinée du centre vers la circonférence, et être entourée d'un fossé circulaire. On répand sur la sole de la terre pulvérulente et du fraisil mélangé que l'on pilonne sur le sol. Afin que la conduite du feu soit plus facile on ne doit carboniser à la fois dans la meule que du bois de même essence.

#### **Dressage de la meule**

Le dressage de la meule se fait de la façon suivante : Autour de quelques bûches légèrement piquées dans le sol et placées verticalement au centre de la faulde, on dispose des lits formés par des tronçons de bois de même longueur (0 m. 66 en général) placés debout et coupés d'équerre autant que possible, car les bouts en sifflet se consomment entièrement sans production utile. Ces brins de charbonnette sont serrés le plus fort possible les uns contre les autres. Le diamètre de chaque lit, séparé par des bois couchés, va en diminuant et la meule a ainsi la forme d'une demi-sphère ou d'un parabolôïde. Lorsque la meule est terminée on la recouvre d'une couche de menus végétaux, de mousses ou de feuilles, puis d'une couche de terre ou de gazon, en ménageant des ouvertures (évents) à la partie inférieure (voir figure n° 1).

#### **Allumage et Carbonisation**

On retire ensuite les bûches verticales du milieu, qui laissent alors un vide formant cheminée centrale qu'on

remplit de brindilles et de fumerons enflammés pour communiquer le feu à la masse. Quand la combustion est suffisamment établie on bouche la cheminée avec une motte de gazon et on ouvre, à l'aide d'une pelle spéciale ou *ringard*, une série d'évents vers le sommet du fourneau. Puis en partant du sommet on dégage progressivement de nouveaux événements pour donner issue aux produits de la carbonisation qui progresse dans la meule du haut en bas et du centre à la périphérie.

La fumée qui s'échappe est d'abord noire, mais elle devient bientôt transparente ; lorsqu'elle est bleue clair la carbonisation est terminée dans le voisinage des événements, on bouche ceux-ci et on en ouvre de nouveaux à 25 ou 30 centimètres au-dessous et ainsi de suite jusqu'à la partie inférieure. On ferme ensuite toutes ouvertures et on recouvre le tout de terre humide, puis on laisse refroidir un jour ou deux.

La cuisson des meules réclame la surveillance presque constante du charbonnier de nuit et de jour. Il faut 36 à 40 heures pour carboniser une meule de 7 à 10 stères. La meule s'affaisse pendant la cuisson, il faut entretenir la couverture, découvrir d'un côté si l'affaissement est trop rapide du côté opposé, arroser ou mettre de la terre humide si la combustion est trop accélérée, etc...

Le vent, la pluie et la trop grande sécheresse gênent la marche de l'opération. Mai, juin et septembre sont en France les trois meilleurs mois pour le charbonnier.

Pour défourner on ouvre la meule de nuit du côté opposé au vent. On éteint les charbons incandescents avec de la terre meuble. On défourne par assises horizontales. Le meilleur charbon se trouve dans les assises moyennes. Au centre le charbon trop cuit est réduit en braise, dans l'assise inférieure ou plancher il reste des fumerons.

#### Rendements

Le rendement varie :

1° *Avec les essences.* — On devrait obtenir en charbon :

a) avec les bois résineux (sapins, pins, etc...) : 60 % en volume et 25 % en poids du bois carbonisé ;

b) avec les bois feuillus : 50 % en volume et 22 % en poids.

2° *Avec la nature du sol.* — Les terrains maigres et ro-

cheux donnent 5 à 7 % de plus que les terrains riches et fertiles.

3° *Avec le degré de siccité des bois* — Donner la préférence aux bois de 10 à 15 mois de coupe ; cependant le bois blanc peut se cuire après 2 ou 3 mois de coupe.

4° *Avec l'âge des bois.* — Optimum taillis de 35 à 40 ans.

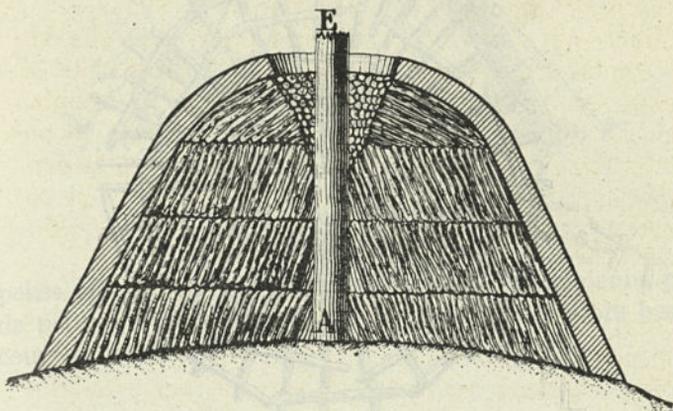


FIG. 1. — Petite meule de forêt (charbon de bois).

5° *Avec l'écorçage.* — Les bois écorcés donnent 5 % de plus que les bois gris.

En réalité nos taillis mélangés de France entre 25 et 30 ans produisent en moyenne pour 1 stère de bois : 3,25 hectolitres pesant 73 kilos soit 1,30 sac de Paris de 250 litres pesant 55 kilos par sac avec une proportion de braise de 5 à 10 %. Cette proportion augmente si les bois à carboniser sont menus (jeunes taillis, ou bois refendus). Avec de gros éléments on aurait un rendement de 1 sac 50 par stère.

En moyenne le procédé des meules donne donc pratiquement un rendement en charbon égal à 20 % du poids des bois employés soit un cinquième de ce poids.

### GROSSES MEULES VERTICALES D'ALLEMAGNE ET D'ITALIE

On établit d'abord un plancher solide capable de supporter la forte charge de bois composant la meule (300

à 500 stères). Sur une aire résistante et circulaire on place de forts rondins suivant les rayons du cercle de base, puis des rondins fendus sont disposés en croix sur les premiers et forment un plancher à claire voie qui isole du sol la masse en combustion en évitant le dessèchement

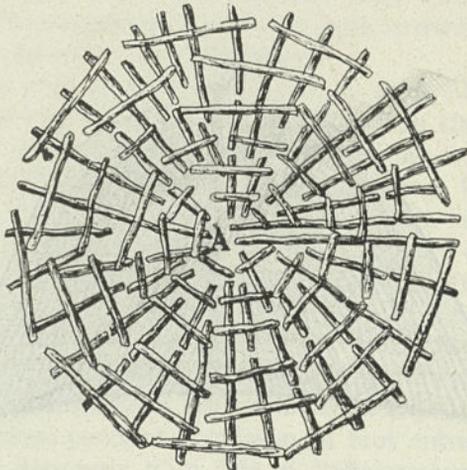


FIG. 2. — Grande meule verticale ; plancher.

exagéré du sol et facilite l'écoulement des liquides condensés au cours de l'opération (voir fig. 2 et fig. 3). Sur ce plancher on dresse verticalement les bûches à carboniser qui sont coupées à une longueur uniforme de deux mètres environ. La meule a 5 ou 6 mètres de hauteur. L'allumage au lieu de se faire par une cheminée verticale s'opère plutôt par le bas dans un canal horizontal menagé à cet effet suivant un rayon du cercle de base. La couverture se fait comme pour la meule de nos régions françaises mais on consolide ce revêtement en appuyant des planches de rebut sur la face extérieure ou en arc-boutant des T qui soutiennent l'équilibre de la meule verticale et supportent la couverture (voir figure n° 3).

Le rendement des grandes meules est très supérieur en quantité et en qualité à celui des petits fourneaux.

Ce système doit donc être préféré toutes les fois qu'on dispose d'une grande quantité de bois rassemblée en un même point (chantier de démolition, rémanants d'exploitation non dispersés).

Les indigènes de Nouvelle-Calédonie carbonisent à l'aide de meules de 20 à 30 stères chacune avec des événements très ouverts à la partie inférieure. La base de la meule est entièrement dépourvue de couverture, et celle-ci commence seulement à 30 ou 40 centimètres du sol au-dessus d'une

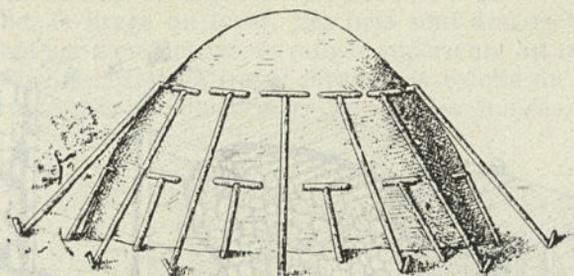


FIG. 3. — Grande meule verticale ; vue perspective.

petite plateforme en planches ou en fascines soutenue par de petits piquets. La base des meules fournit alors beaucoup de fumérons.

### MEULES HORIZONTALES

Pour des masses de bois rassemblés encore plus considérables on emploie en Suède et en Autriche des meules horizontales, chacune pouvant renfermer de 500 à 1.200 stères ; elles servent exclusivement pour les bois résineux (en Suède et Autriche).

La meule repose sur une aire plane de 6 à 10 mètres de largeur et 25 à 40 mètres de longueur (voir figure n° 4).

Des pieux enfoncés en terre limitent et maintiennent les rondins empilés sur 3 files de troncs d'arbre suivant les deux grands côtés extérieurs et suivant l'axe de la meule. C'est sur ces arbres que sont couchées les perches à carboniser, rognées à la largeur de la meule, dont la face antérieure s'élève à 2 mètres environ tandis que la face postérieure est montée jusqu'à 3 mètres. On place les plus petites bûches en bas, les plus grosses au centre et on entrecroise çà et là quelques troncs pour ménager quelques vides afin de favoriser la combustion. Le canal d'allumage

est ménagé soit au niveau du sol sur la face antérieure de la meule, soit sur un des côtés à 1 m. 50 du sol près de la face antérieure. Le revêtement est fait en planches grossières recouvertes de feuilles et de fraïsil, ou bien les côtés sont seuls garnis de planches et l'ensemble est recou-

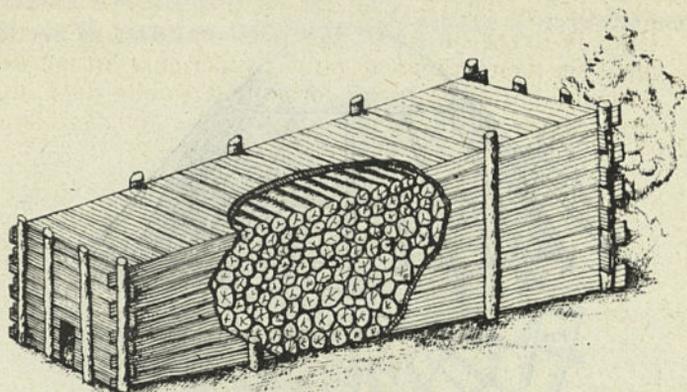


FIG. 4. — Grande meule horizontale.

vert de terre et de fraïsil. Des carneaux sont pratiqués de mètre en mètre dans le revêtement et permettent de conduire la cuisson.

Ce procédé abaisse notablement les frais de main-d'œuvre et donne un charbon un peu léger mais à peu près complètement dépourvu de fumerons car la cuisson y est facile à doser convenablement.

Les meules horizontales ne servent pas uniquement dans les forêts résineuses du Nord. Les nègres de la Martinique carbonisent les bois avec des meules analogues moins bien faites et plus irrégulières où ils font entrer de très grosses bûches et même des arbres entiers mesurant jusqu'à 2 mètres de circonférence. Cette méthode peut être facilement perfectionnée en refendant quelques bûches et en imitant le procédé suédois.

#### **FABRICATION DU CHARBON PAR LE PROCÉDÉ DES FOURS**

Les fours employés dans les pays chauds donnent des rendements généralement supérieurs au procédé des meules.

Il faut distinguer :  
Les fours souterrains,  
Les fours aériens.

**FOURS SOUTERRAINS.** — Le meilleur est le *four chinois* (voir figure n° 5). Sa profondeur est de 2 mètres, sa largeur de 2 m. 50. Deux ouvertures *a* et *b* permettent d'installer le tirage du foyer. Les bois sont dressés verticalement sur 2 ou 3 rangs, la rangée supérieure est recouverte de brindilles et de fraisil formant la calotte du four. On allume près de l'orifice *b*, dès que les fumées blanches

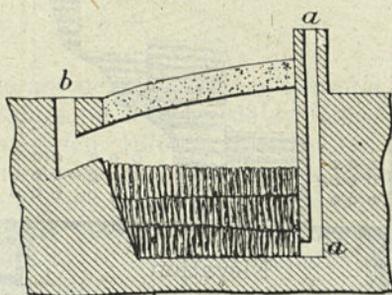


FIG. 5. — Four chinois pour charbon de bois.

sortent en abondance par la cheminée *a* on bouche partiellement l'orifice *b* en réglant ainsi le tirage d'après la nature et la couleur des fumées qui s'éclaircissent au bout de 4 ou 5 jours. Dès que les fumées sont transparentes et bleuâtres on bouche les deux orifices *a* et *b* et on laisse refroidir. On procède au défournement après 5 ou 6 jours de refroidissement.

**FOURS AÉRIENS.** — Le *four mexicain* est le mieux conditionné. De forme rectangulaire ou carré, il est en maçonnerie réfractaire avec deux portes *a* et *b* servant à l'introduction des bûches (voir figure n° 6). Sur la toiture une ouverture *d* communique avec un vide ménagé entre les piles de bois, de façon à former une sorte de cheminée remplie de brindilles et de menus bois secs.

Le four contient 500 à 600 stères de bois empilés horizontalement. L'allumage se fait par la porte *b* ; la carbonisation se règle par le maniement des événements latéraux « *c* » d'après la couleur des fumées.

Dès que celles-ci sont bleues et légères on ferme toutes les ouvertures, on laisse refroidir et on défourne.

## CONFECTION DU CHARBON EN VASES CLOS PORTATIFS

Simplification de la main-d'œuvre du charbonnier.

Les meules de forêt exigent le minimum de frais fixes d'installation, par contre nous venons de rappeler les soins et les travaux minutieux que nécessite la carbonisation en meules : transport à la brouette ou par chevaux

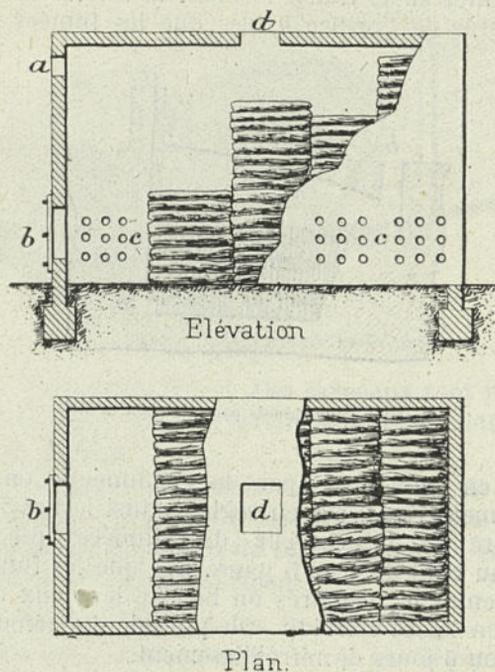


Fig. 6. — Four mexicain pour charbon de bois.

des matières nécessaires à l'opération comprenant la recherche des végétaux, mousse et fraïsil (ou poussière de charbon des précédentes carbonisations); soins à apporter au sol et à l'enveloppe de la meule, à la mise à feu et à la carbonisation qu'il faut surveiller jour et nuit d'un œil vigilant et expérimenté. Il faut des ouvriers spécialistes payés à la tâche un prix relativement élevé de 3 fr. à 5 fr. par stère de bois à transformer.

On a cherché naturellement à simplifier cette main-d'œuvre en utilisant des fours transportables à enveloppes métalliques.

### Récolte des gaz et des goudrons perdus dans les meules.

D'autre part on a voulu éviter la déperdition des goudrons et des produits volatils en adaptant aux meules ordinaires des appareils de tirage communiquant par canalisation avec des récipients de condensation et de saturation. Mais les appareils adaptés à la meule restant rigides et fixes, l'enveloppe de la meule tassait énormément et était d'une mobilité constante ; de ce fait il se produisait sur l'enveloppe de la meule des fissures troublant l'opération et occasionnant des déperditions considérables de gaz.

### Cornues.

On a donc été amené à rechercher l'emploi de cornues rigides démontables ou mobiles de systèmes divers. Les appareils Dromart (en 1876) et Moreau (en 1887) comportent des cornues semi fixes qu'on construit avec des plaques de tôle sur les points de carbonisation.

L'appareil *Vadot* (1880) comporte trois cornues non démontables de 3 m. c. chacune, manœuvrées avec une grue et présentées tour à tour au chauffage indirect d'un foyer au bois.

Les appareils de *Vallande* et de *Wagon* sont composés de cornues montées sur roues. Sur la même voiture, *Vallande* met deux cornues jumelées chauffées tour à tour par un foyer extérieur où brûlent les plus mauvais déchets de bois ; *Wagon* utilise au contraire une seule cornue à combustion interne.

En raison de l'intérêt que présentent ces petites usines transportables et peu coûteuses permettant l'utilisation de bois dispersés nous donnerons un aperçu de chacun des types en décrivant sommairement l'appareil Dromart et le brevet *Wagon*.

### Appareil Dromart.

L'appareil *Dromart* (figure n° 7), qui ne recueille pas toujours les produits volatils, est une simple cloche en forme de dôme de 4 mètres de diamètre à la base, fait avec des plaques de tôle, montées sur un bâti de fonte. Cette cloche se construit sur une aire préparée à l'avance au-dessous de laquelle se trouve un foyer en maçonnerie de briques et d'argile, destiné à chauffer l'appareil par le bas. Des portes latérales permettent d'empiler environ 20 stères de bois sur le bâti de fonte formant plancher.

Une cheminée D et des évents H permettent de régler la combustion. La carbonisation se fait en 60 heures. Il faut 160 heures au total pour empiler, carboniser, refroidir et défourner.

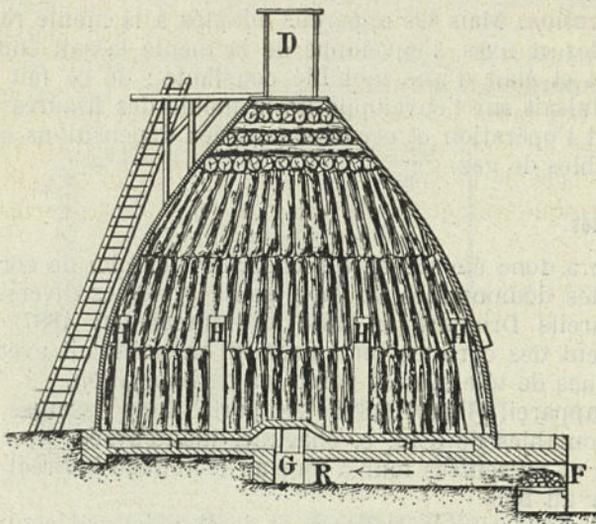


FIG. 7. — Appareil Dromart (pour carbonisation).

Pour la production du pyroligneux et du goudron les fours Dromart doivent être à poste fixe.

#### Brevet Wagon

Comme type des cornues mobiles placées sur voiture nous décrirons rapidement le *brevet Wagon* (voir figure n° 8).

La cornue « A » remplaçant la meule est placée sur camion, elle est en tôle mince, rivée sur cornières, dont les anses tournées vers l'intérieur de la cornue soutiennent un treillis mécanique, sur lequel est appliqué un enduit de terre réfractaire de 2 centimètres et demi ; le caniveau du fond de la cornue au lieu d'être enduit en terre réfractaire est enduit en ciment pour permettre aux jus de s'écouler sur une partie étanche conduisant ces jus dans un récipient « B ». Ce fond de cornue est muni d'un chemin de roulement formant voie ferrée pour recevoir des

berlines à galets formant paniers métalliques ajourés roulants qui facilitent beaucoup le chargement près des piles de bois, les charrois, l'enfournement et le déchargement de la charbonnette.

La cornue A porte sur le dessus une sorte de colonne vertébrale en arête de poisson composée d'un collecteur de fumée D et des branchements d'aspiration « E » qui raccordent la cornue A au collecteur D.

Les branchements d'aspiration E sont munis de registres ou clefs, permettant, avec les prises d'air placées à la base de la cornue de régler le tirage et de commander presque automatiquement la marche de la carbonisation

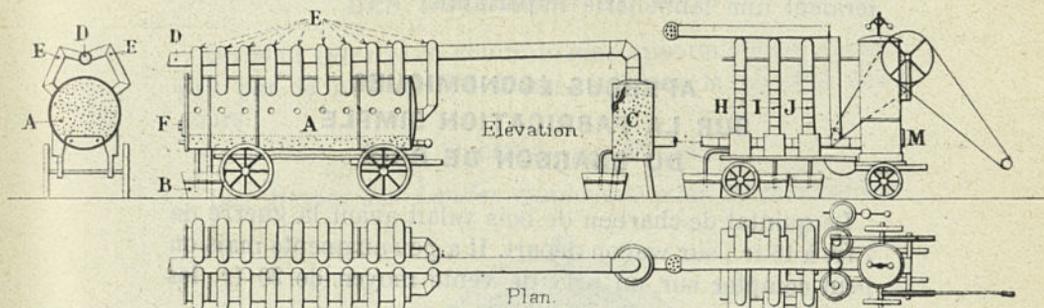


FIG. 8. — Appareil Wagon.

que l'on observe au moyen de regards pratiqués sur la cornue.

La mise en feu se fait par une petite porte d'allumage « F » placée dans la grande porte d'enfournement fermée préalablement. On règle les ouvertures de façon à n'avoir en pleine carbonisation qu'une tranche de bois au-dessous de deux éléments d'aspiration. Le charbon de bois obtenu est ainsi mis à l'étouffoir par tranches successives et d'autre part la charbonnette se sèche et se purge de son eau de végétation à mesure que la combustion progresse.

Pour obtenir des jus pyroligneux bruts on intercale entre la cornue A et les appareils de condensation, sur la cheminées d'aspiration des gaz, un épurateur « C » muni d'un panier à coke. Ensuite les gaz condensables, déjà épurés se rendent dans un appareil dégoudronneur H et ensuite dans deux appareils condensateurs I et J. Les trois

appareils H, I, J sont refroidis par des rampes d'arrosage mouillant des toiles à sac qu'enveloppent les appareils. Ceux-ci sont placés sur un ou deux camions en sorte que l'usine entière se déplace très facilement à la suite de la cornue « A ». Les jantes des roues sont très larges de sorte que les camions peuvent circuler sans enfoncer dans les terrains les plus variés.

M. Wagon envisage même à la suite des appareils H, I, J deux alambics K et L et une petite chaudière M soit sur la même voiture, soit sur voiture séparée afin de faire la distillation complète en forêt sans avoir à transporter jusqu'à l'usine fixe tous les jus pyroligneux qui nécessiteraient une tonnellerie importante.

### APERÇUS ÉCONOMIQUES SUR LA FABRICATION SIMPLE DU CHARBON DE BOIS

Le quintal de charbon de bois valait avant la guerre de 7 fr. à 15 fr., sur wagon départ. Il a peu augmenté mais on peut compter sur un prix de vente moyen de 20 fr. les cent kilos.

On donne au charbonnier de forêts (procédé des meules) pour la cuisson et la mise en sac de 4 à 6 fr. le quintal. Les sacs coûtent de 3 à 5 fr. la pièce mais peuvent servir plusieurs fois ; on peut d'ailleurs vendre en *bannes* ou grandes caisses à claire voie comme on le faisait couramment autrefois.

Les appareils simples dont nous venons de donner la description sont évidemment très peu coûteux à installer et permettent de réaliser une grosse économie de main-d'œuvre pour la carbonisation. L'utilisation des déchets de bois peut donc être ainsi très fructueuse si on réalise économiquement les transports de matière à pied d'œuvre et le découpage des bois en éléments de dimensions modérées d'ailleurs plus ou moins régulières. Ce découpage est facilement réalisé à l'aide de scies circulaires et de fendeuses, toutes machines peu coûteuses et faciles à installer.

Pour le placement avantageux des charbons de bois il faut éviter de saturer les marchés locaux et la proximité

d'un port maritime permet de chercher un placement avantageux dans les pays chauds où la consommation ménagère du charbon de bois est surtout considérable. Il faut chercher également à fournir les gros consommateurs de charbons de bois : ce sont la petite industrie des métaux (chaudronnerie, ferblanterie, serrurerie, fonderie), la céramique et les gazogènes, et surtout les usines métallurgiques produisant l'acier.

### EXTRACTION ET RECTIFICATION DES GOUDRONS DE BOIS

On peut extraire le goudron sans appareils compliqués soit par le procédé des fosses, soit par le procédé des fours.

#### A. — PROCÉDÉS DES FOSSES

Les *Meules des Landes* employées pour la fabrication

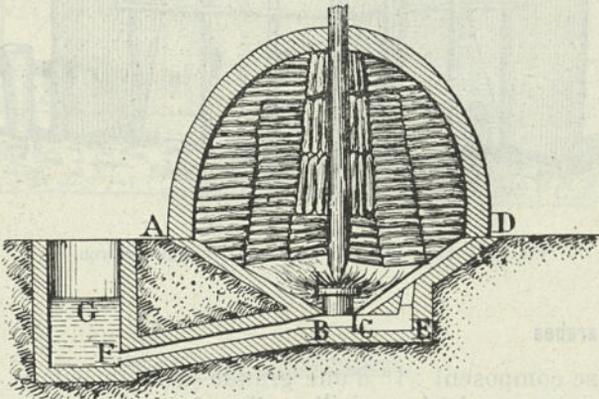


FIG. 9. — Meule des Landes avec fosse à goudron.

de goudrons de pins maritimes sont des grandes meules à charbon ordinaires contenant de 40 à 50 stères de bois. Seule la sole est modifiée. Elle se compose d'une surface concave en maçonnerie A B C D dessinant une sorte d'entonnoir. (Voir figure n° 9). Un canal E C B F conduit le goudron condensé jusqu'à une fosse extérieure G, où on le recueille. Le soutirage s'effectue de 6 heures en 6 heures. Quand l'écoulement du goudron a cessé, on pousse le feu pour achever la carbonisation du bois. Avec des pins

gemmés le rendement moyen est de 18 à 20 % de goudron et de 25 à 30 % de charbon léger.

Les *fosses des Charentes* de 30 m<sup>3</sup> environ, et les *fosses russes de la Vaga* contenant 100 à 150 m<sup>3</sup> de bois, rappellent les fours chinois ou les fours souterrains ; mais toujours le fond de la fosse est mis en communication par des tuyaux en terre ou par des canalisations en bois avec des fûts destinés à recueillir le goudron.

#### B. — PROCÉDÉS DES FOURS

Les fosses à goudrons constituant en forêt de dangereux foyers d'incendie on préfère généralement les fours qui donnent d'ailleurs un rendement supérieur.

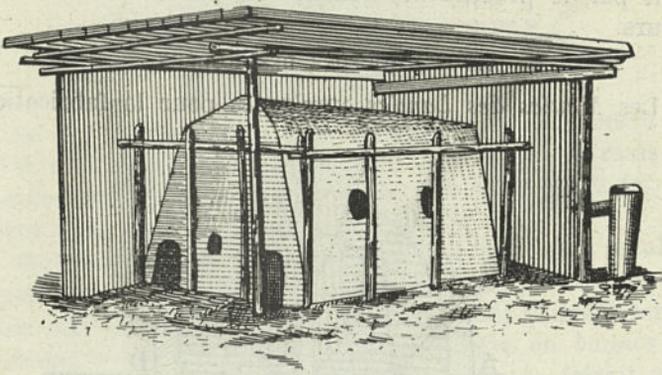


FIG. 10. — Four de Russie pour extraction du goudron.

#### Fours arabes

Ils se composent : 1° d'une grande jarre en poterie formant cornue, placé au milieu d'un foyer ; 2° d'un conduit de dégagement en maçonnerie ou en terre glaise conduisant au récipient de condensation ; 3° d'un récipient formé d'un trou en terre garni de glaise où l'on verse quelques litres d'eau qui amènent la condensation des goudrons.

Ces fours arabes sont très employés pour la fabrication des goudrons balsamiques de thuyas et de genévriers, employés au goudronnage des outres ou guerbas, à la désinfection du bétail galeux, et à divers emplois pharmaceutiques.

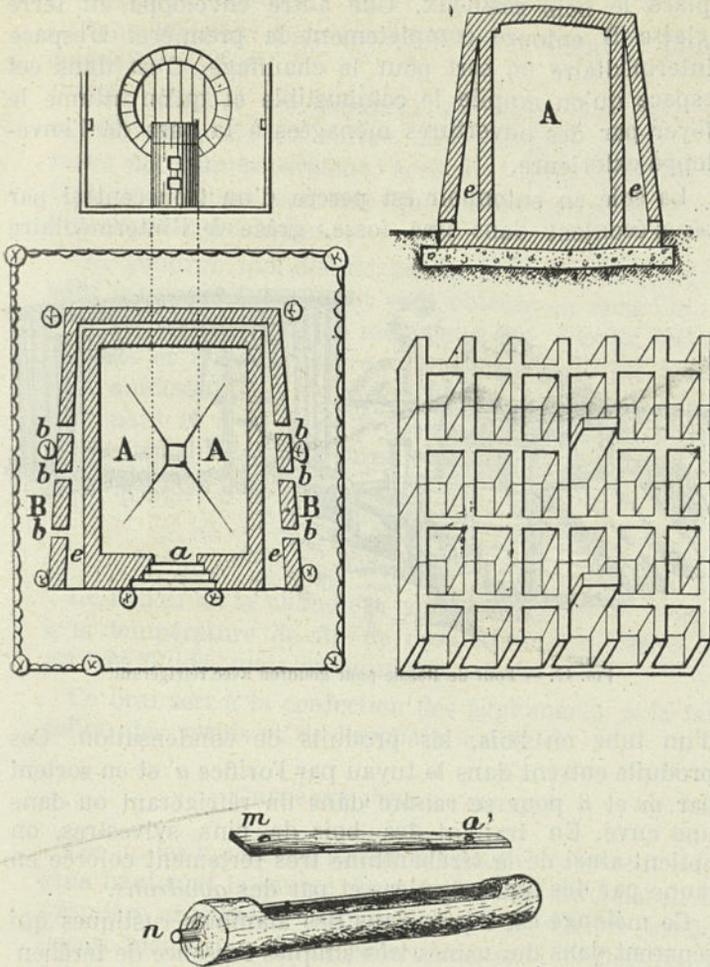


Fig. 41. — Détails du four de Russie (pour goudron)

LE  
USÉE  
CENCIAL

**Petit Fourneau russe (figures nos 10, 11 et 12).**

Ce fourneau se compose d'une caisse intérieure en briques alvéolaires de glaise à l'intérieur de laquelle on place le bois résineux. Une autre enveloppe en terre glaise B entoure complètement la première. L'espace intermédiaire (e) sert pour le chauffage. C'est dans cet espace qu'on empile le combustible et qu'on allume le foyer par des ouvertures ménagées à la base de l'enveloppe extérieure.

La sole en entonnoir est percée d'un trou central par où s'écoulent dans une fosse, grâce à l'intermédiaire

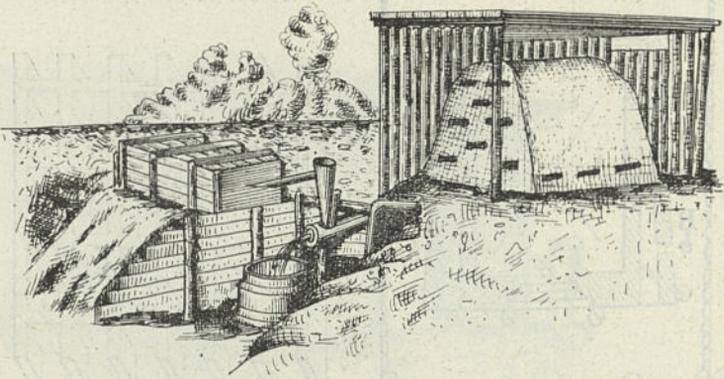


FIG. 12. — Four de Russie pour goudron avec réfrigérant.

d'un tube en bois, les produits de condensation. Ces produits entrent dans le tuyau par l'orifice *a*' et en sortent par *m* et *n* pour se rendre dans un réfrigérant ou dans une cuve. En traitant des bois de pins sylvestres, on obtient ainsi de la térébenthine très fortement colorée en jaune par des huiles brûlées et par des *goudrons*.

Ce mélange est repris dans des alambics rustiques qui séparent dans des usines très simples l'essence de térébenthine et la poix, le brai et la colophane.

### TRAITEMENT ET ÉPURATION DES GOUDRONS

Les goudrons — provenant directement de la carbonisation des bois, ainsi que ceux séparés du pyroligneux par décantation — peuvent : soit être brûlés dans les foyers de distillation pour produire force et chaleur, soit être

simplement séparés de l'eau qui les accompagne pour les livrer au commerce, soit être distillés par l'usine de carbonisation elle-même pour tirer les dérivés pharmaceutiques et autres.

Dans les deux cas une distillation s'impose plus ou moins simplifiée.

Pour distiller les goudrons on utilise des chaudières et des appareils en cuivre. Les produits distillés sont reçus dans un séparateur, sorte de caisse en fonte portant une cloison verticale qui oblige la partie aqueuse à se séparer des huiles.

Du goudron qui distille pendant 12 à 15 heures, suivant les produits que l'on veut obtenir on recueille :

— entre 110 et 120° un mélange d'eau, d'acide acétique, d'alcool et d'huiles légères de densité de 0,700 à 0,800.

— au-dessus de 120° jusqu'à 230° des huiles lourdes, contenant 10 à 15 % de créosote si le goudron provient du traitement des bois durs, ou 6 à 7 % seulement dans le cas de bois tendres.

#### BRAI

Le résidu de la chaudière constitue le *brai de bois*, qui à la température de fin de distillation vers 260 à 280° est très fluide, mais inflammable à l'air.

Ce brai sert à la confection des agglomérés, à la fabrication des vernis et de l'asphalte artificiel.

#### CRÉOSOTE PHARMACEUTIQUE

Les huiles lourdes de goudron séparées comme il est dit plus haut sont la source de la créosote et du gaiacol. Une première distillation sépare les 30 % d'acide acétique encore inclus dans la créosote brute, puis les portions qui passent entre 195° et 220° constituent l'acide phénique, le phénol crésylique et le créosol. Les phénols sont combinés à une solution de soude caustique introduite en mélange. On traite par décantation et par la vapeur d'eau pour séparer les carbures et les parties huileuses, puis on libère la créosote par un acide minéral : acide chlorhydrique, sulfurique ou carbonique. On distille ensuite : On obtient 3 liquides assez homogènes :

1° les produits recueillis entre 195 et 205° ou gaïacol à 20 % ; 2° les produits recueillis entre 205 et 215° forment la *créosote brute officinale* à 80 % ; 3° entre 215° et 225° la *créosote* queue de distillation.

Plusieurs distillations successives dans le vide donnent ensuite la créosote jaune puis la créosote blanche pure.

### BRIQUETTES DE CHARBON DE BOIS ET DÉCHETS DE BOIS

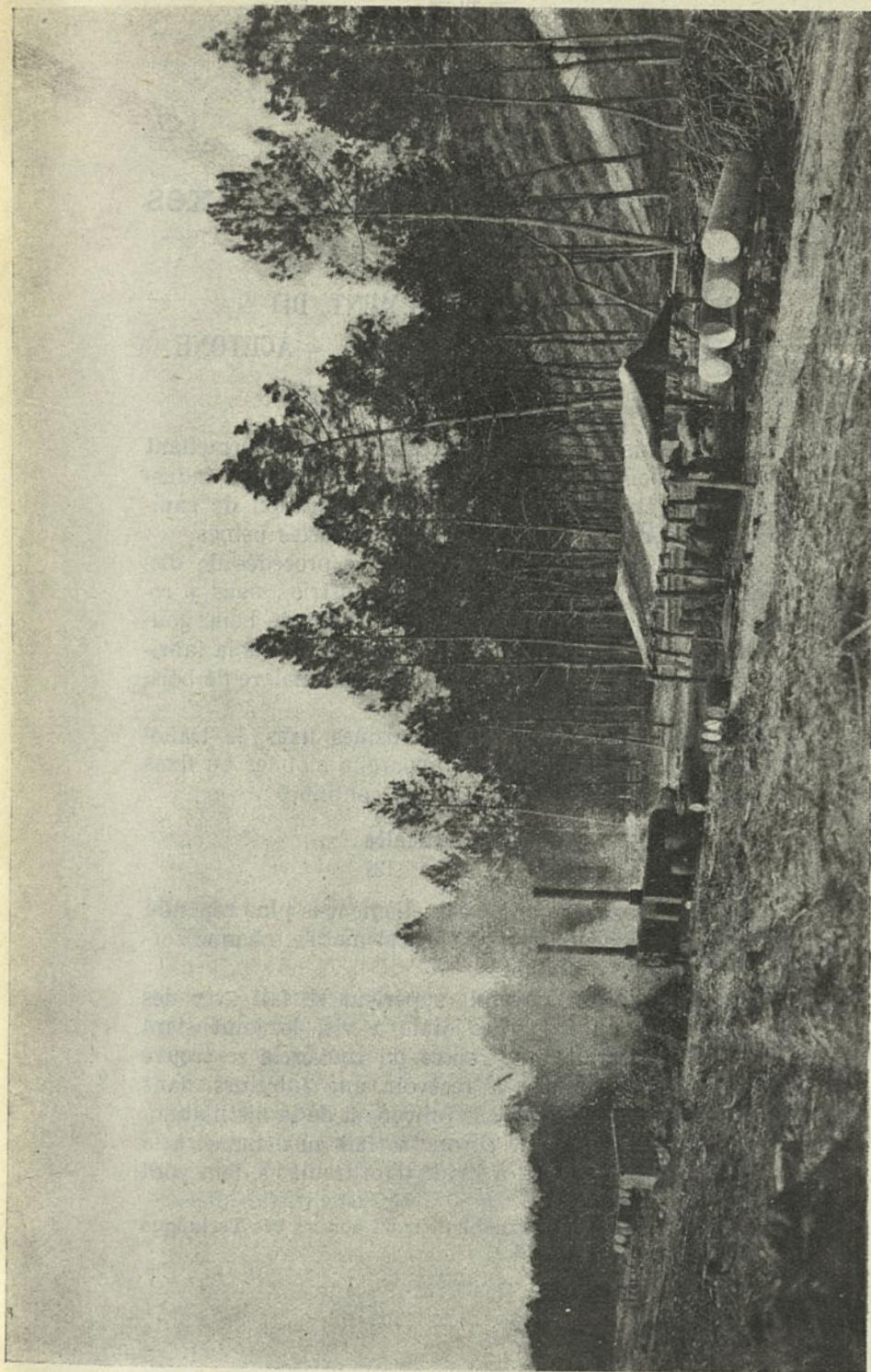
Les déchets de la carbonisation des bois, comprenant les poussières de charbon de bois et les menus qui peuvent aussi provenir de la carbonisation des brindilles, sont employés utilement à la fabrication de petites briquettes ou du *charbon moulé*, appelé parfois *charbon de Paris*.

On y fait entrer du *brai* et de la colle comme agglutinants, du *salpêtre* pour faciliter la combustion, des *goudrons* de bois et des *goudrons bruts* d'usine à gaz. On peut y mélanger également de la *sciure de bois*. Ce dernier combustible est difficile à agglomérer, mais si l'on chauffe la sciure de bois à sec jusqu'au moment où avant de se gazéifier les éléments goudronneux qu'elle renferme se séparent d'elle, ces éléments sont prêts dès lors à servir d'agglutinants.

Le mélange à transformer en briquettes subit de même après moulage et passage à la presse un commencement de carbonisation qu'on arrête dans des étouffoirs.

Le charbon moulé ainsi obtenu est très apprécié pour entretenir le feu, pour donner une température facilement réglable dans les opérations de laboratoire, et d'économie domestique et en général dans les cas où le charbon doit brûler sans dégagement d'odeur ni de fumée.

La fabrication de ces briquettes a été très rémunératrice pour certaines usines. Il faut se tenir au courant des cours locaux et chercher à utiliser de cette façon les résidus toujours trop abondants de charbon en poudre et déchets divers.



DISTILLATION DES BOIS EN VASE CLOS. INSTALLATION FORESTIÈRE POUR LE PROCÉDÉ MÉDINA  
FORÊT DE PINS MARITIMES DE MOUTCHIC (GIRONDE) (Ph. Thiollier.)

### CHAPITRE III

## Distillation des Bois en Usines Fixes

---

### PYROLIGNEUX PROPREMENT DIT <sup>(1)</sup> MÉTHYLÈNE - ACIDE ACÉTIQUE - ACÉTONE

---

Nous connaissons déjà les procédés simples permettant de tirer du bois carbonisé bon nombre de produits industriels, sans être astreint à une immobilisation de capitaux considérables pour construire de vastes usines.

Nous devons aborder maintenant les procédés de distillation employés dans la grande industrie ; nous y retrouverons les produits déjà vus : charbon de bois, goudrons, etc... et nous exposerons en quelques mots la fabrication industrielle de l'acide acétique ou vinaigre de bois, du méthylène et de l'acétone.

En grande industrie, dans les usines fixes, le traitement du bois se fait dans des appareils mobiles ou fixes ou dans des appareils à distillation continue.

#### **Cornues verticales**

(voir figure n° 13)

Le type de cornues qui est actuellement le plus répandu en France est encore le type vertical mobile, chaque cornue contenant 5 à 10 stères.

La fermeture du couvercle supérieur se fait avec des pinces en fer ou des serre-joints à vis, le joint étant luté avec de l'argile. Au centre du couvercle se trouve une ouverture destinée à recevoir une tubulure dans laquelle se dégageront les gaz provenant de la distillation.

La mise en place de la cornue se fait au début et à la fin de chaque opération, à l'aide d'un treuil et d'un pont

---

(1) Voir Georges Vié : « Distillation du bois », **Vie Technique et Industrielle**, n°s 17 et 18.

roulant. L'enlèvement de cette cornue est facilité par des crochets placés à la partie supérieure. Le cylindre de fer où s'opère la carbonisation repose sur le bord supérieur du four par une cornière solide, rivée un peu au-dessous du couvercle. De cette façon le système de fermeture est complètement dégage.

La construction des foyers et des carnaux est un des points délicats de l'installation.

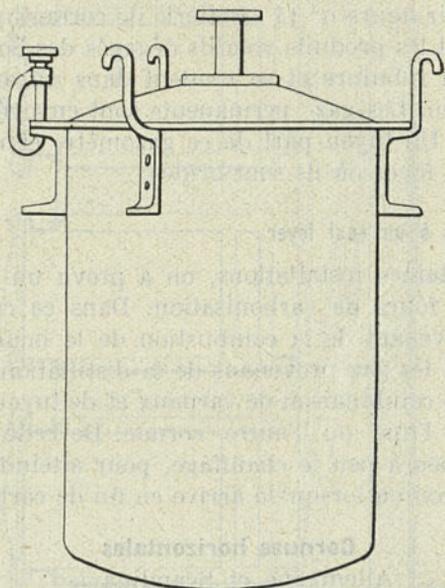


FIG. 13. — Cornue verticale (pour distillation du bois).

#### Marche de la distillation

Dans les conditions normales de chauffe, la distillation dure de 12 à 15 heures. Pendant les 10 premières heures on maintient la température vers 350°, puis on monte graduellement pour atteindre 430° à 450°. Les foyers sont chauffés au charbon. Les cornues sont disposées par rangées de huit, dix ou douze, en une ou deux séries dans un même massif en maçonnerie. Cette disposition rend plus compliquée la circulation des gaz qui doivent fournir une chaleur aussi stable que possible et sensiblement égale dans tous les points du cylindre à traiter.

Afin de prévenir les coups de feu, les flammes du foyer ne sont pas laissées en contact direct avec la tôle de fer des cornues ; elles lèchent seulement les voûtes en brique situées au-dessous du fond des cornues. Les gaz du foyer circulent autour du cylindre, par des orifices ménagés de distance en distance dans la voûte réfractaire. Ils suivent une marche ascendante, atteignent le carneau collecteur qui les mène à la cheminée d'évacuation par un orifice placé au-dessous du bord supérieur du four (voir figure n° 14 : Batterie de cornues verticales).

Les gaz et les produits volatils dégagés des bois s'échappent par la tubulure et se rendent dans un appareil de condensation. Les gaz permanents sont envoyés dans un gazomètre. Un tuyau part de ce gazomètre et ramène les gaz dans le foyer où ils sont brûlés.

#### **Fours doubles à un seul foyer**

Dans certaines installations, on a prévu un seul foyer pour deux fours de carbonisation. Dans ce cas les gaz chauds provenant de la combustion de la houille et mélangés avec les gaz provenant de la distillation sont dirigés par une combinaison de carnaux et de tuyauterie sous la voûte de l'une ou l'autre cornue. De cette façon, on augmente peu à peu le chauffage, pour atteindre la température maxima lorsqu'on arrive en fin de carbonisation.

#### **Cornues horizontales**

(Allemagne et Scandinavie)

Les cornues cylindriques horizontales, chauffées par un même foyer, sont utilisées plus généralement en Allemagne et en Scandinavie. Le cylindre horizontal a une seule porte de fermeture située à l'avant. L'échappement des produits volatils, dégagés pendant la distillation, s'effectue à l'aide d'une tubulure fixée en haut de la paroi arrière. La porte avant peut être complètement mobile et être déplacée à l'aide d'une grue, ou mieux, montée sur charnière comme pour un autoclave ordinaire horizontal. Quand la distillation est terminée, on ouvre la porte de la cornue et on fait tomber le bois dans un étouffoir situé sous cette dernière. Les cylindres ont une capacité de cinq à six stères de bois, et une moyenne de huit heures de chauffe est nécessaire pour une bonne distillation.

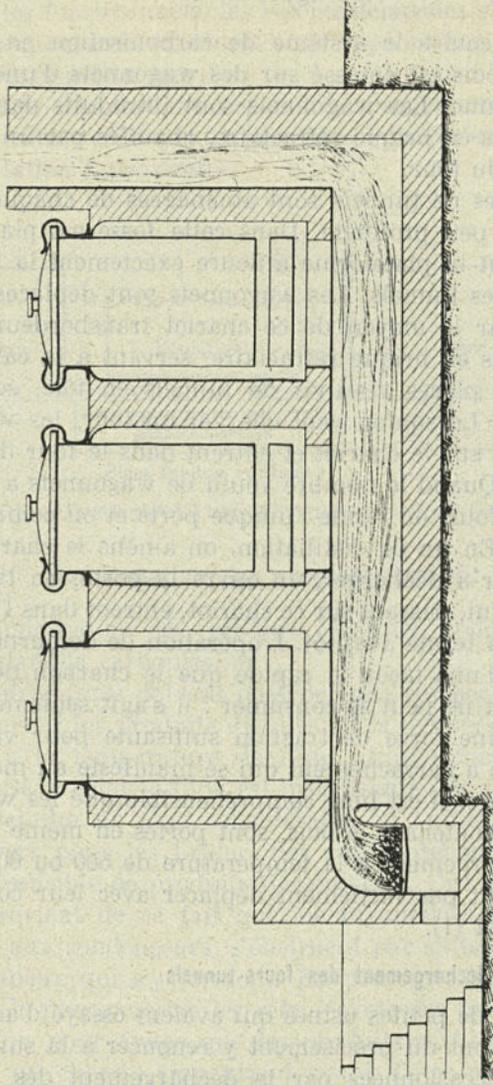


FIG. 14. — Batterie de cornues verticales.

### Fours-tunnels

(Voir figure n° 15)

On a préconisé le système de carbonisation en four-tunnel. Le bois est entassé sur des wagonnets d'une contenance connue. Les wagonnets sont introduits dans des fours-tunnels en brique réfractaire, chauffés par un foyer au-dessous du four.

Deux séries de tunnels sont aménagées de chaque côté d'une fosse peu profonde. Dans cette fosse est placé un chariot, dont la plateforme affleure exactement la partie inférieure des tunnels. Les wagonnets sont déplacés latéralement par le moyen de ce chariot transbordeur. Les fours-tunnels en brique réfractaire, servant à la carbonisation, sont placés vis-à-vis de tunnels en tôle, servant d'étouffoirs. Lorsqu'on veut charger un four, les wagonnets passent sur le chariot et entrent dans le four de carbonisation. Quand le nombre voulu de wagonnets a pénétré dans le four, on ferme l'unique porte et on commence la chauffe. En fin de distillation, on amène le chariot en face du four à décharger, on ouvre la porte, on tire les wagonnets qui, passant sur ce chariot, entrent dans l'étouffoir que l'on ferme aussitôt. L'opération de défournement est menée d'une façon si rapide que le charbon de bois incandescent ne peut se consumer : il s'agit seulement de disposer d'une force de traction suffisante pour vaincre la résistance à l'arrachement qui se manifeste au moment du démarrage. Il est bien compréhensible que les wagonnets en fer contenant le bois, sont portés en même temps que leur chargement à la température de 500 ou 600°, et ne se laissent pas facilement déplacer avec leur contenu incandescent (1).

#### Difficultés de déchargement des fours-tunnels

Beaucoup de petites usines qui avaient essayé d'adopter ce système, ont dû précisément y renoncer à la suite des difficultés occasionnées par le déchargement des fours, car la traction sur wagonnets chauds, dont le métal est porté au rouge, s'opère dans des conditions défectueuses pour le roulement ou le glissement. Cependant, quelques

---

(1) Voir Georges Vié : « Distillation du bois », **Vie Technique et Industrielle**, n° 17 et 18.

grosses installations de traitement des bois par ce principe, sont des modèles à tous égards.

Dans les fours-tunnels, les gaz condensables s'échappent par des tubulures de dimensions appropriées, disposées dans le plafond du four.

De telles installations ne sont naturellement permises qu'aux usines vraiment importantes, ayant des chantiers d'exploitation à proximité.

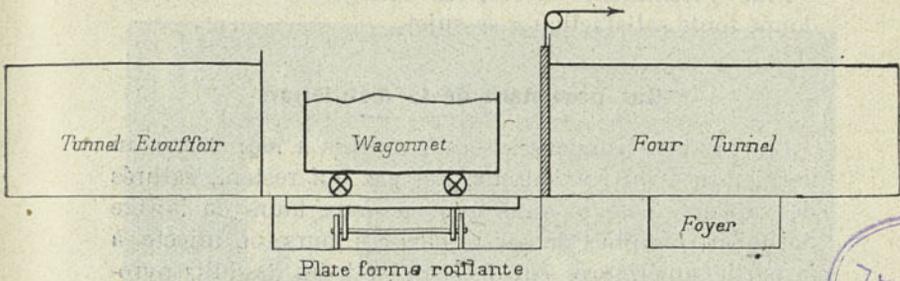


FIG. 13. — Four horizontal pour distillation des bois sur wagonnet.

### Condensation des produits distillés

La condensation des produits distillés joue un rôle capital dans la carbonisation.

Les réfrigérants doivent posséder une surface suffisante pour amener les produits distillés de la température de la cornue à la température de l'eau utilisée comme réfrigérant. Si la condensation est insuffisante, les pertes peuvent atteindre un taux considérable, et l'on envoie ainsi aux foyers pour les brûler, des gaz contenant une proportion sensible de produits pyroligneux. Une autre difficulté provient de ce fait que les tuyauteries reliant les cornues aux condenseurs, s'obstruent par suite des dépôts goudronneux qui s'y forment. En principe, on doit rapprocher le plus possible les réfrigérants des fours de carbonisation pour éviter que les produits distillés ne parcourent un chemin trop grand avant d'être refroidis.

### Nécessité d'une condensation complète

Dans les installations primitives, et avant que l'on ait compris la nécessité d'une condensation complète, on arrivait, par moments, à chauffer les usines par la com-

bustion seule des gaz provenant de la distillation. Pour obtenir ce résultat, on brûlait en même temps que les gaz permanents, un pourcentage élevé de produits volatils, vapeurs d'alcool et acétone.

Dans les installations plus récentes, on utilise une bêche d'un volume donné, traversée par plusieurs tubes en cuivre rouge, dans lesquels circulent les gaz et les produits condensés.

Plus récemment encore, les réfrigérants Barbet ont donné toute satisfaction à ce sujet.

### **Gaz provenant de la distillation**

Les produits condensés sont recueillis à leur sortie du dernier tube du condenseur. Les gaz qui restent, saturés de vapeurs, passent dans une ou deux tours de lavage Scrubber, remplies de coke. Dans ces tours, on injecte, à la partie supérieure, soit de l'eau, soit des produits pyrolytiques faibles. Les gaz débarrassés des vapeurs utiles, sont amenés ensuite dans un aspirateur à chaux qui retient l'acide carbonique susceptible de nuire à leur bonne combustion, dans les foyers où ils sont ensuite envoyés.

#### **Le traitement des produits condensables**

Les produits de la distillation, coulant d'eux-mêmes dans les réservoirs, sont abandonnés plusieurs jours au repos. Ils se séparent en deux couches :

1° Une couche inférieure formée de goudrons riches en huiles créosotées saturées d'acide acétique et des homologues de cet acide.

2° Une couche aqueuse qui renferme l'alcool méthylique et l'acide acétique avec un peu d'acétone et d'acétate de méthyle.

Une petite quantité de substances huileuses qui seront ajoutées à la couche goudronneuse inférieure, se trouve au-dessus de la couche aqueuse.

Par des robinets placés à des hauteurs différentes, on sépare le liquide aqueux des goudrons plus lourds et des huiles légères, et on envoie aux réservoirs les produits ainsi séparés.

a). — La couche aqueuse est soumise à la distillation fractionnée pour en extraire l'acide acétique d'une part, et de l'autre l'alcool méthylique.

b). — Nous avons dit que l'on soumettait les couches aqueuses à la distillation fractionnée simple. On peut aussi neutraliser préalablement l'acide pyroligneux par une base, la chaux par exemple, avant de lui faire subir la distillation pour en séparer l'alcool ou esprit de bois.



Fig. 15 bis. — Carbonisation des bois avec fours horizontaux.  
Enfournement d'une corbeille. — A gauche, les étouffoirs.

c). — Dans un troisième procédé, on peut distiller le produit brut : eau, pyroligneux et esprit de bois, et on peut recueillir les produits de la distillation sur de la chaux, puis on distille à nouveau pour séparer l'alcool du pyrolignite de chaux.

#### Séparation de l'esprit de bois et de l'acide pyroligneux

Dans le cas de la distillation simple, les appareils destinés à séparer l'esprit de bois de l'acide pyroligneux sont en cuivre et ont une contenance appropriée à la capacité de production de l'usine.

Il passe d'abord à la distillation de l'alcool méthylique mélangé d'acétone et d'une petite quantité d'aldéhyde

et d'acide acétique, d'acétate de méthyle, de quelques carbures d'hydrogène et de méthylamine. L'alcool méthylique qui distille, traverse trois plateaux rectificateurs en cuivre, refroidis extérieurement par une petite quantité d'eau ; cela permet de recueillir un liquide d'une richesse assez élevée en alcool. Lorsque le liquide qui passe marque zéro à l'alcoomètre, on reconnaît qu'il ne reste plus d'esprit de bois dans l'appareil.

On ne fabrique le plus souvent que du pyrolignite de soude ou du pyrolignite de chaux, on arrête alors la distillation au moment où l'alcool méthylique est parti, puis on soutire après décantation et après déversement :

1° Un mélange d'eau, de goudron et d'acide que l'on envoie dans une bêche spéciale.

2° De l'acide pyroligneux qui est saturé dans des cuves par de la chaux ou du carbonate de soude.

### FABRICATION ET RECTIFICATION DE L'ALCOOL MÉTHYLIQUE OU METHYLÈNE

L'alcool, esprit de bois ou méthylène est amené par distillation et concentration à un titre de 25-30° à l'alcoomètre, puis il est soumis ultérieurement à une rectification sur de la chaux éteinte, afin de l'amener à un degré commercial de 90 à 95°. Il renferme encore un peu d'acétone et d'aldéhyde, et une petite proportion de carbures d'hydrogène. On étend d'eau jusqu'à ce que le liquide marque 50° à l'alcoomètre pour séparer ces corps ; on décante la couche huileuse formée, puis on rectifie une première fois en présence de 2 à 3 % de chaux, et une seconde fois, en présence de 0,2 % d'acide sulfurique. On recueille ce qui passe entre 64 et 67° centig. L'alcool méthylique ainsi obtenu renferme encore de l'acétone.

#### Procédé Rotten (1)

On emploie alors le procédé Rotten, qui consiste à combiner l'acétone avec un halogène. Dans ce but, on distille l'alcool méthylique dans un alambic à reflux, dans lequel on fait passer un courant de chlore gazeux, qui, sans avoir d'effet sur l'alcool, transforme l'acétone en composés chlo-

(1) Voir Georges Vié : « Distillation du bois », **Vie Technique et Industrielle**, nos 17 et 18.

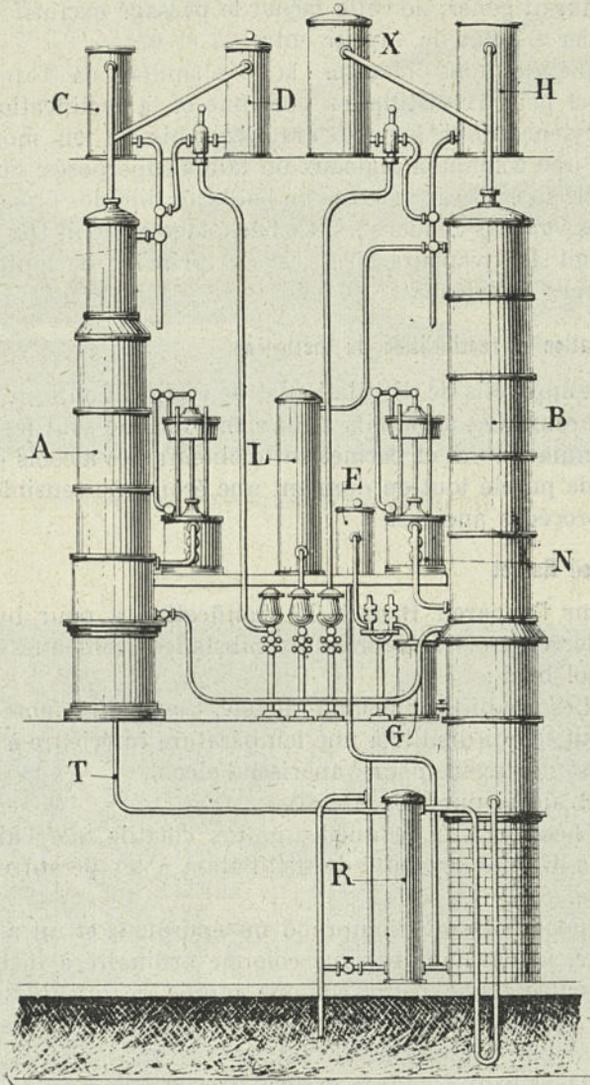


Fig. 16. — Appareil "Barbet" pour rectification du méthylène.

rés d'un point d'ébullition voisin de  $120^{\circ}$ , c'est-à-dire de beaucoup supérieur à celui de l'alcool méthylique, et qui ne saurait gêner, de cette façon, le passage exclusif de ce dernier à l'état de vapeur entre  $64$  et  $67^{\circ}$ .

Nous donnons ci-après la description de l'appareil Barbet pour la distillation continue et la rectification du méthylène, dont les vapeurs s'enrichissent en montant dans une colonne à plateaux ou tamis superposés, où cascaded au contraire, de bas en haut, les liquides provenant de ces vapeurs condensées. Ce barbotage enrichit très rapidement les vapeurs. Tel est le principe de toutes les colonnes à plateaux.

#### **Distillation et rectification du méthylène**

Les appareils de distillation et de rectification sont assez nombreux. Les appareils à marche continue sont les plus recommandables et permettent d'obtenir des alcools d'une grande pureté tout en donnant une économie sensible sur les procédés anciens.

#### **Appareil Barbet**

Dans l'appareil Barbet, la rectification a pour but de scinder en trois catégories les substances contenues dans l'alcool brut :

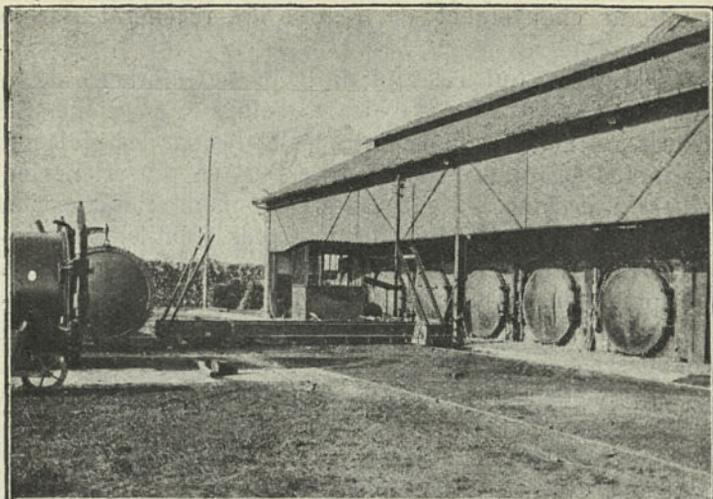
1° Les produits ou flegmes de tête, c'est-à-dire l'ensemble de tout ce qui distille à une température inférieure à celle qui est nécessaire pour vaporiser l'alcool.

2° L'alcool pur.

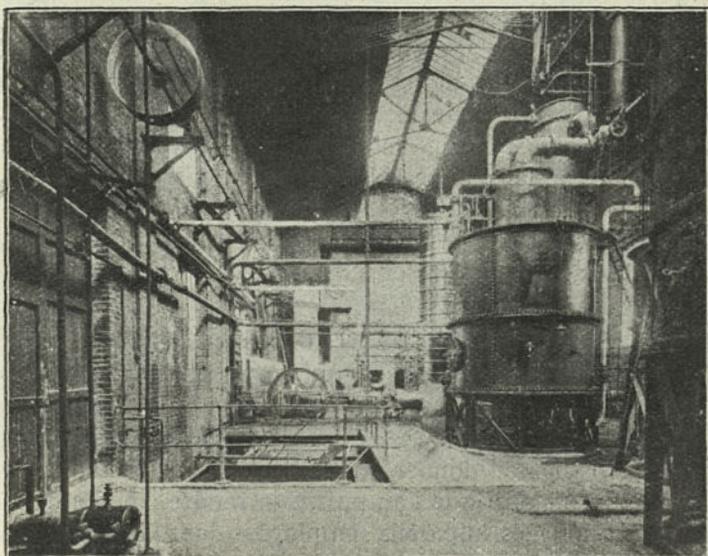
3° Les flegmes de queue, moins volatils que l'alcool, c'est-à-dire les produits de distillation à température peu élevée.

L'appareil Barbet comprend un épurateur et un rectificateur. L'épurateur est une colonne ordinaire à distiller, surmontée d'une petite colonne munie de quelques plateaux, pour la concentration des éthers et pour retenir l'alcool pur (voir figure n° 16).

L'alcool brut à épurer arrive dans l'échangeur de température R par le tube S, où il est chauffé par les eaux épuisées venant de la colonne B. L'alcool passe par le tuyau T dans la partie supérieure de la colonne A et s'écoule de plateau en plateau jusqu'à la partie inférieure qui est chauffée par un serpentin, muni d'un régulateur



Vue d'une usine de distillation du bois en vase clos.



Une usine de distillation du bois en vase clos.

de vapeur destiné à supprimer les inconvénients provenant du changement de régime des régénérateurs de vapeur.

Les vapeurs qui s'élèvent de la partie inférieure de la colonne A sont formées d'alcool, d'éther et d'acétone. En traversant tour à tour les liquides étalés sur les plateaux de moins en moins chauds et de plus en plus riches en éthers et acétone, les vapeurs abandonnent leur alcool et s'enrichissent de produits de tête plus volatils. Ces produits de tête se concentrent dans la petite colonne, vont au condenseur C où une rétrogradation produit l'enrichissement méthodique de ces éthers et acétone qui vont se condenser en D.

L'alcool, débarrassé des produits plus volatils que lui, se rend au rectificateur B, colonne à distiller ordinaire, composée de plateaux situés à la partie inférieure, et de plateaux de rectification placés au-dessus des premiers. L'alcool épuré arrive à la partie supérieure des produits d'épuisement, descend de plateau en plateau, et le liquide arrive au bas de la colonne qui est chauffée par un serpentin à vapeur à régulateur. Pendant ce trajet, ledit liquide se dépouille de tout son alcool, et les eaux épuisées s'écoulent par le siphon et passent au réchauffeur R avant d'être envoyées à l'égout.

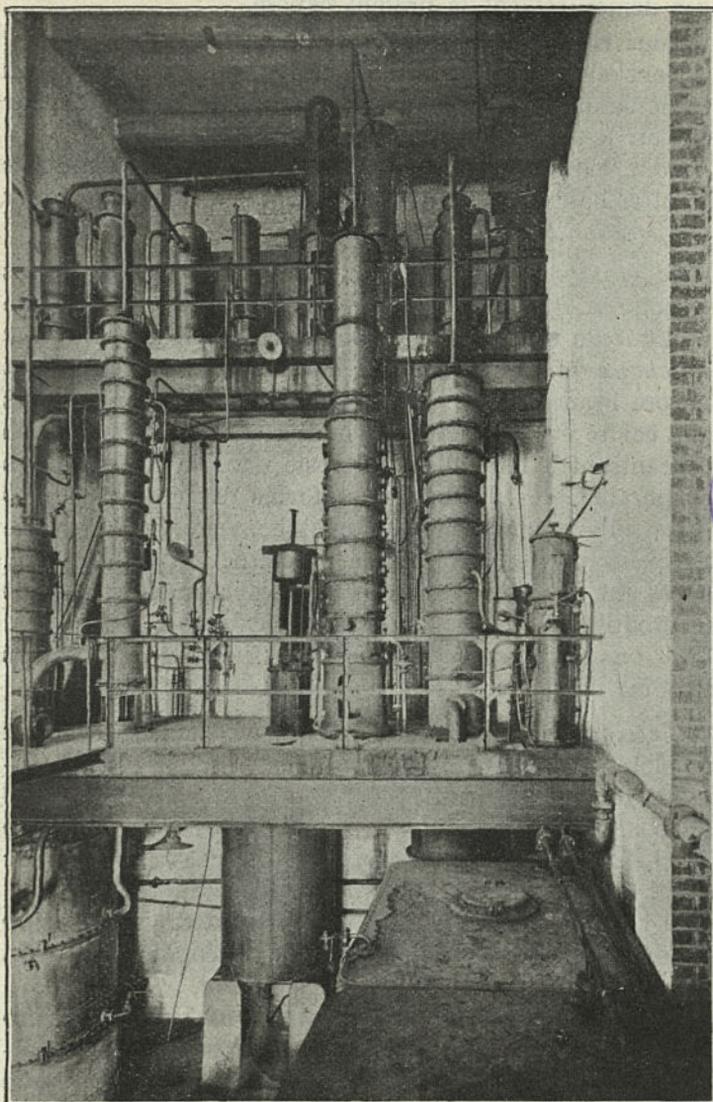
Les vapeurs alcooliques s'enrichissent de plus en plus en traversant les plateaux de rectification ; elles arrivent au condenseur H où une rétrogradation renvoie à la partie supérieure de la colonne B les vapeurs qui s'y condensent.

Les vapeurs de méthylène après lavage dans le condenseur H, se condensent dans le réfrigérant X. On obtient alors de l'alcool pur.

### **FABRICATION DE L'ACIDE ACÉTIQUE OU VINAIGRE DE BOIS, DES ACÉTATES ET DE L'ACÉTONE**

Nous venons de donner quelques détails sur l'industrie du méthylène afin que l'on puisse se rendre compte de la complication des appareils employés dans les grandes usines de distillation en vase clos.

L'industrie des acétates et de l'acide acétique ou *vinaigre de bois* qui peut concurrencer le vinaigre d'ali-



MUSEE  
COMMERCIAL  
LILLE

Usine de distillation du bois en vase clos.

mentation venant du vin, nécessite également des appareils nombreux dont la description nous obligerait à allonger démesurément le présent exposé.

Nous rappellerons seulement les principes :

Nous avons laissé l'acide pyroligneux au moment où on le saturait de chaux ou de carbonate de soude pour obtenir la séparation du méthylène.

Pour saturer l'acide pyroligneux, on peut employer d'autres bases que la chaux. On peut également fabriquer du *pyrolignite de plomb*.

Le *pyrolignite de soude* est connu dans le commerce sous le nom de *sel rouge*. Mais, d'une façon générale, l'acide acétique du commerce est obtenu à partir du *pyrolignite de chaux* qui donne l'*acétate de chaux brun* contenant encore beaucoup de goudron, et l'*acétate de chaux gris* peu coloré et peu chargé en matières goudroneuses. En concentrant à feu nu ce qui reste dans la cornue après évaporation des flegmes, il se forme des croûtes jaunes qu'on enlève à la pelle et qu'on sèche. On obtient l'*acétate de chaux gris* en saturant le pyroligneux par la chaux, après une première distillation, en évaporant et en séchant le produit.

Si on sature par du carbonate de soude, on obtient l'*acétate de soude*.

L'*acétate en neige* est celui qui provient de cristaux incolores en agitant les dissolutions pendant la cristallisation.

L'acide acétique s'obtient en décomposant le pyrolignite de chaux par les acides. L'*acétate de chaux* traité par l'acide sulfurique, régénère de l'acide acétique.

Si on distille l'*acétate de chaux brun* avec de l'acide chlorhydrique, on obtient l'*acide acétique des arts*, employé pour la préparation de la *céruse*.

Avec l'acide acétique industriel, on fabrique beaucoup d'*acétate de cuivre Verdet neutre*, employé pour le traitement des maladies de la vigne, des *acétates de plomb* et d'*alumine*, des *pyrolignites de plomb* et d'*alumine*, etc.

Les dérivés de l'acétone sont nombreux. Ajoutée dans une proportion de 25 % au méthylène ou alcool méthylique, l'acétone donne le *méthylène* type *Régie* qui est le dénaturant officiel et obligatoire des alcools industriels.



(Ph. Thiottier).

Forêt de Bellême. — Chênes et hêtres.  
Canton du Pont-à-la-Dame.

M. le sénateur Tissier, professeur à la Faculté des Sciences, a eu l'extrême bienveillance de me donner les renseignements suivants qui schématisent toute la distillation du bois et la fabrication des principaux produits industriels qui en résultent.

D'après Barillot, 100 kg. de bois peuvent fournir dans les conditions les plus parfaites :

Charbon .....	25 à 27 kg.
Acide acétique .....	7 kg.
Méthylène .....	2 kg.
Goudrons .....	3 kg.

Dans une usine bien surveillée, la distillation de 1.700 à 1.800 kg. de bois produit :

Goudrons .....	50 litres
Pyroligneux .....	900 litres

soit un distillatum de 950 litres au total.

Les 900 litres de pyroligneux contiennent eux-mêmes :  
Acide acétique 104 litres, soit 11 % d'acidité, et 30 litres d'alcool, soit 3,4 %.

#### **Exemple de distillation.**

Distillation avec une marche de 24 heures, et une charge moyenne de 1.500 kg.

On a : Pour la manutention et l'enfournement, 1 heure.

Pour la distillation goutte à goutte, ou fumage, 2 heures.

Flambage à l'air, 1 heure.

On emploie environ 19 heures pour distiller 580 litres de produit, soit une moyenne de 32 litres à l'heure.

Vidange, 1 heure.

Tant que le pyroligneux ne vient pas clair, il est reçu dans une cuve à pyroligneux pour brun.

Dès qu'il sort clair, on le dirige dans une cuve à pyroligneux pour gris.

La distillation du pyroligneux pour gris commence environ à la cinquième heure pour se terminer vers la quinzième. Pendant ce temps, on distille donc  $32 \times 10 = 320$  litres de pyroligneux pour gris.

On obtient environ 200 kg. de pyroligneux pour brun qui se détaillent comme il suit :

150 kg. de pyroligneux pour brun de tête et 50 kg. de pyroligneux pour brun de queue.

Le pyroligneux pour brun titre environ 19 % d'acidité, ce qui représente 39 kg. d'acide acétique.

Le pyroligneux pour gris titre environ 13 %, soit au total 39 kg. d'acide acétique.

La production d'acétate de chaux brun à 69 % sera par suite de 74 kg. Celle d'acétate de chaux gris à 80 %, 64 kg.

On ne fait, dans certaines usines, aucune séparation entre les deux pyroligneux.

### TRAITEMENT DES PYROLIGNEUX

On peut opérer de deux façons différentes.

1° On condense en bloc tous les produits de la distillation, on obtient ainsi un mélange de goudron et de pyroligneux que l'on sépare par décantation.

2° On procède au dégoudronnage dans des cuves spéciales avant la condensation du pyroligneux.

L'appareil dégoudronneur consiste essentiellement en un bac contenant du goudron, dans lequel barbotent les produits de la distillation.

Avant de procéder à l'extraction du goudron en excès, qui se dépose d'une manière continue, il est envoyé dans un faux-fond où on le débarrasse par chauffage à la vapeur de l'acide pyroligneux qui s'était déposé en même temps dans le dégoudronneur.

Le pyroligneux dans la méthode ancienne est distillé après séparation du goudron par décantation. Il en renferme encore néanmoins une certaine quantité, que l'on peut évaluer à 20 %.

#### Méthode des trois chaudières.

On fait ensuite passer le pyroligneux brut (autant que possible séparé des goudrons) dans une série de 3 chaudières.

La première de 2 mètres de diamètre sur 2 m. 30 de haut, peut être chauffée suivant le travail, soit à l'aide d'un serpentín dans lequel passe la vapeur, soit par injection directe de vapeur dans le liquide.

Sous l'influence de la chaleur, le pyroligneux brut abandonne l'acide acétique, l'acétone, l'alcool méthylique, etc., qui se rendent dans la seconde chaudière.

Cette chaudière a 1 m. 70 de diamètre et 1 mètre de haut. Elle contient un lait de chaux dans lequel barbotent les vapeurs provenant de la première chaudière afin de retenir l'acide acétique.

Les vapeurs d'acétone et l'alcool passent de la deuxième dans la troisième chaudière dont les dimensions sont : 1 m. 40 de diamètre et 1 m. 60 de haut. Celle-ci contient

également un lait de chaux qui fixe les dernières traces d'acide acétique entraînés.

Pour terminer l'opération, on liquéfie les vapeurs d'acétone et d'alcool méthylique qui ont traversé les trois chaudières en les faisant passer dans un réfrigérant.

En sens inverse, l'eau de chaux chargée d'acide acétique de la chaudière n° 3 coule dans la chaudière n° 2 où elle achève de se saturer pour aller de là dans des bacs réservoirs à acétate de chaux.

*Nota.* Parfois le dégoudronnage se fait par barbotage multiples dans une couche de goudron très mince, comme dans l'appareil Barbet. Enfin dans quelques systèmes, le dégoudronneur est annexé au système des 3 chaudières et le pyroligneux passe directement du dégoudronneur dans la chaudière n° 2 et de là dans la chaudière n° 3, etc. On évite ainsi la chaudière n° 1.

#### **Acétate de chaux.**

La concentration de l'acétate de chaux présente quelques difficultés, en raison des croûtes qui se forment en surface à partir de 17° B.

Pour la dessiccation de l'acétate, on emploie toujours la chaleur perdue des foyers.

Dans l'ancien système, on calcine l'acétate sur des plaques de tôle.

Dans le système nouveau on utilise des séchoirs plus économiques et plus rapides, tels que les séchoirs automatiques Huillard.

#### **Alcool méthylique.**

Les flegmes méthyliques renferment environ 2 % d'acétone, un peu d'alcool allylique, des huiles créosotées, etc.

Dans les anciens systèmes, on rectifiait au moyen d'appareils discontinus à colonne; actuellement, on emploie comme pour les distilleries d'alcool, des appareils continus à colonne.

On obtient alors directement :

1° Méthylène régie (riche en acétone);

2° Méthylène à 0,5 % d'acétone;

3° Alcool méthylique renfermant moins de 0,14 % d'acétone.

On distille toujours les flegmes sur de la chaux qui se combine aux matières goudronneuses, et saponifie l'acétate de méthyle; mais les bases (amines, pyridines, ammoniaque) passent avec le méthylène.

On les enlève par un léger traitement aux acides.

NOTA. — Pour enlever les dernières traces d'acétone qui souillent l'alcool méthylique, on peut opérer de deux manières différentes :

1° Traiter par un peu de chlorure et redistiller ;

2° Combiner l'alcool à l'acide oxalique, afin d'obtenir l'éther oxalique, corps cristallisé que l'on peut purifier aisément sous cette forme, et que l'on saponifie ensuite pour obtenir l'alcool méthylique pur.

### Acétone.

L'acétate de chaux est chauffé à 500° dans une chaudière de distillation en fonte munie d'un serpent traversé par la vapeur d'eau surchauffée. L'acétate se décompose et l'acétone prend naissance.

Au fur et à mesure de leur formation, les vapeurs d'acétone traversent un collecteur de poussières, puis un dégoudronneur, et arrivent dans un réfrigérant où elles sont liquéfiées.

Le distillatum est alors additionné d'eau qui provoque la séparation des huiles de goudron entraînées. On décante et l'acétone dilué est envoyé dans un appareil rectificateur à colonne où il est rectifié sur une lessive de soude.

100 kg. d'acétate donnent de 24 à 25 kg. d'acétone brut et de 20 à 21 kg. d'acétone pur.

Au sortir du rectificateur, l'acétone renferme encore quelques homologues supérieurs : propanone, éthylpropanone, butanone, etc.

On l'obtient tout à fait pur en le combinant avec le bisulfite de soude. La combinaison bisulfitique (qui ne se produit pas avec les homologues supérieurs), est d'abord purifiée par essorage, et ensuite décomposée par l'eau. L'acétone se sépare, on le rectifie à nouveau par distillation fractionnée.

### TRAITEMENT DES GOUDRONS

Les goudrons sont de compositions très variables suivant la nature des bois employés et les procédés de carbonisation mis en œuvre.

Les goudrons provenant des dégoudronneurs modernes sont à peu près exempts d'acide pyroligneux et d'alcool méthylique.

Le goudron séparé par simple décantation (ancien système), peut contenir :

Alcool méthylique.....	20 à 30 litres
Acide pyroligneux.....	50 à 60 kilos
Gayacol brut à 20 0/0.....	5 kilos
Créosote à 80 0/0.....	12 kilos

Généralement, après séparation de l'eau, le goudron est vendu dans le commerce.

Quelques usines brûlent leur goudron.

La distillation donne d'abord une séparation grossière et il faut rectifier plusieurs fois pour avoir des produits purs.

### **Distillation.**

On met une tonne de goudron dans un alambic spécial horizontal relié à un réfrigérant. On chauffe et on recueille le distillat tant que le thermomètre de la cornue ne dépasse pas 230°.

On obtient ainsi de 340 à 350 litres de liquide renfermant 180 à 240 litres de créosote.

### **Créosote.**

Les premières bonbonnes contiennent un mélange d'alcool méthylique et d'acide pyroligneux, puis vient ensuite seulement de l'acide, et dans les bonbonnes de queue la créosote brute.

Pendant que la cornue est chaude, on évacue le brai dans des étouffoirs. Ce produit est brûlé ou sert à la fabrication du charbon de Paris.

### **Créosote brute.**

La créosote brute est rectifiée dans un appareil à plateaux, et on recueille de 195 à 220 litres (soit environ les trois quarts de la créosote brute).

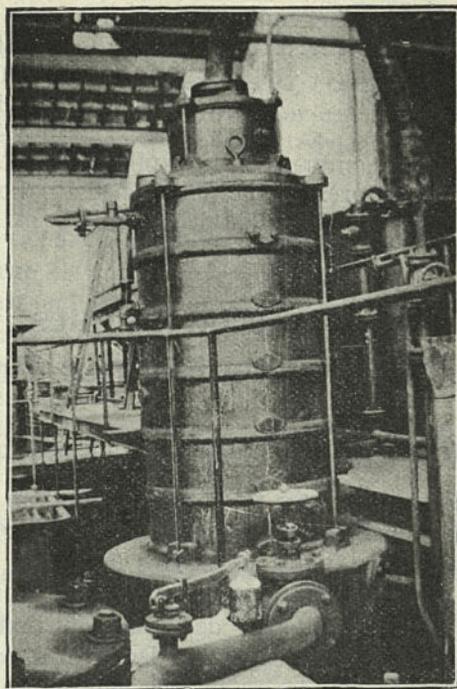
Ce liquide contient des phénols (Mono et Diphénols), des huiles neutres, et des produits très oxydables.

On le mélange avec son volume de soude à 36° B., on agite et enfin on ajoute de l'eau, de façon à amener la densité de la couche aqueuse à 1,105.

Les huiles neutres surnagent, on laisse reposer douze heures, et la couche aqueuse inférieure est décantée dans un bac, où on la traite par un courant de vapeur d'eau destiné à entraîner les huiles neutres qui restaient encore. Finalement on laisse refroidir le bac et on ajoute de l'acide chlorhydrique en agitant, les phénols sont mis ainsi en liberté et surnagent.

C'est la créosote brute noire.

On lave cette créosote noire à l'eau, puis on décante. Une fois lavée, la créosote est plus lourde que l'eau. On la sépare et on redistille dans un alambic simple. On obtient ainsi la créosote moyenne qui après deux rectifications dans les appareils à colonne, donne du gayaco<sup>1</sup> et de la créosote.



Colonne de rectification des flegmes méthyliques.

### Gayacol cristallisé.

Le gayacol cristallisé est obtenu en partant du gayacol à 20 0/0 formé de :

Huile neutre .....	10 0/0
Gayacol .....	20 0/0
Crésylols .....	40 0/0
Créosols .....	30 0/0

On le redissout au moyen d'une solution de soude à 36° B.

Les huiles neutres qui surnagent sont entraînées par un traitement à la vapeur d'eau surchauffée à la pression de 5 kg.

Le contenu de l'alambic est, après refroidissement, traité par l'acide sulfurique à 50 0/0, donne les phénols (gayacol, crétylols, créosols, etc.). On doit opérer à une température inférieure à 30°.

On lave à l'eau froide, on rectifie, et on recueille un produit blanc (créosote blanche).

#### **Créosote pure.**

La créosote blanche contient encore :

Huiles neutres.....	10 à 12 0/0
Crétylols .....	30 0/0
Gayacol .....	12 à 15 0/0
Créosols .....	40 à 45 0/0

Elle est traitée comme il a été expliqué pour le gayacol, puis on termine après lavage par une distillation dans le vide. Le rendement est d'environ 80 0/0, et la densité est de 1,080.

---

## **Aperçus économiques sur la Distillation des Bois**

---

### **Rendements - Prix de revient - Bilan des Entreprises**

Il est délicat de donner à l'heure actuelle, un bilan économique du fonctionnement des usines de carbonisation en vase clos. Cette industrie est très fermée et les renseignements économiques exacts transpirent difficilement. Toutefois, les distillateurs de bois sont extrêmement aimables, et le très distingué M. Duchemin notamment, président de l'Union des Industries chimiques, vice-président de la Société de Chimie industrielle, et cheville ouvrière du Syndicat de la Carbonisation, nous a donné les meilleurs renseignements qu'il soit possible d'obtenir.

Les rapports si documentés présentés par M. Duchemin au Comité Consultatif des Arts et Manufactures et à la Direction des Essences et Pétroles, exposent dans tous ses détails la situation actuelle de cette industrie qui dépend de mesures législatives aujourd'hui à l'étude.

Le cours des produits principaux de la distillation dépend absolument du législateur et manque actuellement de stabilité. La présentation d'un bilan serait tout à fait précaire dans ces conditions.

Depuis le début de 1922 le *méthylène* est très demandé

pour la dénaturation des alcools moteurs, en raison de l'effort fait en faveur du carburant national.

Tout en maintenant les droits de régie qui assurent la protection des vinaigres de bouche, ou mieux, en autorisant la dénaturation des vinaigres de bois chez le fabricant, on peut être assuré que la consommation d'acide acétique en France égalera au moins la production, bien défendue à l'heure actuelle contre l'écrasante concurrence américaine d'avant guerre, à cause de la hausse actuelle du dollar ; mais l'Allemagne et la Tchéco-Slovaquie bénéficieraient aujourd'hui, grâce à leur change déprécié, d'une situation privilégiée de vendeurs si les droits de douane n'étaient pas constamment tenus à jour. Il est peu d'industries françaises aussi influencées par la concurrence étrangère et par le protectionnisme que la distillation des bois en vase clos.

Les cours actuels des produits de cette industrie sont, donc délicats à définir.

On connaît cependant les principales données des rendements en matières.

Des renseignements provenant des usines actuellement en fonctionnement, donnent les chiffres suivants qui sont du reste proportionnellement inférieurs à ceux que donnent les traités de distillation français ou étrangers.

**Chiffre moyen des Usines fonctionnant à l'heure actuelle**

Pour 100 stères par jour (380 kgs de bois par stère)  
37.620 kgs de bois en 24 heures

Charbon de bois	Goudrons	Acide pyroligneux
10.890 kgs	2 475 kgs	15.840 kgs (A)
dont 9.900 kgs en gros morceaux et 900 kgs en petits morceaux	et après une 2 <sup>e</sup> dis- tillation :	
	Goudrons	Acide pyroligneux
	1.980 kgs	495 kgs (B)

Les 16.335 kgs de pyroligneux (A et B) distillés, donnent :

Goudrons	Acétate de Chaux	Flegmes
1.385 kgs	11.800 kgs	5.010 kgs
	Acide acétique	Méthylène ou esprit de bois à 80 %
	2.376 kgs	594 kgs

Gaz : 7.595 kgs pour 100 stères

13 foyers pour cornues mobiles ; 20 chargements en 24 heures.  
100 stères pour 20 chargements = 5 stères au chargement.

Voici maintenant le bilan donné par MM. Dumesny et Noyer, pour une usine traitant 110 stères de bois (380 kil. au stère), soit 41.800 kil. par 24 heures. Tous les chiffres ci-après se rapportent à la période *d'avant-guerre*.

Les produits obtenus se décomposeront comme suit :

1° *Charbon de bois* :  $\left\{ \begin{array}{l} 11.000 \text{ kgs de gros morceaux} \\ 12.100 \text{ kgs dont on} \\ \text{retire} \dots\dots\dots \left\{ \begin{array}{l} 1.100 \text{ kgs de petits morceaux ou} \\ \text{déchets} \end{array} \right. \end{array} \right.$

2° *Goudron*  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Goudrons} \\ \text{exempts} \\ \text{d'eau} \\ 2.750 \text{ kgs} \\ \text{qui,} \\ \text{distillés,} \\ \text{donnent} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 2.200 \text{ kgs} \\ \\ \\ \text{Acide} \\ \text{pyroligneux} \\ 550 \text{ kgs} \end{array} \right.$

3° *Acide pyroligneux* :  $\left\{ \begin{array}{l} 17.600 \text{ kgs} \dots\dots\dots \\ \\ \\ \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{décomposé} \\ \text{dans} \\ \text{le système} \\ \text{des trois} \\ \text{chaudières} \\ \text{donne} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} 1.650 \text{ kgs de Goudron} \\ \\ \\ 13.200 \text{ kgs} \\ \text{de solution} \\ \text{d'acétate} \\ \text{de chaux} \\ \text{qui donne} \\ \\ 5.500 \text{ kgs de} \\ \text{flegmes} \\ \text{d'esprit de} \\ \text{bois qui,} \\ \text{rectifiées,} \\ \text{donnent} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} 2.640 \text{ kgs} \\ \text{d'acétate de} \\ \text{chaux gris} \\ 80 \text{ } \%. \\ \\ 660 \text{ kgs} \\ \text{d'esprit de} \\ \text{bois brut} \\ \text{à } 80 \text{ } \%. \end{array} \right.$

4° *Gaz* : 8.550 kgs qui sont employés au chauffage des cornues

L'installaun se compose de 14 cornues mobiles qui lui permettent, en faisant de 20 à 22 charges par 24 heures, de passer la quantité de bois ci-dessus. Comme elle possède un pont roulant, la cornue chaude est sortie du four et déposée sur un wagonnet pour être immédiatement remplacée par une autre cornue nouvellement chargée et amenée à proximité; le temps de chargement et de déchargement de la cornue ne demande ainsi pas plus de 8 à 10 minutes en moyenne.

Cinquante ouvriers étant occupés à l'usine, et la main-d'œuvre coûtant de 1 fr. 85 à 2 fr. 45 par jour (1), ramènent à environ 2 fr. 10 la main-d'œuvre par stère de bois, ce prix pouvant varier avec les jours de chômage.

(1) Période d'avant-guerre.

La chaux employée par stère de bois revient à 0 fr. 18.

Quant à la houille consommée, il faut compter sur une moyenne de 100 à 105 kil. par stère (chiffre qui varie bien entendu, suivant la saison, de 75 à 130 kil.) ce qui revient à une dépense de 2 francs à 2 fr. 50, en calculant sur un prix de 22 à 25 francs la tonne suivant la région où est située l'usine.

Les frais généraux d'une pareille usine se montent à 3 fr. 15, 3 fr. 70 par stère de bois travaillé, dans lesquels il faut comprendre l'intérêt du capital engagé, qui peut aller jusqu'à 750.000 francs dont 400.000 francs de matériel, 280.000 francs d'approvisionnement de bois, et le reste comme fonds de roulement.

D'autre part Klar, ingénieur de Hanovre donne pour l'avant-guerre le bilan ci-après, d'après les conditions des pays allemands.

Pour une usine de carbonisation traitant 50 mètres cubes de bois par jour, le capital de premier établissement était avant la guerre ainsi détaillé :

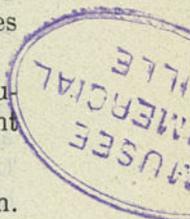
Terrain .....	25.000 fr. environ.
Bâtiment .....	62.500 — —
Appareils, machines, montage ....	125.000 — —
Capital de roulement .....	162.500 — —
	<hr/>
Soit.....	375.000 — —

D'après les conditions qui régnaient en Allemagne les frais d'exploitation, ainsi que l'amortissement, frais généraux, etc..., en résumé tous les frais du traitement de 1 mètre cube de bois pour produits commerciaux usuels s'élevaient à 7 fr. 50 environ (donnée expérimentale).

Pour les bois durs on pouvait admettre le prix de 6 fr. 25 le m. c. pour le hêtre en bûches, rendu à l'usine.

D'autre part le rendement était le suivant pour 1 m. c. de hêtre :

140 k. de charbon de bois .....	6,25 les 100 k.
25 k. d'acétate de chaux à 82 % .....	17,50 —
6 k. d'esprit de bois à 80 % .....	93,75 —
25 k. de goudron .....	3,15 —



D'après ces chiffres, une usine traitant par jour 50-60 mètres cubes de hêtre, donnait un bénéfice d'environ 10-15 pour cent du capital de premier établissement.

D'après le même auteur, le rendement d'une usine de *carbonisation de bois résineux* peut être bien meilleur : 1 mètre cube de bois résineux évalué au même prix de 6 fr. 25 (avant guerre) que le m. c. de hêtre, donne moins d'alcool et moins d'acétate, mais plus de goudron et plus d'huile de pin que les bois feuillus. Le rendement était évalué pour 1 m. c. de pin à :

90 kil. de charbon de bois valant ....	6.25	les 100 kil.
10 kil. d'huile de pin .....	37.50	—
2,5 kil. d'esprit de bois .....	87.50	—
10,0 kil. d'acétate de chaux .....	17.50	—
40,0 kil. de goudron de bois .....	10	»

On pouvait se procurer des souches de pin qui revenaient à l'usine à 3 fr. 75 le m. c., prix à porter à 6 fr. 25 après fendage et sciage aux dimensions convenables. L'usine travaillant 50-60 m. c. par jour, produisait un bénéfice de 15-20 % du capital de premier établissement.

Ce placement avantageux des bois résineux, est dû à la production d'huile de pin et de goudron de bois résineux analogue au goudron de Suède, fort estimé s'il est suffisamment clair, et valant jusqu'à 15 francs les 100 kilos avant guerre.

Cifons encore quelques chiffres plus modernes, qui permettront de serrer davantage l'évaluation des bénéfices à réaliser.

Voici ce qu'on produit en moyenne dans les usines françaises pour 100 stères de bois :

- 7.000 kilos de charbon de bois, soit 70 kilos par stère ;
- 500 litres de méthylène, soit 5 litres par stère ;
- 2.000 kilos d'acétate, soit 20 kilos par stère.

Pour travailler 100 stères par jour, il faut une usine coûtant actuellement 1 million à 1.200.000 francs, dépensant par mois 150 tonnes de houille, et 35.000 francs de main-d'œuvre.

Le bois à carboniser revient actuellement à 20 francs le stère rendu à l'usine.

Tandis que pour la période d'avant-guerre, M. Duchemin évalue :

Le charbon de bois à 70 francs la tonne ;

Le méthylène à 0 fr. 80 le litre ;

L'acide acétique à 0 fr. 80 le kilo.

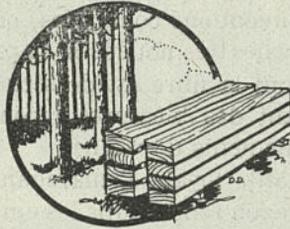
Les cours officiels de 1918 étaient :

Charbon de bois, 300 francs la tonne ;

Méthylène, 300 francs l'hectolitre ;

Acétates, 1.350 francs les mille kilos.

Depuis 1918, ces cours, extrêmement élevés, ont baissé.



## CHAPITRE IV

# Pâtes à Papier extraites du Bois

### Mode de présentation des bois à papier

Les bois destinés aux fabriques de pulpe et de cellulose doivent provenir d'arbres relativement jeunes, sains, sans cœur sec ni pourriture. Ils sont livrés généralement verts, avec ou sans écorce. Les nœuds et excroissances doivent être enlevés et parés à la hache. Les bois sont débités en bûches courtes mesurant moins de 1 mètre de longueur. Certaines usines acceptent pourtant des bûches plus longues (jusqu'à 2 m. 50).

On distingue trois classes de grosseurs :

1<sup>re</sup> classe (la plus estimée) de 15 à 20 centimètres de diamètre ;

2<sup>e</sup> classe (moyenne) de 10 à 14 centimètres de diamètre ;

3<sup>e</sup> classe (de valeur moindre) de 7 à 9 centimètres de diamètre.

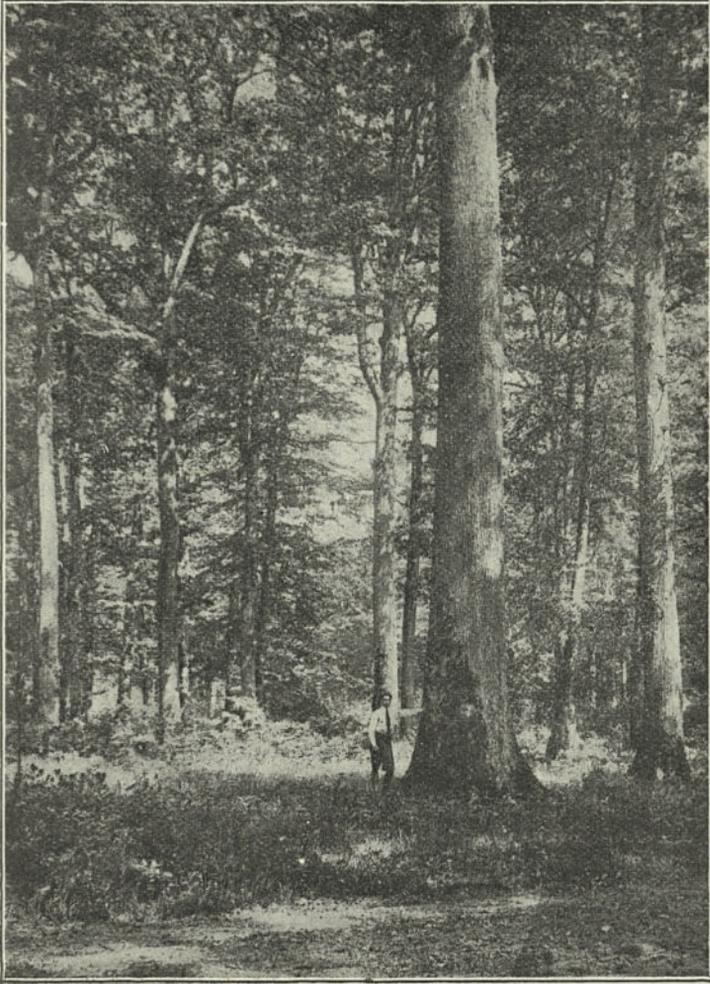
A moins de conventions contraires, on exclut des fournitures : 1° les bûches très noueuses, ou partiellement pourries ; 2° celles dont la fibre est desséchée, friable ; 3° les bûches renfermant des blessures recouvertes, des entre écorces, des écoulements de résine.

Les bois de qualité loyale et marchande sont payés actuellement sur wagon rendu dans les embranchements des usines de pâtes au prix de 65 à 75 fr. la tonne de bois.

Les bois provenant de démolition et ayant déjà servi peuvent également, malgré leur siccité, être employés dans les pulperies qui les achèteront un peu au-dessous du cours des bois frais. On devra s'efforcer de présenter les vieux bois sains sous une forme se rapprochant du mode de présentation adopté pour les bois frais.

### Essences employées

On utilise pour fabriquer la pâte de bois un très grand nombre d'essences ligneuses, à l'exclusion seulement des bois très colorés et très denses ; encore n'est-on pas très



Forêt de Tronçais (Allier) (Cliché Fergusson)

Futaie de chênes de 300 ans et jeunes semis dans les clairières.

difficile pour la densité puisque le hêtre qui n'est pas un bois léger est employé au Canada.

Les essences préférées sont les sapins, les épicéas et les pins (bois sans excès de résine), le tremble, tilleul, les peupliers, bouleaux, saules blancs, aulne.

### QUALITÉS ET EMPLOIS DES PÂTES

A) QUALITÉS DES PÂTES. — La caractéristique de la qualité d'une fibre est le rapport de sa longueur à sa section transversale. La fibre est d'autant meilleure que ce rapport est plus grand, et l'on cherche à obtenir, par la trituration des pâtes qui amène la désagrégation des cellules, des fibres à la fois courtes et très menues.

La meilleure pâte à papier provient des chiffons. Les fibres de coton donnent un papier souple et mou. Les fibres résistantes de chanvre ou de lin donnent un papier transparent, sonnant et lisse. La pâte d'alfa ressemble à celle des chiffons. La pâte mécanique de bois à fibres courtes donne de l'opacité et de la main au papier. La pâte chimique de bois produit un papier soyeux fin, propre à l'impression. La pâte de paille a les fibres courtes et donne au papier de la transparence.

Pour obtenir un papier déterminé il faut nécessairement mélanger différentes pâtes dans des piles raffineuses par trituration et lavages.

B) COLLAGE. — Le collage rend le papier imperméable à l'encre. Le papier à coller passe entre deux rouleaux, l'inférieur plongeant dans un bassin de colle (1).

La colle se fait ordinairement avec du *savon de résine* obtenu en fondant de la résine dans une solution aqueuse de carbonate de soude ou de potasse. Il faut une vingtaine de kilos de carbonate de soude pour 100 de résine, on ajoute un peu d'alun.

La colle se fait plus rarement avec de la gélatine ou de la colle animale.

C) CHARGE. — La charge corrige la transparence des papiers communs et leur donne de la blancheur. C'est un

---

(1) A. MATHEY : *Traité d'exploitation commerciale des bois*. — Librairie Lucien Laveur.

mélange de kaolin, de baryte, de gypse et terre de pipe qu'on fixe sur les fibres en ajoutant 10 à 15 % de fécule.

D) COLORATION DES PÂTES. — Avant le collage on verse dans les cuves de pâtes des couleurs d'origine minérale ou végétale, passées au tamis très fin. Le bleu de Prusse sert pour l'azurage des papiers communs, l'outremer pour les papiers fins. L'azurage rehausse la blancheur des papiers.

### PÂTES MÉCANIQUES DE BOIS

Les bois sont débités en petites bûches de 0 m. 30 de longueur; une perceuse enlève les nœuds. Les bûches pressées par des pistons hydrauliques, sont râpées par des meules de grès. Un fort courant d'eau (25 à 30 m<sup>3</sup> par heure), entraîne la pâte formée sur des tamis à secousses et des cylindres rotatifs à tamis qui retiennent les éclats. La pâte la plus fine sortant du dernier cylindre, est directement utilisable, le surplus est broyé dans un moulin raffineur et de nouveau tamisé.

La pâte ainsi obtenue est, tantôt livrée en ballots égouttés au sortir d'une simple presse hydraulique, tantôt passée au presse-pâte ou à l'essoreuse centrifuge.

Voici un aperçu du rendement économique pour une installation produisant 5 tonnes de pâtes par jour de travail, ce qui paraît être, au point de vue économique, le minimum de la production possible :

#### *Frais d'installation de l'usine en 1923*

Il faut une centrale thermique ou hydraulique de 300 à 350 HP, coûtant environ ....	Fr.	400.000
Un outillage, meules, tamis, etc. ....		300.000
Bâtiments et terrains.....		100.000
		<hr/>
Total .....		800.000

L'amortissement calculé à raison de 10 % pendant 10 ans, serait de 80.000 fr. par année de 330 jours ouvrables, soit .....

		80.000
--	--	--------

#### *Réparations et entretien :*

5 % du prix de l'usine .....		40.000
Personnel : (Direction, contremaître et ouvriers)		<hr/>
A reporter.....		120.000

<i>Report</i> .....	120.000
Pour marcher 24 heures par jour, il faut compter 25 personnes à 20 fr. par jour en moyenne, soit 500 fr. × 330 jours .....	165.000

Aux colonies, la dépense du personnel pourrait être réduite de moitié car il n'est pas nécessaire d'employer de nombreux spécialistes, particulièrement pour la pâte mécanique.

*Consommation de la Centrale :*

Pour une centrale thermique, il faudrait compter une dépense de *charbon* de 1 kilo par cheval heure, soit pour 24 heures, un maximum de 9 tonnes à 100 fr. l'une (prix fort), par jour : 900 fr., et 3 kil. d'*huile* à 3 fr. le kil. par tonne de charbon, par jour : 27 kil. à 3 fr. = 71 fr., soit pour la centrale thermique, 971 fr. ou en chiffres ronds, 1.000 fr. par jour de combustibles et huile.

Si l'on peut installer une centrale hydraulique ou hydro-électrique, la dépense se réduit à peu près à l'achat d'huile (23.430 fr. par an), soit..... 30.000

*Matière première :*

Le bois rend au moins 75 % en poids de pâte mécanique, pour produire 5 tonnes de pâte par jour, il faut 7 tonnes de bois, soit par an 2.310 ou 2.300 tonnes de bois, qu'on peut évaluer à 70 fr. la tonne rendue à l'usine ..... 161.000

Les dépenses de la pulperie s'élèvent donc par an à ..... 476.000

Les *recettes* de l'entreprise sont constituées par 5 tonnes de pâte mécanique par jour, soit par an : 1.650 t. de pâte écrue, à 600 fr. la tonne.... 990.000

*Bénéfice annuel* à espérer de l'entreprise..... 514.000

Le bilan qui précède peut devenir encore plus avantageux, si l'on a la possibilité d'installer la centrale hydro-électrique dans un vieux moulin, où l'aménagement de l'usine peut coûter moins des 400.000 fr. prévus plus haut.

Il ne faut pas se dissimuler d'autre part que les conditions du devis ainsi arrêté sont très favorables. L'usine a besoin d'une consommation d'eau très forte, elle doit être installée près d'une rivière. L'eau doit être propre, si elle est trop impure des bassins de décantation doivent être prévus. Un bassin partiellement cimenté de 200 m. c. coûterait 100.000 francs à raison de 500 francs le m. c. Si l'on manque d'eau on peut organiser la récupération avec une dépense relativement minime de tuyauteries et filtres.

Enfin si l'on ne peut disposer de force hydro-électrique il faut pour actionner la centrale thermique 900 francs de charbon par jour ou 297.000 francs de charbon par an.

La pâte mécanique est vendable sans être passée au presse-pâte, mais s'il faut ajouter cette machine : c'est une dépense supplémentaire d'installation de 250.000 fr. qu'il faut prévoir.

Malgré tout l'installation d'une pulperie produisant la pâte mécanique reste avantageuse dès que l'on dispose d'environ 20.000 tonnes de bois à papier. L'opération est excellente si l'on dispose de beaucoup d'eau propre et de force hydraulique ou de force thermique bon marché comme celle produite par la combustion de bois de démolition ou de déchets. Cette combustion peut être directe ou son rendement peut être amélioré par l'emploi des gazogènes.

### **PATE MI-CHIMIQUE DE BOIS**

On fait cuire les bûches dans une autoclave cylindrique en tôle de 3 mètres de hauteur et 1 m. 40 de diamètre. Une grille maintient les bois au-dessus du plancher de l'autoclave qui reçoit les eaux de condensation. L'appareil étant chargé, on chauffe pendant 3 à 5 heures, en faisant arriver de la vapeur aussi sèche que possible. On purge fréquemment en expulsant les eaux de condensation rassemblées au fond de l'autoclave.

Les matières résineuses et gommeuses des bois sont entraînées par ces eaux de condensation ; après refroidissement le bois cuit est râpé à la meule comme pour la fabrication de la pâte mécanique.

Une variante consiste à soumettre le bois à une lessive

alcaline. La désagrégation mécanique se fait alors dans un concasseur à défibrer qui demande moins de force.

La pâte est ensuite diluée dans des cuves munies d'agitateurs mécaniques, et passe dans un courant d'eau au moulin broyeur et dans les tamis.

Le rendement est un peu supérieur à celui de la pâte mécanique et on peut employer des bois un peu avariés, mais la pâte doit être réservée alors pour les papiers communs, cartons de luxe, papiers de tenture, etc...

Le bilan économique de la fabrication se présente à peu près comme pour la pâte mécanique.

### **PATE CHIMIQUE DE BOIS**

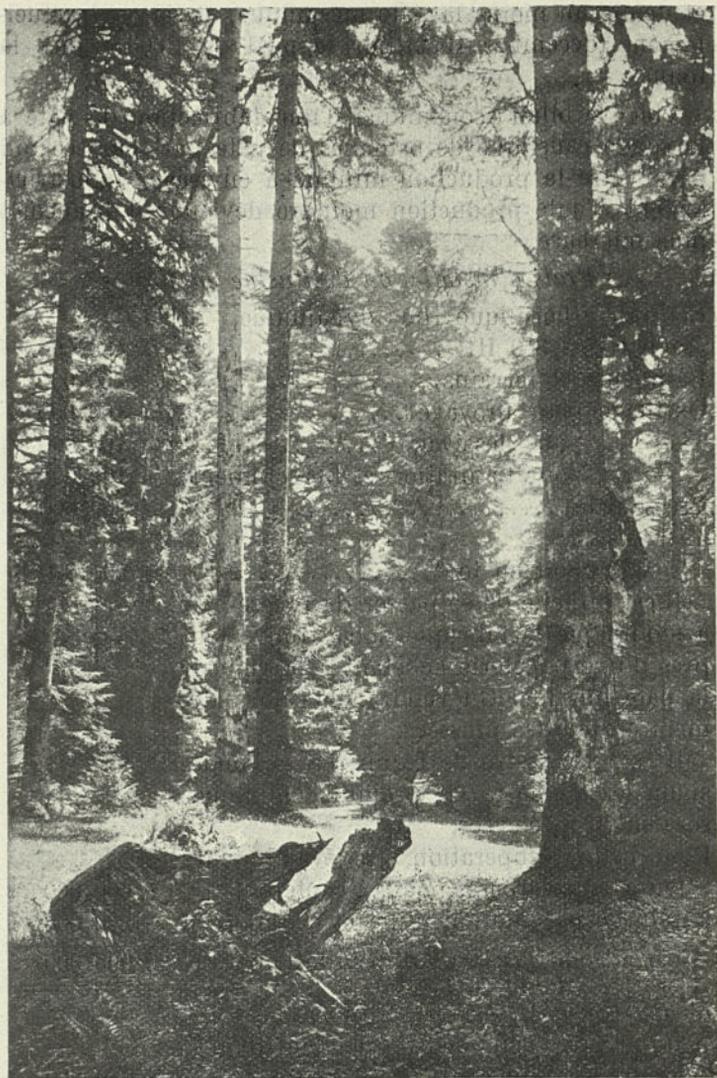
La pâte chimique est fabriquée par des procédés nombreux et divers ; les plus pratiques et les plus intéressants sont actuellement :

- A. Le procédé à la soude caustique,
- B. Le procédé au bisulfite,
- C. Le procédé Cataldi au chlore gazeux,
- D. Le procédé de Vains à l'hydrate de chlore.

#### **A. — PATE A LA SOUDE CAUSTIQUE**

Les bûches sont lavées et fendues mécaniquement. Elles sont ensuite passées à la coupeuse, sorte de raboteuse à deux couteaux fixés sur un axe tournant à grande vitesse. Les copeaux sortant de la coupeuse sont triés, purgés de nœuds et de poussières, et versés dans des lessiveurs ou cuves épaisses à fermeture étanche. Les deux tiers du lessiveur étant rempli de bois, on ajoute la lessive de soude à 10 degrés Baumé (25 kilos de soude pour 100 kilos de bois), de façon à immerger entièrement la matière. On chauffe pendant 8 heures, avec une pression de 6-10 atmosphères, on laisse refroidir.

La pâte est ensuite lavée, d'abord à l'eau chaude, puis à l'eau froide dans les piles à défilier, elle passe enfin dans des moulins ou des concasseurs qui fournissent après broyage la pâte écrue, mais la pâte écrue à la soude n'est guère vendable, le blanchiment, toujours nécessaire, se fait au chlorure de chaux dans une grande auge munie d'agitateurs. Il faut 25 à 30 kilos de chlorure de chaux par 100 kilos de matière sèche blanchie.



Forêt de la Joux (Jura)  
Epicéas

(Cl. Thiollier)

Ce procédé donne un rendement en pâte de 33 à 35 % du poids de bois travaillé. La pâte blanchie vaut deux fois et demie au moins la pâte mécanique, et se vend actuellement (décembre 1922) sur le pied de 1.600 francs la tonne.

Voici le bilan économique d'une fabrication de pâte à la soude caustique de 5 tonnes de pâte par jour, ce qui paraît être la production minima à envisager industriellement. Toute production moindre deviendrait beaucoup plus onéreuse.

*Frais d'installation de l'usine en 1923 :*

Centrale thermique ou dynamique, de 300 HP à 350 HP.....	Fr.	400.000	»
Bâtiments et terrains.....		250.000	»
Outillage pour broyage.....		100.000	»
— pour lessivage .....		100.000	»
— pour trituration et blanchiment.		100.000	»
Presse-pâte .....		250.000	»

Soit en tout..... Fr. 1.200.000 »

Il est difficile de se passer de presse-pâte à moins que la fabrique ne se trouve tout près d'une papeterie achetant à la rigueur la pâte humide. On vendra plus normalement en feuilles pressées.

Il est nécessaire de récupérer la soude, sinon les dépenses en produits chimiques seraient trop élevées.

Pour cette récupération, les évaporateurs fours à réverbères, etc... couleront....		600.000	»
Bassin de décantation utile (et accessoires)		200.000	»

Total des frais d'installation.. Fr. 2.000.000 »

*L'Amortissement*, calculé à raison de 10 % du prix de l'usine neuve, pendant 10 ans, serait, par an, de..... 200.000 »

*Réparation et Entretien :*

5 % du prix de l'usine neuve par an, soit 100.000 »

*Personnel* (Direction, contremaîtres et ouvriers) :

A reporter..... 300.000 »

*Report*..... 300.000 »

Il faut relativement moins de manœuvres et, par contre, plus de personnel spécialisé que pour fabriquer la pâte mécanique. On devra compter par journée de 24 heures : 40 personnes à 25 fr. par jour = 1000 fr., soit annuellement ..... 330.000 »

*Produits Chimiques :*

Il faut 25 kg. de soude par 100 kg. de bois donnant 35 kg. de pâtes, mais on récupère les 3/4 de la soude. Il faut compter une dépense effective de 8 kg. de soude par 35 kg. de pâtes, ou 25 kg. de soude par 100 kg de pâte produite.

Pour 5.000 kg. de pâte, il faudra dépenser par jour, 1.250 kg. de soude à 1 fr. le kg., soit une dépense de 1.250 fr. par jour pour la soude avec récupération.

*Le Chlorure de chaux* vaut 105 fr. les 100 kg. Pour 5 tonnes de pâte par jour, il faut 1.250 kg. de chlorure valant 1.312 fr. 50 par jour.

On peut évaluer en chiffres ronds les produits chimiques à 2.600 fr. par jour, soit par an ..... 858.000 »

*Consommation de la Centrale :*

Pour une centrale thermique, il faudrait compter une dépense de *charbon* de 1 kg. par cheval-heure, soit, pour 24 heures, un maximum de 9 tonnes à 100 fr. l'une (prix fort), par jour : 900 fr.

et 3 kg. *d'huile* à 3 fr. le kg. par tonne de charbon, par jour : 27 kg. à 3 fr. = 71 fr.

Soit, pour la Centrale thermique, 971 fr. ; en chiffres ronds, cela fait 1.000 fr. par jour de combustibles et huile ; soit, par an ..... 330.000 »

*Matière première :*

Pour 5 tonnes de pâte il faut 15 tonnes de bois par jour, soit, par an : 4.950 tonnes

---

*A reporter*..... 1.818.000 »

<i>Report</i> .....	1.818.000 »
ou, en chiffres ronds, 5.000 tonnes à 70 fr. la tonne, rendue sur wagon sur le car- reau de l'usine.....	350.000 »
Les <i>Dépenses</i> de l'entreprise s'élèvent donc par an, à.....	2.168.000 »
Les <i>Recettes</i> de cette même entreprise sont constituées par la vente de 5 tonnes de pâte blanchie par jour, soit, par an, 1.650 tonnes de pâte à 1.600 fr. ....	2.640.000 »
La rémunération annuelle de l'affaire serait donc de .....	Fr. 472.000 »

Le bénéfice serait donc à peu près du même ordre de grandeur que celui à espérer d'une pulperie de pâte mécanique produisant 5 tonnes par jour de pulpe mécanique écrue, immobilisant un capital bien moindre et consommant la moitié moins de bois.

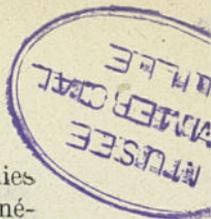
L'avantage semble revenir à la fabrication de pâte chimique lorsqu'on opère sur des quantités plus fortes en immobilisant un très gros capital pour la construction et l'exploitation des usines, mais une affaire de petite envergure semble plus viable en préparant la pâte mécanique.

Le procédé à la soude est applicable aux Colonies où on réalisera peu d'économie sur la main-d'œuvre qui doit être bien spécialisée, et où la soude importée coûtera cher. On aurait donc intérêt à supprimer la récupération et à fabriquer sur place la soude et le chlore par l'électrolyse du sel marin qu'on se procurera soit par des marais salants, soit en achetant à la douane le sel dénaturé taxé 40 fr. la tonne en Indochine.

Il faut prévoir pour l'électrolyse du sel (NaCl) 200 HP de force supplémentaire et une installation de cellules où circule un courant électrique. Cette installation coûtant 300.000 fr. environ.

Avec un peu de chaux, le sel marin donne par électrolyse :

Soude ;		
Chlorure de chaux (vendre les quantités produites en excès)		
Hydrate de chlore	—	—
Chlore	—	—



L'électrolyse est intéressante surtout dans les Colonies où il faut à tout prix éviter les achats de soude trop onéreux et les à-coups dans les transports de produits chimiques qui arrêteraient toute la marche de l'usine.

Dans la plupart des régions de France, il est plus avantageux d'acheter la soude et de faire la récupération de ce produit qui peut être organisée sans frais excessifs grâce au personnel spécialisé disponible. Pour faire avantageusement l'électrolyse du sel marin en France, il faudrait trouver des débouchés pour vendre les excès de chlore et chlorure de chaux fabriqués par cette opération.

### B. — PÂTE AU BISULFITE

Ce procédé emploie le bisulfite de chaux et de soude. Il est plus généralement employé en Europe car il exige un capital d'exploitation moins élevé que le procédé à la soude caustique. Il donne, en outre, des pâtes écruës utilisables sans blanchiment.

Le *bisulfite de soude* coûte 30 francs les 100 kilos, son emploi permet de réaliser une grande économie dans l'achat des produits chimiques.

Le *bisulfite de chaux* attaque tous les métaux usuels, autres que le plomb. Le lessivage ne peut se faire que dans de grands cylindres cimentés à l'intérieur et revêtus de feuillets de plomb. Des serpentins en plomb durci amènent la vapeur dans ces cylindres où la lessive est portée à 110-130 degrés. Les résines et les gommes se séparent et sont retenues dans un marc de sulfate de chaux duquel on peut extraire par le procédé Eckman les tanins, gommes et résines ainsi séparés. La pâte est ensuite lavée à grande eau, puis réduite en bouillie dans des cuves à malaxeurs, refoulée dans les épurateurs où se déposent les matières lourdes et dans les sasseurs ou bacs à fond mobile percés de trous qui laissent passer la bonne pâte et retiennent les incuits.

La pâte écruë ainsi obtenue est séchée dans les essoreuses et peut être employée directement pour le papier journal et le papier de couleur.

Pour les papiers fins il faut blanchir la pâte soit au chlorure de chaux, soit à l'hypochlorite de sodium.

La pâte écrue se vendrait actuellement 900 francs la tonne et la pâte blanchie vaut 1.400 à 1.500 francs.

L'installation est assez coûteuse car elle nécessite beaucoup de bassins, cuves et du matériel abondant. Le bilan économique d'une fabrication de pâte au bisulfite se chiffre à peu près comme pour la fabrication de la pâte à la soude caustique.

Le procédé au bisulfite n'est pas à conseiller pour les Colonies où il peut se produire des réactions gênantes sous l'influence de la température trop élevée.

### C. — PÂTE AU CHLORE GAZEUX

#### PROCÉDÉ CATALDI

##### Historique

Dès la découverte du chlore, il y a plus d'un siècle, les papetiers remarquèrent que le chlore libre était susceptible de rendre de grands services, concurremment avec des lessives alcalines, pour détruire dans les végétaux tout ce qui n'était pas de la cellulose.

L'application du chlore libre permet d'obtenir avec diverses matières végétales brutes une pâte à papier parfaitement pure, comparable à celle obtenue en partant de chiffons de bonne qualité, alors que tous les autres procédés par lessivage alcalin et blanchiment par chlorures décolorants ne permettaient pas d'enlever la totalité des matières étrangères, et notamment les chènevottes, formant taches dans la feuille de papier terminée.

En 1876, le brevet G. Fournier consacre un procédé nouveau susceptible de diminuer le prix de revient de la pâte en évitant la régénération des lessives alcalines usagées. On substituait partiellement ou totalement à la soude caustique généralement employée, de la chaux d'un prix de revient beaucoup moins élevé que la soude. L'action postérieure de l'acide sulfureux ou du *chlore sous forme de gaz* permettait, malgré cette économie, d'obtenir une pâte parfaitement blanche et pure.

Malgré la qualité des pâtes ainsi obtenues, l'utilisation du chlore, autrement que sous la forme de chlorures décolorants destinés au blanchiment fut cependant peu à peu abandonnée presque complètement.

Les causes de cet abandon sont principalement les suivantes :

1° L'utilisation des procédés au chlore exposait les ouvriers à des émanations dangereuses pour les voies respiratoires ;

2° La production du chlore était délicate et même coûteuse par les anciens procédés au bioxyde de manganèse et acide chlorhydrique avant que soit connue l'électrolyse du sel marin ;

2° Les manipulations étaient nombreuses et délicates pour obtenir une action uniforme sur la masse entière de la pâte.

Néanmoins, le chlore reste, dans l'état actuel de nos connaissances chimiques, le seul corps qui permette un résultat presque parfait avec des conditions économiques satisfaisantes.

On a donc repris l'étude des procédés au chlore dont la fabrication a fait de grands progrès pendant la guerre ainsi que la connaissance des moyens à employer pour rendre inoffensif l'usage de ce corps dangereux.

Deux écoles sont en présence.

L'une prétend que le chlore doit être employé sous la forme gazeuse pour la fabrication des pâtes de cellulose, et elle est représentée principalement par les procédés Cataldi.

L'autre soutient que la dissolution du chlore dans l'eau est la véritable solution du problème, elle est représentée par les procédés de Vains.

#### Description du procédé Cataldi

Dans le *procédé Cataldi*, la matière végétale est coupée en copeaux qui sont mis à tremper dans une solution *diluée* de soude caustique ne comprenant pas plus de 1,88 à 2 % du poids de la matière végétale brute. Dans certains cas, la soude peut être remplacée par une quantité équivalente de chaux vive encore plus économique.

Cette opération classique du lessivage est activée par la chaleur et, s'il y a lieu, par la pression.

Sans changer de cuve ou d'autoclave, on évacue la lessive, on égoutte la pâte et on fait arriver *dans le même appareil* un courant de chlore sous forme de gaz humide provenant directement des électrolyseurs.

La réaction étant terminée, l'excès de gaz est évacué et utilisé dans un autre appareil.

On lave ensuite la pâte à grande eau, puis avec une solution alcaline faible pour dissoudre les composés chlorés ; enfin, un lavage à l'eau termine l'opération.

On se trouve alors en présence d'une matière qui, après broyage et blanchiment par les procédés classiques, représente une pâte de cellulose pratiquement pure.

### Rendements

Voici les rendements et les consommations industrielles obtenues dans les fabriques de soude électrolytiques de Naples, de M. Umberto Pomilio :

Pour obtenir 100 kilos de pâte de peuplier blanchie de bonne qualité, on utilise :

Charbon (ou combustible équivalent).....	16 kilos
Chlore gazeux humide.....	28 —
Chlorure de chaux.....	6 —
Soude caustique à 100 % employée sous forme de dissolution à 5 %.....	6 —

Plus la teneur en cellulose de la matière première employée est élevée, moins la dépense en produits chimiques est grande. On peut d'ailleurs faire varier les proportions de soude ou de chlore, suivant le cours de ces matières dans la région où l'on opère ; la soude caustique pouvant d'ailleurs être remplacée par une même quantité de chaux vive.

M. Umberto Pomilio signale en faveur du procédé Cataldi et par comparaison avec les procédés classiques :

1° Une économie de matière première de 20 %. (Les essais comparatifs ont été faits avec de la paille) ;

2° Une consommation de combustibles très réduite ;

3° Une économie de chlorure de chaux de 70 % ;

4° L'économie principale porte surtout sur les divers produits chimiques provenant de l'électrolyse du sel marin ;

5° Une économie de 50 % dans la main-d'œuvre et sur les dépenses de premier établissement.

Pour l'Italie au moins, ce procédé semble être la solution du problème de l'utilisation de la surproduction du chlore des soudières électrolytiques.

## D. — PÂTE A L'HYDRATE DE CHLORE PROCÉDÉS DE VAINS

La matière première est coupée et introduite dans un lessiveur avec une solution de soude contenant environ 9 à 10 kilos de soude caustique par 100 kilos de matière végétale sèche à l'air. On chauffe pendant 4 heures à une pression de 2 à 4 kilos.

Après ce lessivage la vapeur contenue dans le lessiveur est envoyée dans un bac d'eau froide qu'elle sert à chauffer.

La matière cuite est évacuée du lessiveur et passe dans une caisse d'égouttage. Elle est lavée avec l'eau qui a été chauffée (voir alinéa précédent), puis à l'eau froide.

La matière lavée est broyée dans un triturateur qui la transforme en pâte grossière.

Un sablier et un appareil classeur séparent les impuretés et les parties insuffisamment cuites.

La pâte nettoyée est diluée dans la proportion de 5 parties de pâte humide pour 100 parties d'eau ajoutée.

Toutes les opérations qui précèdent sont analogues à celles pratiquées dans les autres procédés.

Mais la pâte ainsi diluée est envoyée par une pompe d'une façon régulière et continue dans un appareil chlorureur où elle se mélange avec une quantité toujours égale de chlore dissous dans l'eau (ou hydrate de chlore) fournie également de façon continue par des appareils spéciaux, dont le débit est réglé d'après le débit de pâte passant dans l'appareil chlorureur. Il faut un poids de chlore représentant 8 % du poids de la pâte, pesée après blanchiment et séchage. Si le lessivage a été incomplet ou mal fait on obtient de même une pâte très bonne en augmentant la consommation de chlore.

Cette opération dont le grand avantage est d'avoir lieu de *manière continue*, représente la base du procédé de Vains et en est la partie vraiment originale.

La pâte sortant du chlorureur est lavée avec une solution sodique faible qui dissout les composés chlorés et neutralise l'acide chlorhydrique formé. Le lavage se fait ensuite de façon continue, puis le blanchiment au

chlorure de chaux, le raffinage et le tirage au presse-pâte se font comme dans les autres procédés.

#### Avantages des procédés au chlore

L'électrolyse du sel marin donne théoriquement 35 kil. 5 de chlore pour une production de 40 kil. de soude caustique.

Dans beaucoup de pays la production de la soude caustique ne suffit pas à la consommation ; par contre la production de chlore est souvent excessive. C'est le cas pour l'Italie ; en France nous ne produisons pas beaucoup plus de chlore que nous n'en consommons actuellement pour la fabrication de produits de synthèse. Mais il est probable que nous aurons excès de chlore quand nous aurons créé de nombreuses soudières électrolytiques fonctionnant grâce à nos chutes d'eau et à notre richesse en houille blanche. Il faut, en effet, que nous augmentions notre production de soude si nous voulons ne plus acheter ce produit à l'étranger.

Le procédé de Vains utilise le chlore tel qu'il sort des électrolyseurs, non seulement comme agent de blanchiment, en combinaison avec la chaux, mais aussi comme complément de l'action de la lessive alcaline pour le traitement des matières végétales.

On tend donc par ce procédé à utiliser le chlore (produit qui peut être surabondant) afin d'économiser la soude (produit que longtemps encore nous ne produisons pas en quantité suffisante).

Il faut reconnaître toutefois que le procédé Cataldi est encore plus économe de soude que le procédé de Vains.

Par contre ce dernier procédé permet de réduire encore plus la main-d'œuvre et d'arriver à un rendement extrêmement économique.

Le travail de la chloruration et du lavage se fait économiquement par suite de la continuité. On consomme moins de chlore que dans le procédé Cataldi.

Les ouvriers sont moins exposés aux émanations dangereuses dans le procédé de Vains dont l'application simple et facile semble recommandée pour les essais de fabrication de pâtes aux colonies.

Seuls, les procédés au chlore permettront dans l'état de la technique actuelle, d'utiliser les quantités immenses de matières végétales que l'on trouve tant en France que dans nos colonies.

### **PAPIER D'EMBALLAGE. PAPIER KRAFT**

Pour l'utilisation de quelques dizaines de milliers de tonnes de bois sans immobilisation d'un capital considérable, l'entreprise de papeterie qui semble le plus logique paraît évidemment la constitution d'une petite usine de pâte mécanique, surtout si l'on peut utiliser une partie du bois (bois avarié, déchets, etc...) pour alimenter les génératrices de force ou de chaleur constituant la centrale thermique.

L'installation d'usines de pâte chimique ne pourrait être envisagée que si l'on dispose d'un capital considérable et d'une production continue de matières végétales. La confection complète du papier entièrement fini paraît enfin une opération d'envergure encore plus grande.

Il faut remarquer toutefois qu'on envisage actuellement dans les Landes, sans immobiliser des capitaux considérables, la fabrication complète de papiers d'emballage spéciaux en utilisant exclusivement la pâte de bois produite avec du pin maritime jusqu'à présent peu estimé comme essence de papeterie.

Le papier Kraft ainsi produit est un papier souple extrêmement résistant, qu'on espère pouvoir employer (avec une épaisseur suffisante) pour faire des sacs de ciment, plâtre, etc... La spécialisation dans cette unique fabrication, qui n'exige pas d'outillages variés, permet d'obtenir un bon rendement économique sans immobilisations trop importantes.

### **PAPIER A LA MAIN OU A LA FORME**

CARTONS — CARTON-PIERRE

Rappelons enfin pour terminer cette étude sur les pulpes que le papier préparé dans les usines dont il vient d'être question se nomme papier à la mécanique.

On appelle papier à la main ou à la forme celui qu'on obtient avec un outillage extrêmement simple et peu coûteux en introduisant la pâte, avant tout encollage, dans un tamis de toile métallique, auquel on donne un léger mouvement oscillatoire. Par ce mouvement, l'eau s'égoutte, la pâte s'étend d'une manière uniforme et se prend en une mince lame, dont la forme rectangulaire est la même que celle du tamis. On procède ensuite au collage en immergeant la feuille dans un bain contenant de la colle forte et de l'alun.

Le papier à la main n'étant encollé qu'à la surface, devient perméable quand on le gratte et ne peut plus recevoir l'écriture. On remédie à cet inconvénient en frottant la partie écorchée avec de la poudre de sandaracque, qui est une espèce de résine. Le papier à la mécanique, au contraire, ne perd point quand on le gratte son imperméabilité, parce que la colle y est également distribuée dans toute l'épaisseur.

Vu par transparence le papier à la main présente des lignes translucides appelées *vergeures*, qui sont les empreintes des fils métalliques constituant le tamis ou la pâte est étalée. Le papier à la mécanique n'a pas ces raies translucides parce que la pâte est reçue sur une toile uniforme. Ce n'est donc pas un *papier vergé*.

Presque tous les papiers sont maintenant fabriqués à la mécanique, néanmoins le papier de chiffons à la main est plus solide et présente de meilleures garanties de durée ; il sert pour les actes, les registres, les timbres, les dessins, les lavis.

Le *carton* se fait généralement avec de vieux papiers désagrégés et broyés dans des meules. La pâte est mise en feuille dans des formes, puis pressée et séchée.

Le *carton-pierre*, avec lequel on fait des ornements légers et solides pour les décorations des appartements, est formé avec de la pâte à papier, une dissolution de colle forte, du ciment, de l'argile et de la craie.

Ces dernières fabrications nécessitant un outillage relativement peu coûteux peuvent être envisagées pour tirer un bon parti des matières végétales provenant d'exploitations ou de démolitions concentrées dans une région un peu industrielle.

CHAPITRE V

## Alcool Ethylique (ou vinique) extrait du Bois

♦♦♦

### LA CRISE DES CARBURANTS.

#### SUCCÉDANÉS DU PÉTROLE ET DE L'ESSENCE

L'idée de fabriquer de l'alcool éthylique en partant de la cellulose n'est pas nouvelle et prend corps surtout aux périodes où les combustibles liquides sont recherchés.

A l'époque du blocus continental nous manquions de combustibles et Braconnot fut alors amené à faire agir l'acide sulfurique sur la cellulose pour en obtenir un jus sucré, séparé après neutralisation (sucre de chiffon) ; de là à faire fermenter ce jus, il n'y avait qu'un pas, et la première usine fut montée en 1819 (1).

Cette première tentative industrielle échoua par suite du mauvais rendement du procédé.

Mais la crise des carburants se fait maintenant brutalement sentir à nouveau.

Une des principales leçons de la dernière guerre fut celle-ci : Tout pays qui dépend de nations étrangères en ce qui a trait aux produits nécessaires à son existence ou à sa défense court le risque d'un désastre et personne ne saurait démontrer l'impossibilité d'un conflit où la France ou ses diverses colonies se trouveraient isolées et privées d'importation de carburants.

La situation est d'ailleurs la même actuellement dans presque tous les pays civilisés. La demande pour le pétrole est si énorme qu'une crise mondiale s'est développée et que l'avenir est des moins rassurants même pour les pays de production ; car l'emploi des moteurs

---

(1) Conférence de M. Forges, ingénieur, à l'Assemblée générale du Comité des Forêts, 20 juin 1922.

à explosion semble devoir se développer d'une façon presque illimitée.

Dans l'Afrique du Sud la crise semble très heureusement solutionnée avec la Natalite qui comprend en poids 54 % d'alcool éthylique ; 45 % d'éther ; 10 % de triméthylamine, mélange vendu en 1921 : 1 fr. 30 le litre (avec tendance à la baisse) et qui donne un rendement meilleur que l'essence.

En France on a essayé avec succès : 1° l'alcool combiné à 50 % de benzol ; 2° le mélange nommé E.H.A. :  
10 % d'Ether ;  
25 % Hydrocarbure (essence, benzol) ;  
65 % d'alcool à 90° ou 95°.

Une loi actuellement devant le Parlement oblige (pour commencer) à mêler 10 % d'alcool dans l'essence pour tous moteurs. L'adjonction de 1 à 3 pour cent d'alcool butylique constitue un liant parfait et assure l'homogénéité complète du mélange légal alcool-essence.

Tout ceci démontre que l'emploi de l'alcool comme carburant pour l'alimentation des moteurs est parfaitement possible et aujourd'hui résolu. Mais les conditions de fabrication de ce produit sont dominées par le régime fiscal qui va être donné à l'alcool.

### RÉGIME FISCAL DE L'ALCOOL

#### “ Office de l'alcool ” (1)

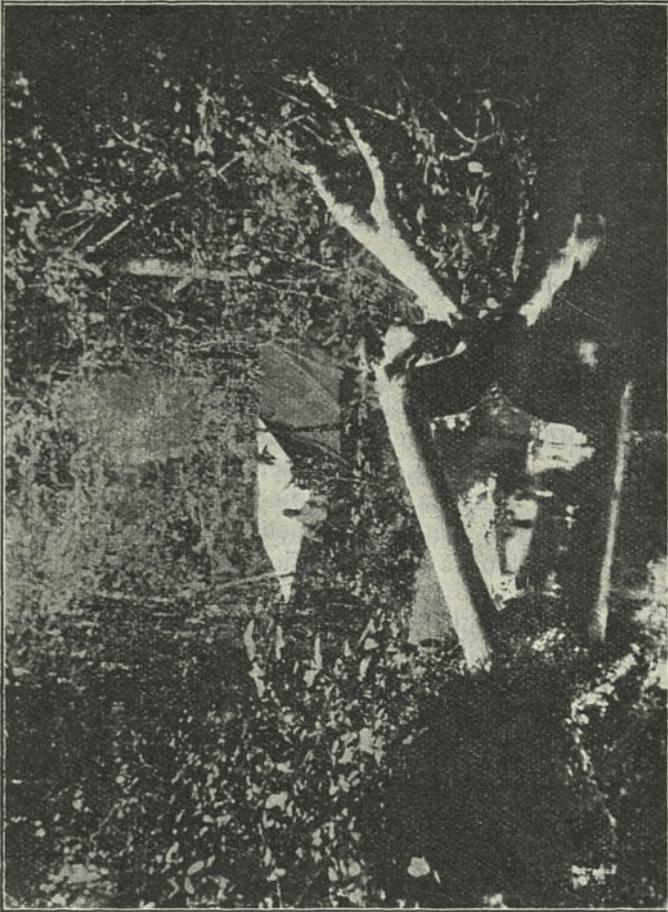
L'accord vient de se faire à ce sujet entre le Nord et le Midi, entre les fabricants d'alcool d'industrie (betteraves, mélasses, grains; pommes de terre) et les producteurs d'alcool naturel de vin, cidre, bière, fruits, sur les bases suivantes :

Les alcools naturels iront seuls à la consommation de bouche.

Les alcools d'industrie iront aux emplois industriels (carburant national, industries chimiques, etc...)

L'alcool industriel renonce à être potable, mais l'alcool naturel, seul potable, s'engage à aider l'alcool industriel à être matière première, moteur, alcool puissance et à conquérir ainsi un vaste marché.

(1) Extrait du dernier rapport de la Commission sénatoriale de l'alcool industriel.



La forêt marécageuse du Gabon. Séjour préféré des éléphants.  
Cliché Périquet (Chapelot, éditeur).

Le gouvernement prévoit la création d'un « Office autonome de l'alcool » fonctionnant sous la tutelle du ministre des Finances. L'« Office » a le monopole non pas de la fabrication de l'alcool industriel, qui est libre, mais de l'achat et de la revente de cet alcool dont il fixe les prix d'achat et de vente, en vue de « vendre l'alcool, au besoin à perte aux consommateurs qui l'utilisent comme combustible » de façon à habituer le moteur à se passer peu à peu de l'essence.

Pour y parvenir il faut des ressources que l'« Office » demande à l'alcool naturel de bouche en échange de la garantie qui lui est assurée de ne pas être concurrencé sur le marché libre des alcools de bouche par l'alcool industriel.

A cet effet l'alcool de bouche sera frappé au profit de l'« Office » de surtaxes fiscales qui diminueront sa consommation, d'ailleurs nocive pour l'hygiène publique quand les prix baissent.

L'alcool tiré de la cellulose se présente évidemment devant l'« Office » comme un concurrent des alcools de betterave et de grains et les « betteraviers » lui feront de l'obstruction. Mais la logique ne peut pas manquer de triompher, les matières alimentaires devant être réservées avant tout à l'alimentation ou à l'engraissement du bétail.

L'alcool de bois doit donc devenir un produit de toute première importance.

### **RÉACTIONS CHIMIQUES DE LA FABRICATION DE L'ALCOOL DE CELLULOSE. ANCIENS PROCÉDÉS INDUSTRIELS**

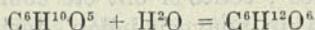
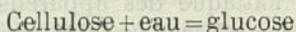
Nous avons vu au chapitre premier de la présente étude que si la vasculose résiste aux acides non oxydants, au contraire la véritable cellulose du bois mise en présence d'un catalyseur (acide sulfurique, acide sulfureux ou acide chlorhydrique) se transforme en dextrine, puis glucose par l'adjonction d'une molécule d'eau.

Cette hydratation de la cellulose est de même ordre que celle de l'amidon ou de la fécule, utilisée dans les distilleries de grains, de topinambours ou de pommes

de terre. Rappelons que la composition centésimale de la cellulose est la même que celle de l'amidon, mais la molécule de cellulose est plus condensée. Les réactions sont analogues et les distilleries de matières amylacées et de matières cellulosiques procèdent aussi par une réaction du même type.

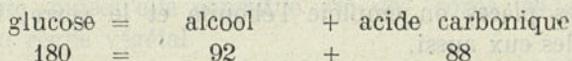
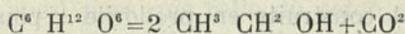
Avec l'amidon la solubilisation est plus facile ; avec la cellulose il faut un taux d'acidité plus élevé et la transformation des dextrines en glucose exige plus de temps et plus d'acide.

L'hydrolyse de la cellulose s'effectue industriellement sous l'influence d'un acide dilué à chaud ou d'un acide concentré à froid. Durant la guerre, des usines ont produit de l'alcool, aux Etats-Unis et en Allemagne, en traitant de la sciure de bois par un acide chaud. Les rendements obtenus n'ont pas été satisfaisants parce que le glucose était attaqué par l'acide aux températures employées, sans qu'on ait trouvé le moyen d'éliminer le glucose assez vite pour le soustraire aux acides. Il en résulte que le glucose existant à la fin de l'opération ne représentait que la différence entre le glucose produit et le glucose détruit ; les rendements ainsi obtenus n'ont pas dépassé le quart du rendement théorique donné par les formules :



$$162 + 18 = 180$$

puis par fermentation :



En sorte qu'une tonne de bois renfermant 50 % de cellulose devrait produire 550 à 600 kgs de glucose donnant après fermentation 280 à 300 kgs d'alcool, soit 350 à 370 litres dudit alcool.

Or les anciens procédés décrits précédemment donnaient en pratique 60 à 70 litres d'alcool.

### **PROCÉDÉ PRODOR A L'ACIDE CHLORHYDRIQUE**

Il en est tout autrement si l'on traite la cellulose par l'acide chlorhydrique concentré à froid ; la destruction

du glucose pendant l'opération est pratiquement négligeable. On a cherché de divers côtés à rendre cette réaction industrielle. Les difficultés pratiques sont assez grandes soit à cause de la manutention du produit, qui demande diverses précautions destinées à l'empêcher de s'agglomérer, soit à cause de la protection des appareils contre l'attaque par l'acide. Le procédé de la Société suisse « Prodor » de Genève apporte à ces divers problèmes des solutions simples. C'est un procédé continu permettant la récupération de la plus grande partie de l'acide chlorhydrique employé. Le rendement obtenu couramment dans la pratique industrielle, disent les prospectus de cette Société, *est de 250 litres d'alcool à 100 % de tonnes de sciure sèche*. Il reste en outre dans les vinasses des pentoses non fermentescibles que l'on peut utiliser de diverses façons, entre autres en les transformant en *furfurol* ; et de la lignine, composée surtout de vasculose, qui, par distillation sèche donne autant d'alcool méthylique qu'en aurait donné tout le bois dont on l'a tirée ; on sait, en effet, que le méthylène et l'acide acétique sont fournis principalement par la vasculose.

#### **Prodorite**

La question de l'attaque des appareils a nécessité de longues recherches ; celles-ci ont été couronnées de succès et l'on a créé un nouveau béton, dénommé « Prodorite » absolument inattaquable par l'acide chlorhydrique quelle que soit sa concentration. Les appareils sont presque entièrement construits en prodorite ; pour les petites pièces on emploie l'ébonite et le verre, inattaquables eux aussi.

#### **Découpage des bois à traiter**

Les matières premières susceptibles de recevoir ce traitement sont les matières cellulosiques en général, mais pratiquement lesdites matières devant se présenter sous une forme divisée, seuls seront à retenir : les sciures, copeaux et pailles de bois, quelle que soit leur provenance, sous-produits de scierie, de démolition ou de menus branchages réduits à un état de division convenable.

### Il faut des usines d'une certaine importance

Cette matière cellulosique est imbibée d'acide chlorhydrique liquide, mais elle doit être soumise aussi à l'action de l'acide chlorhydrique gazeux, il s'agit donc de produire celui-ci dans les meilleures conditions possibles. Or une installation traitant quarante tonnes de sciure par jour et produisant cent hectolitres d'alcool consomme trois tonnes d'acide chlorhydrique gazeux : cet acide ne peut être transporté et devra être produit sur place, et c'est là ce qui s'oppose à la création de petites installations mobiles dans les coupes de forêts où il ne serait pas possible de produire économiquement les faibles quantités d'acide nécessaires.

La Société Prodor a établi récemment une batterie industrielle type qui a donné toute satisfaction et qui peut être reproduite en nombre. Aussi le brevet a-t-il été concédé pour la France à une Société dite « Les Distilleries d'Alsace » dont la première usine est actuellement en construction en Alsace.

### AUTRES PROCÉDÉS A L'ACIDE CHLORHYDRIQUE

Ce procédé Prodor ne constitue pas d'ailleurs un monopole du traitement industriel de la cellulose par l'acide chlorhydrique. On peut citer également la fabrication d'alcool éthylique obtenu en traitant les déchets du fruit du Phytelphas (corozo ou ivoire végétal), cellulose aussi pure que celle du coton, mais extrêmement cohérente puisqu'elle constitue un des corps les plus durs du règne végétal.

Cette sciure provenant de fabriques de boutons, traitée à 100° par une solution titrant 6 % d'acide chlorhydrique, accusa un rendement de 33 % en mannose très fermentescible.

Le résultat fut encore meilleur en substituant au corozo, certains lichens de Norvège ; le rendement en suc fermentescibles dépassa parfois 70 % du poids de la matière employée.

En résumé la saccharification des celluloses véritables, c'est-à-dire des celluloses solubles dans le réactif de Schweitzer est réalisable industriellement, aussi écono-

miquement que celle des produits amylacés ou féculents si l'on emploie l'acide chlorhydrique comme agent d'hydrolyse.

Le poids d'acide non récupéré est, en effet, si les appareils de traitement sont judicieusement choisis, moindre ou au plus égal à celui employé et perdu dans les distilleries qui utilisent la saccharification acide pour le traitement des grains ou des pommes de terre.

### PROCÉDÉS A L'ACIDE SULFURIQUE BREVET MEUNIER

Il existe donc un clan d'industriels partisans de l'acide chlorhydrique. Cependant la Société pour le traitement chimique des celluloses (Société d'études ayant son siège à Avignon) préconise surtout l'acide sulfurique pour la fabrication des alcools de cellulose par le brevet Meunier n° 523.807.

Ce brevet constate comme nous venons de le dire une production et une destruction de glucose par l'influence des acides sur la cellulose. Mais il précise que l'action des acides sur les celluloses se traduit par un état d'équilibre entre deux réactions : la première, de transformation des celluloses en produits solubles arrivant au stade réducteur, l'autre de destruction des réducteurs ainsi formés par l'acide lui-même. Le procédé emploie la méthode de *dégradations successives* de la cellulose suivies de *l'élimination des réducteurs formés* qu'on soustrait ainsi à la destruction par les acides, en sorte qu'on obtient 200 à 220 litres d'alcool par tonne de sciure traitée.

Si l'on ne procède qu'à une seule attaque on peut par un choix convenable des facteurs d'équilibre (durée, température, concentration de l'acide, etc...) obtenir simultanément : des sucres, des acides, du furfurol, du méthylène et de l'acétone, avec dégradation très profonde de la matière.

#### Furfurol

Le *furfurol* est un corps dont l'importance peut devenir considérable, et dont le prix est déjà actuellement

fort rémunérateur. On sait que le furfurane (noyau du furfurol) est l'oxyde du *butadiène* ; ce dernier carbure et ses homologues constituent les *caoutchoucs*. On fabriquera des caoutchoucs de synthèse à bas prix si l'on réalise la transformation industrielle du furfurol en butadiène.

D'autre part, le furfurol a un pouvoir calorifique, voisin de celui de l'alcool — c'est un solvant énergique des brais et résines de faible valeur et de pouvoir calorifique élevé dont la solution donnerait un combustible liquide lourd utilisable dans les moteurs à combustion interne — le furfurol a de multiples emplois dans les matières colorantes, fabrication des isolants électriques, etc... il peut servir de base à de nombreuses industries nouvelles.

#### **Economie et souplesse des procédés Meunier**

Le procédé Meunier emploie l'acide sulfurique dilué à chaud par la méthode des dégradations successives. Il réalise ainsi une grosse économie sur les procédés à l'acide chlorhydrique non récupérables entièrement. Il permet de traiter des déchets et des sciures avariés ; or il est difficile de garantir le bon état de conservation des déchets à traiter qui sont exposés forcément à la pluie, aux lenteurs de transport, à la fermentation.

Ce procédé est extrêmement souple et donne simultanément tous les produits de la distillation du bois en vase clos avec adjonction d'alcool éthylique, d'acide acétique et formique, de furfurol, et de résidus ligneux propres à faire des briquettes combustibles ou propres à être soumis après fabrication de l'alcool à la carbonisation et distillation. Tous les produits de la saccharification initiale sont d'ailleurs obtenus dans une proportion qui peut varier au choix de l'opérateur et suivant les conditions économiques du marché de vente.

Une usine munie d'un groupe de traitement peut entreprendre diverses fabrications et passer à volonté des unes aux autres ; parmi ces fabrications on doit signaler celle des *provendes sucrées* pour l'alimentation du bétail : les sucres obtenus peuvent être mis en mélasses exemptes de sels de chaux. Dans le procédé Prodor, il est difficile de

séparer des sucres le chlorure de calcium (poison), mais avec le procédé Meunier ces provendes peuvent être facilement débarrassées des sulfates de chaux insolubles.

#### **La fabrication d'alcool doit précéder la distillation des bois**

En sorte que la distillation directe du bois semble désormais un mode d'utilisation barbare et des plus imparfaits, puisqu'il consiste à anéantir brutalement la moitié de la matière traitée ; en effet, pour utiliser la vasculose, l'autre moitié de la matière ligneuse composée de cellulose (environ 50 % du poids du bois) est détruite du fait même de la carbonisation.

C'est seulement par la saccharification préalable des celluloses, suivie d'une distillation des résidus en vase clos qu'on arrivera à l'utilisation intégrale des bois.

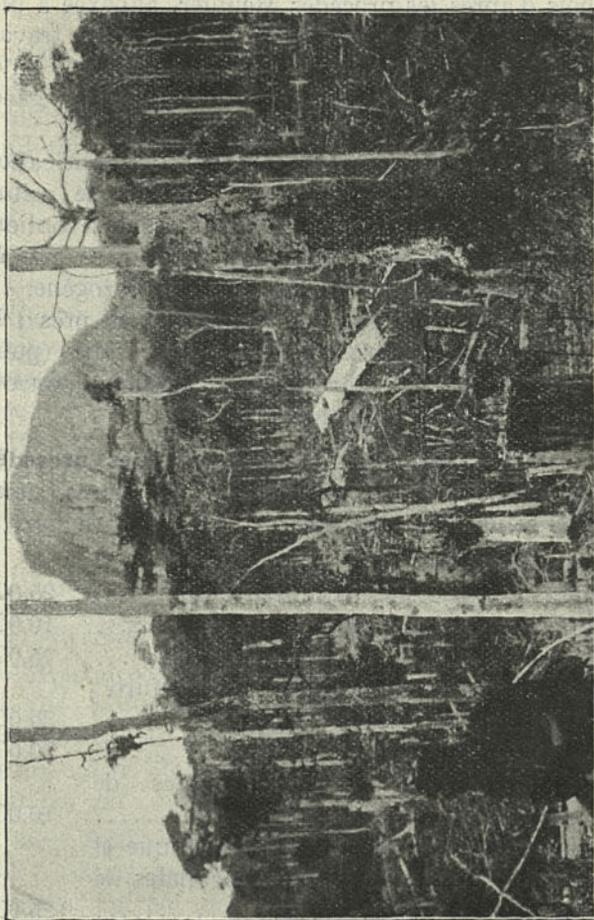
#### **Combinaison des fabrications d'alcool et de pâtes à papier utilisant les mêmes matières cellulosiques**

De même une usine de pâte à papier peut également livrer son bois déchiqueté à l'atelier de fabrication d'alcool ; celui-ci restituerait des résidus cellulosiques aptes à la fabrication de la pâte à papier. L'usine principale y trouverait, en outre du bénéfice réalisé par la fabrication de l'alcool, du furfurole, des acides acétique et formique, etc..., la possibilité d'économiser 30 % de soude environ.

Les opérations peuvent d'ailleurs se mêler plus complètement et la saccharification peut suivre le traitement pour la pâte au lieu de le précéder. C'est ainsi que la pénurie des combustibles liquides pendant la guerre a obligé la Scandinavie et l'Allemagne à utiliser pour la fabrication de l'alcool le sucre contenu dans les lessives résiduelles de la pâte de cellulose au bisulfite. Ce sucre était retiré : 1° des gommages du bois entraînés par un lavage à l'eau chaude avant traitement au bisulfite ; 2° de l'hydrolyse des lessives résiduelles au bisulfite.

### **APERÇUS DES RENDEMENTS ÉCONOMIQUES POUR LA FABRICATION DE L'ALCOOL**

Le chiffrage des bénéfices à espérer d'une usine très complète produisant l'alcool et tous les dérivés du bois sort du cadre modeste de notre étude qui envisage seu-



Cliché Péquiel, *L'Anapeou, eatieur*.

Village pahouin dans la forêt du Gabon,  
défrichement et arbres tués par les incendies consécutifs au défrichement.

lement des installations très simples, accessoires d'une exploitation forestière ou d'une démolition de matériaux.

Examinons donc simplement quel serait le bilan économique d'une installation produisant l'alcool éthylique tiré du bois d'après les procédés Meunier, annexée à une scierie mécanique qui fournirait par journée de travail deux tonnes de sciure (calculée sèche) et employée antérieurement à produire de la force motrice dans un gazogène.

La scierie livre sa sciure à l'atelier de fabrication d'alcool ; cet atelier lui restitue les résidus de sciure traitée sous forme de lignone, et lesdits résidus contiennent sensiblement le même nombre de calories que la sciure livrée en sorte que, brûlés dans le gazogène, ils fourniront le même nombre de chevaux à peu près : la matière première peut être payée par les résidus (puissance calorifique de la sciure 2.500 à 2.600 — pouvoir calorifique des résidus 5.400 en moyenne).

**Annexion d'une fabrication d'alcool par des procédés Meunier à une scierie produisant en 24 heures, deux tonnes de sciures de bois divers (d'après M. MEUNIER).**

Frais d'installation :

1 Chaudière de 50 à 60 mq., timbrée à 15 k.	Fr.	25.000
1 tube moteur à contre pression (15 HP)	.....	10.000
4 appareils de 2 m <sup>3</sup> formant batterie	.....	75.000
2 Colonnes de distillation d'alcool, de furfurool, de méthylène	.....	30.000
1 Appareil évaporatoire	.....	30.000
1 cylindre sécheur à acétates-formiates de chaux	.....	10.000
1 Appareil de fabrication des acides acétique et formique en partant des acétates formiates de chaux	.....	25.000
1 séchoir	.....	10.000
1 Filtre continu	.....	25.000
Total		Fr. 240.000
Montage, imprévus (cuves, bacs divers)	.....	60.000
Total		Fr. 300.000

Ce montage est prévu pour 8 heures de travail. Pour un travail de 24 heures la dépense serait réduite d'environ 33 %.

a) Amortissement (10 %, chiffre très fort).. Fr. 30.000  
 b) Entretien-réparations (5 %, chiffre très fort).. 15.000

c) Personnel :

1 chimiste, chef de fabrication .. Fr. 18.000  
 1 comptable ..... 6.000  
 1 contremaître ..... 8.000  
 4 ouvriers à 17 fr. .... 20.400

Total ..... 52.400

52.400

d) Combustible. — Il faut 2 kgs. 2, de vapeur par kilo de sciure, soit 4 t. 4 par jour, ce qui correspond à  $4.400/7 = 630$  kilos (nombre rond) de charbon à 100 fr. la tonne, soit 63 fr. par jour; par an (300 jours) ..... 18.900

e) Matières. — Acide sulfurique 200 kilos à 22,5 % par jour (10 % du bois), soit par an..... 13.500  
 Carbonate de chaux 200 kilos à 40 %, soit par an. 6.000

Total ..... 135.800

Recettes :

300 litres alcool éthylique calculé pur, à 1 fr. 50 le litre, soit par jour : 450 fr. ou par an.. Fr. 135.000

100 kilos acides acétique et formique, calculés purs à 2 fr. 50 le kilo, soit 250 francs par jour ou par an ..... 75.000

25 kilos méthylène et acétone à 2 fr. 50, soit 62 fr. 50 par jour ou par an 18.750 fr. (on peut obtenir l'alcool méthylique pur qui vaut 10 fr. le kilo) ..... 18.750

30 à 40 kilos de furfurool pouvant être valorisés à 4 fr. le kilo, soit 150 à 160 fr. par jour; soit 45.000 à 48.000 fr. par an (mémoire) .....

1.000 à 1.200 kilos de résidus à 5.000 calories pouvant fournir 40 à 50 HP en 24 heures, en

A reporter..... 228.750



Report..... 228.750  
échange de 2.000 kilos de sciure fournissant  
cette puissance .....

Total ..... Fr. 228.750

En retranchant les frais, soit..... 135.800

Il reste ..... 92.950

$92.950 \times 100$

soit  $\frac{\quad}{300.000} = 30,9 \%$  du capital

300.000

Avec la même batterie et le même appareillage  
au lieu de 300 litres d'alcool d'une valeur de.... 135.000  
— 400 kilos d'acides..... 75.000

Total ..... Fr. 210.000

on peut obtenir :

400 kilos d'acides à 2.50 le kilo, soit 1.000 fr. par  
jour ou par an ..... Fr. 300.000

dont il faut déduire le surcroît d'acide nécessaire  
pour décomposer l'acétate-formiate obtenu en  
surcroît, soit 300 kilos d'acide sulfurique  $SO_4H^2$   
à 22.50 = 67.50 par jour ou 20.250 fr. par an.... 20.250

Total ..... Fr. 279.750

On obtiendra aussi plus de méthylène et d'acétone et  
de furfurol.

Au cours des acides à 2 fr. 50 le kilo, on gagnerait  
69.750 fr. de plus qu'à fabriquer alcool et acides.

En comptant pour les procédés à l'acide chlorhydrique  
les mêmes dépenses d'installation et en admettant, ce qui  
est hypothétique, qu'on ne dépense que 10 HCl (= acide  
chlorhydrique) % de bois et que cet HCl ait la même  
valeur que l'acide sulfurique, en admettant enfin un ren-  
dement de 25 litres d'alcool % de bois sec, on aurait : par  
jour 5 hectol. alcool à 1.50 = 750 fr. ou par an 225.000 fr.

Nous obtenons 228.750 fr. et nous avons gratuitement :  
10 à 12 tonnes de furfurol qu'on peut valoriser à raison  
de 4.000 fr. la tonne, suivant l'exemple ci-après :

### Exemple d'emploi du furfurool

*Pour les vernis à l'alcool :*

10 tonnes de furfurool donneraient 10 tonnes de résines furfuraniques permettant d'obtenir : 33 tonnes de vernis supérieur à l'alcool exigeant.

33 — 10 = 23 tonnes d'alcool = 287 hect. 5.

*Dépenses :*

Alcool : 287 Hl 5 à 150 fr. (en réalité on ne part pas d'alcool absolu, mais d'alcool à 95°).. Fr. 43.125  
Soude : 5.000 kilos à 1,20..... 6.000

Total ..... 49.125

*Recettes :*

33.000 kgs de vernis, soit  $33.000 \times 0,85 = 38.823$  l.  
(ou 130 l. par jour nombre rond), à 5 francs le litre, soit ..... 194.115

Ecart ..... 144.990

Le furfurool est valorisé à raison de 14 fr. 499 le kilo.

D'autres emplois sont encore plus avantageux ; cet exemple valide le chiffre de 4 fr. le kilo prévu plus haut.

### BOIS VIEILLIS PROVENANT DE DÉMOLITION.

#### ESSAIS DE FERMENTATION. BOIS AVARIÉS

A la fin du chapitre premier de la présente étude nous avons écrit que la teneur d'un bois en cellulose véritable n'était pas le seul élément d'appréciation de son rendement en sucre et en alcool de bois. C'est ainsi que les bois de conifères ou résineux (pins, sapins, etc...), moins riches que le peuplier en vraie cellulose donnent un rendement en alcool plus élevé que le peuplier, car les sucres produits par les bois résineux sont plus fermentescibles que le xylose venant du peuplier.

Il est intéressant de savoir si les bois de démolition, très secs, ou lavés par les intempéries peuvent, après un usage prolongé, trouver encore une utilisation intéressante

dans la production de l'alcool. Nous avons fait expérimenter à ce point de vue les bois de pin d'Orégon provenant de la démolition de navires en bois et voici les résultats de l'étude fournie par la Société Prodor de Genève :

Les bois examinés donnent de bons rendements en sucres, mais par contre les fermentations ne sont pas satisfaisantes. La cause de ces fermentations incomplètes paraît devoir être imputée à la présence dans ces bois de produits qui constituent des poisons pour les levures. La peinture dont sont recouverts certains bois pouvant être nuisible, des essais ont été faits avec des morceaux d'échantillons dont toute la peinture avait été enlevée, le résultat n'est pas meilleur. Les divers produits : sels ou autres dont sont imprégnés ces bois empêchent les fermentations d'être normales. Une industrie basée sur l'application du procédé Prodor à ces bois de navire serait aléatoire, les fermentations seraient irrégulières. L'élimination des produits nocifs, qui ne pourrait se faire que par voie humide nécessiterait ensuite un séchage complet assez onéreux.

Il faudrait soumettre ces bois à un essai des procédés Meunier, beaucoup mieux adaptés à l'emploi des déchets de bois avariés, prévoyant l'usage des levures qu'on acclimata à des moûts fermentescibles impurs, et enrichissant s'il le faut les moûts en azote par l'incorporation de grains : seigle, maïs, sarrasin dont le prix d'achat se trouve compensé par le surcroît d'alcool qu'ils fournissent.

Il importe en ce cas de bien étudier pratiquement le meilleur emploi à tirer de chaque matière première soumise à la saccharification.

CHAPITRE VI

## Gaz d'éclairage au Bois Gaz pauvre pour gazogène

Les pages précédentes décrivent les produits solides et liquides récoltés par la pyrogénéation des bois, il nous reste à traiter des produits gazeux de cette opération.

Si nous suivions l'ordre historique des découvertes industrielles, nous aurions dû commencer par l'examen des produits gazeux.

### GAZ D'ÉCLAIRAGE AU BOIS <sup>(1)</sup>.

#### HISTORIQUE

C'est Philippe Lebon, né en Haute-Marne en 1767, qui, le premier, soumit le bois à la distillation en vue surtout d'utiliser à l'éclairage les gaz combustibles produits et de recueillir les produits goudronneux et acides formés. Vers 1799 il construisit sa thermo-lampe pour l'éclairage, mais cet appareil fut ensuite abandonné à cause du faible pouvoir éclairant des gaz dégagés de la distillation normale des bois.

C'est seulement en 1869 que Petenkofer, de Munich remarqua l'importance d'un chauffage rapide du bois à distiller. Si on élève rapidement la masse au rouge cerise il se forme une grande quantité de gaz riches en hydrocarbures, très éclairants provenant de la décomposition des vapeurs condensables. Le mélange gazeux ainsi obtenu est, après purification, plus éclairant que le gaz de houille (2).

Le gaz au bois est d'ailleurs comme le gaz de houille un mélange d'oxyde de carbone, d'hydrogène et de gaz des marais, que les hydrocarbures lourds rendent éclairants. Le gaz au bois renferme 30 % de chacun des trois premiers corps : CO, H et CH<sup>4</sup> et 8 à 10 % d'hydrocar-

(1) Voir les publications malheureusement anciennes de VINCENT et de KLAR sur la **Distillation des bois**.

(2) CH. VINCENT : **Carbonisation des bois en vase clos**. 1873.

bures éclairants. Parmi ces derniers, on peut citer : l'acétylène, le gaz oléfiant, le propylène, la benzine, le toluène, le xylène, etc...

**Procédé Riché** <sup>(3)</sup>.

Le procédé actuel de fabrication du gaz au bois consiste à effectuer rapidement et à haute température la distillation de la matière ligneuse, mais tandis que les bois durs fournissent le plus de vapeurs liquéfiables, ce sont au contraire les bois tendres qui conviennent le mieux à la fabrication du gaz d'éclairage. Celle-ci comportait autrefois trois opérations distinctes : la distillation, la condensation et l'épuration, cette dernière fort coûteuse. M. Riché est parvenu à supprimer l'épuration à la chaux en renversant la distillation.

L'appareil Riché est, en somme, un gazogène à distillation renversée, il se compose d'une grande cornue verticale en fonte remplie de charbon de bois à sa partie inférieure, et de bois à distiller à sa partie supérieure. Complètement fermée en haut cette cornue est chauffée latéralement et de bas en haut par des gaz issus d'un foyer latéral où brûlent toutes sortes de combustibles : bois, déchets, charbon, coke, etc...

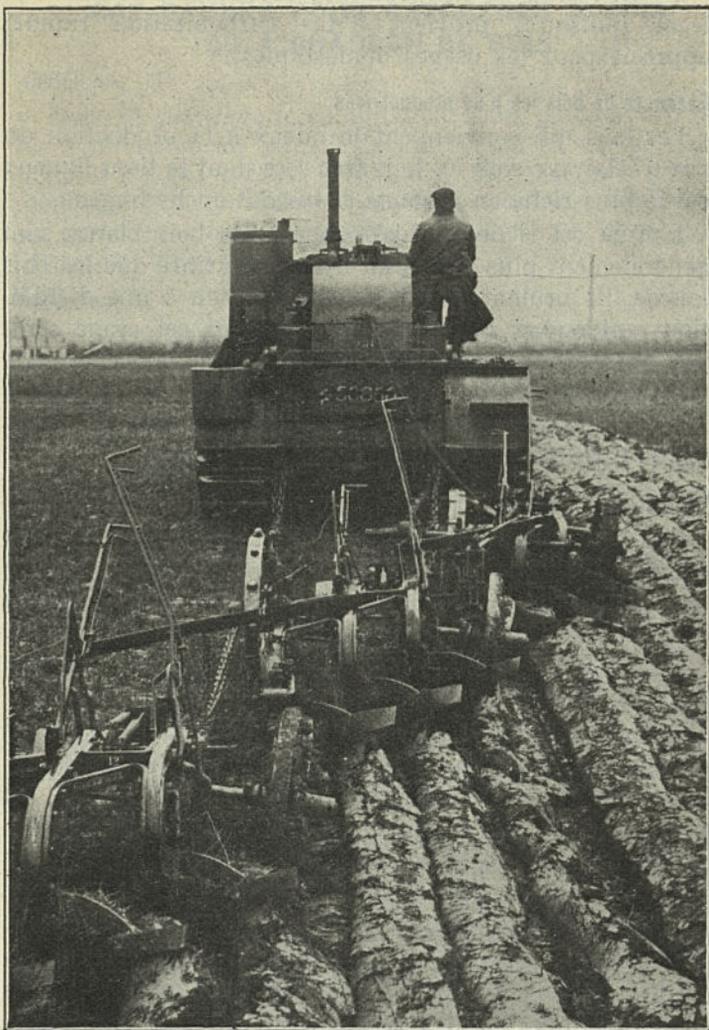
Le bois à distiller est chauffé par les parois intérieures de la cornue qui atteignent au plus la température du rouge ; il distille donc lentement et donne des gaz et des vapeurs qui, n'ayant pas d'issue pour s'échapper par le haut, sont obligés de traverser l'épaisse couche de charbon portée au rouge incandescent et située en bas de la cornue. Dans ce passage ils subissent d'énergiques transformations chimiques. Les produits condensables sont amenés à l'état de gaz permanents qui sortent du foyer et se rendent au gazomètre.

**Caractéristiques du gaz au bois.**

La puissance calorifique du gaz Riché est de 3.000 calories et il pèse 800 grammes au mètre cube. On l'utilise non seulement pour l'éclairage, mais encore pour la production de force motrice : un moteur consommant 900 litres de gaz par cheval-heure. Le prix de ce gaz au bois Riché doit osciller entre 0 fr. 30 et 0 fr. 60 par

(3) A. MATHEY : **Traité d'exploitation commerciale des bois** (Lucien Laveur).

mètre cube suivant les usines. Le prix du cheval-heure reviendrait donc de 0 fr. 25 à 0 fr. 50.



Gazogène au bois de la Société Française de Matériel Agricole et Industriel de Vierzon monté sur tracteur.

**Rendement et sous-produits.**

Un kilogramme de bois distillé suivant la méthode ci-dessus fournit :

1° 700 à 800 litres de gaz à 3.000 calories ;

- 2° 5 à 8 grammes d'acétate de chaux brun sec ;
- 3° 20 grammes de goudrons ;
- 4° Un résidu de 200 grammes de charbon de bois très léger (puisqu'il provient d'une carbonisation rapide) apprécié pour les usages domestiques.

#### **Essences de bois les plus productrices.**

Les bois qui conviennent le mieux à la production du gaz d'éclairage sont les bois très secs dont le tissu ligneux est le plus riche en carbone et surtout en hydrogène.

L'orme est riche en hydrogène ; les bois blancs sont généralement plus riches en hydrogène libre que les bois lourds, ils brûlent vite et se prêtent bien à une distillation rapide. Les bois les meilleurs pour cet usage sont, par ordre décroissant : le sapin non flotté, le pin, le tremble, l'orme, le saule, le mélèze, le tilleul, l'aulne, l'érable, le chêne, le peuplier, l'épicéa, le bouleau, le marronnier, le frêne, le charme, le hêtre, l'acacia.

#### **Utilisations industrielles.**

Nos bois légers coloniaux, qui sont légion dans la forêt équatoriale, pourraient également trouver un débouché très intéressant dans l'alimentation des fours à gaz Riché que nous ne saurions trop recommander pour l'éclairage ou pour la production de force motrice dans les centres coloniaux forestiers.

Le bois fournit plus de gaz que la houille à poids égal et cela beaucoup plus rapidement, les appareils pour le bois exigent moins de place et sont moins coûteux. Il est plus économique d'employer le bois plutôt que la houille toutes les fois que le bois de pin ou de sapin non flotté coûte moins cher que la houille à gaz.

L'éclairage des petites villes industrielles à proximité des forêts peut être en effet très bien aménagé avec le gaz au bois. Avant la guerre, l'installation de grandes usines pour l'éclairage faisait ressortir à environ 6 francs, le prix du stère de petit bois de charbonnette (prix avantageux pour l'époque). Pendant la guerre, plusieurs villes ont employé pour l'éclairage le gaz au bois seul ou en mélange avec le gaz de houille.

On peut donc envisager, par ce moyen, l'utilisation lucrative de bois de déchets et de bois de démolition, surtout si les chantiers à démolir se trouvent à proximité des

villes et si le bois est déjà transporté et rassemblé à pied d'œuvre.

### GAZ PAUVRE POUR GAZOGÈNES A BOIS OU A CHARBON DE BOIS

#### Définition.

Dans le *gazogène* le combustible (bois ou charbon) par sa combustion au contact de l'air et de la vapeur d'eau fournit du *gaz pauvre*, c'est-à-dire un mélange gazeux composé principalement d'*oxyde de carbone*, *hydrogène* et *carbures d'hydrogène* avec une certaine proportion d'*azote* et d'*anhydride carbonique*.

#### Historique.

Le four à gaz Riché que nous venons de décrire, est, en somme, une sorte de gazogène, et depuis longtemps déjà, le gazogène est employé dans la métallurgie ou pour l'éclairage.

Voici, d'ailleurs, une communication à ce sujet, récemment faite à l'Académie d'Agriculture, par M. le professeur Ringelmann.

« En 1848, un nommé Gillard, installait à Passy un  
« atelier d'essais, où l'on produisait du gaz combustible,  
« par décomposition de la vapeur d'eau au contact du  
« charbon de bois incandescent. Ce gaz, destiné alors à  
« l'éclairage, ne pouvait être utilisé qu'en portant à l'in-  
« candescence des calottes en fil de platine ; il y eut des  
« applications pour l'éclairage de la ville de Narbonne,  
« ainsi qu'à Paris dans les ateliers de dorure de la maison  
« Christophe.

« Le gaz produit fut désigné sous le nom de gaz pauvre,  
« parce qu'il n'avait pas le pouvoir éclairant du gaz  
« d'éclairage, mais ce gaz pauvre pouvait servir au chauf-  
« fage ; il fut utilisé plus tard pour actionner des moteurs  
« à explosion, en concurrence avec le gaz de ville ou les  
« combustibles liquides (essence, pétrole, huile de schistes,  
« etc...).

« En résumé, les gazogènes actuels utilisent du carbone  
« et de l'eau à l'état de vapeur ; le résultat est la pro-  
« duction d'un mélange composé surtout d'oxyde de car-  
« bone, d'hydrogène et de gaz inertes (azote et anhydride  
« carbonique).

« Le gaz pauvre, suivant sa composition, peut dégager  
« de 1.200 à 1.600 calories par mètre cube, pesant de 830

« à 850 grammes ; avec les moteurs fixes, il faut compter  
« sur une dépense en marche pratique de 650 à 700  
« grammes de carbone (charbon minéral ou charbon de  
« bois) par cheval-heure. La combustion complète du car-  
« bone dégage environ 8.000 calories par kilogramme,  
« l'oxyde de carbone 2.400, et celle de l'hydrogène 34.500 ;  
« il faut donc chercher à ce que les gazogènes fournissent  
« le moins possible d'oxyde de carbone et le plus possible  
« d'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau sur  
« le charbon incandescent, en réduisant les autres pro-  
« duits qui peuvent se former (formène, carbures d'hydro-  
« gène et éthylène). »

M. le professeur Haller, directeur de l'Ecole de Physique et Chimie industrielle, a toujours déclaré que l'avenir était à l'hydrogène.

Les réalisations de gazogènes industriels sont innombrables.

Le dessin ci-après se rapporte au type de gazogènes au bois, construit par la maison Fornas, de Paris, pour usages fixes (Voir figure n° 17).

#### **Gazogène au bois du type Fornas pour usages fixes.**

L'appareil peut brûler toutes les essences de bois et sous toutes ses formes, bois dur, bois tendre, bois résineux, écorces, branches, copeaux, sciure en mélange, et tous déchets. Il peut également brûler les cosses d'arachides les balles de riz et d'avoine, le marc de raisin, les grignons d'olive, etc...

La consommation est *de un kilo de bois sec par cheval et par heure*, que ce soit du bois dur, tendre, ou des déchets. Le kilo de bois sec produit plus de deux mètres cubes de gaz à 2.200 calories. La consommation d'eau est de 10 litres par cheval-heure, mais elle peut resserrer pendant plusieurs mois.

Les gaz formés sont analogues aux gaz donnés par l'antracite, et sont susceptibles des mêmes applications, soit pour les moteurs, soit pour le chauffage. Le courant de vapeur d'eau et d'air passe sur la masse du bois incandescent ; l'oxygène de l'air donne avec un excès de carbone, de l'oxyde de carbone combustible, la vapeur d'eau se dissocie et libère de l'hydrogène très combustible, des carbures d'hydrogène (méthane, etc.), qui entraînent du carbone libre et les gaz inertes de l'air.

L'entretien du gazogène est nul, le bois ne produisant pas de mâchefer et les cendres restant toujours friables, la durée des terres réfractaires est illimitée et les tuyauteries se recouvrent d'un vernis protecteur.

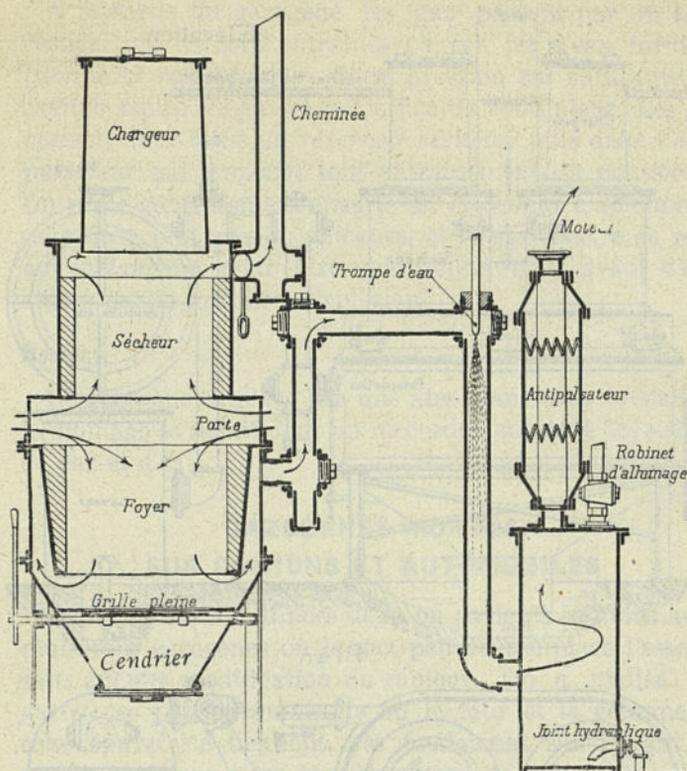


Fig. 47. — Gazogène au bois type "Fornas".

L'allumage ne demande qu'une dizaine de minutes, et on ne souffle au ventilateur qu'une ou deux minutes. De plus, l'allumage est automatique si on dispose d'une pression d'eau de plus de 6 mètres.

#### Description.

Le gazogène fonctionne à combustion renversée, c'est-à-dire que l'air arrive à la partie supérieure du foyer, et les gaz sont aspirés par le bas. Les *fumées traversent donc la masse incandescente* de charbon de bois, et sont réduites en gaz purs ne déposant ni goudrons ni impuretés.

A la partie supérieure de l'appareil, se trouve le *char-*

geur, haut de 1 m. 70, qui reçoit le combustible pour plusieurs heures, et dont une partie forme *sécheur*, ce qui permet d'employer des combustibles verts ou humides.

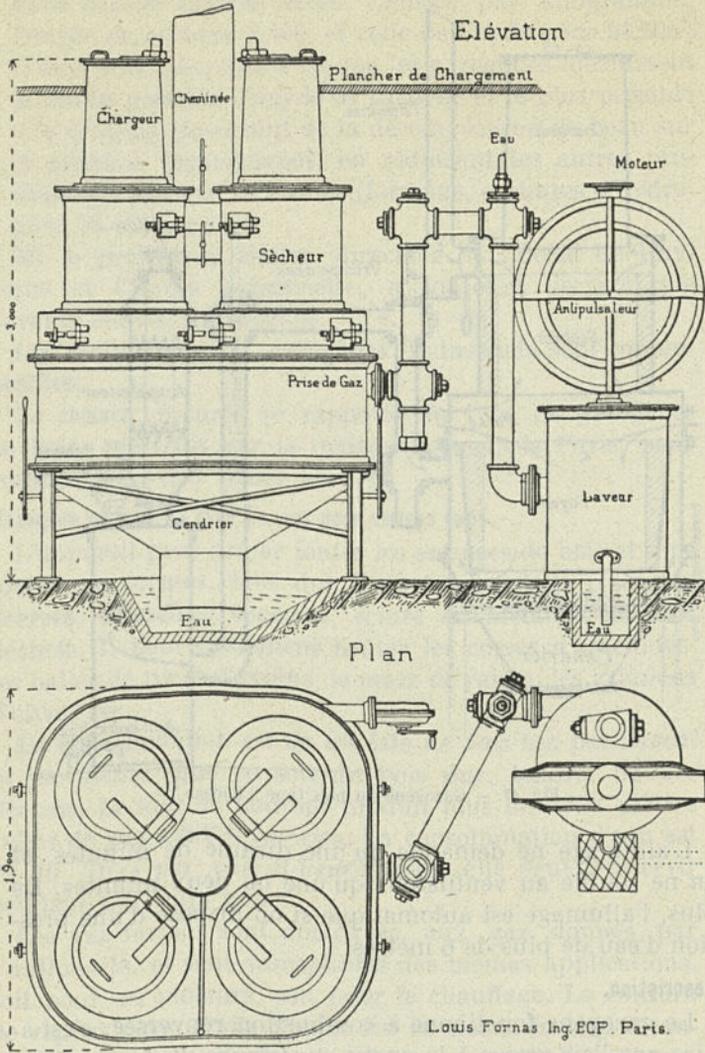


Fig. 48. — Gazogène au bois de 400 HP type "Fornas".

Puis vient le *foyer* avec ses orifices de visite à 1 m. 50 du sol, plus bas la prise de gaz annulaire, et 0 m. 20 encore en dessous une *grille* pleine, retenant le combustible. Cette

grille en dehors du feu ne se détériore jamais, elle se meut de l'extérieur pour évacuer les cendres, qui tombent dans le *cedrier*, pouvant contenir celles de plusieurs jours.

A la sortie du gazogène les gaz passent par un tube vertical, où ils sont entraînés par un jet d'eau formant *trompe et refroidisseur*. Si la pression est suffisante, la trompe aspire les gaz et fait office de ventilateur. Les gaz passent alors dans un *réservoir sécheur*, puis dans l'*anti-pulsateur* qui empêche tout entraînement de poussières. On place généralement ensuite un *épurateur* à colonne de coke ou à plateaux en chicanes, et le gaz pauvre se rend au *mélangeur* pour être additionné d'air avant d'être aspiré par le moteur à explosion.

#### Montage.

Le gazogène se place sur une aire plane sans fondation, le montage se réduit donc au raccordement de la tuyauterie de gaz et d'eau.

### GAZOGÈNES MONTÉS SUR CAMIONS ET AUTOMOBILES

Depuis plusieurs années déjà, on parle de camions automobiles à gazogènes où le gaz pauvre remplace l'essence sans aucune modification du moteur. On a réalisé des gazogènes peu encombrants où le four et la colonne de coke épuratrice tiennent très facilement sur l'avant du camion sur deux tiers de mètre carré de surface.

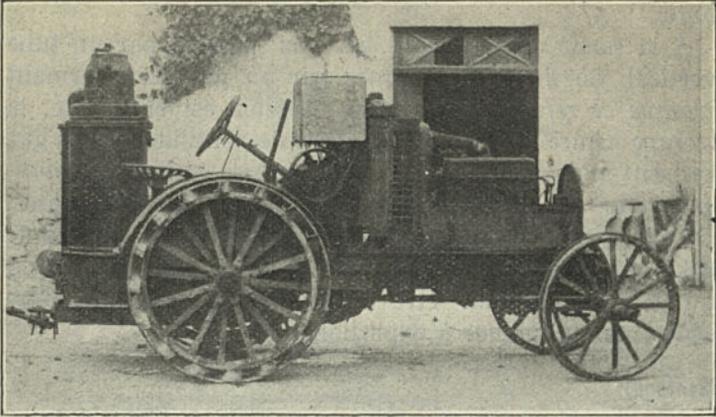
On a vanté la grande économie de ces moteurs d'automobile, actionnés sans aucune modification par le gaz sortant du gazogène, et l'on peut s'étonner de voir la construction industrielle, réaliser si lentement cette découverte très intéressante.

Il y a sans doute deux raisons à cette lente évolution :

La première c'est que, par le seul fait de la substitution du gaz pauvre à l'essence, le moteur perd 25 % de sa puissance.

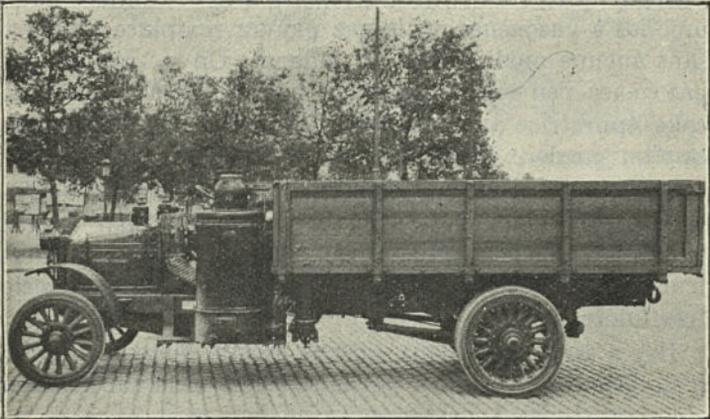
La deuxième, c'est l'antagonisme qui existe entre le constructeur de moteurs, et le producteur de gazogènes. Ce dernier ne pouvant donner un gaz plus riche, et le constructeur de moteurs estimant que son moteur est

arrivé au maximum de rendement industriel et commercial.



Tracteur International avec gazogène.

Les premiers moteurs *fixes* à gaz pauvre, ont eu de très grandes difficultés à se développer au début, et c'est seulement depuis 1910 qu'ils sont devenus réellement pratiques et à l'abri des critiques. Il a fallu réaliser dans le



Camion Pierce Arrow avec gazogène.

moteur fixe une véritable adaptation : meilleure combustion, compression, allumage, forme sphérique de la boîte à soupapes.

La solution vraiment pratique se trouve de même pour les automobiles, dans un changement radical et dans une adaptation complète du moteur à essence (alésage, boîte de vitesse, etc...). Mais il faudrait pouvoir trouver le constructeur qui consente à faire cette adaptation.

Il faut reconnaître cependant, qu'on a déjà mis au point des tracteurs agricoles à gaz pauvre produit par le *gazogène Cazes* à charbon de bois, ou par le *gazogène à bois* de la *Société française* du matériel agricole et industriel de Vierzon.

Le coût du combustible utilisé par le tracteur marchant au gaz pauvre (du gazogène Cazes), est de 6 à 7 fois moins élevé que celui du tracteur marchant à l'essence.

La Société des transports industriels automobiles de Reims aurait commandé 60 camions à gazogènes SITIA, et 40 de ces camions seraient actuellement en fonctionnement irréprochable. Le service des transports en obtiendrait satisfaction complète depuis de longs mois.

Ces résultats sont excessivement intéressants, et il est certain que des rémanents d'exploitation carbonisés ou simplement divisés en petits éléments, peuvent trouver un emploi lucratif dans les gazogènes montés sur camions ou sur tracteurs.

Quant aux déchets provenant de chantiers de démolition qui se trouvent généralement rassemblés et transportés à pied d'œuvre près de centres industriels, ils trouveront à coup sûr, avec ou sans carbonisation préalable, une utilisation rémunératrice dans la production de force motrice par les gazogènes fixes ou semi-mobiles, qui peuvent être accouplés à des moteurs fixes (faciles à déplacer), dont tous les organes sont aujourd'hui tout à fait au point.

## CONCLUSIONS

---

Tout ce qui précède, montre que la Chimie du Bois constitue une science en évolution perpétuelle, embrassant des branches très diverses de la chimie industrielle (carbonisation, acides organiques, papier, alcools, gaz moteur et gaz d'éclairage). Il est donc délicat de trouver des spécialistes pour telle ou telle branche, capables d'embrasser dans le cercle de leurs connaissances, l'ensemble des utilisations possibles de la production forestière. La présente étude n'a donc aucune prétention et l'auteur désirerait simplement attirer l'attention sur les meilleurs emplois possibles du bois.

Parmi les données industrielles de l'heure présente, sur les emplois chimiques du bois, beaucoup sont déjà solidement acquises, d'autres constituent des perspectives d'utilisation et exigent encore la confirmation de l'expérience dans diverses conditions.

Pour tirer le meilleur parti possible des bois, il est nécessaire de suivre chaque marché local, et de s'entourer de tous renseignements, de façon à chercher à produire les marchandises qui se vendent le mieux dans les diverses localités, car les produits lourds ou encombrants ne peuvent pas toujours supporter les frais de transport pour de longs voyages.

Nous venons de voir que la plupart des réactions et des préparations à envisager, sont complémentaires l'une de l'autre. Si l'on veut beaucoup de gaz, on aura moins de charbon et moins de pyroligneux. La préparation de l'alcool éthylique, par les procédés Meunier, est caractérisée spécialement par une très grande souplesse, qui permet à une même usine de forcer à volonté ses fabrications de telle ou telle nature.

On peut donc, pour les emplois industriels du bois, se mouvoir dans une chaîne de production très étendue.

D'un autre côté, certains processus s'imposent et s'imposeront de plus en plus à mesure que ces questions seront mieux connues.

Il apparaît désormais comme parfaitement établi, que pour produire force ou chaleur, la combustion directe du bois ou du charbon de bois, est une hérésie économique, et les calories sont beaucoup mieux employées quand le combustible passe d'abord au gazogène.

La carbonisation directe des bois, même en vase clos, devient également un procédé d'utilisation brutale, qui gaspille la moitié des matières utilisables du bois, puis que la vasculose est à peu près seule utilisée, tandis que la cellulose proprement dite, se trouve anéantie dans la carbonisation presque en pure perte. La cellulose propre devrait être épuisée d'abord pour récupérer l'alcool éthylique. La fabrication de pâte à papier peut travailler ensuite le résidu de la fabrication de l'alcool, ou bien, au contraire, ce sont les lessives résiduelles de pâte au bisulfite qui serviront de matière première à la fabrication de l'alcool.

Toutes ces fabrications sont corollaires les unes des autres et concourent toutes ensemble, à obtenir une utilisation parfaite et complète de la matière ligneuse, au mieux, et suivant les cours momentanés de chaque marchandise à produire.

En tous cas, une partie des déchets de bois pourra toujours, directement sous forme de charbon, ou mieux encore, sous forme de gaz pauvre, fournir la chaleur et la force motrice nécessaires aux transformations industrielles du surplus de la masse à utiliser.

Si le charbon résiduaire, brûlé sous forme de briquettes dans les gazogènes est impuissant à produire les calories réclamées par toutes les opérations, on se rappellera que la situation des forêts, généralement au flanc des montagnes ou sur les rives des fleuves, permet dans la plupart des cas, de demander toute la force motrice nécessaire aux diverses opérations, au courant électrique, né de la *houille blanche*, dont la puissance sera d'ailleurs augmentée et régularisée par le reboisement.

\*

\*\*

Ces considérations, d'ordre général et à longue vue, ne doivent pas faire oublier que toute opération industrielle se chiffre par *doit et avoir*. En matière d'utilisation de bois, aucune installation ne doit donc être entreprise si son envergure est trop grande eu égard à la quantité de

matières à utiliser, pour assurer un bénéfice certain. C'est pourquoi, au cours de cette étude, nous avons développé surtout les détails de construction et de fonctionnement des appareils les plus *simples*, les plus *rustiques*, et les *moins coûteux* à installer (meules ou fours à charbon et à goudron).

S'il s'agit notamment de tirer un bénéfice de résidus de démolition, dont la production trouve un terme dans l'achèvement des chantiers de démolition, il sera bon de calculer avec soin l'amortissement des installations de transformation de matière, dont les plus simples et les plus économiques devront toujours être préférées. Il faudra également s'entourer de conseils, et choisir avec discernement la branche de l'industrie si variée et si étendue des bois, qui peut être la plus lucrative dans des conditions définies. Il faut s'attendre d'ailleurs, à ce que ces conditions se modifient constamment, suivant l'état du marché des bois, des combustibles et des carburants. La meilleure utilisation d'un stock de bois de quelque envergure exige donc la collaboration de compétences toujours en éveil.

Il s'agit, en effet, de choisir en connaissance de cause les produits les plus avantageux à fabriquer parmi les nombreux dérivés du bois dont l'énumération est donnée dans le tableau ci-après, qui présente utilement à la fin de cette étude la nomenclature des emplois industriels du bois au point de vue chimique.

Voir le dernier tableau à la page suivante.

## PRINCIPAUX EMPLOIS INDUSTRIELS DU BOIS AU POINT DE VUE CHIMIQUE

I. Sève.	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Térébenthine <i>par distillation</i></div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Essence de téré- benthine</div> </div>	(Pinène et cam- phre artificiel.)		
		Colophane			
		Baumes, Résines, Caoutchouc, Gutta, etc...			
II. Traitement mécanique.	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Pâte de bois mécanique <i>(par pulpage)</i></div> </div>				
		Bois durci <i>(par sciures et sang moulés à chaud)</i>			
III. Traitement par les acides.	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Alcool éthylique <i>(par fermentation)</i></div> </div>				
		Furfural <i>(matières colorantes)</i>			
IV. Traitement par les solutions alcalines ou le bisulfite de soude.	Cellulose	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Papier, carton</div> </div>	Papier parchemin <i>(par trempage au bain sulfurique)</i>		
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Collodion, viscosé</div> </div>	Soie		
		<i>(par dissolution éther alcoolique et autres)</i> artificielle			
		Poudres sans fumée			
		Celluloïd <i>(avec le camphre)</i>			
V. Traitement au rouge par les alcalis caustiques.		Acides oxaliques et oxalates			
VI. Distillation à la vapeur d'eau.	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Safrol</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Pipérol</div> </div>	<i>(par oxydation)</i>		
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Eugénol</div> </div>	Vanilline		
		<i>(par oxydation)</i>			
		Anéthol. <i>(Essence d'anis)</i>			
		Camphre etc ..			
		Gaz combustible			
VII. Distillation pyrogénée.	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Acide Pyroligneux et pyro lignites</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Acétone <i>(par dissolution du pyrolignite de chaux)</i></div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Acide acétique et acétates</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Acide Monochloracétique</div> </div>	
		<i>(par action du chlore)</i>			
		<i>(matière colorante, indigo)</i>			
		Acétone			
		Alcool méthylique			
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Créosote</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Gayacol</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Vanilline</div> </div>	<i>(par traitement au chloroforme et aux alcalis)</i>
		<i>(fractionnement)</i>			
		Brai			
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Charbon de bois</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">Charbon de Paris</div> </div>	<i>(compression avec le brai)</i>	

PRINCIPALES ÉTUDES INSTRUCTIVES DU BUREAU  
AU POINT DE VUE GÉNÉRAL

Le Bureau a eu l'honneur de recevoir de votre Excellence, le 20 Mars 1884, une lettre par laquelle vous m'avez fait l'honneur de m'adresser les questions ci-jointes, auxquelles j'ai l'honneur de répondre ci-dessous.

1. Les études instructives ont pour objet de donner aux officiers de l'armée une connaissance approfondie des principes de la tactique, de la stratégie, de la fortification, de l'art de la guerre, etc.

2. Elles ont pour but de développer l'esprit de critique, de l'initiative, de la responsabilité, et de former le caractère de l'officier.

3. Elles ont pour résultat de perfectionner l'enseignement des sciences militaires, et de préparer les officiers à l'exercice de leurs fonctions.

4. Elles ont pour effet de donner aux officiers une vue d'ensemble de la situation militaire, et de leur faire connaître les ressources de leur pays.

5. Elles ont pour conséquence de former des officiers capables de remplir avec honneur et succès les fonctions qui leur sont confiées.

6. Elles ont pour but de donner aux officiers une connaissance exacte de la situation militaire de leur pays, et de leur faire connaître les ressources de leur pays.

7. Elles ont pour résultat de perfectionner l'enseignement des sciences militaires, et de préparer les officiers à l'exercice de leurs fonctions.

8. Elles ont pour effet de donner aux officiers une vue d'ensemble de la situation militaire, et de leur faire connaître les ressources de leur pays.

9. Elles ont pour conséquence de former des officiers capables de remplir avec honneur et succès les fonctions qui leur sont confiées.

10. Elles ont pour but de donner aux officiers une connaissance exacte de la situation militaire de leur pays, et de leur faire connaître les ressources de leur pays.

## TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
<i>Note de l'Auteur</i> .....	II
<i>Preface de M. A. Tassel</i> .....	III
<i>Lettre de M. Cangardel</i> .....	V
 <b>CHAPITRE I. — Composition chimique des bois.</b>	
Composition élémentaire des bois.....	1
Composition immédiate des bois.....	5
Propriétés comparées de la cellulose et de la vas- culose ou lignine.....	12
 <b>CHAPITRE II. — Procédés simples de carbonisation et distillation des bois.</b>	
Produits de la carbonisation des bois.....	18
Qualités et caractères du charbon de bois.....	23
Fabrication du charbon par le procédé des meules .....	26
Fabrication du charbon par le procédé des fours..	32
Confection du charbon en vases clos portatifs....	34
Aperçus économiques sur la fabrication simple du charbon de bois.....	38
Extraction et rectification des goudrons de bois..	39
Briquettes de charbon de bois et de déchets de bois .....	44
 <b>CHAPITRE III. — Distillation des bois en usines fixes.</b>	
Pyroligneux proprement dit. Méthylène, acide acétique, acétone .....	46
Fabrication et rectification de l'alcool méthy- lique .....	54
Fabrication de l'acide acétique, des acétates et de l'acétone .....	58
Traitement des pyroligneux.....	63
Traitement des goudrons.....	65
Aperçus économiques sur la distillation des bois..	68
 <b>CHAPITRE IV. — Pâtes à papier extraites du bois.</b>	
Pâtes mécaniques de bois.....	77
Pâte mi-chimique de bois.....	79
Pâte à la soude caustique.....	80
Pâte au bisulfite.....	85
Pâte au chlore gazeux, procédé Cataldi.....	86
Pâte à l'hydrate de chlore, procédé de Vains.....	89

	Pages.
CHAPITRE V. — Alcool éthylique (ou vinique) extrait du bois.	
Régime fiscal du pétrole et de l'alcool.....	94
Réactions chimiques de la fabrication de l'alcool de cellulose. Anciens procédés industriels.....	96
Procédé Prodor à l'acide chlorhydrique.....	97
Autres procédés à l'acide chlorhydrique.....	99
Procédés à l'acide sulfurique, brevet Meunier.....	100
Aperçu des rendements économiques pour la fabrication de l'alcool.....	102
Bois vieillis provenant de démolition. Essais de fermentation. Bois avariés.....	107
CHAPITRE VI. — Gaz d'éclairage au bois. Gaz pauvre pour gazogène.....	109
Conclusions .....	120
Principaux emplois industriels du bois au point de vue chimique (Tableau).....	123