

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 121/122 (1943)
Heft: 13

Artikel: Le four ERIM et la distillation du bois vert
Autor: Fouilloux, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-53177>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

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

INHALT: Le four ERIM et la distillation du bois vert. — Neue Bauten in Schrägrostbauweise. — Le monument dans le plan urbain. — Mitteilungen: Dampflokomotiven mit Einzelachsantrieb. Holzbewehrter Beton. Abendkurs über Ausdrucks- und Verhandlungstechnik. Kolkbildungen bei Ueberfall und Unterströmen. Wiederaufbau der Kirche Thalwil (Zürich). Eidg. Technische Hochschule. Schweiz. Elektrizitätswirt-

schaft. Landwirtschaftliche Knechtewohnungen. Holzkurs für Siedelungsbau. Zürcherische Vereinigung für Heimatschutz. — Wettbewerbe: Cité paroissiale Fribourg-Pérolles. Union-Neubau Stoffel & Co., St. Gallen. — Nekrologe: Albert Huguenin. — Literatur.

Mitteilungen der Vereine.

Vortragskalender.

Band 122

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 13

Le four ERIM et la distillation du bois vert

Par C. FOUILLOUX, Ingénieur E.P.Z., Chapareillan (Isère)

Résumé: Le four ERIM pour la distillation du bois présente plusieurs particularités remarquables: 1. Simplicité de construction, dépense d'installation minime et frais d'entretien réduits. 2. Extraction du charbon éteint et froid, sans étouffoirs. 3. Rendement thermique très élevé permettant de distiller du bois vert sans séchage préalable et sans chauffage d'appoint.

Après une description sommaire du four nous étudierons son bilan thermique et la question du séchage préalable du bois.

Principe et caractéristiques

Dans une étude antérieure, consacrée à la fabrication des agglomérés de charbon de bois¹⁾ nous avons décrit les fours ERIM installés dans l'usine de Chapareillan (Isère) par la Sté. Française des Carburants Forestiers; nous compléterons ici les renseignements donnés dans cette étude.

Les fours construits ou préconisés ces dernières années pour la distillation du bois peuvent être classés en quatre catégories²⁾: a) Fours à chauffage externe et fonctionnement discontinu. Ce sont les cornues classiques utilisées depuis de nombreuses années. b) Fours à chauffage externe et fonctionnement continu, dérivés des cornues verticales utilisées pour la distillation de la houille. c) Fours à chauffage interne et à marche continue: fours tunnels, horizontaux, fours Pieters et Hennebute, verticaux. d) Four ERIM, à marche continue et à combustion interne des gaz de distillation. Le principe du four ERIM est donc original et permet d'atteindre le meilleur rendement thermique possible³⁾.

Les fours installés dans l'usine de Chapareillan au nombre de six, sont verticaux et cylindriques ($\varnothing = 0,90$ m). Ils sont construits en briques réfractaires maintenues par des anneaux en béton légèrement armé (fig. 1). Cette construction est plus économique et plus durable que celle en tôle d'acier et permet d'éviter le calorifugeage du four. Quant à la section horizontale, elle peut être carrée ou polygonale, la section circulaire procure le minimum de pertes thermiques.

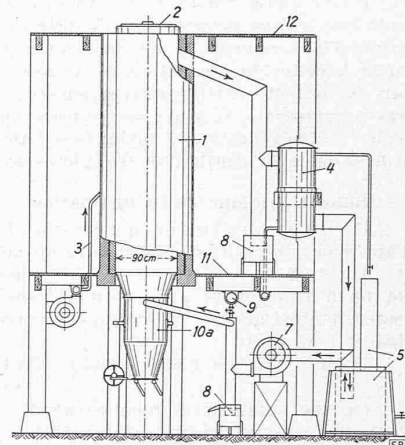
Le chargement du four, en bois préalablement décheté ou découpé en morceaux de petites dimensions, est discontinu: 3 ou 4 fois par heure. Le four est fermé à la partie supérieure par un couvercle en tôle avec joint hydraulique. On peut aussi prévoir un dispositif de chargement continu et automatique, mais cela augmente l'encombrement en hauteur et complique l'installation. L'élévation du bois peut se faire par skip, monte-charge, etc. L'extraction du charbon de bois est continue: par vis d'Archimède ou tambours à alvéoles. L'appareil d'extraction débouche dans un sas vidangé à la main 3 ou 4 fois par heure. La vidange peut être également continue et automatique, nous estimons que la vidange à la main est préférable.

Les gaz et les vapeurs provenant de la distillation sont aspirés de la partie supérieure du four par un ventilateur centrifuge et traversent un condenseur à réfrigération d'eau, puis un dégoudronneur qui peut être d'un modèle quelconque; ceux des fours de Chapareillan sont à chicanes et barbottage. Une partie des gaz ainsi refroidis et dégoudronnés est réintroduite à la base du four: ces gaz traversent en montant le charbon qui descend et l'étouffent. Le charbon sort donc éteint et froid tandis que les gaz parviennent chauds dans la zone de combustion. Dans cette zone on injecte de l'air en quantité juste suffisante pour assurer la combustion de la totalité des gaz sans brûler de charbon⁴⁾. Les fumées produites par la combustion traversent le bois, provoquant son séchage et sa distillation, puis sont extraites à la partie supérieure du four, mélangées aux produits volatils de la distillation. Quant aux gaz non réintroduits dans le

Fig. 1. Four ERIM

Légende:

- 1 Four,
- 2 Trémie de chargement,
- 3 Injection de l'air,
- 4 Condenseurs,
- 5 Dégoudronneurs,
- 7 Ventilateur d'extraction et de circulation des gaz,
- 8 Pots à goudron,
- 9 Tuyauterie d'évacuation des gaz en excès,
- 10a Extracteur à tambour,
- 11 Passerelle de surveillance,
- 12 Passerelle de chargement



four, ils sont évacués et peuvent être utilisés, car ils sont combustibles⁵⁾.

On remarquera que les produits volatils de la distillation, dans leur trajet ascendant ne traversent aucune zone plus chaude que celle dans laquelle ils ont été formés. D'autre part ils ne sont nulle part en contact avec des parois surchauffées (cas des cornues) ce qui évite tout cracking des produits pyrolytiques, d'où un rendement élevé en goudron⁶⁾. Une partie du circuit des gaz (en amont du ventilateur) est en dépression et doit être rigoureusement étanche. Le four lui-même est sous pression (quelques cm. d'eau); la trémie de chargement est sensiblement à la pression atmosphérique, ce qui évite les rentrées d'air pendant les chargements sans qu'il soit nécessaire de recourir à un sas. Le four fonctionne d'une façon continue et n'est arrêté que pour les nettoyages, chaque mois environ⁷⁾. Il peut être mis en veilleuse sans autre inconvénient que la diminution de rendement.

La production dépend de la densité et de l'humidité du produit à distiller et, naturellement, de la section du four. Ceux de Chapareillan qui ont une section de $0,64$ m² peuvent distiller chacun 4500 kg de bois vert par jour, ce qui correspond à une production de 850 kg de charbon de bois⁸⁾. Avec du bois sec on peut atteindre ou dépasser 1300 kg de charbon par jour. Le chauffage à même la masse permet une carbonisation plus rapide et plus régulière que le chauffage extérieur des cornues. Même avec du bois vert, la durée de carbonisation ne dépasse pas 8 heures, inclus le séchage du bois et le refroidissement du charbon⁹⁾. Il est évidemment possible d'augmenter la production en augmentant la section du four. La construction de fours de 1 m² ou davantage ne doit pas offrir de difficultés particulières.

Le rendement en charbon est sensiblement le même que celui obtenu avec les fours à cornues, c. à d. env. 30 à 32 kg de charbon pour 100 kg de bois anhydre, mais, pour le four ERIM qui est «autochauffant» dans de grandes limites, ce rendement est effectif et reste le même quelle que soit l'humidité du bois¹⁰⁾. Pour les cornues, qui ne sont pas autochauffantes, il faut un appoint de chauffage. Si cet appoint est fourni par du bois, ce qui est généralement le cas, il représente de 10 % (bois sec) à 35 % (bois vert) du poids du bois placé dans les cornues. La

⁵⁾ La seule différence de principe entre le four ERIM et le four Pieters consiste en ce que, dans ce dernier, les gaz servant au chauffage du four sont brûlés dans un foyer séparé.

⁶⁾ Cette remarque est d'ailleurs valable pour tous les fours à chauffage interne.

⁷⁾ Les nettoyages seront plus fréquents si le produit distillé contient beaucoup de poussières.

⁸⁾ Sauf indication contraire nous désignons par bois vert du bois ayant 40 % d'humidité (1 ou 2 mois de coupe) et par bois sec du bois à 20 % (12 mois de coupe). Le bois anhydre est séché à $105-110^{\circ}$ et ne contient que son eau de constitution. Les % se réfèrent aux poids bruts.

⁹⁾ Il s'agit non de chiffres «records», mais de ceux obtenus en exploitation normale industrielle. Avec du bois sec il est possible qu'on puisse dépasser 1300 kg par jour.

¹⁰⁾ Pour le four ERIM on peut admettre 31 à 32 % pour du bois sec ou moyennement humide. Avec du bois vert la conduite des fours est plus difficile et il est prudent de compter sur 30 % seulement. Pour les cornues les chiffres obtenus varient selon les installations de 28 à 33 %; nous admettons comme moyenne 31 %. V. M. Klar: «Technologie de la distillation du bois, chap. IV, et E. Barillot: «La distillation des bois».

¹⁾ Voir Revue Polytechnique suisse (SBZ), vol. 120, p. 167* (10 oct. 1942).

²⁾ Les meules et les fours portatifs qui en dérivent ne sont pas considérés généralement comme appareils «à distiller», bien que la carbonisation en meule soit en réalité une distillation pyrogénée.

³⁾ Le four ERIM est breveté.

⁴⁾ On sait que le carbone fixe d'un combustible solide ne brûle que lorsque la combustion de tous ses produits volatils est achevée. Il est possible — et même certain — qu'une partie des matières volatiles du charbon brûlent en même temps que les gaz, mais dans la partie inférieure du four le charbon absorbe une partie des gaz combustibles qui le traversent. En fait le charbon obtenu est riche en matières volatiles ayant un P. C. élevé (9 à 12000 cal/kg).

différence de rendement effectif entre les deux systèmes est considérable avec du bois vert; on aura en effet:

Pour 100 kg de bois sec (h = 20 %)
 $100 \times 0,80 \times 0,31 = 24,8$ kg de charbon avec le four ERIM
 $100 \times 0,80 \times (0,31:1,10) = 22,5$ kg de charbon avec les cornues
 Pour 100 kg de bois vert (h = 40 %)
 $100 \times 0,60 \times 0,30 = 18,0$ kg de charbon avec le four ERIM
 $100 \times 0,60 \times (0,31:1,35) = 18,0$ kg de charbon avec les fours à cornues.

Produits pouvant être distillés. D'autres produits que le bois peuvent être distillés dans le four ERIM à condition d'être réductibles en fragments de petites dimensions de façon à éviter la formation de voûtes. Des coques d'arachides par ex. ont été distillées avec succès. Par contre des produits très pulvérulents, tels que les sciures, ne peuvent être employés seuls. — Deux des fours installés à l'usine de Chapareillon sont utilisés pour la distillation d'agglomérés de charbon de bois.

Bilan thermique de la distillation

Pouvoir calorifique du bois. On le calcule souvent d'après la composition élémentaire du bois (C = 50 %; H = 6 %; O = 41 %; N et cendres = 3 %) en supposant que tout l'oxygène est lié à l'hydrogène sous forme d'eau de constitution; il ne resterait ainsi que 1 % d'hydrogène capable de fournir des calories, et l'on aurait:

P. Cs. = $8080 \times 0,50 + 34\,400 \times 0,01 = 4384$ cal/kg; eau de constitution 46 %

Or, les essais à la bombe calorimétrique donnent pour le P. Cs des valeurs sensiblement supérieures: 4600 à 4800 pour les arbres à feuilles caduques (feuillus) et 4900 à 5000 pour les résineux¹¹⁾. Pour du bois de hêtre, nous avons obtenu en moyenne 4600 cal/kg. C'est ce chiffre que nous admettrons pour le calcul des bilans thermiques. Nous aurons donc, pour du bois anhydre:

P. Cs. = 4600 cal/kg; eau de constitution = 38 %¹²⁾

P. Ci. = $4600 - 0,06 \times 18/2 \times 635 = 4260$ cal/kg

Pour du bois humide on calculera les valeurs du tableau I.

Tableau I. Pouvoir calorifique du bois

h	P. Cs.	P. Ci.
0 %	4600 cal/kg	4260 cal/kg
10 %	4140 »	3770 »
20 %	3680 »	3280 »
30 %	3220 »	2790 »
40 %	2760 »	2300 »
50 %	2300 »	1810 »
60 %	1840 »	1320 »

Bilan thermique. L'établissement d'un bilan thermique de la distillation industrielle du bois présente certaines difficultés: la quantité et la composition des principaux produits obtenus: charbon, goudron, gaz, varient non seulement avec la nature du bois employé mais aussi avec la conduite des fours. Or ces produits contiennent les 9/10ièmes des calories du bois. D'autre part l'humidité du bois ne peut être déterminée avec exactitude que par des vérifications fréquentes¹³⁾.

Le tableau II indique le bilan de la distillation de bois de hêtre ramené au poids de bois anhydre. Les P. C. du bois, du charbon et des goudrons ont été déterminés à la bombe calorimétrique; ceux de l'alcool méthylique et de l'acide acétique sont connus. Le poste «divers» comprend les différents produits tels que l'acétone, l'ammoniaque, les alcools et acides divers qui se trouvent chacun en quantités si minimes qu'elles n'affectent pas sensiblement le bilan. Les pertes calorifiques sont calculées et comprennent les pertes du four (parois) et celles dues au refroidissement des gaz. Les calories nécessaires pour l'évaporation de l'eau sont indiquées séparément. Le poids des gaz et l'excédent de calories sont obtenus par différence.

Tableau II. Bilans pour 100 kg de bois anhydre

Charbon	$31,0 \times 7400 =$	$229\,400$ cal
Goudron de décant.	$8,5 \times 7600 =$	$64\,600$ » ¹⁴⁾
Goudron soluble	$5,0 \times 5400 =$	$27\,000$ »
Acide acétique	$5,0 \times 3500 =$	$17\,500$ »
Alcool méthylique	$0,8 \times 5300 =$	$4\,200$ » ¹⁵⁾
Divers	$1,0 \times 5200 =$	$5\,200$ » ¹⁶⁾
Eau (vapeur)	$25,0 \times 635 =$	$15\,900$ »
Gaz	$23,7 \times - =$	- ¹⁷⁾
Pertes thermiques		$= 10\,000$ »
Excédent (gaz)		$= 86\,200$ »
Bois anhydre	$100,0 \times 4600 =$	$460\,000$ »

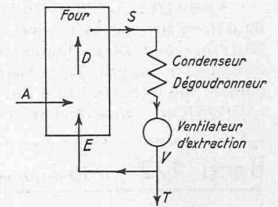
11) V. entr'autres: C. Marillier: «Carbonisation des bois & Carburants forestiers»; D. Sidersky: «Aide mémoire de Chimie appliquées», etc., etc.

12) La plus grande partie de cette eau se retrouve dans le jus pyrolique; le reste dans le goudron de décantation (émulsion), dans le charbon de bois (humidité), dans les différents produits pyrolique sous forme d'eau de constitution.

13) L'humidité peut varier considérablement même pour du bois provenant d'une seule exploitation forestière. Elle doit être déterminée au moins une fois par jour.

14) Le goudron de décantation contient en émulsion, 10 à 20 % d'eau. Les chiffres indiqués ci-contre correspondent au goudron anhydre.

Fig. 2. Schéma de circulation des gaz dans le four ERIM



A Air pour la combustion,
 D Gaz de distillation,
 E Gaz réintroduits dans le four,
 T Gaz évacués,
 S Gaz et vapeurs extraits du four,
 V Gaz d'extraction seuls
 $V = E + T$

On voit que les pertes thermiques du four ne dépassent pas 2 % des calories du bois et que l'on dispose par contre d'un excédent de 19 %. Pour du bois humide, nous aurons les bilans du tableau III.

Tableau III. Bilans pour 100 kg de bois humide

	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	45 %
Charbon	299 400	206 400	183 500	160 600	137 600	126 100 cal
Prod. pyrol.	118 500	106 600	94 800	82 900	71 100	62 200 »
Vap. eau	15 900	21 300	25 400	30 200	35 000	37 500 »
Pertes four	10 000	10 100	10 400	11 200	12 700	15 900 »
Excédent	86 200	69 600	53 900	37 100	19 600	8 300 »
Bois, P. Cs.	530 000	414 000	368 000	322 000	276 000	250 000 »

On voit que l'excédent diminue rapidement lorsque l'humidité du bois augmente. La limite d'autochauffage du four est située entre 45,5 et 46 %. Au delà de cette limite il faut fournir un appoint de chauffage (v. fig. 4).

Dans les bilans ci-dessus, les calories correspondant au charbon, aux produits pyroliqueux et à l'excédent sont des calories latentes. Le phénomène thermique effectif de la distillation est limité à la vaporisation de l'eau et aux pertes du four. Pour maintenir la température nécessaire à la distillation il faut fournir au four un nombre de calories effectives égal à la somme de ces deux postes (v. fig. 3). Or la distillation est un phénomène exothermique. Une partie des calories nécessaires sera donc fournie par la distillation elle-même, le reste devra l'être par la combustion des gaz réintroduits dans le four. La détermination exacte de la valeur de l'exothermie est délicate. Cette valeur est en tout cas inférieure à celle observée dans la distillation en cornues; nous l'estimons à 130—180 cal/kg de bois anhydre¹⁸⁾.

En faisant abstraction des deux postes: charbon et produits pyroliqueux, nous déduisons du tableau III les relations du tableau IV.

Tableau IV

h =	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	45 %
1. V + P	25 900	31 400	35 800	41 400	47 700	53 400 cal
2. Exother.	15 000	13 500	12 000	10 500	9 000	8 200 »
3. Comb. gaz	10 900	17 900	23 800	30 900	38 700	45 200 »
4. Excédent	86 200	69 600	53 900	37 100	19 600	8 300 »
5. Tot. gaz	97 100	87 500	77 700	68 000	58 300	53 500 »
1. Calories nécessaires pour évap. de l'eau et pertes therm. du four.						
2. Calories fournies par réactions exothermiques.						
3. Calories à fournir par combustion des gaz réintroduits dans le four.						
4. Calories en excédent à évacuer.						
5. Calories totales contenues dans les gaz.						

Réglage du four. Il se déduit aisément du tableau IV. Les calories contenues dans les gaz V (fig. 2) doivent être réparties entre E et T conformément aux valeurs des postes 3 et 4 du tableau IV. Or, il est évident que la composition et le P. C. des gaz sont les mêmes en V qu'en E ou en T. Les débits E et T devront donc être proportionnels aux valeurs des postes 3 et 4¹⁹⁾. Pour h = 30 % par ex. on aura: débit gaz réintroduit/débit gaz évacué = $30\,900 / 37\,100 = 0,83$ etc. Le réglage s'effectuera facilement à l'aide de vanes placées en E et T.

La quantité de gaz inertes résultant de la combustion (CO₂, N₂) croît avec h. Jusqu'à quelle limite le gaz V, qui devient ainsi de plus en plus pauvre, sera-t-il encore inflammable? En d'autres termes, quelle est la limite pratique d'autochauffage? Désignons par g la proportion de gaz combustibles contenue dans le gaz V (CO, CH₄, H₂). On peut calculer g en fonction de h et on obtient le tableau V.

15) La récupération de l'alcool méthylique n'ayant pas été prévue à l'usine de Chapareillon (dont l'objet est la fabrication d'agglomérés de charbon de bois), les condenseurs ne permettent pas d'obtenir tout l'alcool contenu dans les vapeurs de distillation. Un appareillage adéquat permettrait d'obtenir davantage d'alcool, mais il semble cependant que la distillation avec le four ERIM fournit un peu moins d'alcool que celle effectuée avec des cornues. On obtient par contre davantage de goudron; la quantité d'acide acétique est à peu près la même.

16) Poids et P. C. estimés.

17) Les calories contenues dans les gaz sont indiquées au tableau IV. C. à d. de 3 à 4 % des calories contenues dans le bois. Dans le cas de la distillation en cornues, on évalue l'exothermie à 5 à 6 % (v. C. Marillier, ouvrage cité, chap. III).

18) Cela en supposant que tout le gaz réintroduit est brûlé. Si l'on ne brûle qu'une fraction des gaz réintroduits, le rapport des débits sera différent. Le calcul est facile, il est sans intérêt pratique.

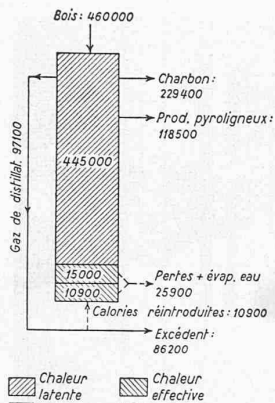


Fig. 3. Bilan thermique pour 100 kg de bois anhydre

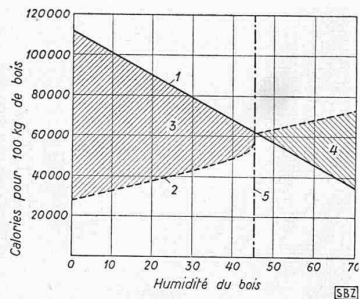


Fig. 4. Bilan thermique pour 100 kg de bois. 1 Calories disponibles: gaz de distillation + exothermie. 2 Calories nécessaires: pertes du four + évaporation de l'eau. 3 Excédent disponible. 4 Appoint à fournir. 5 Limite d'autochauffage

L'usine de Chapareillan utilise les gaz des fours pour le chauffage d'une chaudière de 100 000 cal/h. Quant à l'utilisation de ces gaz pour la production de force motrice nous ne croyons pas qu'elle ait été réalisée, mais, avec du bois moyennement sec, elle est certainement possible et peut présenter dans certains cas un grand intérêt²⁵⁾.

Fonctionnement du four sans condensation des vapeurs. Nous avons décrit le fonctionnement du four ERIM avec le procédé employé habituellement pour le traitement des vapeurs pyroligneuses: condensation des vapeurs (eau, acide, alcool) et dégoudronnage par barbottage. La condensation de la vapeur d'eau exige une quantité d'eau de réfrigération importante. Il peut se présenter des cas où l'on rencontre des difficultés pour se procurer l'eau nécessaire. Le fonctionnement du four ERIM est possible dans ces cas en évacuant sans les condenser les vapeurs dégoudronnées. Il faut pour cela que les températures des gaz dans le circuit V, E, T soient partout supérieures au point de rosée, ce qui est possible avec du bois sec²⁶⁾.

Nous ne reprendrons pas l'étude du bilan thermique dans ce cas, bien qu'il soit légèrement modifié du fait que l'acide acétique et le méthylène, n'étant pas condensés, sont brûlés en partie avec les gaz combustibles réintroduits dans le four. Indiquons que le dégoudronneur devra être du type «sec», sans barbottage.

Les avantages et les inconvénients de ce procédé sont: Inconvénients: a) Le méthylène n'est pas récupérable et l'acide n'est que partiellement²⁷⁾; b) Obligation de n'employer que du bois sec tandis qu'avec la condensation de la vapeur d'eau le four ERIM permet d'employer directement du bois vert.

Avantages: a) Economie qui peut être importante, des frais d'adduction d'eau et plus grande indépendance pour le choix de l'emplacement de la station de carbonisation; b) Si le jus pyroligneux n'est pas utilisé pour la récupération de l'alcool ou de l'acide, son évacuation peut présenter dans certains cas des difficultés qui seront supprimées si l'on évacue telles quelles les vapeurs pyroligneuses²⁸⁾.

Séchage du bois

Nous avons dit que la possibilité d'utiliser le bois vert sans séchage préalable constituait un grand avantage du four ERIM. Par suite de l'intensification des exploitations forestières il devient en effet de plus en plus difficile de disposer de bois sec, c. à d. d'attendre 10 à 12 mois entre l'abattage et l'emploi.

Le bois vert présente cependant des inconvénients: diminution de la capacité de production des fours et conduite plus difficile; jus pyroligneux plus dilué, d'où augmentation des frais de distillation et de transport, dans le cas où le jus est utilisé.

Le séchage artificiel du bois destiné à la distillation a fait l'objet de nombreuses discussions; il implique en effet des frais supplémentaires d'installation, de manutention, de combus-

Tableau V

h =	0%	10%	20%	30%	40%	45%	46%
g = env.	55%	38%	28%	18%	9%	3,5%	0%
P. Cs. = env.	3000	2000	1500	1000	500	200	0 cal/m ³ ²⁹⁾

La limite inférieure d'inflammabilité varie considérablement selon les conditions dans lesquelles s'effectue la combustion. Cette limite est de 900 à 1000 cal/m³ pour du gaz pris à la température de 15° C²¹⁾, mais dans le cas du four ERIM elle est très abaissée du fait que les gaz parviennent dans la zone de combustion à une température qui se rapproche de celle de l'inflammation spontanée. Avec 500 cal/m³²²⁾ le gaz brûle parfaitement dans le four. Brûle-t-il encore avec 200 cal/m³ (h = 45%)? On ne peut l'affirmer car, lorsqu'on approche de la limite il est difficile de régler le four sans qu'il y ait excès d'air c. à d. sans brûler un peu de charbon. On peut admettre que la limite pratique d'autochauffage est située entre 42 et 45% d'humidité.

Fonctionnement du four au delà de la limite d'autochauffage. Si l'humidité du bois dépasse 45% le fonctionnement du four exige un appoint de calories, qui peut être fourni par un gazogène auxiliaire ou, plus simplement en brûlant un peu de charbon de bois: il suffit pour cela d'introduire un peu plus d'air que celui qui est nécessaire pour la combustion du gaz E. Cette façon de fournir l'appoint est en outre rationnelle, les calories du charbon ainsi brûlé étant utilisées avec un rendement maximum. Le fonctionnement du four au delà de la limite d'autochauffage est donc parfaitement possible, mais la conduite du four devient difficile et si l'on doit employer normalement du bois ayant plus de 45% d'humidité, nous pensons qu'il est préférable de recourir au séchage préalable du bois²³⁾.

Utilisation des calories en excès. Nous avons vu que les gaz évacués contenaient une quantité de calories importante: 539 cal par kg. de bois à h = 20%. Même avec du bois à h = 40% ces gaz contiennent encore 7% des calories du bois. Ces gaz peuvent être utilisés pour le chauffage d'une chaudière, d'un séchoir, etc., ou pour la production de force motrice (moteur à gaz). Avec du bois sec le P.C. du gaz est élevé (v. tableau V) et le gaz brûle parfaitement. Si l'humidité dépasse 30% la combustion est plus difficile et exige une chambre de combustion très chaude, le gaz peut servir comme appoint dans un foyer. Si l'humidité dépasse 40% le gaz est difficilement utilisable. Quant au nombre de calories utilisables pratiquement il convient de multiplier les chiffres indiqués dans le tableau IV («excédent») par un coefficient d'utilisation qui se rapprochera d'autant plus de 1 que le nombre de fours sera plus grand, le bois plus sec et la qualité du bois plus régulière²⁴⁾.

²⁰⁾ Ce calcul est basé sur les relations qui existent entre les gaz combustibles et les gaz inertes résultant de leur combustion. Les analyses de gaz prélevées pendant la marche des fours confirment les résultats obtenus par le calcul.

²¹⁾ V. H. Le Chatelier «Le chauffage industriel», chap. II. Ce gaz (900 à 1000 cal/m³), avec l'air nécessaire à sa combustion donnera un mélange dont le P. C. sera de 450 cal/m³ seulement. C'est naturellement pour ce mélange que l'on détermine la limite d'inflammabilité.

²²⁾ Soit env. 350 cal/m³ pour le mélange air-gaz. Le réchauffage des gaz réintroduits a donc deux avantages: 1) récupération de la chaleur sensible du charbon. 2) élévation de la limite d'autochauffage.

²³⁾ L'usine de Chapareillan fonctionne depuis mai 1941 en employant presque exclusivement des bois verts dont l'humidité varie entre 35 et 40%, atteint fréquemment 45% et dépasse parfois 50%. Dans ce dernier cas le réglage et la marche des fours sont difficiles.

²⁴⁾ Le chargement discontinu provoque forcément quelques fluctuations dans la production des gaz. Un dispositif de chargement continu régulariserait la marche, mais entraînerait une complication de l'installation qui ne se justifierait que pour des fours de grandes dimensions.

Tableau VI Bilans pour 100 kg de bois à 10%

h du bois brut	30%	35%	40%	45%
Bois brut	128,5	138,5	150,0	163,5 kg
Eau hygrométrique	38,5	48,5	60,0	73,5 »
Bois à h = 10%	100,0	100,0	100,0	100,0 »
Eau à évaporer	28,5	38,5	50,0	63,5 »
Cal. pr. évap.	a) 18 200	24 500	31 800	40 500 cal
Cal. à fournir	b) 36 400	49 000	63 600	81 000 »
Cal. util.	c) 55 700	55 700	55 700	55 700 »
Excédent	d) 19 300	6 700	—	— »
Déficit	e) —	—	7 900	25 300 »
Cal. utl. b. vert	f) 37 500	28 600	17 500	— »
Perte, b. vert	g) 18 200	21 900	25 400	25 300 »
Idem, b. sec	h) 14 200	15 800	17 000	15 500 »
a) = Poids d'eau à évaporer × 635				
b) = Cal. à fournir au brûleur du séchoir = (Cal. pr. évap.) : 0,50				
c) = Cal. utilisables = Cal. en excès pour 100 kg de bois à h = 10% × 0,80 (coefficient d'utilisation)				
d) = c) - b)				
e) = b) - c)				
f) = Calories utilisables dans le cas de distillation du bois sans séchage préalable. Coefficients d'utilisation: 0,80, 0,70, 0,60, 0,00				
g) = Perte due au séchage rapportée à 100 kg de bois à h = 10%				
h) = Perte due au séchage rapportée à 100 kg de bois à h = 30%, 35%, 40%, 45%.				

²⁵⁾ Avec du bois à h = 30% on peut disposer d'une puissance suffisante pour assurer le fonctionnement des moteurs nécessaires pour le service d'une station de distillation: ventilateurs, pompes, scies et déchiqueteuse à bois, etc.

²⁶⁾ Un four ERIM, installé à Terrenoire (Loire) fonctionne selon ce procédé.

²⁷⁾ Même avec du bois sec le point de rosée de la vapeur d'eau est supérieure à la température d'ébullition de l'alcool méthylique et peu inférieure à celle de l'acide acétique. Une partie de l'eau et de l'acide seront condensées sur les parois des tuyauteries, le liquide obtenu sera riche en acide.

²⁸⁾ L'évacuation du jus exige soit la proximité d'une rivière assez importante soit l'établissement d'un puits perdu. L'évacuation en phase vapeur exige l'installation d'une cheminée si l'on se trouve à proximité d'une agglomération.

tible²⁹⁾. Dans le cas du four ERIM on peut se demander s'il est avantageux d'utiliser pour le séchage les calories disponibles dans les gaz évacués et si la diminution du nombre de fours compense les frais d'installation du séchoir.

Bilan thermique du séchage. Le meilleur rendement sera obtenu avec un séchoir moderne avec circulation forcée d'air chaud et recyclage des gaz. On peut admettre un rendement global de 50 %, inclus le rendement de la combustion des gaz dans le foyer. Supposons que l'on ramène l'humidité du bois à 10 %³⁰⁾. On aura les bilans du tableau VI.

Le séchage entraîne donc une diminution des calories utilisables. Si h dépasse 35 % les gaz du four ne suffisent plus et il faut un appoint de chauffage pour le séchage. Cet appoint ne représente d'ailleurs que 6 à 7 % du P.C. du bois employé; or nous avons vu que dans le cas de distillation sans séchage préalable, il est difficile d'éviter la combustion d'un peu de charbon lorsqu'on se rapproche de la limite d'autochauffage. Pour h = 40 % nous avons évalué à 1/30^{ème}, soit 3 % la quantité de charbon ainsi brûlée (v. note 10). La différence de rendement entre les deux procédés est donc peu importante pour du bois très humide (40 à 45 %). Enfin, si le jus pyroigneux est distillé il faut évaporer l'eau qui n'aurait pas été éliminée par le séchage préalable; le rendement thermique des deux opérations ne diffère guère.

Frais d'installation et d'exploitation. L'emploi de bois sec permet de diminuer le nombre de fours installés, mais l'économie réalisée de ce chef est à peu près compensée par les frais d'installation du séchoir, il n'y a donc pas d'économie importante. Quant aux frais d'exploitation ils seront un peu plus élevés avec le séchage préalable du fait de la manutention supplémentaire du bois et de la dépense d'énergie électrique (ventilateur). Ces frais supplémentaires ne sont pas négligeables.

En résumé: le séchage préalable du bois est à conseiller dans les cas suivants: 1. Si l'on doit employer normalement du bois ayant plus de 42 % d'humidité. 2. Si le jus pyroigneux est distillé pour la récupération de l'acide acétique. 3. Si le four travaille sans condensation des vapeurs pyroigneuses; dans ce cas le séchage est nécessaire si l'humidité dépasse 25 %.

Dans les autres cas, l'emploi du four ERIM rend inutile le séchage préalable du bois.

Neue Bauten in Schrägrostbauweise

Von Ing. ERWIN MAIER, Schaffhausen

In einem früheren Band der «Schweiz. Bauzeitung» (Bd. 103, S. 193*, 1934) wurde über die Schrägrostbauweise berichtet. Sodann haben wir in Bd. 110, Seite 286* (1937) ein Beispiel einer Decke mit dem Seitenverhältnis 3 zu 4 durchgerechnet, und in jüngster Zeit eine Decke von fast genau den dort angegebenen Spannweiten ausgeführt, nämlich im Ausmass von 10,40 m x 14,24 m i.L. Die Balkenhöhe wurde allerdings zur Einsparung von Baustahl und entsprechend der grösseren Nutzlast von 700 kg/m² grösser gewählt (48 cm statt 35 cm). Es handelt sich um eine Decke im Versuchswalzwerk der Aluminiumwerke Neuhäusen A.-G. Als besonders günstig erwies sich die Konstruktion zur Aufnahme der Einzellasten aus der unten angehängten Laufkatze für eine Nutzlast von 1000 kg, bei deren Aufnahme praktisch die ganze Decke mitwirkt. Ausführung und Armierung entsprechen im übrigen der früher veröffentlichten Konstruktions-Zeichnung.

Neubau «WALCHE» der Tuchfabrik Schaffhausen A.-G.

Durch einen Abtausch zwischen dem alten, sehr hohen Fabrikgebäude der Tuchfabrik Schaffhausen A.-G. einerseits und der Liegenschaft «Haldenbau» der Stadt Schaffhausen andererseits, konnte der Stadt freie Hand für die Ausgestaltung des Rheinuferes gesichert und der Tuchfabrik Schaffhausen A.-G. ein Standort in der Nähe des Rheins erhalten bleiben, auf dessen weiches Wasser sie für ihren Betrieb angewiesen ist; zudem konnte

²⁹⁾ V. Klar «Technologie de la distillation du bois». Traduit de l'Allemand par A. Jouve. Chap. IX.

³⁰⁾ Le bois étant hygroscopique, il est inutile de sécher le bois à moins de 10-15%. D'ailleurs nous ne pensons pas qu'il y ait intérêt à distiller du bois trop sec aussi longtemps que l'on est obligé d'employer des matériaux de remplacement pour la construction des fours.

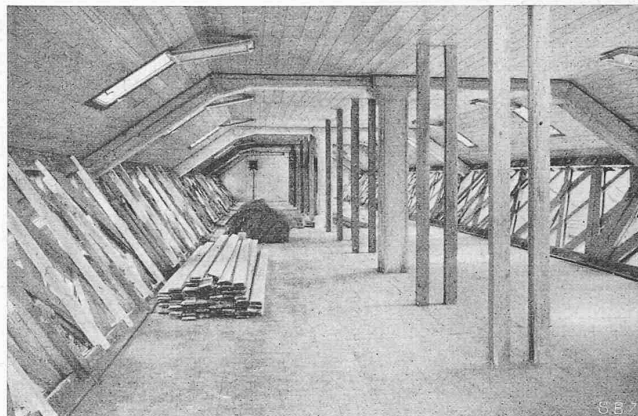


Abb. 9. Die «Galerie» im Dachstock des Neubaus Walche

durch die Zusammenfassung mit den bereits der Tuchfabrik gehörenden Liegenschaften «alte Walche» und der zugekauften «Schmiede» ein zusammenhängendes Fabrikgelände geschaffen werden. Die «alte Walche» wurde abgerissen und durch einen Neubau ersetzt, «Haldenbau» und «Schmiede» umgebaut und erneuert. Der Neubau hatte im wesentlichen Wäscherei, Walke, Appretur und die Weberei aufzunehmen, während der «Haldenbau» zur Hauptsache die Lagerräume, Spedition, Bureau, eine Wohnung und die Spinnerei, die «alte Schmiede» die Färberei, eine Werkstätte und das Kesselhaus aufzunehmen hatten (Abb. 1).

Für den Neubau kam eine Ausführung in Eisenbeton in erster Linie in Frage, einmal wegen der bestehenden Knappheit

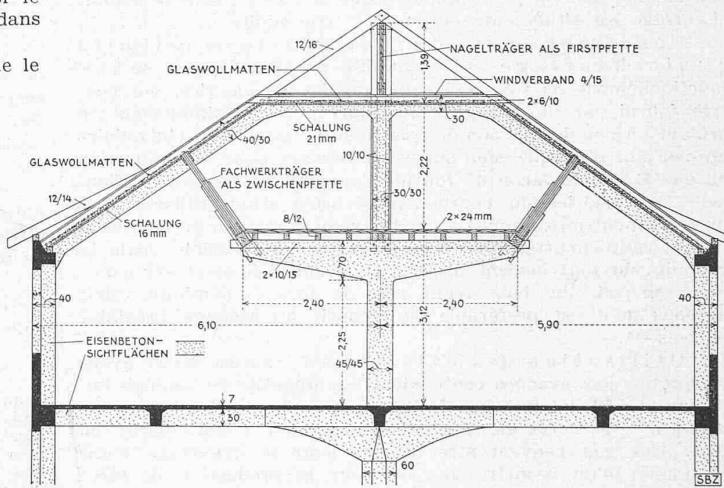


Abb. 8. Schnitt des Dachstocks und Dachstuhls. — Masstab 1 : 120

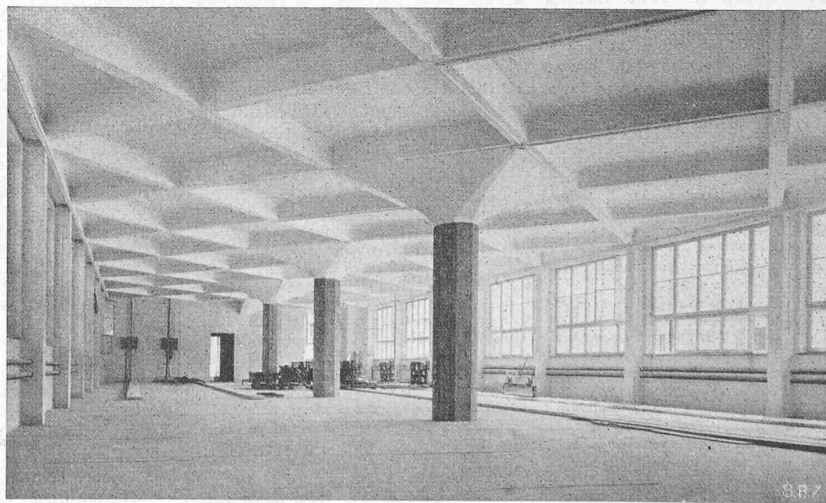


Abb. 7. Weberei-Saal im II. Stock des Neubaus Walche in Schaffhausen