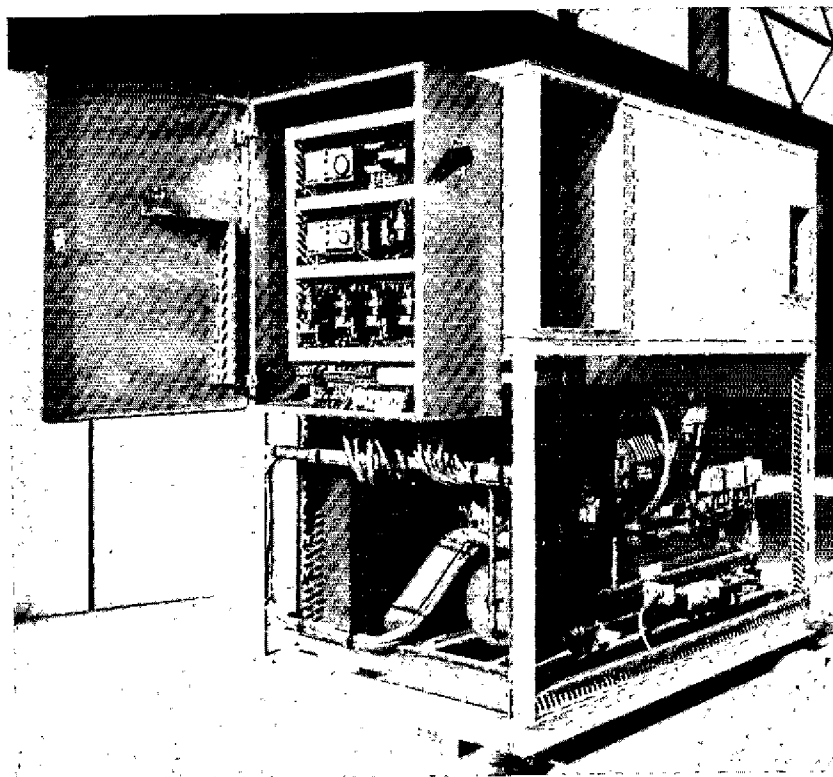


L'EMPLOI DES APPAREILS FRIGORIFIQUES POUR LE SÉCHAGE DES BOIS ⁽¹⁾

par A. VILLIÈRE

*Chef du Service des moyens communs de Recherches
et Essais au Centre Technique du Bois-*



Appareil SPOC

Photo Studio Baudoin.

SUMMARY

THE USE OF FRIGORIC APPARATUS FOR THE WOOD DRYING

The use of frigoric apparatus for the air dehumidification during the wood drying presents different problems which are reviewed. Particularly the air flows necessary for the drying are studied with their consequences on the quantity of frigorics to be delivered by the apparatus in different cases, by taking an exemple : drying of 30 mm thick Beech.

RESUMEN

EL EMPLEO DE APARATOS FRIGORÍFICOS PARA EL SECADO DE LA MADERA

El empleo de aparatos frigoríficos destinados a deshumidificar el aire durante el transcurso de secado de las maderas plantea problemas diversos, que son examinados sucesivamente. En particular, los caudales de aire que se precisan para el secado son considerados con sus repercusiones sobre la cantidad de frigorías que ha de proporcionar el aparato en ciertos casos de distinta especie, tomando un ejemplo concreto : secado de madera de haya de 30 mm de espesor.

(1) Texte d'une communication présentée au Congrès I. U. F. R. O., V-22 Septembre - 12 Octobre 1973, Le Cap, Pretoria.

INTRODUCTION

Depuis trois ans sont apparues en France des chambres fonctionnant à basse température (25-35 °C en moyenne) en utilisant un appareil frigorifique. C'est toujours le même air recyclé qui sert au séchage, l'appareil frigorifique permettant de déshumidifier et de réchauffer l'air sortant du bois, l'air passant successivement sur l'évaporateur et le condenseur de l'appareil. Cependant il est nécessaire, avant de mettre en route un tel appareil, de réchauffer préalablement tout le lot de bois à une température de 25-30 °C, ceci nécessitant un système de chauffage quelconque (vapeur, électricité, etc.).

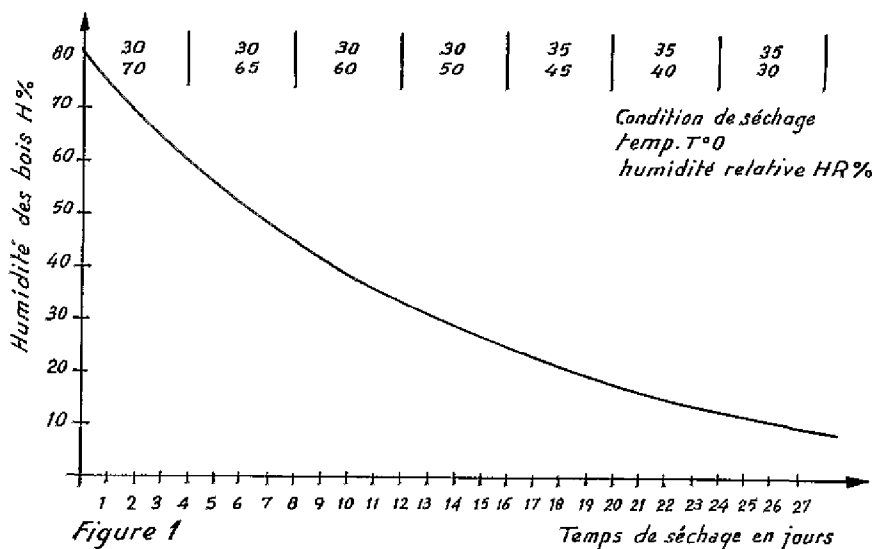
L'idée d'employer toujours le même air pour le séchage des bois et de le déshumidifier par une source froide est déjà très ancienne. En 1917, TIEMAN aux Etats Unis préconisait l'emploi d'une rampe d'eau vaporisée pour réaliser une telle opération. En France, il existe encore des séchoirs classiques dont l'air, dès sa sortie de pile, est déshumidifié en passant sur des tubes parcourus par de l'eau froide avant d'être recyclé et réchauffé. Ces systèmes, remarquons-le, permettent l'utilisation de températures normalement employées dans les séchoirs classiques, à savoir : 50 à 80 °C, alors qu'avec les appareils frigorifiques les températures employées sont forcément moins élevées et en conséquence la durée du séchage réalisé de cette

façon est toujours plus élevée que dans les séchoirs classiques.

L'apparition de ces chambres fonctionnant à basse température pose cependant un certain nombre de problèmes qui, pour le moment, ne semblent pas toujours être résolus d'une manière correcte, et nous passons en revue, ci-après, quelques-uns d'entre eux.

Pour faciliter une meilleure compréhension des problèmes qui se posent, nous prendrons un exemple concret. Nous supposons un lot de 30 m³ de Hêtre de 30 mm à sécher de 80 % à 8 % d'humidité et nous donnons, compte tenu de certains résultats que nous avons pu constater, dans la figure 1, la courbe de séchage moyenne pour cette essence (températures de 30 à 35 °C). La densité basale P_0/V_s du Hêtre étant de l'ordre de 0,55 (soit 550 kg de bois sec par mètre cube humide), la quantité de bois sec est de : $550 \times 30 = 16.500$ kg, et un pour cent du bois représente donc 165 kg.

Dans le tableau 1 sont indiquées quelques phases de l'opération de séchage avec des conditions de l'air à l'entrée dans le bois (température et humidité relative) correspondant, approximativement, à des conditions correctes de séchage ; les humidités d'équilibre des bois qui en découlent et, pour chaque période, les quantités d'eau à évacuer par jour et par heure correspondant au temps de séchage adopté sont également indiquées.



Courbe de séchage — Hêtre de 30 mm.

TABLEAU 1

| Période | Humidité des bois % | Conditions de l'air | | Humidité d'équilibre % | Pourcentage d'eau à évacuer par jour | Quantité d'eau à enlever par jour en kg | Quantité d'eau à enlever par heure en g |
|---------|------------------------|---------------------|----------|---------------------------|--------------------------------------|---|---|
| | | T °C | H R en % | | | | |
| 1 | 80-74 | 30 | 70 | 13 | 6 | 990 | 41.250 |
| 2 | 53-49 | 30 | 65 | 11,8 | 4 | 660 | 27.500 |
| 3 | 42,25-39 | 30 | 60 | 10,8 | 3,25 | 536 | 22.300 |
| 4 | 36-33 | 30 | 50 | 9 | 3 | 495 | 20.600 |
| 5 | 23-21 | 35 | 45 | 8 | 2 | 330 | 13.720 |
| 6 | 14,4-13,15 | 35 | 40 | 7,2 | 1,25 | 206 | 8.580 |
| 7 | 12-11 | 35 | 30 | 5,8 | 1 | 165 | 6.875 |
| 8 | 8,75-8 | 35 | 30 | 5,8 | 0,75 | 124 | 5.100 |

QUANTITÉ D'AIR NÉCESSAIRE ET SA CIRCULATION DANS LE BOIS

Il ne suffit pas seulement d'enlever une certaine quantité d'eau de l'air ; il faut également que les caractéristiques de l'air entrant dans le bois (température et humidité relative) soient telles que tout incident (fentes en particulier) soit évité, principalement pour les essences délicates à sécher telle, par exemple, le Chêne en France. Les caractéristiques de l'air mentionnées dans l'exemple ci-après sont déterminées d'ailleurs dans ce but ; mais, bien souvent, cette notion essentielle est perdue de vue.

Au début du séchage, quelle que soit la température, l'air doit avoir une humidité relative élevée ; en conséquence cet air ne peut absorber qu'une faible quantité d'eau avant d'être saturé, sa capacité d'évaporation étant toujours faible.

Compte tenu des conditions de l'air adoptées, nous donnons dans le tableau 2 les quantités d'eau que peut prendre 1 kg d'air au cours des différentes périodes du séchage, ce dernier se faisant à enthal-

TABLEAU 2

| Période | Conditions de l'air à l'entrée dans le bois | | | Conditions de l'air à la sortie du bois (approximativement) | | Quantité d'eau enlevée par kg d'air sec en g | Quantité d'eau en g à enlever du bois par heure (2) | Nombre de kg d'air sec nécessaire par heure | Nombre de m ³ d'air par heure |
|---------|---|------|-------|---|-------|--|---|---|--|
| | T °C | HR % | w (1) | HR % | w (1) | | | | |
| 1 | 30 | 70 | 18,8 | 95 | 20,5 | 1,7 | 41.250 | 24.260 | 21.400 |
| 2 | 30 | 65 | 17,5 | 90 | 19,1 | 1,6 | 27.500 | 17.180 | 15.170 |
| 3 | 30 | 60 | 16 | 80 | 17,4 | 1,4 | 22.300 | 16.000 | 14.000 |
| 4 | 30 | 50 | 13,4 | 70 | 15 | 1,6 | 20.600 | 12.870 | 11.300 |
| 5 | 35 | 45 | 16 | 60 | 17,3 | 1,5 | 13.720 | 9.160 | 8.170 |
| 6 | 35 | 40 | 14,2 | 60 | 16,1 | 1,9 | 8.580 | 4.500 | 4.000 |
| 7 | 35 | 30 | 10,5 | 50 | 12,8 | 2,3 | 6.875 | 3.000 | 2.660 |
| 8 | 35 | 30 | 10,5 | 50 | 12,8 | 2,3 | 5.100 | 2.220 | 2.000 |

(1) w : quantité d'eau en g par kg d'air sec.

(2) Voir tableau 1.

pie constante. Ces quantités correspondent, à la sortie de la pile de bois, à des humidités relatives de l'air variables suivant les cas et indiquées comme ordre de grandeur dans le tableau. Pratiquement il serait nécessaire que l'air à la sortie du bois n'ait pas une humidité relative de 100 % car les bois situés en bout de pile ne sécheraient pas. En outre, il pourrait se faire, particulièrement au début de l'opération, que l'air soit à 100 % à une température inférieure au point de rosée de l'air entrant dans le bois, de la vapeur d'eau se condensant. On pourrait ainsi obtenir, à la sortie de la pile, de l'air dont la quantité d'eau par kg d'air sec serait inférieure à celle contenue dans l'air à l'entrée de la pile et il faudrait alors non plus condenser de l'eau, mais réhumidifier l'air.

Pour ces diverses raisons, nous adopterons une humidité relative maximale de l'air à la sortie du bois, au début du séchage de 95 %, cette humidité relative diminuant peu à peu au cours de l'opération. En tenant compte des quantités d'eau à enlever données dans le tableau 1, nous avons calculé la quantité théorique d'air sec nécessaire et le volume d'air correspondant en m³ en nous basant sur le volume de l'air humide contenant 1 kg d'air sec à l'entrée de la pile et ce pour chaque période envisagée.

Durant les huit périodes envisagées on voit que le cube d'air par heure nécessaire varie dans la proportion de 10 à 1, passant de plus de 20.000 m³ au début du séchage à 2.000 m³ en fin d'opération (tableau n° 2). En pratique, on ne peut envisager de telles variations de débit d'air et un volume d'air horaire doit être adopté.

Il serait bon toutefois de considérer deux régimes ; ainsi dans l'exemple choisi :

— 15.000 m³/h au début de l'opération jusqu'à une humidité moyenne de 20-25 % (au départ les bois auront tendance à sécher moins vite que prévu), 5.000 m³/h de 25 % à la fin du séchage.

Cette solution, remarquons-le, devrait être également envisagée dans le séchage classique. Mais, dans le cas présent, ceci nous semblerait être une question primordiale, car la quantité d'eau condensée dépend des caractéristiques de l'air à l'entrée de l'évaporateur. Plus l'air est sec, plus les quantités de frigories sont importantes pour condenser 1 kg d'eau et en conséquence plus la dépense en électricité est élevée.

En dehors de la quantité d'air à fournir, une autre question également importante se pose pour obtenir un séchage aussi homogène que possible des bois. La meilleure solution serait celle utilisée dans les séchoirs à bois, à savoir : une ventilation forcée qui oblige l'air à passer entre toutes les planches.

Dans le cas des chambres à basse température le problème est le même que pour les séchoirs clas-

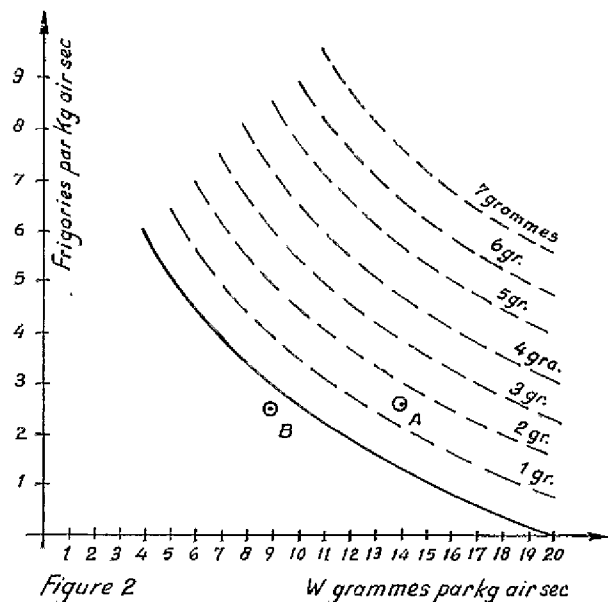


Figure 2
Quantité d'eau condensée en fonction de w et du nombre de frigories par kg d'air sec — Température de l'air : 25 °C

siques, à savoir : que le passage de l'air doit se faire correctement sur toute la hauteur de la pile et sur une largeur assez faible, ce qui revient donc à l'établissement d'un séchoir classique. Toutefois, dans ce cas, une vitesse moins élevée doit être envisagée du fait des conditions de l'air à l'entrée dans le bois plus dures que dans un séchoir normal. Il faudrait, à notre avis, une vitesse de l'air minimale de 0,30 à 0,50 m par seconde, tout au moins au début du séchage.

Il est évident que si, comme nous l'avons préconisé, on adopte deux régimes de débit d'air au cours de l'opération, la vitesse d'air en fin de séchage sera automatiquement diminuée. Ceci n'a d'ailleurs guère d'importance, car on sait que la vitesse d'air au cours de la dernière phase n'a aucune action directe sur la durée du séchage, seule l'homogénéité du séchage pourrait en souffrir, ce qui n'est généralement pas le cas, car, en fin d'opération, l'air entrant dans la pile est toujours relativement sec.

A noter que l'application d'une ventilation forcée de ce genre implique une disposition correcte des piles tout comme dans un séchoir classique et non un empilement en vrac et au hasard dans une chambre.

D'autre part si, pour la ventilation, des moteurs de plus faible puissance que ceux utilisés dans les séchoirs sont employés, ils consommeront certes moins, mais doivent fonctionner sur une plus longue durée. Leur consommation électrique vient donc s'ajouter à celle de l'appareil frigorifique.

Nous pensons qu'il est absolument obligatoire que tout l'air puisse passer correctement sur toutes

les planches, sans cela une partie de l'air ne sert à rien et surtout l'homogénéité du séchage ne peut être réalisée. En fin d'opération on peut trouver

ainsi de forts écarts dans l'humidité finale de tout le lot de bois, ce qui est évidemment à éviter sur le plan technique.

L'air humide sortant des piles de bois passe sur l'évaporateur de l'appareil frigorifique et la quantité d'eau qui peut être condensée dépend :

- de la puissance frigorifique de l'appareil et de son débit d'air,
- et pour un appareil déterminé, de la température de l'air à l'entrée de l'évaporateur et de la quantité w d'eau par kg d'air sec qu'il contient.

Une partie des frigories fournies sert en premier lieu à abaisser la température de l'air au point de rosée, et le surplus est utilisé à absorber la chaleur de condensation de l'eau. Suivant les caractéristiques de l'air entrant (T °C et w) une quantité d'eau bien déterminée est condensée pour la puissance frigorifique considérée. Tous ces calculs peuvent être faits à l'aide des graphiques d'air humide. Toutefois nous avons établi certains graphiques pour des températures de 25 et 30 °C qui sont des ordres de grandeurs courants des températures de l'air entrant dans l'évaporateur.

Nous donnons dans les figures 2 et 3 les quantités d'eau condensées en g par kg d'air sec, en fonction :

- de la température de l'air entrant dans l'évaporateur (fig. 2 : 25 °C, fig. 3 : 30 °C).
- du nombre de frigories de l'appareil par kg d'air sec circulant dans l'évaporateur, en ordonnée.
- de la quantité w en g par kg d'air sec à l'entrée de l'évaporateur, en abscisse.

La figure 4 donne les valeurs de w en fonction de la température T °C et de l'humidité relative HR % de l'air.

On se rend compte aisément que pour une puissance frigorifique déterminée, plus le nombre de frigories par kg d'air sec est élevé pour une valeur donnée de w , plus la condensation d'eau est grande et meilleur est le rendement de l'appareil.

Prenons un exemple en supposant un appareil de 30.000 frigories/heure

EAU CONDENSÉE

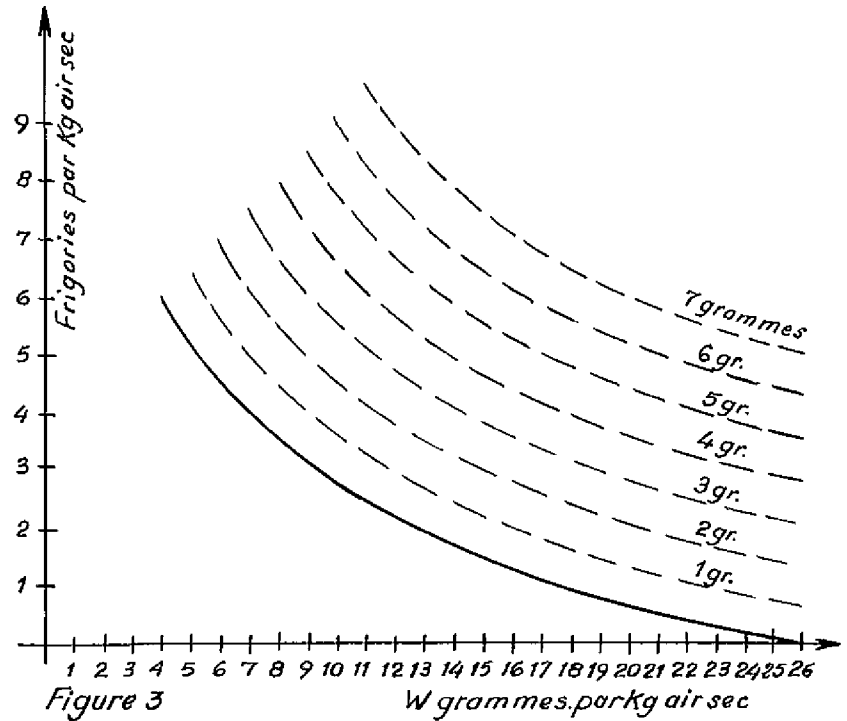


Figure 3
Quantité d'eau condensée en fonction de w et du nombre de frigories par kg d'air sec. Température de l'air : 30 °C.

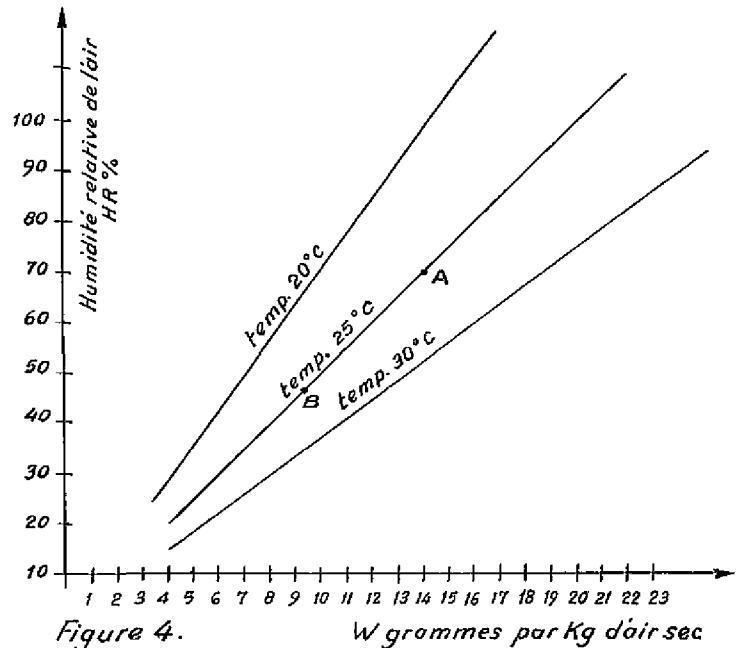


Figure 4.
Quantité de vapeur d'eau w en grammes par kg d'air sec, en fonction de la température T °C et de l'humidité relative HR %.

et possédant un ventilateur de 10.000 m³/h de débit pour le séchage, ce débit passant intégralement dans l'évaporateur.

L'air à l'entrée de l'évaporateur a les caractéristiques suivantes :

$$T = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$HR = 70 \%$$

On a :

$$w = 14 \text{ g/kg air sec (fig. 4, point A).}$$

Les 10.000 m³ d'air débités en une heure contiennent, d'après les graphiques d'air humide :

$$- 10.000 \times 1,157 = 11.570 \text{ kg d'air sec}$$

ce qui donne : $\frac{30.000}{11.570} = 2,6$ frigories/kg air sec.

Le graphique 2 ($T = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) donne, pour $w = 14$ et 2,6 frigories/kg d'air sec (fig. 2, point A), 1,2 g d'eau condensée par kg d'air sec.

L'appareil condense donc : $1,2 \times 11.570 = 13.900 \text{ g}$, soit 13,9 l d'eau par heure et la quantité de frigories par kg d'eau condensée sera donc :

$$\frac{30.000}{13,9} = 2.160 \text{ frigories/kg eau condensée.}$$

Remarquons que, dans les mêmes conditions, si l'air d'entrée dans l'évaporateur est plus sec, soit :

$$T = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$HR = 45 \%$$

on aurait $w = 9 \text{ g/kg air sec}$ (fig. 4, point B) et, d'après la figure 2, bien que l'appareil fonctionne normalement, on n'aurait aucune condensation d'eau.

Toutefois il faut remarquer que ceci est théorique, car en réalité il y aura toujours des filets d'air passant sur l'évaporateur qui tomberont à une tempé-

rature inférieure au point de rosée du fait des caractéristiques de l'air utilisé. Mais la condensation d'eau ne pourra être que très faible et non chiffrable (variable avec la vitesse de l'air, la forme des ailettes de l'évaporateur, etc.) et en conséquence le rendement sera toujours très mauvais lorsque l'air entrant dans l'évaporateur sera trop sec.

On peut donc cependant à l'aide de tels graphiques se rendre compte des conditions nécessaires à un fonctionnement correct puisque les quantités d'eau à condenser sont différentes au cours de l'opération et avoir un ordre de grandeur des quantités de frigories à fournir (et par suite de kw) pour condenser 1 kg d'eau, ce qui est important sur le plan économique.

Nous avons vu par l'exemple concret donné au début de ce rapport (30 m³ de Hêtre) que les quantités d'eau à évaporer du bois sont très variables au cours de l'opération et que, théoriquement, les mêmes quantités d'eau doivent être au fur et à mesure condensées de manière que l'air, entrant dans le bois, ait les conditions voulues : température et surtout humidité relative correspondant à une quantité w g d'eau par kg d'air sec bien déterminée.

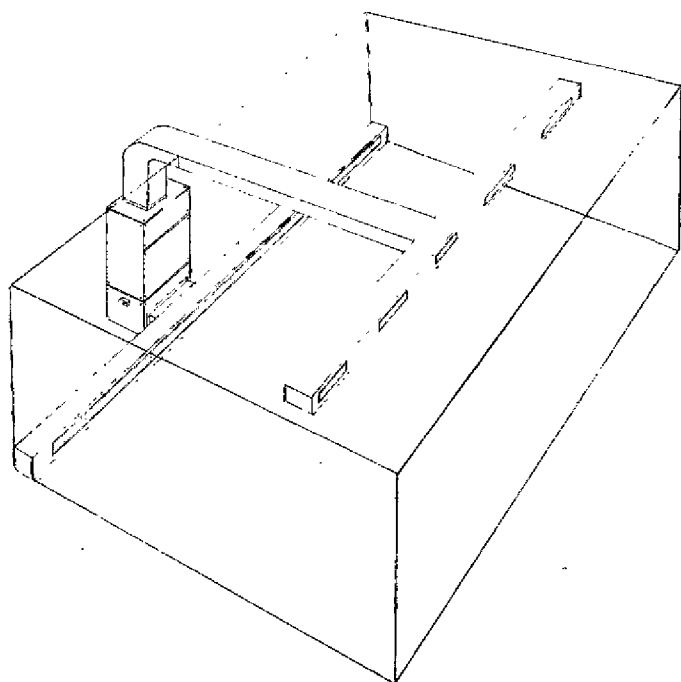
La quantité d'eau condensée doit donc être réglable et comme, en général, la puissance frigorifique de l'appareil est fixe, on doit faire appel à divers moyens : soit arrêter un certain temps le compresseur, soit diminuer la circulation de l'air, etc. Toutefois ce dernier moyen semble difficile à appliquer du fait que l'appareil, pour obtenir le meilleur rendement, est théoriquement calculé pour un débit d'air déterminé de façon que la vitesse de l'air soit la même sur la surface de contact de l'évaporateur.

Nous avons dit que la puissance frigorifique était fixe en général, ce qui n'est pas toujours le cas et des variations peuvent se produire du fait que la température du fluide réfrigérant dans le condenseur peut être variable, celle de l'évaporateur étant supposée fixe (température de 5 à 6 °C par exemple afin d'éviter le givrage). Plus la différence entre ces températures (évaporateur et condenseur) est élevée, plus la puissance frigorifique est faible.

Compte tenu des divers points évoqués ci-dessus parmi d'autres, on voit qu'un tel appareillage doit être très bien étudié afin d'obtenir le séchage correct d'un cube de bois déterminé. Ajoutons enfin que le cube de bois n'est pas le seul facteur à prendre en considération, mais qu'il faut également tenir compte de l'essence à sécher. En effet, pour des mêmes caractéristiques de l'air, certaines essences sèchent

Dispositif d'installation d'un appareil de séchage par déshumidification sous température contrôlée. L'appareil est situé en dehors de la cellule de séchage.

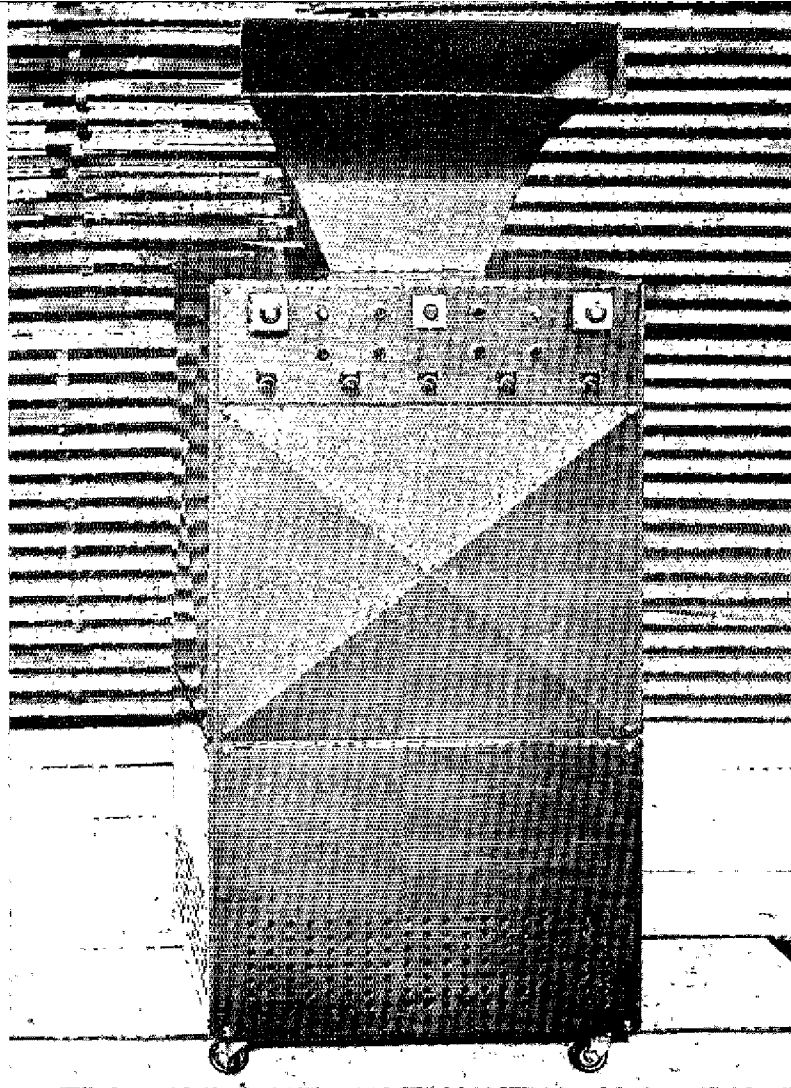
Document Semabois.



beaucoup plus vite que d'autres. Nous avons envisagé dans ce rapport un cube de bois de 30 m³ de Hêtre à sécher et nous avons vu (tableau 1) que la quantité d'eau à évacuer journellement était de 990 kg. Mais si on prenait le même cube de Pin, par exemple, il y aurait trois à quatre fois plus d'eau à évacuer journellement, ce qui conduirait à l'installation d'un appareil de puissance frigorifique quatre fois plus élevée.

Il y a donc, sans aucun doute, dans l'emploi de ce procédé une limite de volume de bois à sécher, compte tenu de l'essence. Nous pensons qu'il ne peut être intéressant, lorsqu'il s'agit de bois humides, que si l'on utilise des essences séchant relativement lentement quelle que soit leur épaisseur ou, à l'occasion, pour terminer le séchage (de 25-30 % à l'humidité finale désirée, par exemple) d'essences d'épaisseurs courantes séchant rapidement (résineux, Peuplier, etc.).

En résumé, l'application de ce procédé pose des problèmes assez complexes qui ne peuvent être, à notre avis, résolus sur un plan général, mais qui doivent être étudiés pour chaque cas particulier (cube à sécher, essence, etc.).



CONSOMMATION FRIGORIFIQUE ET CONDENSATION DE L'EAU

L'incidence économique intervient dans l'emploi des appareils frigorifiques du fait qu'ils ne fonctionnent qu'à l'électricité, énergie relativement coûteuse dans certains pays. Afin d'étudier ce problème et de voir les diverses solutions qui permettraient d'obtenir les meilleurs rendements, nous prendrons quelques variantes à partir de l'exemple concret donné précédemment.

Les frigories demandées au cours de l'opération de séchage d'un bois humide sont très élevées au début du séchage puis diminuent de plus en plus, comme les calories nécessaires au cours du séchage classique. Elles dépendent, d'une part, des caractéristiques de l'air humide après son passage dans le bois et, en conséquence, de la quantité w g d'eau contenue par kg d'air sec et, d'autre part, du débit d'air passant dans l'évaporateur. On peut se rendre compte plus aisément du coût de l'électricité à fournir en calculant, pour chaque période, le nombre de frigories nécessaires pour condenser un kg de vapeur d'eau.

A titre d'exemple, nous prendrons trois cas (voir tableau 1).

— Période 2 : Bois à une humidité moyenne de 50 %.

— Période 5 : Bois à une humidité moyenne de 20 %.

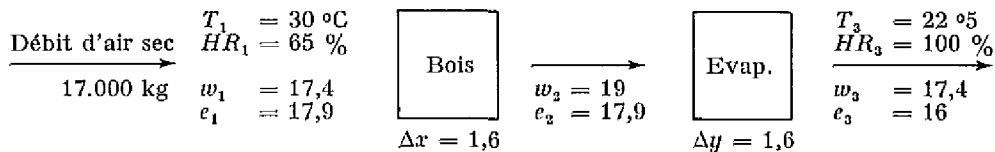
— Période 8 : Bois à une humidité moyenne de 8-9 %.

Nous détaillerons le premier cas et résumerons les deux autres dans des tableaux.

Période 2. — A cette période du séchage le débit d'air doit être assez important de manière à sécher le bois correctement compte tenu des caractéristiques de l'air entrant dans le bois ($T_1 = 30$ °C — $HR_1 = 65$ %). Nous prendrons un débit horaire de 15.000 m³, contenant donc 17.000 kg d'air sec et comme il y a 27.500 g d'eau à enlever par heure (tableau 1), chaque kg d'air sec se chargera en passant dans le bois de :

$$\frac{27.500}{17.000} = 1,6 \text{ g d'eau.}$$

Nous aurons donc le schéma ci-après en supposant que tout le débit d'air passe dans l'évaporateur.



L'air sortant de ce dernier doit contenir la même quantité d'eau w_3 par kg d'air sec que celui de l'air entrant dans le bois w_1 ($w_3 = w_1$). En effet, la quantité d'eau à condenser par heure doit, théoriquement, correspondre à la quantité d'eau enlevée au bois. En conséquence, la quantité d'eau Δx prise par kg d'air sec lors de son passage dans le bois (dans le cas présent : 1,6 g) est égale à la quantité d'eau Δy condensée sur l'évaporateur par kg d'air sec.

D'autre part, l'air qui sort de l'évaporateur est saturé ($HR = 100\%$) d'où la possibilité de calculer la température T_3 et l'enthalpie e_3 de cet air.

A l'aide des graphiques de l'air humide, on trouve donc :

$$T_3 = 22^{\circ}5$$

$$e_3 = 16 \text{ Kcal.}$$

En conséquence, pour chaque kg d'air sec, il faut fournir :

$$e_2 - e_3 = 17,9 - 16 = 1,9 \text{ frigorie}$$

pour condenser 1,6 g d'eau.

Frigories totales à fournir :

$$1,9 \times 17.000 = 32.300 \text{ frigories.}$$

Frigories par kg d'eau :

$$\frac{32.300}{27,5} = 1.175 \text{ frigories/kg eau.}$$

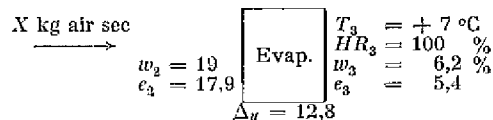
Nous avons supposé que tout l'air humide passe sur l'évaporateur, mais on peut envisager qu'une partie seulement y passe et que le restant est recyclé et mélangé avec celui sortant de l'évaporateur avant de passer sur le condenseur.

Nous aurons ainsi le schéma ci-après, si X est le nombre de kg d'air passant sur l'évaporateur (partie du débit total D kg air sec).

Remarquons qu'un tel procédé est utilisé normalement dans les séchoirs classiques, où la plus grande partie de l'air est recyclée.

Il reste à savoir quelle quantité X d'air donnerait le minimum de frigories à fournir. Plusieurs cas peuvent être envisagés.

1. — On se fixe une température déterminée T_3 à la sortie de l'évaporateur, par exemple, $+ 7\text{ }^{\circ}\text{C}$, on a ainsi le schéma ci-après.



$\Delta y = 19 - 6,2 = 12,8$ g d'eau/kg air sec et il y a 27.500 g d'eau à évacuer.

— Nombre de kg d'air sec $X = \frac{27.500}{12,8} = 2.150.$

— Frigories par kg d'air sec : $e_2 - e_3 = 17,9 - 5,4 = 12,5$ frigories.

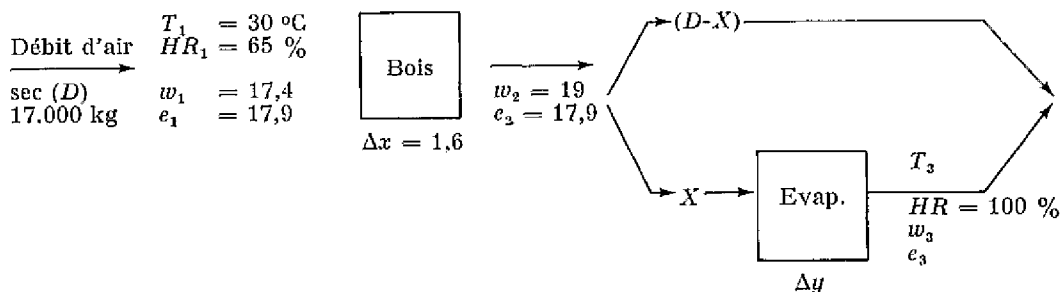
— Frigories totales : $12,5 \times 2.150 = 26.875.$

— Frigories par kg d'eau : $\frac{26.875}{27,5} = 975$ frigories/kg eau.

Nous voyons que, dans ce cas, on fait une économie de frigories de l'ordre de 15 % par rapport à celui où l'air passe dans l'évaporateur.

2. — On ne se fixe pas la température T_3 à la sortie de l'évaporateur et on fait passer une fraction X quelconque de l'air. Supposons que X soit la moitié du débit total, soit donc, dans ce cas, 8.500 kg et qu'il y ait toujours 27,5 kg d'eau à évacuer par heure.

$$\Delta y = \frac{27.500}{8.500} = 3,2, \text{ et}$$



$w_3 = w_2 - 3,2 = 19 - 3,2 = 15,8$ (schéma page 68) qui donne par les graphiques d'air humide ($HR_3 = 100\%$) :

$$\begin{aligned} T_3 &= 21,1 \\ e_3 &= 14,6 \end{aligned}$$

— Frigories totales : $3,3 \times 8.500 = 28.050$ frigories.

— Frigories par kg eau : $\frac{28.050}{27,5} = 1.020$ frigories.

On voit que, dans ce cas, l'économie est moins élevée que dans le cas précédent, mais est toutefois appréciable. Nous donnons dans le tableau 3 divers résultats en modifiant la valeur de X et l'on voit ainsi qu'il y a toujours intérêt à ne faire passer dans l'évaporateur qu'une fraction de débit d'air ; il y a évidemment une limite au-delà de laquelle la température devrait être très basse à la sortie de l'évaporateur nécessitant que le fluide réfrigérant soit au-dessous de 0°C .

Périodes 5 et 8 durant lesquelles les bois ont une humidité de l'ordre de 20 % et de 8-9 %.

Au cours de ces périodes, le bois n'est pas capable de sécher vite et en conséquence les quantités d'eau prises par chaque kg d'air sec sont relativement moins élevées qu'au début de l'opération et par suite le débit d'air nécessaire peut être diminué comme nous l'avons vu au tableau 1. Nous avons

pris dans ce cas un débit d'air de 5.000 m^3 au lieu des 15.000 m^3 du cas précédent. Toutefois, nous avons également envisagé le cas où le débit resterait constant durant toute l'opération (soit 15.000 m^3), afin de nous rendre compte de l'influence de ce débit sur le rendement de l'appareil.

Les calculs étant identiques aux précédents, nous avons résumé les résultats obtenus dans divers tableaux en prenant les mêmes références que dans les schémas précédents.

- - Tableau 4 : Période 5 (bois vers 21-22 %) - Air d'entrée dans le bois : $T = 35^\circ\text{C}$ - $HR = 45\%$.

— Tableau 5 : Période 8 (bois vers 8-9 %) - Air à l'entrée dans le bois : $T = 35^\circ\text{C}$ - $HR = 30\%$.

Dans ces deux cas, nous avons pris des débits horaires d'air de 5.000 et 15.000 m^3 .

On voit que le débit horaire qui doit être important au début de séchage doit, au contraire, être diminué en fin d'opération du fait de la capacité d'évaporation de l'air (variable avec T et HR) et de la difficulté qu'a le bois à évacuer son humidité en fin de séchage (particulièrement en dessous de 20 % d'humidité).

D'après les tableaux précédents, on peut constater, en effet, que si le débit total d'air passe sur l'évaporateur, la puissance frigorifique demandée à l'appareil est d'autant plus élevée que le débit d'air est important et ceci pour obtenir la même

TABLEAU 3

| Débit total de l'air D | | Cas divers | Bois Δ_x g | Evap. Δ_y g | Avant l'évaporateur | | Après l'évaporateur | | | | Frigories par kg air/sec $e_2 - e_3$ | Frigories totales $(e_2 - e_3) \times D$ ou X | Frigories par kg eau |
|------------------------|------------|--|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------|------------|---------------|---|--|----------------------|
| m^3 | kg air sec | | | | w_2 g | e_2 kcal | T_3 $^\circ\text{C}$ | HR % | w_3 g | e_3 kcal | | | |
| | | Débit total 17.000 kg | 1,6 | 1,6 | 19 | 17,9 | 22,5 | 100 | 17,4 | 16 | 1,9 | 32.300 | 1.175 |
| 15.000 | 17.000 | Sortie évap. à $+7^\circ\text{C}$ $X = 2.150\text{ kg}$ | 1,6 | 12,8 | 19 | 17,9 | 7 | 100 | 6,2 | 5,4 | 12,5 | 26.875 | 975 |
| 15.000 | 17.000 | $X = 9.000\text{ m}^3$ $= 10.215\text{ kg}$ | 1,6 | 2,7 | 19 | 17,9 | 21,5 | 100 | 16,3 | 15 | 2,9 | 29.620 | 1.075 |
| 15.000 | 17.000 | $X = 7.500\text{ m}^3$ $= 8.500\text{ kg}$ | 1,6 | 3,2 | 19 | 17,9 | 21,1 | 100 | 15,8 | 14,6 | 3,3 | 28.050 | 1.020 |
| 15.000 | 17.000 | $X = 6.000\text{ m}^3$ $= 6.810\text{ kg}$ | 1,6 | 4 | 19 | 17,9 | 20,3 | 100 | 15 | 13,95 | 3,95 | 26.900 | 978 |
| 15.000 | 17.000 | $X = 3.000\text{ m}^3$ $= 3.400\text{ kg}$ | 1,6 | 8,1 | 19 | 17,9 | 15 | 100 | 10,9 | 10,15 | 7,75 | 26.550 | 958 |
| 15.000 | 17.000 | $X = 2.000\text{ m}^3$ $= 2.270\text{ kg}$ | 1,6 | 12,1 | 19 | 17,9 | 8,4 | 100 | 6,9 | 6,15 | 11,75 | 26.670 | 970 |

TABLEAU 4

| Débit total de l'air D | | Cas divers | Bois Δ_r | Evap Δ_y | Avant l'évaporateur | | Après l'évaporateur | | | | Frigories par kg air sec $e_3 - e_2$ | Frigories totales $(e_2 - e_3) \times D$ ou X | Frigories par kg eau |
|------------------------|------------|--|-----------------|-----------------|---------------------|-------|---------------------|-----|-------|-------|--------------------------------------|---|----------------------|
| m ³ | kg air sec | | | | w_2 | e_2 | T_3 | HR | w_3 | e_3 | | | |
| | | g | g | g | kcal | °C | % | g | kcal | | | | |
| 5.000 | 5.600 | Débit total 5.600 kg | 2,45 | 2,45 | 18,25 | 18,2 | 21,1 | 100 | 15,8 | 14,65 | 3,55 | 19.880 | 1.448 |
| | | Sortie évap. à + 7 °C X = 1.140 kg | 2,45 | 12 | 18,25 | 18,2 | 7 | 100 | 6,2 | 5,4 | 12,8 | 14.590 | 1.063 |
| | | X = 1.000 m ³ = 1.120 kg | 2,45 | 12,25 | 18,25 | 18,2 | 6,3 | 100 | 6 | 5,2 | 13 | 14.560 | 1.061 |
| | | X = 2.500 m ³ = 2.800 kg | 2,45 | 4,9 | 18,25 | 18,2 | 18,2 | 100 | 13,35 | 12,4 | 5,8 | 16.240 | 1.183 |
| | | X = 3.000 m ³ = 3.360 kg | 2,45 | 4,05 | 18,25 | 18,2 | 19,1 | 100 | 14,2 | 13,25 | 4,95 | 16.630 | 1.122 |
| 15.000 | 16.800 | Débit total 16.880 kg | 0,8 | 0,8 | 16,6 | 18,2 | 21,1 | 100 | 15,8 | 14,65 | 3,55 | 59.640 | 4.346 |
| | | Sortie évap. à + 7 °C X = 1.320 kg | 0,8 | 10,4 | 16,6 | 18,2 | 7 | 100 | 6,2 | 5,4 | 12,8 | 16.900 | 1.230 |
| | | X = 2.000 m ³ = 2.240 kg | 0,8 | 6,1 | 16,6 | 18,2 | 14,4 | 100 | 10,5 | 9,8 | 8,4 | 18.815 | 1.371 |
| | | X = 3.000 m ³ = 3.360 kg | 0,8 | 4 | 16,6 | 18,2 | 17,25 | 100 | 12,6 | 11,8 | 6,4 | 21.500 | 1.566 |
| | | X = 7.500 m ³ = 8.400 kg | 0,8 | 1,6 | 16,6 | 18,2 | 20,3 | 100 | 15 | 14,05 | 4,15 | 34.860 | 2.540 |

durée de séchage jusqu'au taux final désiré. Nous résumons ci-dessous les puissances nécessaires.

| Humidité moyenne des bois | Débit horaire de 5.000 m ³ | Débit horaire de 15.000 m ³ |
|---------------------------|---------------------------------------|--|
| 20 % (tableau 4) | 19.880 frigories | 59.640 frigories |
| 9 % (tableau 5) | 28.430 frigories | 85.300 frigories |

Ceci est logique, car la puissance frigorifique est proportionnelle au débit d'air qu'il faut refroidir.

Enfin, on voit la nécessité de ne faire passer sur l'évaporateur qu'un cube d'air relativement réduit dans les deux cas. On remarque cependant que lorsque les bois sont humides (et ceci jusqu'à 20-25 %) il n'y a que très peu de différence de puissance frigorifique suivant le débit d'air passant sur l'évaporateur (tableau 3), mais il n'en est plus de même en fin de séchage (de 20-25 % jusqu'à la fin de l'opération) où, dans ce cas, il y a un avantage très net à limiter le cube d'air passant dans l'appareil.

Pour revenir à la quantité de frigories à fournir pour condenser 1 kg d'eau, il est donc indispensable, pour que l'opération soit rentable, de tenir compte des points soulevés ci-dessus et en conséquence il y a lieu de :

— d'une part, pouvoir modifier le débit d'air au cours de l'opération. Pour le cas concret pris au

départ, par exemple, 15.000 m³/heure du début du séchage jusqu'à ce que le bois atteigne 20-25 % d'humidité et 5.000 m³/heure pour la fin du séchage.

— d'autre part, faire passer le strict minimum d'air dans l'évaporateur : une limite inférieure ne devant cependant pas être dépassée afin d'obtenir à la sortie de l'évaporateur une température minimale de l'ordre de 5 °C pour éviter le givrage.

Il ne faut pas oublier que l'appareil frigorifique utilisé a, en principe, une puissance frigorifique bien déterminée qui doit être conciliable avec les besoins demandés. Dans le cas concret envisagé (séchage de 30 m³ de Hêtre de 30 mm), on voit qu'une puissance frigorifique maximale de l'ordre de 30.000 frigories est nécessaire jusqu'à 20-25 % d'humidité, tandis qu'en dessous de cette valeur une puissance de l'ordre de 15.000 frigories est suffisante.

On peut donc envisager diverses solutions, entre autres celles de deux appareils de 15.000 frigories, les deux appareils fonctionnant au départ de l'opération de séchage, un seul fonctionnant en fin de séchage.

Nous attirons l'attention sur le fait que l'estimation ci-dessus correspond à un exemple bien déterminé, mais que si l'on avait affaire au même

TABLEAU 5

| Débit total de l'air D | | Cas divers | Bois Δ_x g | Evap. Δ_y g | Avant l'évaporateur | | Après l'évaporateur | | | | Frigories par kg air sec e_2-e_3 | Frigories totales $(e_2-e_3) \times D$ ou X | Frigories par kg eau |
|------------------------|------------|--|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------|------------|---------------|------------------------------------|---|----------------------|
| m ³ | kg air sec | | | | w_2 g | e_2 kcal | T_3 °C | HR % | w_3 g | e_3 kcal | | | |
| 5.000 | 5.630 | Débit total 5.630 kg | 0,9 | 0,9 | 11,4 | 14,9 | 14,4 | 100 | 10,5 | 9,85 | 5,05 | 28.430 | 5.575 |
| | | Sortie évap. à + 7 °C $X = 975$ kg | 0,9 | 5,2 | 11,4 | 14,9 | 7 | 100 | 6,2 | 5,4 | 9,5 | 9.260 | 1.826 |
| | | $X = 1.000$ m ³ $= 1.125$ kg | 0,9 | 4,5 | 11,4 | 14,9 | 8,5 | 100 | 6,9 | 6,15 | 8,75 | 9.840 | 1.930 |
| | | $X = 2.500$ m ³ $= 2.815$ kg | 0,9 | 1,8 | 11,4 | 14,9 | 13,2 | 100 | 9,6 | 9 | 5,9 | 16.600 | 3.255 |
| | | $X = 3.000$ m ³ $= 3.375$ kg | 0,9 | 1,5 | 11,4 | 14,9 | 13,6 | 100 | 9,9 | 9,25 | 5,65 | 19.075 | 3.740 |
| 15.000 | 16.890 | Débit total 16.890 kg | 0,3 | 0,3 | 10,8 | 14,9 | 14,5 | 100 | 10,5 | 9,85 | 5,05 | 85.300 | 16.725 |
| | | Sortie évap. à + 7 °C $X = 1.100$ kg | 0,3 | 4,6 | 10,8 | 14,9 | 7 | 100 | 6,2 | 5,4 | 9,5 | 10.450 | 2.060 |
| | | $X = 2.000$ m ³ $= 2.250$ kg | 0,3 | 2,25 | 10,8 | 14,9 | 11,5 | 100 | 8,55 | 7,95 | 6,95 | 15.640 | 3.065 |
| | | $X = 7.500$ m ³ $= 8.440$ kg | 0,3 | 0,6 | 10,8 | 14,9 | 14 | 100 | 10,2 | 9,5 | 5,4 | 45.580 | 8.940 |

cube d'une autre essence (résineux, par exemple), la puissance frigorifique nécessaire serait à multiplier par trois ou quatre comme nous l'avons déjà fait remarquer.

En résumé, chaque installation doit être convenablement étudiée pour obtenir les meilleurs résultats, et ceci compte tenu :

a) Du cube de bois.

b) De l'essence et de l'épaisseur des bois.

On ne peut envisager, à notre avis, aucun appareillage unique de type bien déterminé qui puisse être satisfaisant, pour sécher correctement tous les bois, tant sur le plan technique que sur le plan économique.

RÉCHAUFFAGE DE L'AIR SUR LE CONDENSEUR ET SON CONDITIONNEMENT FINAL

L'air déshumidifié doit ensuite passer sur le condenseur pour être réchauffé. Le nombre de kilocalories nécessaires à ce réchauffage correspond pratiquement aux frigories fournies par la déshumidification. Or, on sait que le condenseur est susceptible de dégager une quantité de chaleur supérieure à celle du froid fourni par l'évaporation du fait de l'énergie du compresseur et de la chaleur de condensation de l'eau. A priori, donc, la demande en kilocalories devrait être satisfaite ; toutefois, si ceci est vrai sur le plan de la puissance calorifique totale, il n'en est pas toujours de même sur le plan

de la température à laquelle l'air doit être réchauffé. En effet, si la température du fluide réfrigérant est, par exemple, de 35 °C dans le condenseur, l'air passant sur ce dernier pourra être porté à 30 °C mais, évidemment, ne pourra l'être à 35 °C ou au-dessus. On sera donc, dans certains cas, obligé d'éliminer une certaine quantité de kilocalories du condenseur soit par un courant d'air, soit par un courant d'eau et d'envisager une résistance électrique supplémentaire pour réchauffer l'air à la température désirée ; tout dépend du débit horaire et de la quantité d'eau condensée. Il est à rappeler

que si l'appareil fournit un certain nombre de frigories déterminé entre $+ 5$ °C à l'évaporateur et $+ 35$ °C au condenseur, par exemple, cette puissance frigorifique diminuera si, l'évaporateur restant toujours à $+ 5$ °C, la température au condenseur s'élève à 40-45 °C ou plus. Il y a donc là un compromis à rechercher compte tenu des caractéristiques de l'appareil et des conditions nécessaires à une condensation d'un nombre déterminé de kilogrammes d'eau par heure. Le réglage de la température sèche de l'air déshumidifié devant à nouveau passer sur le bois ne doit poser, en principe, aucun problème. Par contre le réglage de son humi-

dité doit être bien fait particulièrement dans la première phase du séchage. La régulation de cette humidité sera différente selon que tout le débit d'air de la chambre passe sur l'évaporateur ou que seulement une fraction de ce débit est déshumidifiée, l'autre partie étant recyclée.

Il faudrait théoriquement qu'à tout moment, l'eau condensée par heure corresponde, aussi exactement que possible, à l'eau évacuée du bois durant le même temps, bien que, comme nous l'avons déjà fait remarquer, on constate en pratique qu'une certaine quantité d'eau retirée du bois disparaît autrement que par condensation.

CAS OU TOUT LE DÉBIT D'AIR PASSE SUR L'ÉVAPORATEUR

S'il en est ainsi et si un seul appareil est utilisé, l'air déshumidifié sortant de l'évaporateur doit contenir théoriquement la même quantité d'eau w par kg d'air sec que l'air entrant dans les piles de bois. L'air, dès sa sortie de l'évaporateur, étant à une humidité relative de 100 %, on connaît sa température, compte tenu de ses caractéristiques avant son passage dans le bois. Si, par exemple, l'air à ce point est à 30 °C - 65 %, $w = 17,4$ g/kg d'air sec et la température de l'air pour cette valeur de w et pour une humidité relative de 100 % correspond à 22 °5. Un simple thermostat réglé entre la fourchette 23-24 °C peut dans ce cas arrêter ou remettre en route le compresseur. On peut également envisager d'autres solutions, par exemple ne faire fonctionner le compresseur que par « à coups »,

c'est-à-dire pendant des temps déterminés relativement courts durant lesquels les variations de l'humidité de l'air ne seront pas nuisibles pour le bois, ou encore arrêter le compresseur si l'air n'a pas atteint une certaine humidité avant son entrée dans l'évaporateur, ou, enfin, établir une régulation sur la différence psychrométrique ($t_s - t_h$) de l'air de la chambre, la température pouvant alors être variable entre des limites assez larges (25 à 35 °C par exemple).

Dans le cas où plusieurs appareils sont utilisés, on a la possibilité de les faire fonctionner tous au début et de les arrêter un à un au fur et à mesure du séchage pour n'en avoir plus qu'un seul en marche, par exemple.

CAS OU SEULE UNE FRACTION DU DÉBIT TOTAL HORAIRE PASSE SUR L'ÉVAPORATEUR

Ce cas ne peut être envisagé que si un seul appareillage existe, la régulation de l'humidité de l'air est alors peut-être plus délicate. Cette dernière peut s'effectuer :

— soit en fixant la température de l'air à la sortie de l'évaporateur comme nous l'avons envisagé ($+ 7$ °C par exemple) et, dans ce cas, on doit faire entrer dans cet évaporateur une quantité d'air bien déterminée. On peut faire appel à un système de régulation semi-automatique, comme celui existant dans les séchoirs classiques, qui agirait pour régler la quantité d'air entrant dans l'évaporateur. Cette dernière est variable dans le temps et varie approximativement dans la proportion de 2 à 1 au cours du séchage (voir tableaux 3 et 5 : 2.150 kg d'air sec au début et environ 1.000 en fin d'opération). Nous ne pensons pas que cette solution engendre des difficultés pour le calcul de la surface de contact nécessaire à l'évaporateur ou

pour la fixation de la température du fluide réfrigérant dans ce dernier. Ce procédé, s'il nécessite l'installation d'une régulation spéciale, permettrait cependant de dépenser le minimum de frigories, donc de kw par kg d'eau évaporée. Remarquons que dans un tel cas, on a exactement un séchoir classique avec régulation semi-automatique (régulation des températures sèche et humide) dans lequel l'évaporateur serait placé dans la cheminée de sortie de l'air humide et le condenseur dans la cheminée d'entrée d'air. Ce séchoir fonctionnerait donc en circuit fermé :

— soit en faisant passer dans l'évaporateur une fraction constante bien déterminée du débit horaire d'air. Ceci doit permettre d'obtenir approximativement les résultats que l'on désire, mais nous pensons qu'il serait toutefois nécessaire d'envisager deux débits d'air différents au cours de l'opération.

CONCLUSIONS

L'emploi des appareils frigorifiques pour le séchage des bois pose un certain nombre de problèmes qui, dans certains cas, peuvent paraître contradictoires mais qu'il faut résoudre tant sur le plan technique que sur le plan économique.

1) Avant tout il est nécessaire que le débit d'air total à l'intérieur de la chambre (sans tenir aucun compte de l'appareil) soit suffisant de manière à pouvoir sécher le bois correctement dans un délai minimum. Lorsque les bois sont humides, l'air doit avoir des caractéristiques bien déterminées, particulièrement en humidité relative, afin d'éviter tout incident. L'air étant un mauvais agent « sécheur », sa capacité d'évaporation est en effet très faible (1 à 2 g au maximum par kg d'air sec), il faut un débit d'air important compte tenu de l'essence, de l'épaisseur et du cube de bois à sécher contenu dans la chambre.

En outre, il est indispensable que l'air puisse passer correctement dans toutes les piles si l'on désire une bonne homogénéité du séchage de tout le lot et peu de solutions absolument correctes existent à ce sujet, même dans les séchoirs classiques. Parmi les diverses possibilités, l'une des meilleures semble être utilisée dans les séchoirs classiques où l'air est obligé de passer dans le bois par ventilation forcée, ce qui nécessite l'emploi de ventilateurs hors de l'appareil frigorifique. Toutefois la vitesse d'air entre planches peut n'être pas aussi importante que dans les séchoirs ordinaires où la durée du séchage des bois est courte. Nous pensons qu'au début de l'opération, lorsque les bois sont humides, une vitesse d'air de l'ordre de 0,5 m/s serait suffisante jusqu'à une humidité du bois de l'ordre de 25 % et que pour la fin du séchage, un débit de l'ordre de 0,3 m/s conviendrait sans que l'on puisse craindre un manque d'homogénéité du séchage.

2) Sur le plan de la durée du séchage, de tels appareils ne permettant d'obtenir pratiquement que des températures maximales de 30 à 35 °C, la durée du séchage sera toujours plus élevée que dans les séchoirs classiques ; les frais d'amortissement de l'ensemble seront donc toujours répartis sur un cube annuel de bois moindre.

3) La chambre doit posséder une isolation et surtout une étanchéité correctes, bien qu'il semble que la question isolation joue là un rôle moins important que dans les séchoirs classiques puisque le condenseur permet une récupération de chaleur assez importante et que l'on doit quelquefois

éliminer une partie de cette chaleur soit par un courant d'air, soit par un courant d'eau.

4) L'appareil frigorifique lui-même doit posséder une ventilation séparée afin d'aspirer la quantité d'air humide nécessaire pour la déshumidification de l'air. Nous avons vu que le débit d'air de cet appareil doit être, autant que possible, réduit au minimum de manière à ce que seulement une fraction du débit d'air total de la chambre passe dans l'évaporateur. En ce qui concerne les frigorifiques à fournir par kg d'eau condensée qui ont une répercussion importante sur le prix de revient, on a vu (particulièrement en dessous d'une humidité du bois de l'ordre de 25 %) que le débit d'air doit être faible. On doit donc envisager soit plusieurs appareils marchant au début et qu'on arrête un à un au cours de l'opération, soit un seul appareil offrant la possibilité de régler l'air entrant sur l'évaporateur ; cette fraction de débit à introduire pouvant être réglable ou fixe le cas échéant.

5) D'une manière générale, pour obtenir les meilleurs résultats à un prix de revient intéressant, il est absolument indispensable, à notre avis, que l'appareil soit bien étudié en fonction :

- du cube de bois à sécher,
- de l'essence et de son épaisseur.

Nous pensons d'ailleurs que pour certaines essences très humides, susceptibles de sécher rapidement et nécessitant donc des condensations horaires d'eau importantes (résineux en général, Peuplier, etc.), il serait nécessaire d'avoir recours à un appareil de puissance frigorifique très importante qui ne serait sans doute pas toujours justifié. Ajoutons que pour ces essences, il faut toujours craindre le risque de « bleuissement » qui peut très facilement se produire aux basses températures adoptées. De tels appareils pourraient être sans doute envisagés pour la fin du séchage de ces essences, c'est-à-dire de 25 % à l'humidité finale désirée.

6) L'emploi de ces appareils peut être envisagé dans toutes les industries du bois, mais nous pensons qu'ils pourraient particulièrement donner satisfaction dans de petites industries où l'emploi de séchoirs classiques peut n'être pas conseillé.

7) De telles installations ne fonctionnent pratiquement qu'à l'électricité. Ceci pourrait donc faire penser, a priori, que leur emploi n'est guère justifié dans les industries du bois où, en général, il y a toujours des déchets dont il faut se débarrasser et

qui sont susceptibles de fournir de la chaleur à meilleur compte que l'électricité. Il faut se garder cependant de généraliser et tenir compte du fait que les appareillages frigorifiques évitent l'achat d'une chaudière et permettent la suppression de main-d'œuvre durant les jours non ouvrables ; ce sont là des avantages qu'il faut donc prendre en considération. Cependant, nous rappelons qu'il est nécessaire de réchauffer tout le lot de bois humide à une température de 25-30 °C avant de faire fonctionner l'appareil frigorifique. Le coût de ce réchauffage par le courant électrique nous paraît un peu élevé sauf si on le réalise avec du courant de nuit. Il serait sans doute souhaitable qu'il soit réalisé à l'aide d'un autre fluide chauffant moins onéreux.

8) Nous pensons que ces procédés doivent demander une surveillance et surtout une conduite

correcte de l'appareil, particulièrement pour les essences délicates à sécher (le Chêne par exemple). Ajoutons que pour certaines essences des tensions internes assez importantes peuvent se développer si l'opération est mal conduite, tout comme dans le séchage classique, avec tous leurs inconvénients sur la qualité des bois. Enfin, il nous semble que la période d'équilibrage nécessaire est assez difficile à réaliser, surtout si on veut sécher trop vite.

Des améliorations pour remédier à ces divers points seront sans doute à envisager pour obtenir toute satisfaction.

En définitive, de tels procédés de séchage du bois peuvent être intéressants dans de nombreux cas mais nous pensons que c'est à l'industriel seul de juger, suivant son cas particulier et ses besoins (durée, qualité, prix de revient) de l'intérêt qu'il peut avoir à les utiliser.

DE NOUVEAUX CAHIERS SCIENTIFIQUES

Dans la nouvelle série de compléments à la revue : « **Les Cahiers Scientifiques** », vient de paraître, sous le numéro 3, une importante étude de M. GUENEAU sur les « **Contraintes de croissance** ».

Ce sujet a déjà fait l'objet d'un article dans **Bois & Forêts des Tropiques**, mais dans le numéro 3 des Cahiers Scientifiques, le problème est étudié beaucoup plus en détail et sous un angle plus scientifique.

Les Cahiers Scientifiques déjà publiés concernent les sujets suivants :

N° 1. — « **Bioclimatologie et dynamique de l'eau dans une plantation d'Eucalyptus** », par Messieurs Y. BIROT et J. GALABERT.

N° 2. — « **Analyse en composantes principales des propriétés technologiques des bois malgaches** », par Messieurs F. CAILLIEZ et P. GUENEAU.

On peut se les procurer en en faisant la demande à :

BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES
45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle,
94130 NOGENT-SUR-MARNE — France.

Le prix de chaque numéro est de 15 F.