



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



05294



Distr. LIMITEE

ID/WG.151/12
4 juin 1973

Original: FRANCAIS

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Réunion technique sur le choix des machines
à utiliser pour le travail au bois

Vienne (Autriche), 19 - 23 novembre 1973

SELECTION D'EQUIPEMENT POUR LE SECHAGE DE BOIS

par

André Villiers
Professeur à l'Ecole Supérieure du Bois
Chef de Service des Recherches et Essais
au Centre Technique du Bois à Paris, France

1/ Les vues et opinions exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du Secrétariat de l'ONUDI. Ce document est reproduit tel quel.

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

1) But du séchage	1
2) Humidité finale	1
3) Conditionnement final des bois	2

PREMIERE PARTIE

SECHAGE DES BOIS MASSIFS

Procédés généraux de séchage des bois massifs	2
<u>CHAPITRE I - Séchage à l'air</u>	3
1 - Technique du séchage à l'air	3
2 - Durée moyenne du séchage à l'air	3
<u>CHAPITRE II - Procédés pour diminuer la durée du séchage à l'air</u>	
1 - Procédés divers	4
2 - Séchoirs à "basse température" (25 - 40° C)	5
a) Séchoirs de "ressuyage" (predryer)	5
b) Chambres spéciales avec déshumidificateurs frigorifiques	5
c) "Chambres chaudes"	6
<u>CHAPITRE III - Séchage artificiel classique par air chaud et humide (40 - 80° C)</u>	8
1 - Les séchoirs	10
a) Chambre ou case	10
b) Dispositifs de conditionnement d'air	10
i)	10
ii)	11
iii)	11
c) Appareils de contrôle de l'air	11

CHAPITRE IV - Types de séchoirs classiques (température 10 à 80° C)	12
1 - Séchoirs à case	12
a) à ventilation naturelle	12
b) avec ventilateurs :	12
1° - ventilateurs externes	12
2° - ventilateurs internes	12
2 - Séchoirs tunnels	14
a) tunnel type ancien	14
b) tunnel type nouveau	14
3 - Systèmes de régulation des séchoirs	17
a) régulation semi-automatique	17
b) régulation automatique complète	17
CHAPITRE V - Séchoirs spéciaux de type classique	18
1 - Séchoir à haute température (au-dessus de 100° C)	18
2 - Séchoirs par centrifugation	18
CHAPITRE VI - Procédés de séchage artificiel spéciaux	19
1 - Séchage par le vide	19
2 - Séchage par haute fréquence	21
3 - Séchages divers	23
4 - Séchage sous presse chauffante	23
CHAPITRE VII - Traitement préalable des bois avant séchage	24
1 - Deassevage	24
2 - Séchage chimique	25
CHAPITRE VIII - Questions générales sur les séchoirs	25
1 - Choix d'un séchoir	25
2 - Marche continue ou discontinue	26
3 - Durée du séchage	26

CHAPITRE IX - Questions économiques 28

1 - Séchage à l'air 28

2 - Séchage artificiel 29

 a) séchoir ou chambre 29

 b) frair de vapeur ou d'eau chaude 30

 c) électricité 30

3 - Etudes générales 31

o
o o
o

D U X I E M E P A R T I E

SÉCHAGE DES PLACAGES

CHAPITRE X - Placages tranchés ou déroulés de faible épaisseur 34
(inférieure à 10/10 mm)

1 - Séchage à l'air 34

2 - Séchage artificiel 34

 a) pour de faibles productions 35

 b) pour de fortes productions : 35

 - séchoirs à tambours perforés

 - séchoirs tunnels classiques

CHAPITRE XI - Placages déroulés 35
(épaisseur supérieure à 10/10 mm)

1 - Conditions générales d'emploi et d'améliorations à apporter 35

2 - Types de séchoirs tunnels 35

 a) Séchoirs à "feuilles" 40

 - séchoirs tunnels à circulation d'air parallèle au placage

 - séchoirs dits "à tuyères"

 b) Séchoirs pour séchage du ruban complet 42

 c) Types divers de séchoirs 42

 - séchoirs "à pulsations" 42

 - séchoirs par rayonnement infra-rouge 42

CHAPITRE XII - Questions économiques sur le séchage des placages 43

Bibliographie 44



I N T R O D U C T I O N

- 1 - **BUT DU SECHAGE** : Le bois après débitage, déroulage, tranchage, etc. est toujours très humide et doit être séché à une humidité finale bien déterminée dépendant de l'emploi auquel il est destiné, afin principalement de diminuer les inconvénients du phénomène du "jeu du bois" (retrait ou gonflement) lorsqu'il est mis en oeuvre. D'autres causes plus secondaires peuvent également imposer le séchage : questions de collage, de finition, etc.

- 2 - **HUMIDITE FINALE** : L'humidité à laquelle le bois doit être séché avant mise en oeuvre est variable suivant les cas. S'il s'agit de bois massifs (planches, madriers, etc.) destinés à être en contact avec l'air extérieur, un degré d'humidité de 12 à 20 % (bois dits "sec à l'air"), en moyenne 15 %, est suffisant. Toutefois, pour certains emplois particuliers (cas des charpentes lamellées collées), on préconise un taux moyen de 12 %, afin de réaliser des collages corrects (colle résorcine). Pour des bois destinés aux emplois à l'intérieur des habitations modernes (parquets, meubles, etc.), le degré d'humidité doit être nettement inférieur et se situer, en moyenne, à 8 - 10 % à cause de l'humidité relative de l'air très faible due au chauffage central ; il faut noter cependant que ces bois reprennent automatiquement de l'humidité lors de la période estivale. Par ailleurs, ces degrés d'humidité sont le garant de l'obtention de collages corrects avec les colles à base de résines synthétiques et de bonnes finitions, soit avec des peintures, soit avec des vernis.

S'il s'agit de placages, on doit distinguer, d'une part, les placages tranchés (bois d'essences précieuses) destinés à l'ébénisterie et, d'autre part, les placages déroulés le plus souvent utilisés pour la fabrication des contreplaqués. Dans le premier cas, les producteurs abaissent le taux d'humidité des placages tranchés à un taux dit "sec à l'air", l'utilisateur devant lui-même, par la suite, les amener à un degré d'humidité plus faible pour leur emploi correct. Dans le cas des usines de contreplaqués, le taux d'humidité moyen préconisé pour les placages employés est de l'ordre de 5 à 6 %, de manière à effectuer de bons collages avec les colles phénol formol.

3 - CONDITIONNEMENT FINAL DES BOIS : Les humidités finales que l'on désire obtenir sont diverses suivant leur emploi et dans de nombreux cas (menuiseries intérieures, meubles, placages, etc.), on doit faire appel au séchage artificiel puisque le séchage à l'air ne peut donner que des humidités finales de 12 à 20 % (variables suivant les saisons de l'année). C'est ainsi que la presque totalité des industries doivent posséder un séchoir. Mais les procédés classiques de séchage, tout au moins en ce qui concerne les bois massifs, ne permettent pas d'utiliser les bois sortant directement du séchoir, car l'humidité est en effet très inégalement répartie dans leur épaisseur. On doit donc les "conditionner", afin que l'humidité finale soit identique dans toute l'épaisseur des débits. Cette opération peut se réaliser de diverses manières et particulièrement dans le séchoir en fin d'opération lorsque l'humidité moyenne désirée est obtenue ; c'est la "période d'équilibrage".

Afin de conserver bien secs les bois une fois séchés et particulièrement ceux destinés à l'intérieur des habitations, il conviendrait de les stocker avant emploi, si possible dans des pièces climatisées ; il en est de même d'ailleurs pour les matériaux dérivés tels que les contreplaqués, panneaux de fibres et de particules.

P R E M I E R E P A R T I E

S E C H A G E D E S B O I S M A S S I F S

Procédés généraux de séchage des bois massifs :

Divers procédés existent actuellement pour sécher les bois massifs ; les deux les plus courants sont :

- le séchage à l'air
- le séchage artificiel

et, dans de nombreux cas, on a recours à la combinaison des deux procédés destinés, le premier à amener les bois à une humidité de l'ordre de 25-30 % et le second à terminer le séchage au taux final désiré. Dans ces deux procédés le fluide séchant est l'air dont les caractéristiques (température, humidité relative et vitesse) interviennent fortement. Dans le cas du séchage à l'air, on doit accepter les deux premières caractéristiques telles qu'elles se présentent dans la région envisagée et on ne peut donc agir que sur la circulation de l'air pour améliorer la durée de séchage ; par contre, le séchage artificiel permet

d'agir d'une manière efficace sur les trois caractéristiques de l'air.

D'autres procédés peuvent être utilisés pour des cas particuliers (vide, haute fréquence, etc.) .

CHAPITRE I

SECHAGE A L'AIR

Ce procédé très ancien est encore utilisé et permet d'obtenir des bois pratiquement sans tension interne, dont l'humidité est bien répartie dans l'épaisseur des bois, donc très facilement utilisable. Mais, malheureusement, l'humidité finale obtenue, relativement élevée, n'est pas toujours compatible avec l'emploi auquel le bois est destiné.

1 - TECHNIQUE DU SECHAGE A L'AIR : L'inconvénient majeur du séchage à l'air, malgré ses avantages certains sur le plan technique, réside dans sa longue durée. Mais cette dernière peut être réduite au strict minimum si l'on augmente la circulation de l'air dans les piles ; le séchage est ainsi rendu plus économique et, même, dans de nombreux cas, très rentable. Rappelons sommairement les points principaux de la technique du séchage à l'air qu'il convient d'appliquer pour obtenir de bons résultats.

- surélévation de la pile de 0,4 à 0,5 m au-dessus du sol
- épaisseur plus ou moins forte des baguettes suivant l'essence, la saison d'empilage, etc.
- création de cheminées à l'intérieur des piles pour certaines essences
- protection des piles contre les intempéries (soleil, pluie et neige).

2 - DUREE MOYENNE DU SECHAGE A L'AIR : Pour les bois d'épaisseurs courantes (30 à 40 mm), 6 à 8 mois suffisent en moyenne (un peu plus avec un empilage en hiver et un peu moins avec un empilage en été) pour amener les bois feuillus durs à un taux dit "sec à l'air" ; la moitié de ce temps suffit pour les résineux et les feuillus tendres. Même dans les pays tropicaux, tous les essais réalisés suivant les conditions précédemment énoncées, permettent d'amener les bois de ces pays de 40 à 50 mm d'épaisseur à un taux dit "sec à l'air", et ce à peu près dans les temps donnés ci-dessus, et même dans certains cas dans des temps moins élevés.

CHAPITRE II

PROCEDES POUR DIMINUER LA DUREE DE SECHAGE A L' AIR

1 - PROCEDES DIVERS : Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, au "séchage à l'air" seule l'augmentation de la circulation de l'air peut être envisagée pour réduire les temps de séchage, la température et l'humidité relative étant ce qu'elles sont. On a donc envisager d'augmenter cette circulation par des moyens divers. Signalons le système de "balançoires", de "marges tournants", l'emploi de ventilateurs de fort diamètre soufflant de l'air directement dans les piles de bois situées sur un chantier. Ces procédés peuvent donner satisfaction, à l'occasion, pour des essences reconnues faciles à sécher sans trop de fentes (résineux, etc.). Toutefois, les conditions locales limitent l'emploi de tels systèmes, particulièrement lors des périodes estivales où l'air peut devenir trop sec et provoquer des fentes. Par ailleurs l'incidence financière est à considérer, car ces derniers systèmes nécessitent des moteurs, donc consomment du courant électrique.

On a également essayé d'adjoindre un chauffage léger supplémentaire, de manière à obtenir toujours, même l'hiver, les conditions estivales ; on constate dès lors une diminution des durées de séchage en utilisant des humidostats pour arrêter la ventilation lorsque l'air descend à un taux d'humidité trop bas. Mais ces essais n'ont été entrepris également que sur des essences faciles à sécher et le Chêne, par exemple, ne pourrait supporter sans dégâts un tel séchage.

Comme, en général, dans ces procédés l'air légèrement chauffé et pulsé dans le bois était rejeté complètement, on a eu l'idée de le récupérer pour le recycler et l'on est ainsi arrivé à réaliser des séchoirs sommaires de type classique fonctionnant à "basse température" (25 - 30° C) appelés "séchoirs de ressuyage" (predryers) apparus depuis déjà plus de quinze ans en Australie.

Dans certains pays et en particulier dans les pays tropicaux se sont développés plus récemment des séchoirs de ce genre où le chauffage est réalisé par les rayons solaires ; ce sont les "séchoirs solaires", dans lesquels la température peut s'élever très facilement de plusieurs dizaines de degrés sans source supplémentaire de chaleur. Il est probable que dans plusieurs pays, et toujours pour des bois faciles à sécher, ces systèmes

pourraient donner satisfaction, avec toutefois certaines difficultés pour obtenir un réglage correct des conditions de l'air.

2 - SÉCHOIRS A "BASSE TEMPÉRATURE" (25 - 40° C)

Nous parlerons ici de ces nouveaux procédés (bien que normalement on eût dû les mentionner au chapitre "séchage artificiel"), car ils ont pour but très souvent de "ressuyer" les bois, c'est-à-dire : d'amener les bois humides à une humidité finale de 20 à 25 %. Ils peuvent donc être plutôt considérés comme une "amélioration du séchage à l'air" que comme des procédés de séchage classique. Il faut cependant reconnaître que la distinction entre ces procédés dits "à basse température" et le séchage artificiel classique est un peu aléatoire, d'autant plus que ces procédés nouveaux de séchage "à basse température" sont apparus ces dernières années qui permettent, dans certains cas, d'amener les bois à un taux d'humidité relativement bas.

a) Séchoirs de ressuyage (prédrier) : Ce sont des séchoirs dont la case est soi-disant sommaire et qui en fait sont des séchoirs de type classique, avec des batteries de chauffe, une forte ventilation (2 à 3 m/seconde entre planches), généralement sans appareillage d'humidification et fonctionnant à des températures de l'ordre de 25 à 35 °C. Le cas type est le "predryer australien" destiné à remplacer le séchage à l'air et descendre l'humidité à 20 - 25 %, le séchage ultérieur étant réalisé dans des séchoirs classiques.

Nous ne voyons pas de très grosses différences entre un tel séchoir et un séchoir classique, car la case, à notre avis, doit être aussi bien calorifugée dans les deux cas.

Les temps de séchage obtenus sont évidemment fort réduits par rapport au séchage à l'air (16 jours, par exemple, pour amener du Pin sylvestre de 50 mm très humide à 20 - 25 %, au lieu de trois mois à l'air, avec empilage en hiver d'après des essais anglais).

b) Chambres spéciales avec déshumidificateurs frigorifiques : Ces procédés, apparus il y a quelques années, commencent à se développer. Divers types (italien, anglais et français) existent actuellement sur le marché européen. L'air est déshumidifié en passant sur l'évaporateur d'un appareil frigorifique (l'eau sortant des bois est ainsi récoltée)

et ensuite réchauffé par le condenseur de l'appareil, grâce à la chaleur fournie, d'une part, par le compresseur, d'autre part, par la condensation de l'eau (figure 1). En général, il n'existe ni ventilation dans la chambre ni batterie de chauffe, le ventilateur de faible débit étant incorporé dans l'appareil frigorifique. Avant la mise en marche du déshumidificateur, le bois doit être chauffé à 25 - 30 ° C par un moyen quelconque (vapeur, électricité). La température dans certains types est maintenue vers 25° C, dans d'autres, le cas échéant, elle peut s'élever jusqu'à 35 - 40° C.

Certains types d'appareils sont mobiles et peuvent être installés dans un séchoir normal. D'autres comportent une chambre pouvant contenir un cube variable de bois (10 à 75 m³, en général) et l'appareillage est dans ce cas établi en fonction du cube de bois à sécher. Les bois peuvent être séchés comme dans un séchoir classique (lot complet), mais on peut également, sous certaines conditions, sortir des bois secs de temps en temps et rentrer des bois humides. On pourrait également sécher à la fois plusieurs ^{essences} /et plusieurs épaisseurs, mais ce n'est pas là une solution à préconiser, à notre avis. Les temps de séchage sont relativement faibles, du même ordre de grandeur que ceux obtenus dans les séchoirs de ressuyage et le séchage s'effectue avec le minimum d'incidents (collapse, fentes, etc.).

Une difficulté, encore non résolue à notre avis, réside dans la circulation de l'air dans les piles de bois qui n'est pas très facile à régler ; ceci peut être l'origine, en fin de séchage, d'une assez grande hétérogénéité de l'humidité finale des bois.

Comme ces appareils ne consomment que de l'électricité, il nous semble que ces procédés sont surtout intéressants, sur le plan économique, pour sécher des bois humides jusqu'à environ 20 % ; car pour une humidité inférieure, la dépense en kilowatts par kilogramme d'eau à évaporer nous paraît excessive .

- c) Chambres chaudes : Apparues ces dernières années, ces chambres dans lesquelles les bois sont empilés sont de divers types, dont en particulier le type de "chambres hollandaises" qui se sont développées depuis une dizaine d'années en Hollande et que l'on commence à envisager en France.

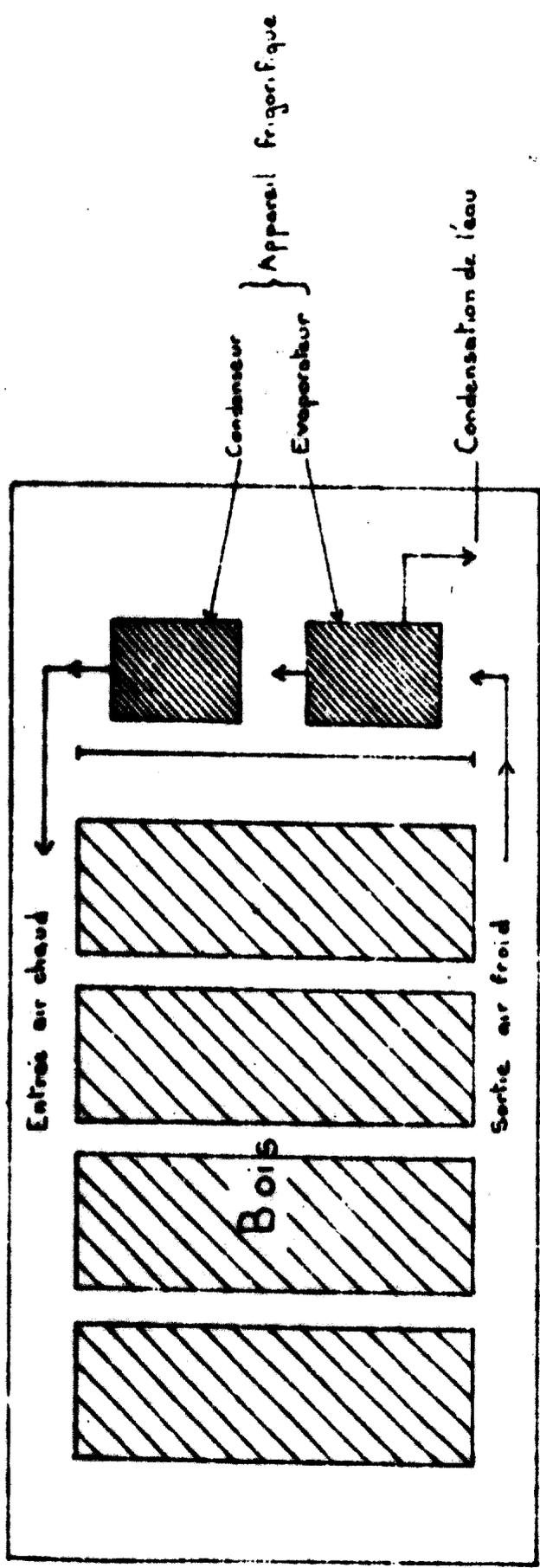


Figure 1

Chambre à busse température par déshumidification
et chauffage par appareillage frigorifique (Coupe longitudinale)

La chambre doit être étanche et bien calorifugée pour obtenir les meilleurs résultats. Un chauffage par batterie de chauffe alimentée par de l'eau chaude à 90° est assuré le long de toutes les parois, à leur partie inférieure. Une ouverture de faible hauteur située à la partie inférieure, sur une seule des parois, permet à la fois la sortie de l'air humide et l'entrée d'air sec extérieur (figure 2).

Un régulateur agissant sur la circulation d'eau chaude permet de faire régner à la partie supérieure de la chambre un air climatisé à des conditions de température et d'humidité de l'air bien déterminées (température variable de 35 à 40°C). La circulation de l'air est naturelle et se fait comme dans le séchage à l'air, de haut en bas; l'air humide et froid s'accumule donc à la partie inférieure des piles qui doivent être surélevées à 50 cm au-dessus du sol. La circulation de l'air étant dans ce cas très lente et naturelle, le manque d'homogénéité en fin d'opération est moindre que dans le cas précédent. Ces chambres sont intéressantes soit pour ressuyer des bois humides, soit plus particulièrement pour sécher des prédébits (fabriques de meubles, par exemple) et les amener de 25 - 30 % à 8 - 10%. Dans ce dernier cas, et c'est un point très important à souligner, on peut mélanger diverses essences et différentes épaisseurs, sortir des bois secs et en entrer des humides à tout moment. La durée du séchage est plus élevée que dans les systèmes précédents, du fait de la faible circulation de l'air (quatre à cinq semaines en moyenne).

Tous ces systèmes à "basse température" et en particulier ces chambres chaudes peuvent être destinées à des industries moyennes ayant un cube de bois relativement faible à sécher mensuellement, de plusieurs essences et de diverses épaisseurs où l'emploi d'un séchoir classique n'est pas à préconiser, c'est le cas, par exemple, de fabricants de meubles ayant un besoin mensuel de 30 à 50 m³ de bois composés de diverses essences (bois de zones tempérées ou tropicales) et de plusieurs épaisseurs (de 25 à 60 mm).

CHAPITRE III

SECHAGE ARTIFICIEL CLASSIQUE PAR AIR CHAUD ET HUMIDE (40-80°)

Le séchage artificiel est de beaucoup le plus employé dans les industries ayant besoin d'un important cube journalier de bois à des humidités de 8 à 12 %

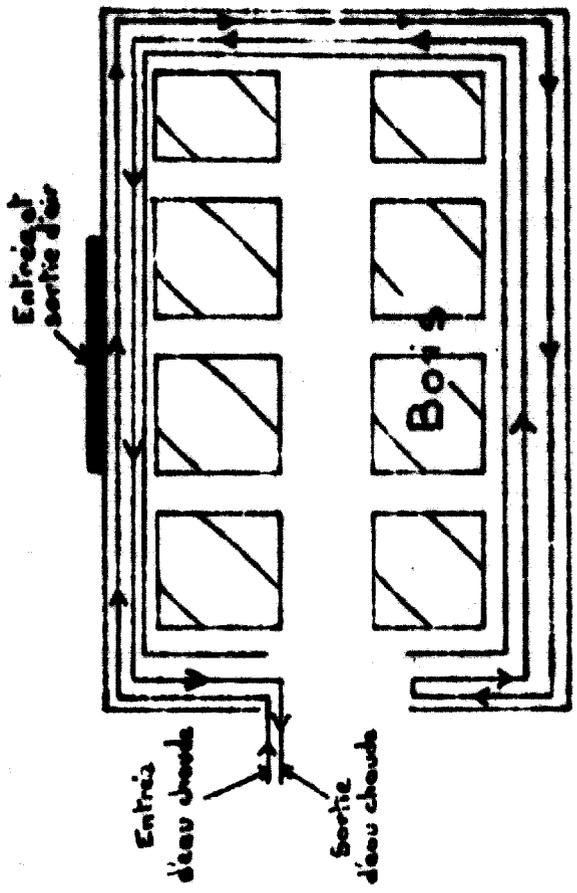
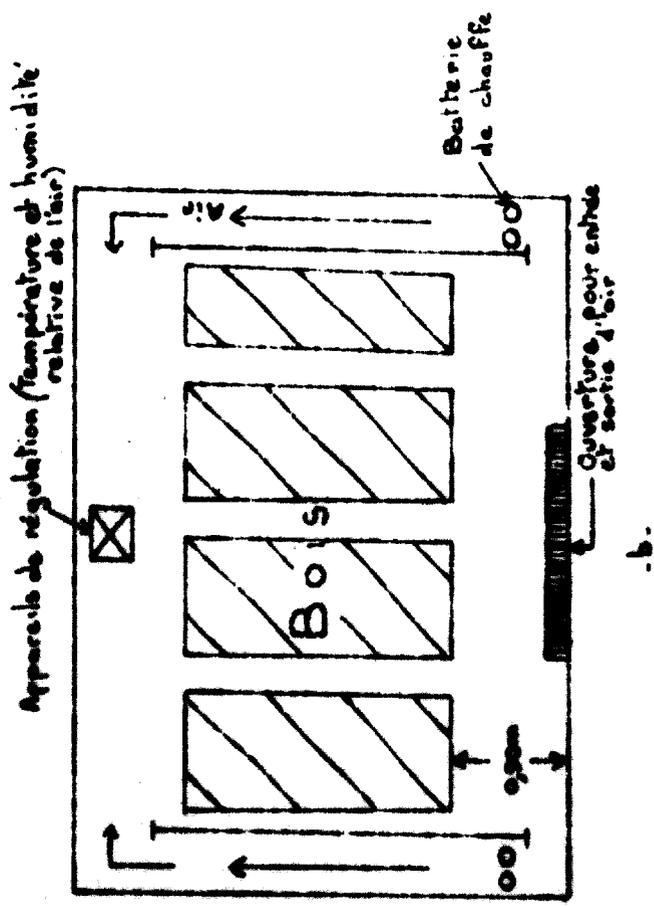


Figure 2
Chambre chaude type "hollandaise"

- .a. Vue en plan
- .b. Coupe longitudinale

qui
ir
culiere
es

bles
mées

yant

(cas de grandes industries de meubles par exemple demandant 10, 15 m³ de bois par jour) ou de bois de 12 à 16 % (cas des industries de menuiseries extérieures ayant des besoins journaliers de 25 à 30 m³). Toutefois, dans ce dernier cas où l'humidité finale est plus élevée, certains types de séchoirs ou chambres chaudes à "basse température" (25 à 40°C) peuvent également être envisagés. Dans beaucoup des cas, particulièrement pour les bois feuillus et bon nombre de bois tropicaux, le séchage artificiel est combiné au séchage à l'air. Il permet des durées de séchage réduites, quelle que soit l'humidité finale désirée et est nécessaire dans de nombreuses industries du bois.

1 - LES SECHOIRS: Ils comportent trois parties :

- a) Chambres ou cases: Son étanchéité et surtout son isolation thermique doivent être très bien étudiées pour éviter les déperditions de chaleur qui provoquent des inconvénients techniques (difficulté de maintenir une humidité relative à des températures élevées) et des dépenses importantes de combustibles; ces précautions ne sont pas toujours prises, car les séchoirs maçonnés sont souvent réalisés par les industriels. Il serait désirable que l'isolation soit bien étudiée et que l'emploi de pare vapeur (aluminium) soit envisagé pour limiter la réhumidification des parois. L'apparition sur le marché ces dernières années de séchoirs préfabriqués métalliques est, à notre avis, une excellente solution qui engage la responsabilité complète du constructeur.

Enfin, il est regrettable qu'on ne puisse pas facilement entrer, par une porte de visite, dans la plupart des séchoirs, afin d'effectuer correctement la "Période d'équilibrage" en fin d'opération de séchage; en effet, celle-ci pour être réalisée convenablement demande que l'on suive l'évolution de l'humidité de plusieurs planches disposées en divers endroits sur la longueur du séchoir.

b) Dispositifs de conditionnement d'air

- i) Batteries de chauffe: Les besoins calorifiques au cours du séchage de bois humides varient souvent de 10 à 1 depuis le début jusqu'à la fin de l'opération. En conséquence, il serait désirable que ces batteries soient facilement réglables, ce qui n'est pas toujours le cas. Les systèmes anciens de batteries "en parallèle" pouvant être arrêtés séparément seraient évidemment plus coûteux, mais permettraient sans aucun doute un meilleur réglage. Nous attirons également l'attention sur

le fait qu'un séchoir devrait, inévitablement, pouvoir sécher toutes les essences. Or, dans un séchoir où l'on peut mettre, par exemple, soit du Chêne, soit au fin du même épaisseur, on doit pratiquement évacuer la même quantité d'eau; mais, dans le premier cas l'opération dure deux à trois semaines, tandis que dans le second elle ne dure que trois ou quatre jours.

ii) Humidification: en général, c'est la vapeur basse pression qui est utilisée, sans difficulté. Signalons que les registres des cheminées devraient être très étanches, ce qui n'est pas toujours le cas. Il existe toutefois des séchoirs complètement étanches, sans cheminée où l'air est déshumidifié en passant sur des tubes parcourus par de l'eau froide.

iii) Ventilation: généralement la ventilation est bien assurée et elle est la seule variable qui distingue un séchoir d'un autre; que les ventilateurs soient placés en haut, dans les parois, etc. le principe est le même et l'on peut dire que pratiquement tous les types commerciaux se ressemblent. Le seul problème important non résolu (et très difficile à résoudre, car il ne dépend pas uniquement du constructeur) consiste à obtenir une répartition égale de l'air sur la hauteur de la pile. Nous attirons l'attention sur la distance que l'air a à parcourir dans la traversée d'une pile de bois humide; cette distance doit être limitée si l'on veut obtenir un séchage homogène et éviter des incidents pour le séchage de certains bois (le Chêne, en particulier).

La vitesse de l'air entre planches ne doit pas être trop faible, mais actuellement on limite les vitesses à 1 m) à 2m/seconde pour des questions non d'ordre technique, mais d'ordre économique (consommation accrue des moteurs pour des fortes vitesses). Nous devons également mentionner qu'il serait sans doute désirable de pouvoir faire varier la vitesse au cours d'une même opération; en effet, dès que les bois ont atteint une humidité de 20 à 25 %, la vitesse de l'air n'a pratiquement plus aucune influence sur la durée du séchage; elle en conserve cependant une sur l'homogénéité de séchage des piles.

Enfin la réversibilité du sens de circulation de l'air rencontrée dans certains séchoirs n'est pas une nécessité, sauf dans le cas où le parcours dans le bois est relativement long ce qui, à notre avis, est plutôt à éviter.

Appareils de contrôle de l'air: les psychromètres, la plupart du temps composés de thermomètres à "tension de vapeur", donnent, en général, satisfaction, mais il est bon de rappeler qu'ils doivent être situés à l'entrée de l'air dans la pile; les tables de séchage donnant les directives pour la conduite de l'opération sont établies en effet en fonction des conditions à l'entrée et non à la sortie de la pile.

Il serait souhaitable que tous les séchoirs soient munis de psychromètres enregistreurs, ce qui faciliterait grandement leur surveillance et qu'en outre, les cadrans soient placés en face des vanes de réglage (chaleur et humidification), lorsque la conduite du séchoir est manuelle.

CHAPITRE IV

TYPES DE SECHOIRS CLASSIQUES

1 - SECHOIRS A CASE: Ils se différencient suivant le procédé de ventilation.

a) Ventilation naturelle: La circulation de l'air est basée sur les changements de densité de l'air suivant sa température. Un certain nombre de ces séchoirs existent encore actuellement, mais ils tendent à disparaître bien qu'ils puissent encore donner satisfaction, en particulier pour terminer le séchage des bois feuillus et tropicaux de toutes épaisseurs, de 25 - 30 % à l'humidité finale désirée.

b) Avec ventilateurs: Suivant l'emplacement du ou des ventilateurs, on distingue:

i) les séchoirs à ventilateurs dits "externes" où tous les dispositifs de conditionnement de l'air sont placés en dehors de la case. Ce sont les plus anciens, mais il en existe toujours bien qu'ils ne permettent pas toujours d'obtenir une bonne répartition de l'air sur la longueur et la hauteur de séchoir.

ii) les séchoirs à ventilateurs dits "internes" où tous les dispositifs de conditionnement de l'air sont placés dans la case elle-même. Ce sont les plus répandus et l'on trouve actuellement divers modèles tous basés sur le même principe, à savoir que l'air est soufflé à forte vitesse dans la largeur de la pile de bois. La différence entre les divers types commerciaux provient uniquement de l'emplacement des ventilateurs (en haut ou en bas de la case, au milieu, dans les parois, etc.) et de leurs dimensions.

La figure 3 donne quelques schémas de divers genres de séchoirs à ventilateurs internes, bien qu'il en existe beaucoup d'autres actuellement, le type indiqué à la partie supérieure de la figure et déjà très ancien donne toujours satisfaction.

Sur le plan pratique, on peut dire que tous ces séchoirs sont identiques,

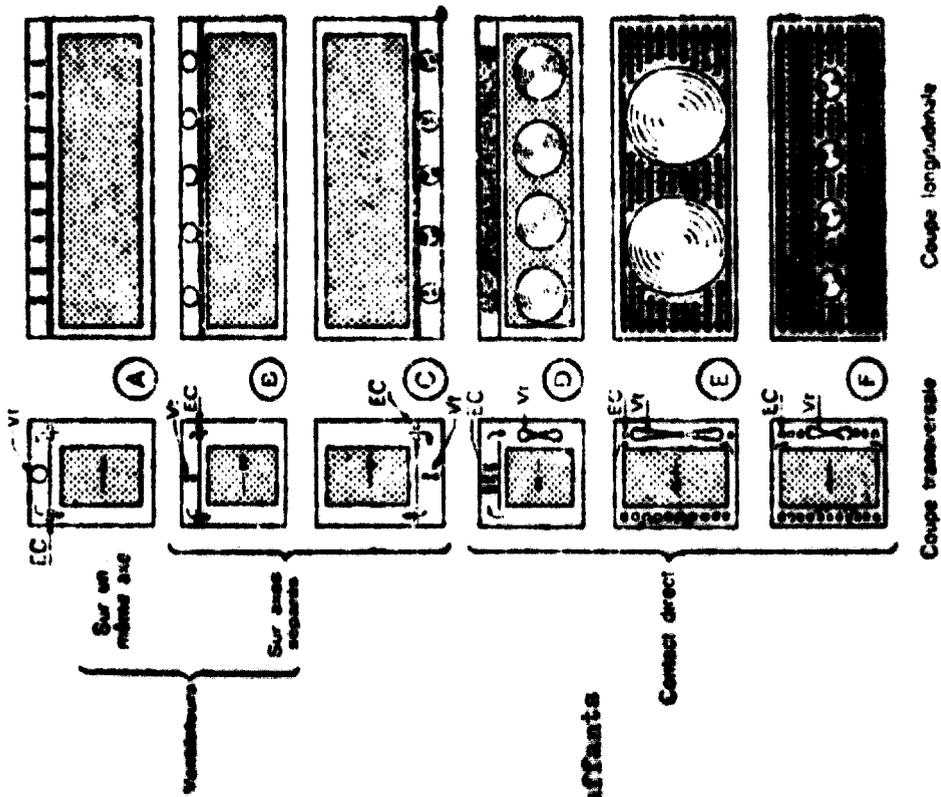


Figure 3

Divers types de séchoirs

(Répartition de séchoirs à bois 1900-1930)

l'intensité de la circulation de l'air étant la seule variable. Rappelons que la difficulté, quel que soit le type de séchoir, consiste à avoir une bonne répartition de la vitesse de l'air, en particulier dans la hauteur des piles et parfois même également sur la longueur du séchoir.

2 - SECHOIRS TUNNELS : Dans ces séchoirs qui doivent fonctionner d'une manière continue, le bois circule en sens inverse du courant d'air. Deux types généraux existent actuellement.

a) Tunnel type ancien : (correspondant aux séchoirs dits à ventilateurs externes) où l'air passe dans le sens axial du tunnel (figure 4). Il est encore très représenté dans certaines industries comme celles du parquet mais, à notre avis, il n'est intéressant que pour terminer le séchage de bois déjà ressuyés à 25 - 30 %, car il n'y a aucune possibilité de réglage des conditions de l'air dans la longueur du tunnel. Son emploi pour des bois humides et particulièrement pour les bois qui sèchent rapidement (résineux, par exemple) est à prohiber.

b) Tunnel type nouveau : Composé de plusieurs cases (type à ventilateurs internes) accolées sans cloison intermédiaire et où l'air circule en "hélice", c'est-à-dire qu'il passe transversalement dans les piles de bois tout en circulant également dans le sens axial, en sens inverse du bois, pour respecter le principe du type tunnel (figure 5). Chaque case peut être réglée séparément à des conditions d'air bien déterminées correspondant à l'humidité des bois qui sont situés dans chacune d'elles. Tous les bois, même très humides, peuvent être séchés avec ce type de tunnel.

Les séchoirs tunnels ont de gros avantages : d'une part, une fois réglés ils marchent automatiquement, d'autre part, le rendement de la chaudière est très bon, car pratiquement les quantités de chaleur à fournir sont à peu près constantes.

Ces séchoirs sont très peu utilisés car, pour obtenir de bons rendements, ils doivent toujours être alimentés par des bois de même essence et de même épaisseur.

Sur la plan technique on peut certes sécher à la fois soit différentes essences, soit une même essence de diverses épaisseurs, mais le réglage des séchoirs doit être basé sur les bois qui sèchent le plus lentement.

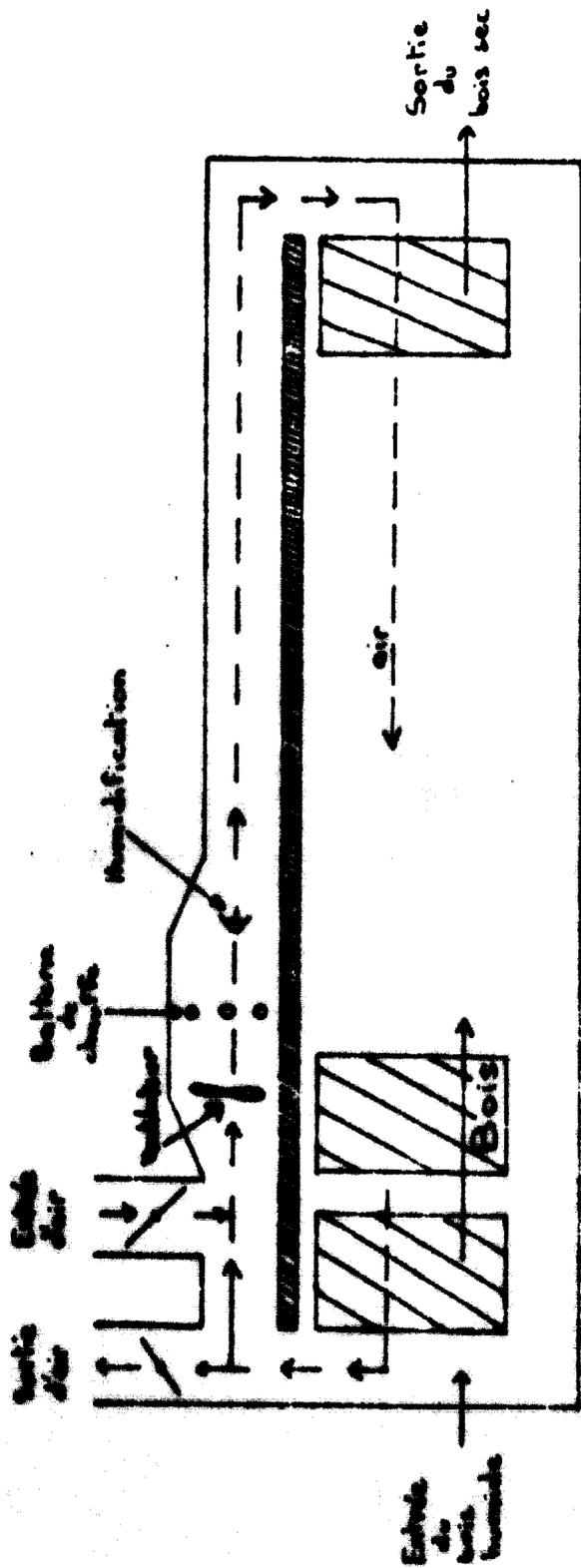
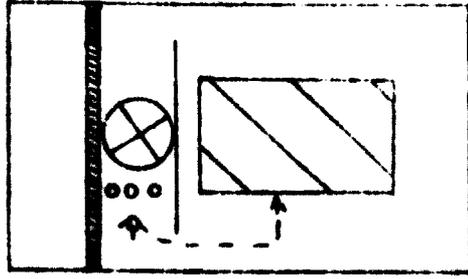
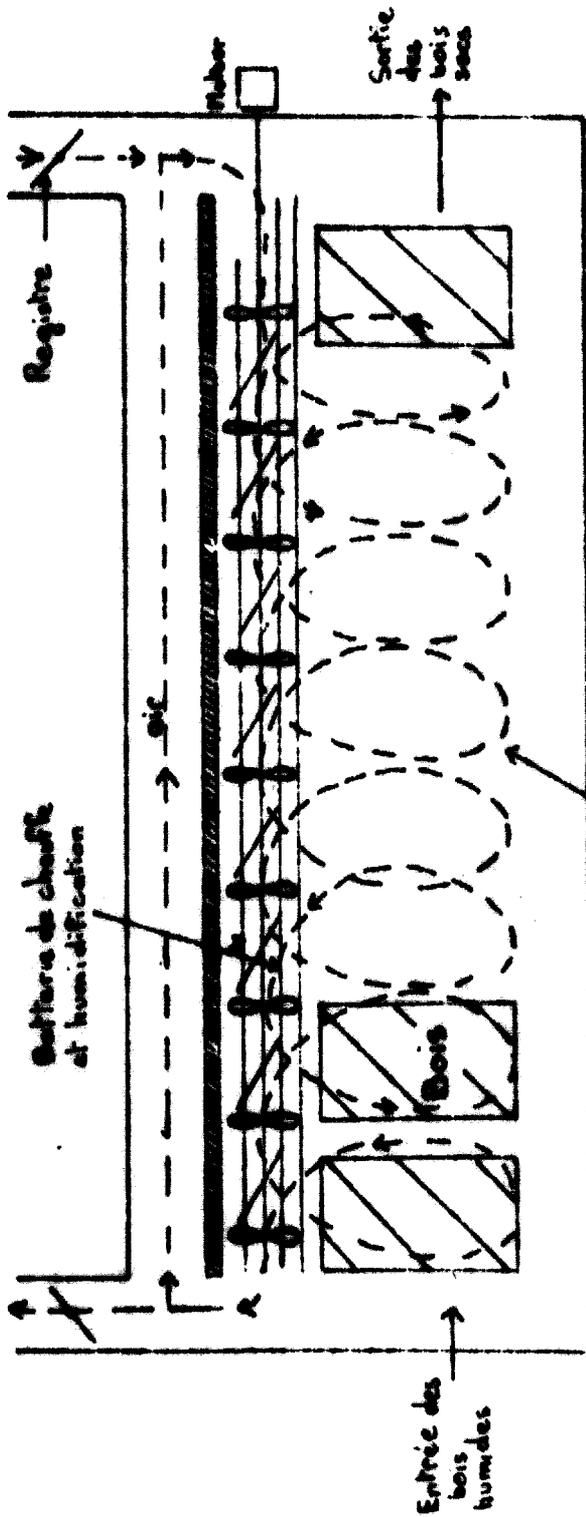


Figure 4
Sécheur tunnel type ancien (coupe longitudinale)



- b -

Figure 5

Séchoir tunnel type nouveau

- a - Coupe longitudinale

- b - Coupe transversale

- a -

Circulation de l'air en hélice

En conséquence, c'est une hérésie sur le plan économique, car les bois qui peuvent sécher plus rapidement doivent rester dans le tunnel aussi longtemps que ceux qui sont les plus longs à sécher.

3 - SYSTEMES DE REGULATION DES SECHOIRS : Les tables de séchage utilisées pour la conduite des séchoirs à cases fournissent les caractéristiques que doit présenter l'air entrant dans la pile de bois, en fonction de l'humidité du bois. Le contrôle normal consiste donc à connaître tous les jours l'humidité du bois pour donner à l'air les caractéristiques voulues. On cherche à améliorer ce contrôle en utilisant des régulations :

- soit une régulation semi-automatique consistant seulement à régler automatiquement la température et l'état hygrométrique de l'air,
- soit une régulation automatique complète de l'opération

a) Régulation semi-automatique : Elle est réalisée par des systèmes de climatisation connus, fonctionnant soit pneumatiquement, soit, maintenant, électroniquement. Elle présente de réels avantages (conduite mieux assurée, diminution de chaleur, etc.), à condition toutefois que la case soit très étanche. A notre avis, tous les séchoirs actuels devraient au moins posséder cette régulation.

b) Régulation automatique complète : Elle est beaucoup plus délicate à mettre au point car, à notre avis, il y a toujours intérêt à suivre tous les jours les bois pour obtenir un séchage correct. Divers systèmes commerciaux existent actuellement parmi lesquels nous citerons :

- la régulation basée sur la durée qui impose au bois de suivre une courbe de séchage bien déterminée dans le temps.

La difficulté réside dans l'adoption d'une durée correcte car la durée exacte de séchage pour une essence déterminée, ne peut être connue a priori. On peut constater en effet pour une essence déterminée, le Chêne, par exemple, des écarts allant jusqu'à 20 % et plus dans la durée de séchage selon la provenance, le débit et autres facteurs sur lesquels nous ne pouvons nous étendre. A notre avis, l'industriel devrait établir lui-même sa courbe de séchage, en tenant compte de son séchoir et de la provenance du bois qu'il sèche, mais l'automatisme réalisé "a priori" ne peut donner satisfaction à l'utilisateur.

- la régulation basée sur la mesure de l'humidité du bois à l'aide de pointes enfoncées dans des échantillons avec un appareillage semblable aux appareils électriques de mesure d'humidité, cette mesure ne peut guère être utilisée avec précision que pour des bois dont l'humidité est inférieure à 30 %. La prise automatique d'humidité est reliée à un système de climatisation qui permet ainsi de donner aux caractéristiques de l'air les valeurs correspondantes.

De tels systèmes ne nous semblent pas encore, à l'heure actuelle, assez au point pour que l'on puisse les préconiser d'une manière courante. En effet, le bois, ancienne matière vivante (il ne faut pas l'oublier), est un matériau extrêmement hétérogène et l'automatisme complet nous semble trop aléatoire à moins de prendre un taux de sécurité relativement élevé qui augmente alors la durée du séchage.

CHAPITRE V

SÉCHOIRS SPÉCIAUX DE TYPE CLASSIQUE

Ce sont des séchoirs qui ont été conçus il y a 25 ou 30 ans afin de diminuer la durée du séchage, mais dont l'intérêt actuel semble être fortement diminué. Afin de réduire la durée du séchage artificiel on a cherché à agir :

- soit sur la température, en utilisant des séchoirs fonctionnant à des températures supérieures à 100 °C ; c'est le séchage dit "à haute température".
- soit sur la vitesse de l'air en essayant de l'augmenter sans une dépense trop élevée de courant électrique, en utilisant des séchoirs dits "à centrifugation"

1 - SÉCHOIRS A HAUTE TEMPÉRATURE (au-dessus de 100° C) : Deux modalités peuvent être envisagées :

- en présence d'air
- en absence d'air, on utilise alors de la "vapeur surchauffée", c'est-à-dire de la vapeur à 100° C, surchauffée de 105 à 130°c à pression atmosphérique.

Les séchoirs utilisés sont ceux du type classique à ventilateurs internes, construits en général en métal (acier inoxydable ou aluminium) et possédant une très forte ventilation (3 à 5 m/seconde) afin d'obtenir une bonne homogénéité du séchage de chaque pile dont la largeur est limitée à 1 m, 1 m 20 au maximum.

Les durées de séchage obtenues sont réduites, mais nombre d'inconvénients sont apparus. Tout d'abord, toutes les essences ne peuvent être séchées à cette température; on ne peut sécher que des essences perméables et pour lesquelles on ne peut redouter le collapse (Chêne, Noyer, Peuplier, etc. et un certain nombre de bois tropicaux Ilomba, Eucalyptus, Balsa, etc.). D'autres inconvénients peuvent apparaître: changement de coloration du bois, diminution de certaines propriétés mécaniques, etc. A notre avis, les séchoirs utilisant la "vapeur surchauffée" permettraient l'obtention aisée d'une humidité finale bien déterminée et bien homogène, ce qui ne peut être réalisé facilement avec un séchage en présence d'air.

- 2 - SECHAGE PAR CENTRIFUGATION : Le séchoir de forme carrée possède une plate-forme tournant à forte vitesse (25 - 30 m/seconde de vitesse périphérique) sur laquelle sont empilés les bois (figure 6). Des obturateurs spéciaux permettent de créer des zones de pression et de dépression permettant d'obtenir des vitesses d'air relativement élevées entre planches, de l'ordre de 2 à 5 m/seconde et ceci avec une dépense de courant relativement peu élevée. Ces séchoirs fonctionnent dans les conditions ordinaires de température (40 à 80°C) et permettent une très légère diminution du temps de séchage surtout si les bois introduits sont très humides.

CHAPITRE VI

PROCEDES DE SECHAGE ARTIFICIEL SPECIAUX

Au lieu d'utiliser l'air comme agent séchant, on a essayé divers procédés tels que le vide, la haute fréquence, etc. Nous passerons succinctement en revue ces procédés dont quelques-uns ont donné lieu à des réalisations industrielles existant encore actuellement.

- 1 - SECHAGE PAR LE VIDE : Le vide seul est incapable de réaliser un séchage; il faut en effet fournir de la chaleur au matériau pour que le séchage se poursuive. La difficulté est donc de transmettre des calories dans un milieu non conducteur de la chaleur. Dans les essais jusqu'à présent effectués on utilisait des cycles successifs de réchauffage (par air chaud, vapeur, etc.) et de vide; cette technique, d'ailleurs non applicable à toutes les essences (un séchage à 50° C sous vide correspond en réalité à un séchage à haute température à pression atmosphérique), permet de réaliser

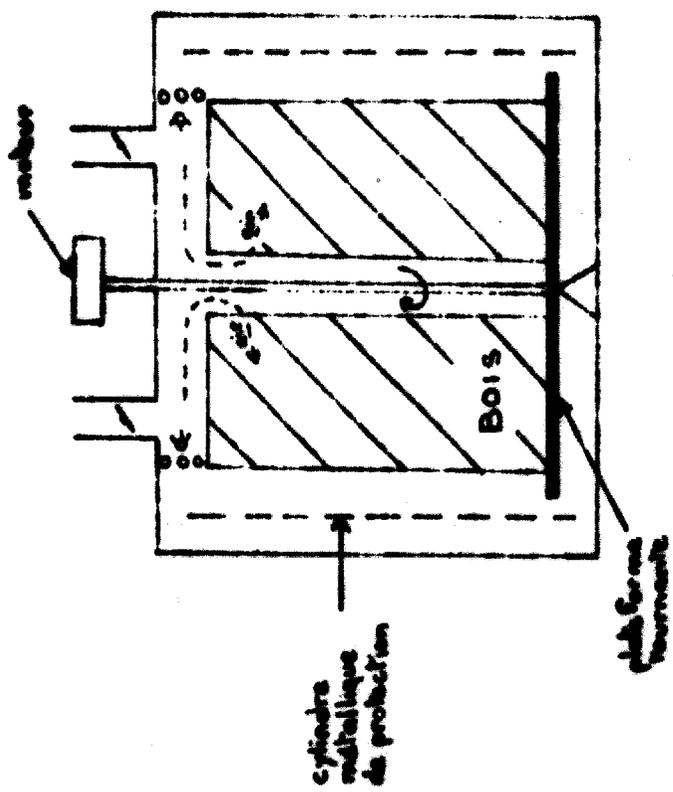


Figure 6

Coupe Transversale d'un séchoir à centrifugation

un séchage assez convenable si le cube de bois à sécher est relativement faible (1 à 2 m³). Cette limitation provient du fait de la difficulté d'obtenir en fin de séchage une humidité correctement répartie.

A l'heure actuelle, un séchoir à vide existe au stade industriel, le séchage est réalisé dans un autoclave où la chaleur est transmise au bois par des plaques chauffées par de la vapeur ou de l'électricité et intercalées entre les planches. Quelques résultats, qui semblent être intéressants dans certains cas, ont pu être obtenus, mais nous n'avons pas encore suffisamment de données pour formuler un avis autorisé, tant sur le plan technique que sur le plan économique.

Signalons enfin qu'il serait possible de faire fonctionner un séchoir sous vide en utilisant le principe de la "vapeur surchauffée". Un tel séchoir où serait pratiqué un vide correspondant, par exemple, à la pression de vapeur d'eau saturée à 50° C, permettrait de réchauffer cette vapeur à 60 ou 70° C et d'obtenir ainsi un séchage sous vide où la chaleur pourrait se transmettre facilement. Seuls des essais de laboratoire ont été réalisés jusqu'à présent dans ce sens.

2 - **SÉCHAGE PAR HAUTE FRÉQUENCE** : Dans ce procédé, on transmet directement de l'énergie dans le bois sans passer par l'intermédiaire de l'air ; en effet une pièce de bois introduite entre deux plaques métalliques formant condensateur dans un circuit haute fréquence s'échauffe en quelques secondes, à condition de fournir la puissance électrique nécessaire. En ce qui concerne le séchage, la difficulté a été de mettre au point un système assurant un accord facile entre l'émetteur et la charge étant donné que les caractéristiques diélectriques du bois sont extrêmement variables en fonction de l'humidité. Les séchoirs actuels se composent d'un tunnel à l'intérieur duquel circule un tapis métallique dans le sens axial du tunnel, formant une des plaques du condensateur, tapis sur lequel sont déposés les bois à sécher (figure 7). Au-dessus de ces derniers une série de plaques coupées et placées à des distances variables du bois forme la seconde plaque du condensateur. Comme pratiquement l'humidité des bois est à peu près identique dans le temps à chaque endroit du tunnel, l'ensemble forme un condensateur général dont les caractéristiques sont à peu près constantes. Un courant d'air chaud (provenant du refroidissement des lampes du poste H.F) circule dans le tunnel afin, d'une part, d'accélérer le séchage et, d'autre part, d'éviter des condensations d'eau sur les plaques qui pourraient

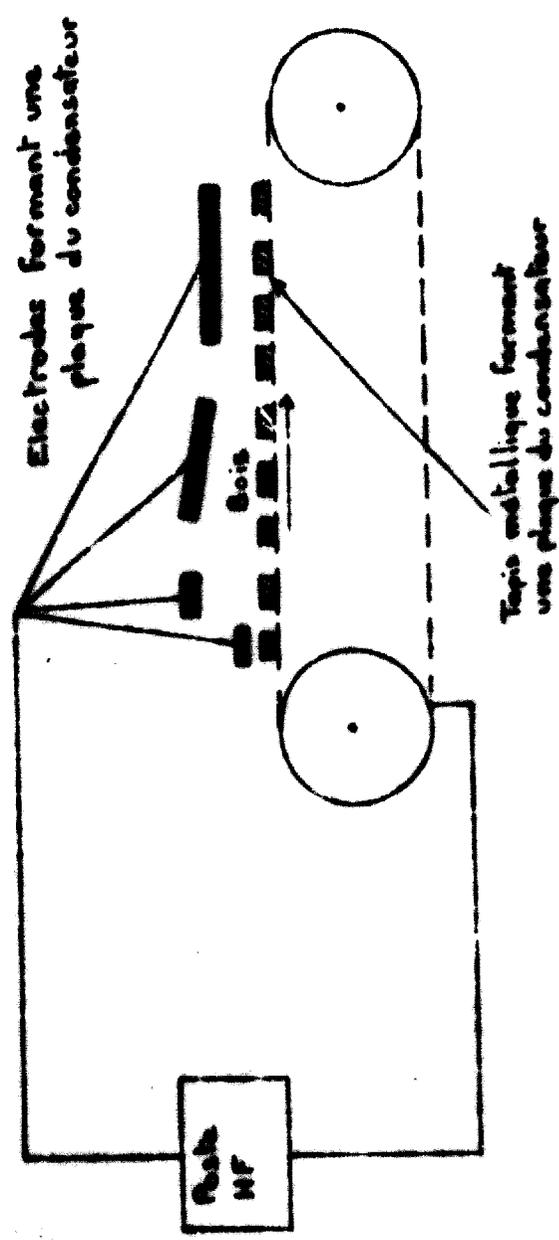


Figure 7

Schéma général d'un tunnel haute fréquence

provoquer la formation d'arcs électriques. Ce procédé permet d'obtenir des temps de séchage très réduits, même avec des bois de fortes épaisseurs. Par ailleurs, en fin de séchage, les bois ne présentent pas de tensions nuisibles internes et l'humidité est correctement répartie dans leur épaisseur. Par contre, ce procédé présente certains inconvénients et il est impossible de sécher certaines essences, dont le Chêne, et le prix de revient est relativement élevé.

Actuellement il existe un certain nombre de ces séchoirs dans divers pays (dont un en France) qui sont réservés au séchage des ébauches de formes de chaussures (Chêne, Hêtre) préalablement ressuyées à 35 - 40 %, pour les amener vers 8 % en quelques heures.

Nous pensons que lorsque le prix de ces appareillages sera moins élevé, et dans le cas où le prix du courant électrique est relativement bas, ce procédé serait susceptible de donner satisfaction pour le séchage de certaines essences, préalablement ressuyées à 20 - 25 %, étant donné que les bois ainsi séchés peuvent être utilisés pratiquement sans conditionnement ultérieur.

- SÉCHAGE DIVERS : Mentionnons des procédés utilisant pour le séchage soit des produits organiques huileux, soit des solvants organiques. Ces procédés sont intéressants lorsque les bois sont destinés à être imprégnés après séchage avec des produits antiseptiques, par exemple, car les opérations de séchage et d'imprégnation se réalisent dans le même appareillage (autoclave).

- SÉCHAGE BOIS PERMEABLES CHAUFFANTS : On a envisagé de sécher certains bois, particulièrement de faible épaisseur en utilisant des presses chauffantes. Ces dernières de type classique ont des plateaux portés à des températures variant de 140 à 180°C, les pressions utilisées sur les bois sont également variables suivant les essais de 5 à 12 kg/cm². On a un séchage comparable à celui dit "à haute température" avec ses avantages (durée de séchage réduite) mais aussi ses inconvénients:

- Possibilité de sécher des bois perméables à la vapeur (Hêtre, Peuplier, etc.); impossible pour les bois non perméables (Chêne, Orme, frêne, etc.).
- Modification de la coloration des bois
- Quelquefois altération chimiques, etc.

Des essais ont été réalisés surtout à titre laboratoire dans divers pays sur différentes essences, en général de faibles épaisseurs (12 à 18 mm).

Des réalisations industrielles ont été faites à notre connaissance sur des plaquettes de Hêtre de 30 mm, le temps de séchage est très réduit, mais on est dans l'obligation de terminer l'opération à l'humidité finale désirée par un "conditionnement" du bois (en particulier par l'intermédiaire du vide) et de réaliser l'équilibrage final par un stockage à l'air.

Nous verrons ultérieurement que ce procédé par plaques chauffantes est également envisagé pour le séchage des Placages (chapitre XI "séchoirs à pulsations").

CHAPITRE VII

TRAITEMENT PREALABLE DES BOIS AVANT SECHAGE

Quelques traitements peuvent être appliqués au bois avant séchage pour tenter de réduire la durée de ce dernier (à l'air ou dans un séchoir) ou de limiter les risques de fentes. Nous en citerons seulement deux.

- 1 - DESSEVAGE (presteaming): Traitement particulièrement réalisé en France depuis plus de cinquante ans sur le Chêne et le Hêtre. Il consiste à soumettre durant un certain temps les bois très humides, aussitôt sciage, à l'action de la vapeur dans une case, identique à celle d'un séchoir (bien

étanches et bien isolée thermiquement), mais ne possédant ni batterie de chauffe, ni ventilateur.

En France les conditions de ce traitement, différentes de celles utilisées récemment dans quelques pays étrangers, consistent à soumettre les bois à l'action d'une atmosphère saturée à 60 - 70° C pendant une durée de l'ordre de 18 heures par centimètre d'épaisseur de bois ; la teinte des bois traités est modifiée légèrement, ainsi le Hêtre devient rose.

L'action de ce traitement devrait, d'après certains, diminuer la durée du séchage ultérieur, mais tous les essais effectués jusqu'à présent sur le Hêtre et le Chêne n'ont pas montré de différence sensible sur les durées de séchage des bois dessevés ou non. Il peut se faire toutefois, comme on a pu le constater pour certaines essences, que l'effet sur la durée du séchage soit bénéfique.

D'autres avantages du dessevage peuvent être mentionnées : stérilisation du bois, le cas échéant, et surtout action sur le retrait. Si ce dernier conserve la même ampleur du point de vue dimensionnel, il s'effectue cependant avec moins de force, le bois est moins "nerveux" ce qui diminue les risques d'incidents après mise en oeuvre.

- **LE SECHAGE CHIMIQUE** : Traitement permettant de diminuer les risques de fentes au cours du séchage des bois, en particulier ceux de forte épaisseur. Il consiste à introduire en surface des bois très humides un produit chimique hygroscopique se présentant sous forme de cristaux (sel ordinaire ou urée) qui maintient, lors du séchage, une humidité plus élevée diminuant ainsi le retrait, donc le risque de fentes. Ces produits sont introduits dans le bois par divers procédés (épandage à sec du produit, trempage dans une solution aqueuse, etc.).

Pour les bois de forte épaisseur, un certain nombre de résultats intéressants ont été obtenus au cours du séchage à l'air, par contre, ce procédé peut être dangereux pour le séchage artificiel, des tables de séchage très strictes doivent alors être étudiées suivant les essences.

CHAPITRE VIII

QUESTIONS GENERALES SUR LES SECHOIRS

- **CHOIX D'UN SECHOIR** : Lorsqu'il est nécessaire d'assurer une très forte

production journalière, le séchage artificiel est très souvent nécessaire, on a cependant intérêt le plus souvent à utiliser un ressuyage des bois jusqu'à 20 - 25 % soit par séchage à l'air, soit par des procédés "à basse température", surtout pour les bois feuillus de la zone tempérée et les bois tropicaux.

Le séchage classique par air chaud et humide semble être, sur le plan économique, le plus intéressant, les autres procédés de séchage artificiel (haute fréquence, vide, etc.) étant réservés à des cas particuliers.

Le nombre de séchoirs à envisager est évidemment fonction du cube de bois sec à obtenir mensuellement. Il est à remarquer qu'il y a souvent plus d'intérêt à avoir plusieurs ^{séchoirs} de capacité relativement faible plutôt qu'un séchoir de forte capacité, s'il y a des bois d'essences ou d'épaisseurs différentes à sécher.

L'installation par ailleurs est beaucoup plus souple et permet un meilleur rendement de la chaudière surtout si l'on décale dans le temps (même pour une seule essence) le début des opérations.

Rappelons que les séchoirs tunnels peuvent être intéressants lorsque l'on sèche toujours les mêmes essences et les mêmes épaisseurs.

Signalons enfin que lorsqu'un industriel sollicite des devis pour l'achat d'un séchoir, il a tout intérêt à ne pas fixer une production mensuelle bien déterminée, mais plutôt préciser une capacité de séchoir bien déterminée (20, 30 m³, etc.), les devis seront, dans ce cas, comparables.

2 - **MARCHE CONTINUE OU DISCONTINUE** : Applicable uniquement pour les séchoirs à case. Le séchage peut être réalisé d'une façon continue (24 heures sur 24) ou discontinue (10, 15 heures sur 24, par exemple). Ces deux alternatives présentent des avantages et des inconvénients. La plupart du temps la marche discontinue provient du fait que les industriels arrêtent la nuit leur chaudière ; or il est possible d'envisager pour la nuit un chauffage électrique qui peut être intéressant étant donné les tarifs réduits du courant électrique fourni la nuit.

3 - **DURÉE DE SÉCHAGE** : C'est un point qui apparaît très important à l'industriel et au constructeur ; malheureusement aucune durée précise ne peut être fournie a priori. Il y a en effet beaucoup de facteurs qui influencent la durée de séchage d'une essence, prévisibles ou non (provenance de

Perte de bois au cours du séchage

ESSENCES	Perte approximative de volume en % du volume humide initial.	
	Humidité finale 15 %	Humidité finale 10 %
AZONE	7	10
BOSSE	6	8
BOUSSIE	2	4
IROKO	3, 5	5, 5
NLANGON	5	7, 5
SIPO	6	8
NERANTI	6	8
BAKIE	5, 5	7, 5
TICK	3, 5	5, 5
Hêtre	9 - 10	12
Chêne	7 - 8	10
Resineux	5 - 6	8

Frépariel

Européennes

- 20 -

l'essence, empilage, marche continue ou discontinue, etc.) ; en conséquence, il est impossible en général de préciser une durée de séchage à $\pm 25\%$ près si l'on désire un séchage de qualité et un prix de revient intéressant. C'est en effet une fausse idée, trop répandue, que de croire qu'un séchage rapide des bois est la meilleure solution. Par ailleurs, aucun constructeur, même d'après les références obtenues auprès de ses clients, ne peut donner avec exactitude le temps de séchage ; c'est pourquoi nous avons suggéré que les demandes de devis des clients mentionnent la capacité en mètres cubes du séchoir désiré sans qu'intervienne la notion de durée.

CHAPITRE IX

QUESTIONS ECONOMIQUES

Le prix de revient du mètre cube de bois séché dépend d'un très grand nombre de facteurs : essence, épaisseur, procédé de séchage, coût de la main-d'oeuvre, etc. Il est donc difficile, sinon impossible, d'établir une moyenne fiable puisque les bases réelles du calcul varient d'une entreprise à l'autre. Mais quel que soit le procédé de séchage envisagé, divers points communs ont une répercussion identique sur le prix de revient.

- a) Ainsi au cours du séchage, il y a toujours une perte de volume inévitable, due au retrait du bois et variable suivant l'essence et le degré d'humidité final désiré. Nous rappelons dans le tableau 1, à titre documentaire, l'ordre de grandeur des pertes constatées pour certaines essences ^{tropicales et} européennes. Par exemple, d'un séchoir contenant 20 m³ de Chêne humide, on ne sortira qu'environ 18 m³ de bois à 10 %. Les prix de revient doivent tenir compte de cette perte sèche importante. (Les valeurs sont approximatives pour les bois tropicaux.)
- b) Il faut, en général, prévoir également un certain pourcentage de pertes dues à des incidents divers : fentes en bout, collapse, etc. bien que l'on puisse, avec certaines précautions les réduire grandement.
- c) Les frais d'empilage et de déempilage des bois dont le coût est extrêmement variable car dépendant du coût de la main-d'oeuvre.

1 - SECHAGE A L'AIR : Si l'on désire réaliser correctement sur un chantier de séchage à l'air, il ne faut pas croire que les dépenses sont négligeables. Le bois ne sèche pas naturellement sans frais, (il faut prévoir l'aménagement

des piles, des routes, des baguettes, des tortures, etc.) et l'investissement à envisager est relativement important.

2 - SECHAGE ARTIFICIEL : Qu'il s'agisse du séchage "à basse température" (25 - 40° C) ou du séchage artificiel classique (40 - 80° C) les questions économiques sont très différentes par rapport au séchage à l'air, car interviennent de nombreux facteurs : prix de l'installation, frais de vapeur, d'électricité, etc. et les coûts sont très variables suivant les cas envisagés.

D'une manière générale, d'après les quelques études économiques faites jusqu'à présent, il ressort que pour amener les bois à une humidité de 20 - 25%, le séchage à l'air est toujours le plus économique. Le séchage à basse température peut, parfois, être également intéressant, mais son coût peut atteindre celui du séchage artificiel classique considéré dans cette fourchette d'humidité, comme le plus coûteux (sauf cas exceptionnel). C'est pour cette raison et également pour des raisons techniques (séchage du Chêne, par exemple,) que la plupart du temps on débute le séchage soit à l'air, soit à basse température, pour terminer le séchage en abaissant l'humidité de 20 - 25 % à 8 - 10 % dans un séchoir classique.

Cette fin de séchage peut également, quelques fois, être envisagée économiquement dans des chambres chaudes.

En ce qui concerne le séchage artificiel, quelle que soit la température adoptée, les divers frais envisagés sont les suivants :

a) Séchoir ou chambre : Les prix de l'installation elle-même sont relativement variables. A l'heure actuelle, on peut estimer grossièrement que le coût d'un séchoir métallique préfabriqué, avec régulation semi-automatique, ressort à un prix moyen de 6 000 à 7 000 FF¹⁾ par mètre cube de bois de capacité, ceci pour un séchoir de 10 à 20 m³ de capacité totale. Pour des capacités plus élevées, le prix moyen par mètre cube diminue évidemment. On voit donc que l'amortissement par mètre cube de bois sec d'un tel appareillage est assez important.

Le problème est identique pour les chambres à basse température fonctionnant soit par déshumidification frigorifique, soit par chaleur, etc. Une telle chambre construite en maçonnerie, très étanche et bien calorifugée et pouvant contenir 50 m³ de bois, peut revenir à environ 35 000 - 40 000 FF.²⁾

Quant à l'appareillage supplémentaire, son coût est variable suivant le

1) Environ US\$ 1200 à 1400

2) Environ US\$ 7000 à 8000

type envisagé. Un déshumidificateur frigorifique, pour une capacité de 50 m³, revient à environ 100 000 - 120 000 FF.¹⁾ Par contre, pour les chambres chaudes fonctionnant à l'eau chaude, il faut compter sur environ 30 000 à 40 000 FF,²⁾ y compris la chaudière, les organes de régulation, etc.

Toutes ces valeurs ne sont données qu'à titre indicatif. Il faut en outre remarquer que pour les chambres ou séchoirs à basse température, les durées de séchage sont plus élevées que dans les séchoirs classiques et qu'en conséquence l'amortissement par mètre cube de bois séché est établi sur un rendement annuel nettement plus faible.

b) Frais de vapeur ou d'eau chaude : La vapeur (basse ou haute pression) est le fluide le plus utilisé dans les séchoirs à bois tant pour la fourniture de la chaleur que pour les besoins d'humidification de l'air. La plupart des industries du bois ont à leur disposition des déchets divers dont elles sont obligées de se débarrasser et de ce fait bien souvent estiment que la vapeur ne "coûte rien", c'est là parfois une grave erreur. En effet, les déchets de bois représentent certes le combustible le moins coûteux, à condition toutefois que des questions de main-d'oeuvre n'interviennent pas trop. Le prix de revient de la vapeur ainsi produite n'est jamais négligeable et parfois même supérieur à celui de la vapeur produite par un autre combustible. Nous avons pu voir, il y a quelques années, un industriel qui, après une étude sérieuse, avait pris la décision d'incinérer ses déchets pour s'en débarrasser et d'installer une chaudière automatique à mazout pour l'alimentation de ses séchoirs. Le choix du mode de production de vapeur ou d'eau chaude doit donc être étudié de près par chaque industriel.

c) Electricité : Cette énergie, dont le prix est variable suivant les pays, est nécessaire au moins pour le fonctionnement des moteurs des ventilateurs. Nous avons déjà attiré l'attention sur le fait que si une vitesse d'air élevée est intéressante pour diminuer la durée du séchage des bois humides, il faut cependant qu'elle ne soit pas trop grande étant donné son influence sur la consommation d'énergie des moteurs. Les vitesses adoptées à l'heure actuelle (1,5 à 2 m/seconde entre planche) semblent être optimales sur le plan économique.

L'électricité commence à être utilisée pour la fourniture de chaleur mais, dans ce cas, les séchoirs ne fonctionnent que la nuit, durant

1) US\$ 20,000 à 24,000 environ
2) US\$ 6,000 à 8,000 environ

laquelle les tarifs d'électricité sont réduits ; l'énergie électrique n'est pas rentable pour une marche des séchoirs 24 h sur 24. Signalons, à ce sujet, que certains industriels arrêtent leur chaudière la nuit et donc les séchoirs. Ils peuvent à l'occasion doubler leur batterie de chauffe traditionnelle par des batteries de résistances électriques qui sont susceptibles de fonctionner de nuit à tarif réduit.

Tout ce que nous venons de dire concerne les séchoirs classiques. Pour les chambres fonctionnant à basse température, la question se pose différemment. L'emploi des déshumidificateurs frigorifiques, qui diminuent l'humidité de l'air et le réchauffent, impose une consommation électrique de jour et un tarif au kW relativement élevé. Comme nous l'avons déjà signalé, nous pensons que ces procédés ne peuvent être intéressants que pour le séchage des bois humides jusqu'à 20 % environ, mais nous craignons que la consommation par kg d'eau évaporée devienne un peu trop élevée pour le séchage des bois à un plus faible taux d'humidité.

D'autre part, une telle installation doit être correctement étudiée et on doit éviter l'emploi d'un appareil "standard" dans un séchoir classique quelle que soit sa capacité. En effet les ventilateurs dans les séchoirs classiques sont établis pour un séchage rapide ; s'ils sont utilisés pour fonctionner à basse température leur dépense en courant électrique peut devenir anormalement importante, la durée du séchage étant augmentée. Il faut donc que les chambres fonctionnant à basse température soient très bien étudiées, en fonction du cube de bois à sécher. Dans ce cas, elles peuvent être rentables du fait qu'elles peuvent éventuellement éviter l'achat d'une chaudière ou de combustibles.

Le problème des "chambres chaudes" fonctionnant uniquement à l'eau chaude se pose enfin d'une autre façon puisqu'il n'y a aucune ventilation mécanique et donc aucune dépense d'électricité.

3 - ETUDES GENERALES : Comme nous l'avons antérieurement mentionné, chaque industriel peut seul établir son prix de revient. Nous signalons cependant quelques études générales d'ordre économique qui permettent de faire quelques comparaisons. Nous signalons particulièrement celle réalisée en Australie par WRIGHT en 1962 sur les prix de revient comparatifs de divers procédés utilisés dans une entreprise traitant environ 5 000 m³ de bois d'Eucalyptus de 25 mm d'épaisseur, pour amener ces bois de l'état frais de sciage à une humidité finale de 12 %.

Plusieurs méthodes ont été envisagées :

1) Ressuyage des bois humides jusqu'à 20 - 25 %

a) par séchage à l'air

b) par séchoir de ressuyage à basse température (30 - 35° C)

c) par séchage artificiel classique

2) Fin de séchage de 20 - 25% jusqu'à 12 % dans un séchoir classique

(A noter que les prix donnés ne sont que comparatifs, les prix indiqués en livres australiennes ayant été convertis en FF et en US\$).

Les résultats obtenus, tant sur la durée du séchage que sur le prix de revient du séchage au m³ sont résumés dans le tableau 2.

Mentionnons également une étude théorique réalisée ces dernières années sur le séchage du Sipo de 40 mm de 60 à 15 % pour comparer les prix du séchage à l'air et celui du séchage artificiel en France, en ne tenant compte, dans ces calculs, que des frais d'amortissement, de l'intérêt du capital bois, des frais de fonctionnement (vapeur, électricité) sans tenir compte des frais communs (empilage, etc.). Les valeurs suivantes ont été obtenues :

- Séchage à l'air 10,3 FF, le m³ (US\$2.00 environ)

- Séchage artificiel 44,6 FF, le m³ (US\$8.75 environ)

Ces valeurs ne sont que des ordres de grandeur qui doivent seulement inciter les industriels à se rendre compte des frais réels que leur impose le séchage de leurs bois.

Nous terminerons cette partie économique en attirant l'attention des industriels sur le séchage des bois massifs. Sur le plan technique, de nombreux procédés sont susceptibles de leur donner satisfaction mais seul l'aspect financier permet de faire le "choix" de tel ou tel procédé.

Une solution qui pourrait être bonne pour l'un ne sera pas nécessairement intéressante pour l'autre, même pour une industrie identique.

Nous insistons sur le fait que la durée du séchage n'est, à notre avis, que secondaire et que ce sont bien souvent plutôt les problèmes d'approvisionnements et de planning qui sont importants. Il est nécessaire avant tout d'obtenir des bois correctement séchés au prix de revient minimum.

Prix de revient comparatif de divers procédés pour le séchage de 500 m³ d'Eucalyptus de 25 mm épaisseur de l'état frais à 12% d'humidité finale

		METHODES		
		Séchage à l'air	Séchoir de ressuyage à séchage artificiel, basse température	
		Bonne saison	Nouvelle saison	Classique
1) <u>Bois humides</u> <u>jusqu'à 20-25%</u>				
Durée du séchage		4 mois	8 mois	15 jours
Prix de revient en \$ en pp. (en US\$)		10 (2.0)	19 (3.6)	4R (9.6)
2) <u>Fin de séchage</u> <u>de 20-25% à 12%</u>				
Durée du séchage		4 jours	4 jours	4 jours
Prix de revient en \$ en pp. (en US\$)		27 (5.4)	27 (5.4)	27 (5.4)
Prix de revient total du m ³ en pp. (en US\$)		37 (7.4)	46 (9.2)	75 (15.0)

D'après C.W. Wright, factors affecting seasoning economics - The Australian Timber Journal.

Enfin nous nous permettrons de donner notre avis sur un plan plus général en ce qui concerne la politique du séchage, tout au moins d'après ce que nous avons pu constater en France. Si d'une manière générale les bois étaient ressuyés à 25 - 30 % chez le producteur direct, donc généralement chez le scieur, et ceci par des procédés divers (séchage à l'air ou à basse température), le problème du séchage soit chez le négociant, soit chez l'utilisateur serait grandement simplifié. Nous pensons que tous les industriels, producteurs et utilisateurs y gagneraient, du fait que dans beaucoup de cas le transport de bois humides qui se règle très souvent en tonne kilométrique grève d'une façon importante le prix du bois. En effet le transport de l'eau est sans bénéfice pour quiconque. L'utilisateur n'ayant que la fin du séchage à réaliser, au taux final qu'il désire, n'aurait ainsi avec une telle pratique, que le minimum de frais d'investissement à prévoir et donc serait assuré d'un prix de revient moindre, à condition, bien entendu, qu'il consente à payer le bois au taux de 20 - 25 % plus cher que le bois frais de sciage, le gain sur le prix du transport compenserait d'ailleurs en grande partie ce supplément de prix.

o o
o

DEUXIEME PARTIE

SECHAGE DES PLACAGES

CHAPITRE Y

- PLACAGES TRANCHES OU DEROULES DE FAIBLE EPAISSEUR (inférieure à 10/10 mm)

- 1 - SECHAGE A L'AIR : Rappelons ici pour mémoire ce séchage encore utilisé quelques fois dans le cas de placages tranchés d'ébénisterie de valeur qui tend de plus en plus à disparaître étant donné sa lenteur durant la période hivernale.
- 2 - SECHAGE ARTIFICIEL : D'une manière générale, les placages tranchés sont séchés dans les industries productrices jusqu'à un taux d'humidité de l'ordre

de 15 % (sec à l'air) pour ceux destinés aussi bien à l'ébénisterie qu'à l'industrie de l'emballage.

Suivant la production envisagée, plusieurs possibilités sont offertes pour le séchage de ces placages.

- a) pour de faibles productions utilisation des séchoirs à bois massifs, soit à case, soit tunnel où, en général, on augmente la vitesse de l'air, les placages étant disposés sur des claies par empilage de trois ou quatre à la fois.
- b) pour de fortes productions, deux types de séchoirs peuvent être envisagés :
 - séchoirs "à tambours perforés"
 - séchoirs tunnels à placages

Séchoirs "à tambours perforés" Ils sont constitués de cylindres perforés de 3 m de long et 1 m 50 de diamètre environ, en acier inoxydable, placés les uns à côté des autres et tournant autour de leur axe, deux tambours successifs tournant en sens inverse (figure 8). Une dépression d'air réalisée dans chaque cylindre permet l'aspiration des placages sur ces derniers qui passent donc d'un cylindre à l'autre. Le chauffage de l'air aspiré est assuré par des batteries chauffées, chaque face du placage étant soumise alternativement à ce chauffage en passant d'un tambour à l'autre. En général, il y a quatre ou cinq tambours accolés et le dernier est refroidisseur. La durée du séchage est très courte, en moyenne de l'ordre de deux minutes pour des placages tranchés de Chêne de 7/10 mm, à des températures inférieures à 100° C. Ces séchoirs ne peuvent être utilisés pour des placages de plus de 10/10 mm, car ces derniers ne sont pas assez souples pour passer d'un tambour à l'autre.

Séchoirs tunnels classiques : Ce sont ceux que nous étudierons ci-après pour les placages déroulés, le transport des placages de faible épaisseur étant réalisé à l'aide de tapis métalliques.

CHAPITRE XI

PLACAGES DEROULES (épaisseur supérieure à 10/10 mm)

- 1 - CONDITIONS GENERALES D'EMPLOI ET AMELIORATIONS A APPORTER : D'une façon

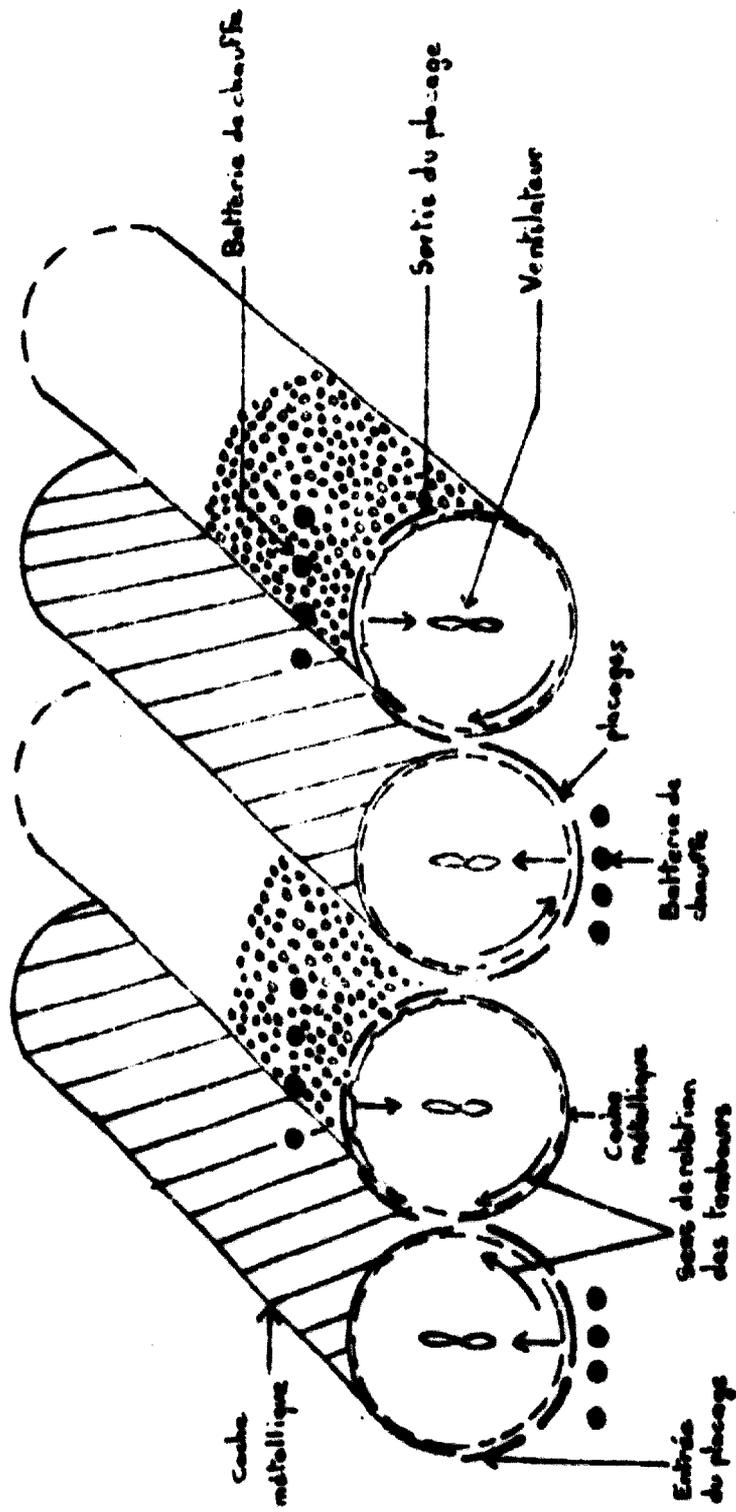


Figure 8

Schema d'un séchoir à "tambours perforés".

générale, mais en particulier dans les usines de contreplaqués, le séchage artificiel des placages est une nécessité car dans la chaîne complète de fabrication le séchage représente un goulot d'étranglement ; la durée doit être obligatoirement la plus réduite possible.

Tous les séchoirs utilisés sont du type tunnel, toujours construits en métal, et en général constitués d'éléments de deux mètres accolés, chaque élément comportant des dispositifs de chauffage et de ventilation. Ils sont comparables dans leur principe aux séchoirs tunnels à bois massifs "type nouveau" où l'air passe en même temps dans le sens transversal et dans le sens longitudinal du tunnel (mouvement de l'air hélicoïdal).

Il y a encore quelques années on utilisait des températures de 125 - 130 °C, actuellement on adopte pratiquement 170 - 180 °C (quelques types dans certains pays étrangers dépassent même très largement ces températures).

L'augmentation de la température assure un séchage très rapide, mais crée inévitablement des incidents. En particulier il est difficile d'obtenir une humidité finale bien déterminée, celle-ci devrait se situer autour de 5 à 6 %, alors que l'on obtient bien souvent des taux de 1 à 2 % du fait des conditions de l'air utilisé. On constate souvent divers défauts (fentes, collapse, etc.) dus aux tensions qui se produisent comme dans le cas du séchage des bois massifs.

En ce qui concerne la circulation de l'air dans les types anciens qui existent encore, l'air est pulsé parallèlement à la surface des placages à des vitesses de l'ordre de 2 à 4 m/seconde (figure 9). Dans les types plus récents au contraire (séchoirs dits "à tuyères"), l'air est projeté perpendiculairement sur les deux faces des placages à des vitesses de l'ordre de 20 à 25 m/seconde (figure 10) ce qui présente des avantages, entre-autres:

- durée du séchage nettement plus réduite
- meilleur séchage sur la largeur des placages

Malgré ces avantages incontestables il reste cependant que l'humidité finale des placages est très hétérogène en raison de la durée très réduite du séchage, et également des différences d'humidités initiales très importantes dans les placages provenant d'une même grume et de la densité variable de la matière première. Les appareils de mesure d'humidité "en continu" en fin de séchage ne peuvent que constater cet inconvénient sans pouvoir y remédier. Il n'en serait pas de même si on pouvait faire ces

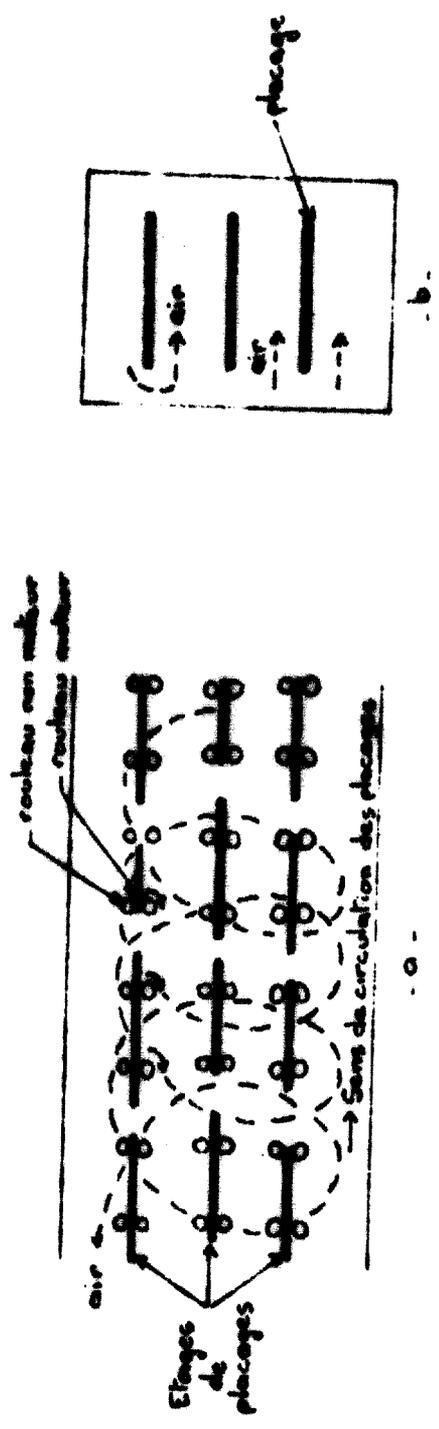


Figure 9

Coupe schématique d'un séchoir tunnel à feuilles de placages
 avec circulation d'air parallèle (analogue au séchoir tunnel Fig 5)

- a. Coupe longitudinale
- b. Coupe transversale

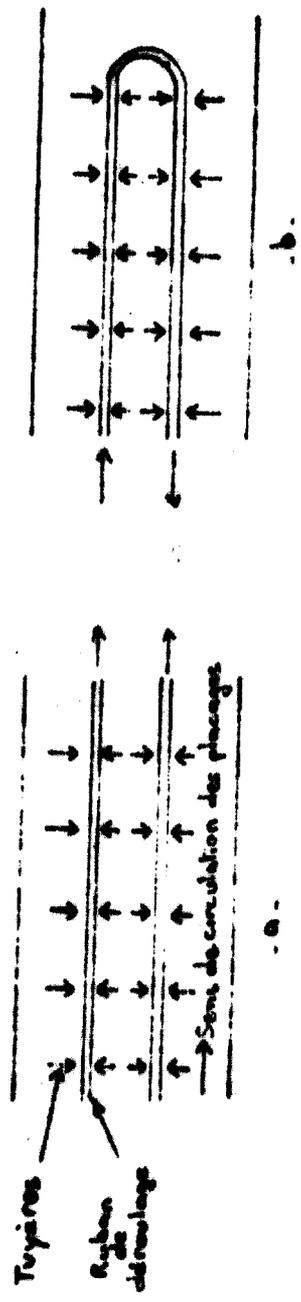


Figure 10

Coupe schématique d'un séchoir de ruban complet de déroulage.

Emploi de tuyères soufflant l'air perpendiculairement à la surface des placages

- a - 2 étages de ruban en hauteur

- b - 1 seul ruban entrant et sortant du même côté.

mesures sur les placages humides au début du séchage, mais ce n'est pas possible avec les appareils de mesures électriques. On a bien testé divers procédés de conditionnement des placages en fin d'opération, mais tous se sont montrés d'une durée trop élevée et supérieure même à celle du séchage. Nous signalons qu'il est possible, à notre avis, d'améliorer cette climatisation finale et de corriger certains incidents (le collapse en particulier) qui entraînent un retrait excessif des placages dans leur largeur. Le principe théorique de cette climatisation qui ne peut être envisagée qu'à l'aide de séchoirs à tuyères est le suivant (figure 11) :

- a) une première partie du tunnel fonctionne à une température de 170 à 180 °C jusqu'au moment où le placage atteint une humidité de 20 à 25 %.
- b) une seconde partie, où les tuyères soufflent de la vapeur à 100 °C, ce qui permet d'éliminer les tensions et surtout le collapse.
- c) une troisième partie, où les tuyères soufflent de la vapeur surchauffée, à pression atmosphérique et à une température variable suivant l'humidité finale désirée, par exemple 110 °C pour atteindre 7 %, 120 °C pour obtenir 4,5 %. On obtiendrait ainsi en fin de séchage une humidité bien déterminée en réglant automatiquement la température de surchauffe. Ce procédé réalisable qui augmenterait toutefois les durées de séchage en faible proportion, n'a pu malheureusement être encore essayé au stade industriel.

2 - TYPES DE SECHOIR TUNNEL : Sur le plan pratique, il existe des séchoirs :

- pour sécher les feuilles ou les "arrondis"
- pour sécher le ruban complet déroulé

a) Séchoirs à feuilles : Ils peuvent fonctionner suivant le système ancien où l'air, comme nous l'avons dit, est soufflé parallèlement à la surface des placages. Ils présentent des inconvénients : durée de séchage plus élevée et mauvaise répartition de l'humidité sur la largeur des placages au cours de l'opération pouvant provoquer certains incidents.

Le transport des placages se réalise soit par rouleaux (épaisseur supérieure à 10/10 mm), soit par tapis, pour les placages tranchés par exemple. Le nombre d'étages de placages est limité à trois ou quatre en général, à cause des difficultés d'approvisionnement du séchoir.

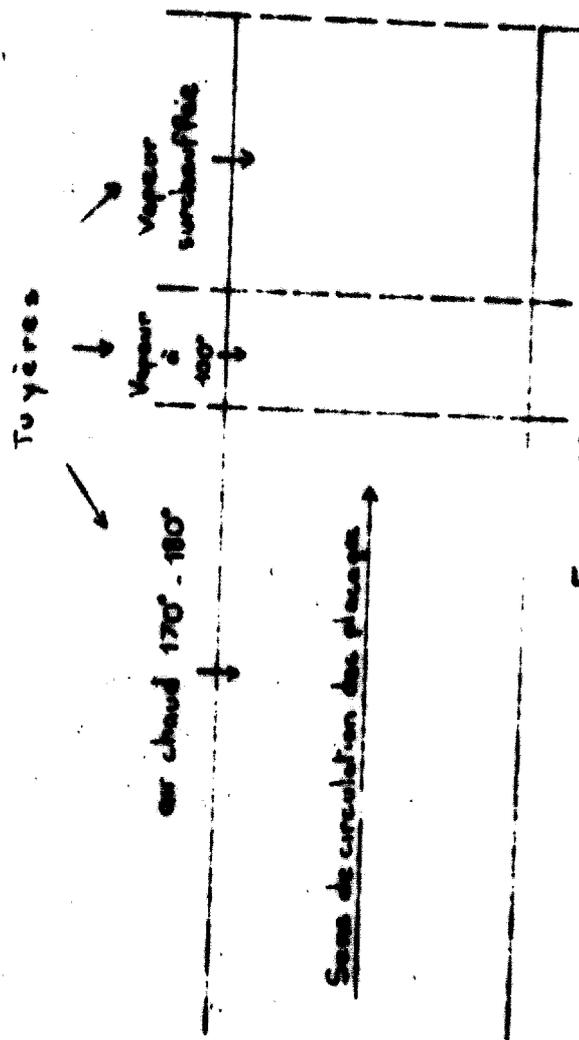


Figure 11

Principe d'un sécheur avec alimentations séparées des fluides séchants

Dans les types plus récents où l'air est soufflé perpendiculairement à la surface des placages (séchoirs à tuyères), la durée de séchage est très réduite et l'humidité dans la largeur pratiquement identique. Le transport est réalisé comme dans le cas précédent.

- b) Séchoirs pour séchage du ruban complet : Seuls les séchoirs à tuyères peuvent ici donner satisfaction. La différence avec le type correspondant du séchoir à feuilles consiste en l'emploi d'un "tapis spécial" qui permet de compenser le retrait du bois au cours du séchage d'un ruban de plusieurs centaines de mètres, ce qui n'est pas possible avec des rouleaux. En général il y a un ou deux étages de placages. Ce système a été difficilement mis au point mais donne actuellement toute satisfaction. Ces séchoirs, pour une même production, demandent plus d'investissement que le séchoir à feuilles, mais, par contre, il présente certains avantages : obtention plus aisée de belles feuilles pour les plis extérieurs des contreplaqués et surtout économie de main-d'œuvre par suppression d'un masicotage avant séchage. (figure 10).
- c) Types divers de séchoirs : D'autres procédés peuvent être envisagés pour le séchage des placages tranchés et déroulés, mais ne peuvent plus, à notre avis, concurrencer surtout économiquement parlant les séchoirs tuyères qui donnent des durées de séchage moins élevées. Nous signalons entre-autres :
- les séchoirs "à pulsations", destinés uniquement au séchage des placages dans les usines de contreplaqués. Le transport des placages se réalise par rouleaux et les placages passent entre des séries de plaques chauffantes à 150 - 180° C qui s'ouvrent automatiquement, peu de temps, durant que le placage circule et se referment rapidement lorsque le placage est arrêté ; la transmission de chaleur se fait dans ce cas par conduction. Plusieurs rangées de plaques sont disposées dans la hauteur du séchoir et une soufflerie d'air est réalisée en sens contraire de la circulation des placages pour l'évacuation de l'humidité.
 - les séchoirs par rayonnement infra-rouge : Ils pourraient à l'occasion être envisagés pour de faibles productions, mais leur coût de fonctionnement serait actuellement relativement élevé.

CHAPITRE XII

QUESTIONS ECONOMIQUES SUR LE SECHAGE DES PLACAGES

Ces questions sont relativement moins importantes que dans le cas des bois massifs. Aucun choix n'est en effet pratiquement à considérer du fait que les types de séchoirs actuels sont peu nombreux et que les séchoirs à tuyères sont, pour le moment au moins, les seuls à présenter des avantages intéressants sur le plan technique.

Seule existe à ce sujet la différence que nous avons déjà signalée, sur la question "investissement" des séchoirs à ruban complet, mais qui, à notre avis, doit jouer très peu dans le cas des usines modernes de contreplaqués de très forte production journalière où la question de durée de séchage est primordiale.

Il y aurait peut-être des améliorations à apporter dans la réalisation des séchoirs tunnels sur le plan économique, la chaleur de l'air humide évacué au-dehors à des températures élevées pourrait sans doute être récupérée à condition toutefois que cette récupération soit rentable.

Nous n'avons malheureusement aucune donnée précise sur le prix de revient du séchage des placages dans diverses industries ; aucune étude générale, à notre connaissance, n'a été publiée jusqu'à présent dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES GENERAUX SUR LE SECHAGE DES BOIS

- F. UTERHARCK. - Handbuch für künstliche Holz Trocknung. - 1940.
- T. TUOMOLI. - Über die Holz Trocknung. - Helsinki, 1943.
- W.C. STEVENS. - G.H. Pratt - Kiln operators handbook. - Ministry of Technology. London 1969
- F. KOLLMANN. - Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe - München, 1955.
- A. VILLIERE. - Le séchage des bois. - Paris, 1966.
- P. KOCH. - Utilization of the Southern Pines. - U.S. Department of Agriculture Forest Service Agriculture Handbook 42 - Tome II, 1972.
- M. Salamon - High Temperature drying and its effects on wood properties. Forest Products J. March 1969. 19 (13) P. 27-34

ARTICLES DIVERS

a) Séchage à "basse température"

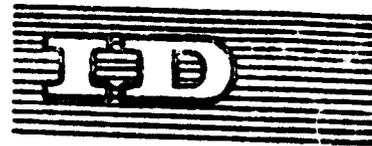
- J.R. PFEIFFER. - Forced air-drying fags dividends. - Forest Products Journal, Nov. 1958.
- C.L. JOHNSON. - Wind-powered solarheated lumber dryer. - South Lumberman, oct. 1961.
- E.C. PECK. - Drying 4/4 red oak by solar heat. - forest Products Journal, march 1962.
- R.N. WYNANDS. - Predrying of Scots Pine. - Wood, August 1963.
- W.G. KAUMANN - G.W. WRIGHT. - Predrying in Australia. - The Australian Timber Journal, n° 11, 1968.
- Solar drying of tropical Hardwoods. - Institute of Tropical Forestry, Rio Pedras - Puerto Rico Forest Service Research Paper 1772, April 1966.
- M.Y. CECH - D. HUFFMAN. - Low temperature kiln drying of yellow birch lumber. - Forest Products Journal, February 1968.
- Report of seminar on alternatives for timber drying. - Forest Products Laboratory - Princeps Risborough, December 1968.
- A. VILLIERE. - Chambres chaudes hollandaises. - Bulletin d'Informations Techniques de Centre Technique du Bois - n° 61 - 1972.

b) Questions économiques

- G.W. WRIGHT. - Factors affecting seasoning economics. - The Australian Timber Journal, Dec. 1962.
- F.W. GUERREY. - Kiln drying cost factor in British Columbia. - British Columbia Lumberman, January 1963.
- A. VILLIERE. - Etude théorique et comparative des prix de revient des bois séchés à l'air ou au séchoir. - Bois et Forêts des Tropiques, juin 1968.
- B.D. WOODHEAD. - The economics of drying framing timbers. - The Australian Timber Journal, January 1971.

c) Placage

- A. VILLIERE. - Le séchage des placages dans l'industrie du contreplaqué. - Bois et Forêts des Tropiques, juillet-août 1964.



United Nations Industrial Development Organization

Distr.
LIMITED

ID/WG.151/12
4 June 1973

ENGLISH
Original: FRENCH

Technical Meeting on the Selection
of Woodworking Machinery

Vienna, Austria, 19 - 23 November 1973

SELECTION OF WOOD DRYING EQUIPMENT^{1/}

by

André Villiere
Professor at the École Supérieure du bois
Head of the Research and Testing Department
at the Technical Woodworking Centre,
Paris, France.

SUMMARY

After summarizing the purposes of wood drying, the author reviews in the first part the drying of "solid wood". Traditional open-air drying, although completely satisfactory in many cases, is now sometimes replaced by so-called "low temperature" drying ($25^{\circ} - 40^{\circ}\text{C}$), using relatively recent processes with warm chambers which operate either on warm water or by the use of refrigeration equipment which will doubtless be further developed in the future. Artificial drying in warm, humid air ($40^{\circ} - 80^{\circ}\text{C}$) is then described with specifications and improvements to be provided for in the actual construction of various parts of a conventional oven (compartment or conveyor ovens). An examination is made of current systems of regulation, designed to facilitate the performance of an operation, such as semi-automatic control (automatic regulation of air conditions) with which all ovens should be equipped and fully automatic regulation of operations which does not, at least for the present, appear to be warranted for purposes of obtaining correctly seasoned timber in the minimum possible time.

^{1/} The views and opinions expressed in this paper are those of the author and do not necessarily reflect the views of the secretariat of UNIDO. This document has been translated from an unofficially edited text.

Some general information is then given on special dryers (high temperature and centrifuge) which appear to be falling into increasing disuse, as well as non-conventional drying processes (vacuum, high frequency, tc.) which are sometimes useful in particular cases. The author mentions various possible pre-seasoning treatments of which one (sap removal) is still frequently used for hardwoods while the other (chemical seasoning) makes it possible to avoid the risk of cracking, particularly during open-air or low temperature drying. Lastly, reference is made to certain general questions relating to the choice of dryers, the mode of operation (continuous or intermittent), the length of the operation etc., concluding with the economic aspect of the drying of solid woods. While various processes are now technically satisfactory, the cost price per cubic metre of seasoned wood is the sole criterion which any manufacturer (each case is different) should take into consideration when deciding, on the basis of all known factors, to select a particular process - his aim being to obtain high quality wood at a minimum cost price.

In the second part, the drying of cut or peeled veneers is studied. For cut veneers, open-air drying is to an increasing degree being replaced by artificial drying by special drying machines (dryers with perforated drums) or conventional conveyor ovens similar to those used in laminated wood factories for peeled veneers (either by sheets or for the entire flow of veneer). It should be noted that these conveyors have been greatly improved during the last twenty years, due to the use of nozzle tubes which offer distinct technical advantages.

Economic factors in this area are totally different in nature from those related to solid woods, due to the fact that the highest priority is given to the length of drying - a bottle-neck in the veneer production cycle in any modern plant.



Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Distr.
LIMITEE

ID/WG.151/12 Corr.1

30 November 1973

ORIGINAL: FRANCAIS

Réunion technique sur le choix des machines
à utiliser pour le travail du bois

Vienne (Autriche) 19-23 novembre 1973

SELECTION D'EQUIPEMENT POUR LE SECHAGE DU BOIS

par

André Villière
Professeur à l'École Supérieure du Bois
Chef de Service des Recherches et Essais
au Centre Technique du Bois à Paris, France

CORRECTION

Page 32, ligne 18:

Remplacer "10,3 SP, 1e m³ (US\$ 2.00 environ)" par
"30,3 SP, 1e m³ (US\$ 5.90 environ)".



3 . 9 . 74