

Les panneaux à base de bois

ÉTUDE FAO
FORÊTS

116

Organisation
des
Nations
Unies
pour
l'alimentation
et
l'agriculture



Rome, 1993

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

M-38
ISBN 92-5-203438-2

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche bibliographique ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit: électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, en indiquant les passages ou illustrations en cause.

© FAO 1993

PREAMBULE

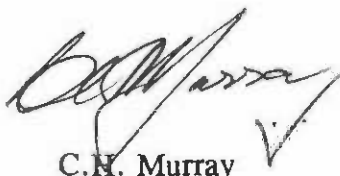
Dans le cadre de ses activités, le Département des Forêts de l'Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation attache une importance particulière aux industries forestières.

Le secteur des panneaux à base de bois et de bois reconstitué offre des perspectives spécialement intéressantes tant d'un point de vue technologique qu'écologique. En effet ces panneaux offrent actuellement des caractéristiques qui non seulement en font des matériaux spécialement adaptés aux techniques modernes de construction, mais offrent une haute valorisation du produit bois, minimisant ainsi l'impact écologique de cette industrie. Grâce aux technologies modernes de production de ces panneaux, il est possible d'accroître nettement l'utilisation des résidus ligneux d'autres industries, telle que l'industrie papetière entre autres.

Le présent document sera particulièrement intéressant pour la préparation de projets car il présente, en un seul document, les informations essentielles relatives aux aspects techniques et financiers du développement de l'industrie des panneaux à base de bois.

Ce document est fondé sur le travail de Monsieur D. Coutrot, Consultant, qui en 1992 a effectué les recherches et préparé le document de base pour cette publication.

Il est souhaité que ce document fournisse quelque assistance aux sociétés et pays intéressés à développer et promouvoir une industrie de panneaux à base de bois.



C.H. Murray
Sous-Directeur Général
Département des Forêts

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIÈRES	v
TABLE DES ABREVIATIONS	ix
I. INTRODUCTION	1
II. LISTE DES PRODUITS EXISTANTS DANS LE DOMAINE "PANNEAU"	3
1. PRODUITS SIMPLES ET COMMERCIALISABLES	3
1.1 Placages obtenus par déroulage	3
1.2 Placages obtenus par tranchage	3
1.3 Production	3
1.4 Principaux fabricants de machines pour le déroulage ou pour le tranchage	4
1.5 Investissements	5
2. PRODUITS OBTENUS PAR RECONSTITUTION	6
2.1 Reconstitution à partir d'éléments de bois de dimensions importantes (placages, lattes)	6
2.1.1 Les bois massifs reconstitués (ou panneaux BMR ou panneaux paneautés)	6
2.1.2 Les lamellés collés	6
2.1.3 Les lamibois ou L.V.L. (laminated veneer lumber)	7
2.1.4 Les panneaux lattés	7
2.1.5 Les panneaux contreplaqués	7
a) Constitution	7
b) Production - Investissements	8
c) Principales caractéristiques et utilisations	11

2.1.6	Le parallam	11
2.1.7	La poutre scrimber	11
2.2	Reconstitution à partir d'éléments de bois de petites dimensions (copeaux, fibres)	12
2.2.1	Le panneau de particules	13
a)	Types de panneaux	13
i)	Le panneau de particules classique	13
ii)	Le panneau de grandes particules orientées	13
iii)	Le panneau gaufré (grandes particules)	17
iv)	Le panneau de particules bois-ciment et pan- neaux à liants minéraux	17
v)	Le panneau de laine de bois-ciment	17
vi)	Le panneau de particules extrudé	18
vii)	Le panneau de particules moulé	18
viii)	Les briquettes agglomérées	18
b)	Production et investissements	18
c)	Principales caractéristiques et propriétés	21
2.2.2	Le panneau de fibres	23
a)	Types de panneaux	24
i)	Le panneau de fibres dur	24
ii)	Le panneau de fibres de moyenne densité (MDF)	24
iii)	Le panneau de fibres isolant	25
iv)	Autres types de panneaux de fibres	25
b)	Production et investissements	27
c)	Principales caractéristiques et propriétés	29
2.3	Reconstitution à partir d'autres éléments ligneux	29
3.	TABLEAU DE COMPOSITION DES PRODUITS	31
4.	TABLEAU DES AVANTAGES COMPARES DE DIVERS PRODUITS PANNEAUX	33

5.	TABLEAU INDICATIF DE COUT DE CERTAINS PRODUITS PANNEAUX	35
6.	TABLEAU COMPARATIF D'INVESTISSEMENTS RAPPORTES AU M ³ DE PRODUIT FINI	36
III.	LES LIANTS DANS L'INDUSTRIE DU "PANNEAU"	37
1.	LES GRANDES FAMILLES DE LIANTS	37
1.1	Liants aminoplastes	37
1.1.1	Caractéristiques et utilisations	37
1.1.2	Environnement	39
1.2	Liants phénoplastes	39
1.2.1	Caractéristiques et utilisations	39
1.2.2	Environnement	40
1.3	Autres types de liants	40
1.3.1	Caractéristiques et utilisations	41
1.3.2	Environnement	41
2.	TABLEAU DES LIANTS LES PLUS COURANTS	44
3.	LES SUBSTITUANTS ET ECONOMISEURS	44
3.1	Les liqueurs noires de papeterie	44
3.2	Les tanins	46
IV.	PERSPECTIVES	47
	BIBLIOGRAPHIE	49

TABLE DES ABREVIATIONS

CTFT	=	Centre Technique Forestier Tropical
DM	=	Deutsche Mark
L.V.L.	=	Laminated Veneer Lumber ou Lamibois de placage
MDF	=	Medium Density Fibreboard, Panneau de Fibres de Moyenne Densité
MDI	=	Colle Isocyanate, il s'agit des Diphényl-méthyl-diisocyanates
MUF	=	Colle Mélamine-Urée-Formol
O.S.B.	=	Oriented Strand Board, panneau de grandes particules orientées
Panneau BMR	=	Panneau Bois Massif Reconstitué
PF	=	Colle Phénol-Formol
TCRC	=	Trancheuse Circulaire à Rayon Constant
TGV	=	Train à Grande Vitesse
UF	=	Colle Urée-Formol
US\$	=	Dollar USA

I. INTRODUCTION

Ce document a été préparé pour permettre un meilleur choix dans le développement de projets dans le domaine des industries du panneau à base de bois et de bois reconstitué, pour les divers pays demandeurs. Il comporte une revue rapide des procédés de production pour les plus importants produits, une description des caractéristiques les plus importantes, ainsi qu'une indication des montants d'investissement estimés. De plus une étude rapide sur les colles pour les produits de type panneaux, et l'impact de ces produits sur l'environnement sont présentés dans ce document.

II. LISTE DES PRODUITS EXISTANTS DANS LE DOMAINE "PANNEAU"

Production - Investissements - Caractéristiques

1. PRODUITS SIMPLES ET COMMERCIALISABLES

Il s'agit de produits obtenus par deux opérations maximum:

- Une opération de débit
- Une opération de séchage

(Il peut y avoir une opération de finition mais elle n'est pas obligatoire.)

Ces produits peuvent être commercialisés en l'état, ils sont des produits semi-finis. Dans ces produits on va trouver surtout des produits de type placages.

1.1 Placages obtenus par déroulage

Ils sont principalement destinés à la fabrication du contreplaqué.

1.2 Placages obtenus par tranchage

Ils sont considérés comme des produits décoratifs. Leur principale utilisation sera le placage de produits bois reconstitués comme les panneaux.

1.3 Production

La production des placages se fait soit par sciage, soit par déroulage, soit par tranchage.

Le sciage est la méthode la plus traditionnelle, il s'agit du sciage de long et il n'est plus pratiqué au niveau industriel.

Le **déroulage**, comme le **tranchage**, sont des opérations d'usinage du bois dites sans enlèvement de copeau. Le produit généré par la coupe est le produit fini, le placage.

Dans le cas de déroulage la machine utilisée est une dérouleuse. La bille de bois est positionnée entre deux griffes et entraînée en rotation par celles-ci. Un couteau, au contact de la bille, enlève le copeau de bois. Tant que la bille n'est pas terminée ou que, mécaniquement il est possible d'enlever du bois, l'opération se continue.

L'opération de déroulage est en elle-même relativement simple. Elle nécessite de la part du conducteur de la machine: une bonne connaissance de sa machine, une bonne connaissance du bois et des produits à obtenir.

Les dérouleuses sont des machines qui actuellement sont de plus en plus sophistiquées. En effet les paramètres de coupe (l'opération de déroulage) tels que vitesse de rotation, positionnement du couteau et de la barre de pression, etc., sont définis par ordinateur.

Une opération très importante dans le déroulage est le centrage du bois. Dans les débuts du déroulage, il se faisait manuellement, aujourd'hui des systèmes informatisés permettent de calculer le centrage idéal de la bille considérée et ainsi, d'optimiser le rendement volumétrique utile.

Dans le cas de tranchage, la machine utilisée procède par coupes successives qui peuvent être soit rectilignes soit curvilignes. La bille de bois, suivant le type de machine est soit immobile, soit en mouvement.

Dans les trancheuses les plus anciennes, la bille de bois est immobile et c'est l'ensemble de coupe qui se déplace. Dans les machines modernes, l'ensemble de coupe est immobile et le bois se déplace. En fonction de l'orientation du mouvement, on distingue des trancheuses horizontales et des trancheuses verticales.

L'opération de tranchage est simple, il s'agit d'une opération de coupe. Elle nécessite de la part du conducteur de machine une bonne connaissance du bois et de sa machine pour les réglages (dans les trancheuses horizontales, le réglage se fait en aveugle). Il est nécessaire d'obtenir des placages ayant des qualités décoratives ainsi qu'une régularité d'épaisseur et une qualité de surface, les bois tranchés étant des bois dits précieux avec une valeur commerciale importante.

Les placages ainsi obtenus sont séchés, soit à l'air soit plus généralement dans des séchoirs à tapis ou à rouleaux. Le vecteur de la chaleur est l'air chaud. On chauffe à température relativement élevée (150 à 200°C) et l'épaisseur du produit à sécher étant faible, les temps de séchage sont courts et la productivité bonne.

Pour les bois fragiles et précieux (en général les placages tranchés), une technologie de séchoir à tapis lourd, faisant office de fer à repasser a été développée. Ce système permet de sécher les placages en les gardant plans.

Après l'opération de séchage, les placages sont triés, certains peuvent être réparés ou aboutés ou jointés.

1.4 Principaux fabricants de machines pour le déroulage ou pour le tranchage

On peut citer pour les dérouleuses ou les trancheuses les fabricants suivants:

- Raute, société finnoise, implantée dans le monde entier. Ils sont spécialistes du déroulage et de l'utilisation des petits bois pour le déroulage. Ils fabriquent des dérouleuses et des séchoirs pour les placages.

- Coe, société américaine, spécialiste du déroulage, fabricant de dérouleuses et de séchoirs.
- Angelo Cremona & Figlio, société italienne, fabricant de dérouleuses, de trancheuses et de séchoirs.
- Colombo Cremona, société italienne, construisant des trancheuses, des dérouleuses et des séchoirs.
- Babcock-BSH, société allemande construisant des trancheuses, des dérouleuses et des séchoirs.
- Marunaka Tekkosho Inc., société japonaise, constructeur d'un type de trancheuses dans lesquelles le bois est tranché dans le sens de la longueur de la bille.

Cette liste n'est absolument pas exhaustive; d'autres fabricants existent comme Keller en Allemagne, Fezzer au Brésil ou d'autres fabricants locaux moins connus.

1.5 Investissements

Pour la production de placages déroulés ou tranchés, l'unité à prévoir est la suivante:

- Une partie préparation et stockage du bois avec:
 - parc à bois, écorçage, tronçonnage, étuvage et, pour le tranchage, une scie à grumes pour la préparation des quartelots;
- Une partie fabrication proprement dite avec:
 - la dérouleuse et son centreur ou la trancheuse et les systèmes d'évacuation des déchets qui peuvent représenter jusqu'à 50 % des grumes travaillées;
- Une partie finition avec:
 - poste de tri et réparation, magasin de stockage, massicots, poste d'emballage.

Le montant de l'investissement est fonction du volume et de la production recherchés. Pour une production faible, il se situera autour de: 4,5 millions de Marks (DM), environ: 2,8 millions US\$,¹ usine de tranchage consommant 3 000 m³ de grumes par an; autour de 10 millions de Marks (DM), environ 6,3 millions US\$,¹ pour une usine de tranchage ayant une consommation de 17 500 m³ de grumes par an; 7,5 millions de Marks (DM), 4,7 millions US\$,¹ pour une unité de déroulage consommant 90 000 m³ de grumes par an.

¹ Taux de change US\$/DM = 1/1,603 le 30 novembre 1992

2. PRODUITS OBTENUS PAR RECONSTITUTION

2.1 Reconstitution à partir d'éléments de bois de dimensions importantes (placages, lattes)

Ces produits sont en général obtenus par un cycle de 5 opérations:

- une opération de débit;
- une opération de séchage;
- une opération d'encollage;
- une opération de pressage;
- Une opération de finition (l'opération de finition est obligatoire, elle est surtout une opération de ponçage, elle peut comporter également des opérations de réparation).

Les produits, obtenus par ce type de reconstitution, sont dans l'ensemble des matériaux ayant des caractéristiques mécaniques importantes. Pour certains, les caractéristiques mécaniques moyennes peuvent être supérieures à celles des bois dont ils sont issus.

Leur fabrication peut être en continu ou en discontinu. On trouvera dans ces produits:

2.1.1 Les bois massifs reconstitués (ou panneaux BMR ou panneaux panneautés)

Ils sont constitués de lamelles de bois obtenues par sciage à partir de petits bois ou de déchets de scieries et collées fil sur fil après leur séchage. Les lamelles ont des sections variables, fonction de la destination finale du panneau et des longueurs variables, fonction des longueurs de bois disponibles.

Un aboutement par entures (ou autre) peut être pratiqué pour augmenter les longueurs des lamelles.

Les colles utilisées sont fonction de l'usage du produit obtenu. Pour un usage extérieur ou pour un usage dans des lieux à risques importants d'humidification (murs extérieurs, salles d'eau), on utilisera des colles de type résorcine, MUF ou vinyliques renforcées, pour les autres usages (meuble, usage interne hors structure, cloison sèche) on utilisera alors des colles de types urée-formol ou vinyliques.

2.1.2 Les lamellés collés

Ils sont constitués de lamelles de bois de largeur et longueur variables en fonction des demandes. L'épaisseur des lamelles est de l'ordre de 50 mm pour les cas les plus habituels. Les bois utilisés sont en général des grumes de petits diamètres. Les lamelles peuvent être aboutées par entures.

Les lamelles sont collées fil sur fil après leur séchage. On augmente ainsi la résistance mécanique moyenne de ce produit tout en obtenant des longueurs beaucoup plus importantes.

Les colles utilisées sont en général des résorcines; parfois, pour des usages bien déterminés, il est possible d'utiliser des aminoplastes (UF ou MUF).

2.1.3 Les lamibois ou L.V.L. (laminated veneer lumber)

Ce sont des produits constitués de placages collés fil sur fil. Les placages sont obtenus par déroulage ou par tranchage. Quand les placages sont obtenus par déroulage, on parlera de "lamibois de placages", ces placages ont en général une épaisseur de 30 à 120/10 mm. Les colles utilisées sont soit des résorcines ou des phénoliques, soit des colles aminoplastes. Leur fabrication est proche de celle des contreplaqués.

L'homogénéisation par la dispersion des singularités du bois par la découpe en placages de faibles épaisseurs permet de gagner sur les valeurs mécaniques moyennes et de fabriquer de grandes longueurs. L'assemblage des placages se fait soit en les jointant par une coupe biseau ("scarf"), soit en pratiquant un joint monté. Les L.V.L. sont généralement faits en résineux mais tout récemment la première usine de L.V.L. utilisant des bois feuillus a démarré au Québec (source *World Wood*, août 1992).

Il existe deux grands produits de ce type commercialisés dans le monde: Le "microlam" fabriqué aux États-Unis par Trust Joist et le "kertopuu" fabriqué en Finlande et aux États-Unis par Metsaliitto.

Quand il s'agit de lamelles obtenues par tranchage, on parlera de "lamibois de lamelles". Ces lamelles ont en général une épaisseur de 60/10 mm et sont produites par tranchage sur la trancheuse circulaire à rayon constant (TCRC). Les lamelles sont ensuite séchées et assemblées fil sur fil.

2.1.4 Les panneaux lattés

Ils sont constitués de lattes de bois obtenues par sciage, séchage, calibrage en épaisseur et ensuite assemblées à plat-joint. Ces lattes sont très souvent découpées dans les noyaux de déroulage provenant des industries du contreplaqué. Ces panneaux, ayant des qualités de résistance mécanique limitées, sont, le plus souvent, recouverts avec des placages déroulés. Ce sont des panneaux conçus pour l'ébénisterie mais il leur est reproché d'avoir du "télégraphing", c'est à dire de laisser apparaître le dessin des lattes au travers du placage. Les lattes ont généralement des sections comprises entre 25 x 25 mm et 40 x 40 mm.

2.1.5 Les panneaux contreplaqués

a) **Constitution**

Ils sont constitués de placages assemblés à fils croisés. Les panneaux de contreplaqué sont, dans le type de panneaux de ce chapitre, les plus fabriqués dans le monde. Par le croisement des fils du bois, ils sont quasi isotropes dans deux directions pour les propriétés mécaniques et la stabilité dimensionnelle.

Leurs caractéristiques mécaniques associées à une certaine légèreté en font des panneaux à usages multiples et variés (on en trouve jusque dans le TGV français). En

fonction des usages, les colles utilisées sont en général, soit des aminoplastes (UF ou MUF), soit des phénoplastes. 90 % de la production de ce type de panneaux et 79 % de leur utilisation sont concentrées dans le bassin Asie-Pacifique. Il se fabrique environ 48 millions de m³ par an de contreplaqués. (Schéma 1: Composition des contreplaqués et des lattés.)

b) Production - Investissements

La production de contreplaqué se fait généralement suivant le schéma:

BOIS => PREPARATION DES BOIS => MISE EN PLACAGES => SECHAGE => PRÉPARATION DES PLACAGES => ENCOLLAGE => COMPOSITION => OPERATIONS DE PRESSAGE => OPERATIONS DE FINITION
--

Le schéma 2 donne une idée de la suite des opérations de fabrication en unité de fabrication de contreplaqué.

La différence entre les contreplaqués est surtout marquée par le nombre et l'épaisseur des plis, la qualité de la colle employée et les bois utilisés.

On peut utiliser tous les bois pour le contreplaqué à condition qu'ils soient déroulables (certains bois trop durs ne sont pas déroulables dans des conditions économiquement rentables).

Les principales sociétés pouvant fournir des unités complètes de production de contreplaqué sont:

- Raute, société finnoise, implantée dans le monde entier. Ils fournissent les unités de l'étuve à l'emballeuse.
- Coe, société américaine.
- Angelo Cremona & Figlio, société italienne.
- Colombo Cremona, société italienne.
- Babcock-BSH, société allemande.
- SERIBO, société française.

Cette liste n'est nullement exhaustive et il existe d'autres fournisseurs d'usine de contreplaqué.

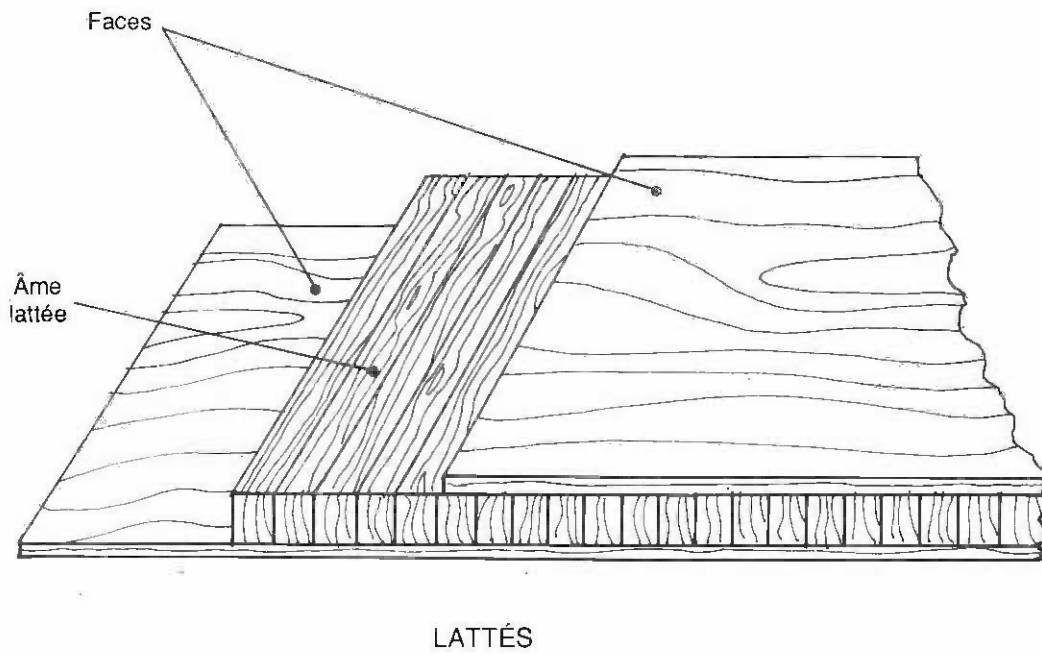
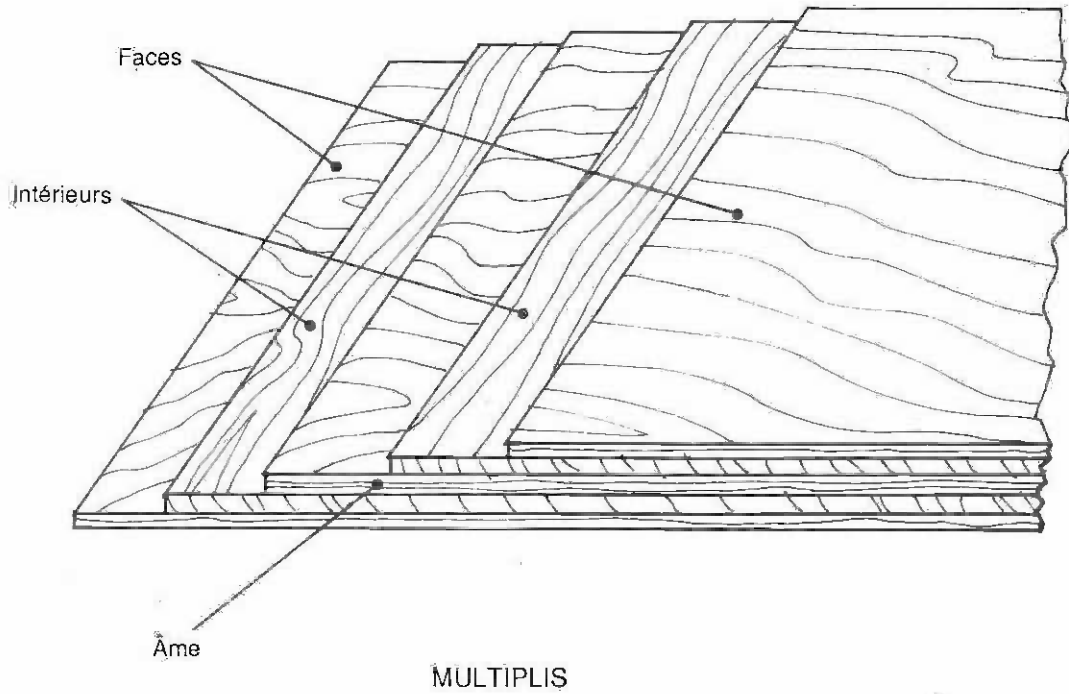
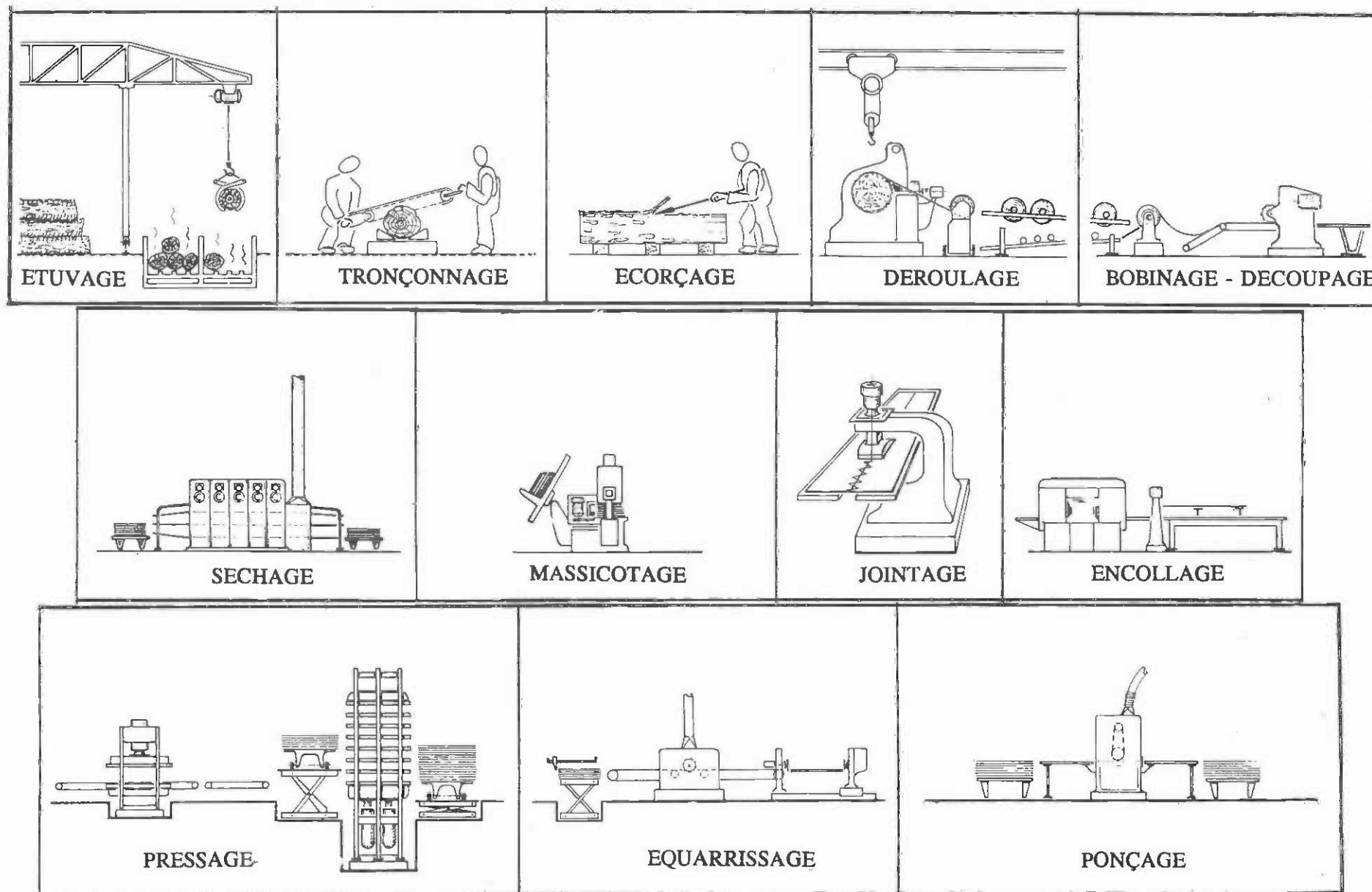


Schéma 1: contreplaqués



SCHEMA 2: Schéma de préparation du panneau de contreplaqué

c) Principales caractéristiques et utilisations

La première caractéristique retenue pour les contreplaqués est le type de collage. On distingue quatre type de collages:

- Collage de type 1: panneaux pour emploi intérieur, à collage non résistant à l'humidité;
- Collage de type 2: panneaux à collage résistant à l'humidité;
- Collage de type 3: panneaux à collage résistant à l'eau;
- Collage de type 4: panneaux à collage résistant à l'humidité, l'eau et les intempéries.

Les autres caractéristiques sont des caractéristiques physiques et mécaniques. Elles dépendent beaucoup des caractéristiques des bois utilisés et des collages réalisés.

Le module d'élasticité est, pour des fabrications classiques, de l'ordre de 4 000 à 8 000 MPa. Il existe un certain nombre de marques de qualité de contreplaqué dont les plus connues sont: WBP, NF-Extérieur CTB-X, AX-100.

Matériau léger avec de bonnes propriétés mécaniques et physiques, le contreplaqué est un matériau tous usages. Il est surtout utilisé comme matériau de structure (entre 40 et 60 % de ses utilisations). Il est aussi très employé dans le meuble (20 % de ses utilisations). Le choix du contreplaqué et du type de collage est fonction de l'usage qui est fait du panneau.

2.1.6 Le parallam

Le parallam est un matériau mis au point au Canada. Il est de la famille des lamibois. C'est un matériau constitué de placages collés fils sur fils. Les placages, obtenus par déroulage, sont purgés de leurs défauts et ensuite coupés en lamelles étroites d'environ 2 à 3 cm de large et de 2,5 m de long. Ces lamelles enduites d'une colle de type phénolique sont composées parallèlement entre elles, en paquet et pressées ainsi. On obtient un matériau bois reconstitué ayant des caractéristiques mécaniques très importantes et même très supérieures à celle du bois massif dont il est issu.

2.1.7 La poutre scrimber

Nouveau matériau également, la poutre scrimber a été développée en Australie pour l'utilisation des bois d'eucalyptus de petite dimension et la valorisation de ces petits bois. Les tiges sont écorcées, séchées, encollées et pressées pour obtenir un panneau de 12 m de long, 1,2 m de large et 0,124 m d'épaisseur. Ce matériau sera ensuite recoupé pour faire des poutres. La colle utilisée est une colle moussante (colle à expansion) et actuellement le système est en développement pour que le produit soit pressé sur une presse à injection de vapeur.

2.2 Reconstitution à partir d'éléments de bois de petites dimensions (copeaux, fibres)

La fabrication de ces produits requiert un processus en continu qui peut être plus ou moins automatisé et informatisé en fonction du degré d'avancée technologique de l'entreprise.

On y trouve quatre phases principales:

- La préparation du bois (mise en copeaux ou en fibres, triage et séchage);
- L'encollage et la préparation du mat;
- La fabrication proprement dite (avec phase de cuisson sous presse à chaud);
- La finition.

Compte tenu de leur mode de fabrication, entraînant pour tous ces produits une phase de pressage avec réduction d'épaisseur et compression de la matière, il est possible de parler ici de bois comprimés.

La classification des produits se fait en fonction de l'élément de base constitutif, du liant utilisé, du procédé de fabrication, de la matière première utilisée (nous ne parlerons ici que de panneaux fabriqués avec des matières premières ligno-cellulosiques). Dans chaque classe, on trouvera également des sous-classes. On trouve tout d'abord deux grandes catégories de produits, en fonction de l'élément de base:

- Le panneau de particules;
- Le panneau de fibres.

On trouvera dans le tableau suivant un résumé de ces produits.

Les pays ayant des technologies et des moyens importants ont développé de très nombreuses possibilités pour ces panneaux et leur fabrication.

Ces produits sont des produits de bois comprimé, dont les éléments fondamentaux sont assemblés sans direction privilégiée. Ils présentent un ensemble de caractéristiques similaires:

- Isotropie plus ou moins prononcée dans le plan (isotropie presque totale, dans les 3 dimensions pour un type de panneaux de fibres, le MDF = Medium Density Fibreboard - panneau de fibres de moyenne densité).
- Caractéristiques mécaniques inférieures à celles des bois dont ils sont issus.
- Forte réaction de gonflement sous l'action de l'eau ou de l'humidité si le collage n'a pas été renforcé (certains types de panneaux du fait de leur liant et de la quantité de ce liant sont insensibles ou très peu sensibles à l'eau).

2.2.1 Le panneau de particules

Il est composé de particules ou copeaux de bois provenant de la découpe du bois par des machines spécialisées ou provenant des déchets d'autres industries mécaniques du bois comme les scieries. Ces copeaux sont assemblés par un liant polymérisé sous presse chauffante.

Il est intéressant d'énumérer un certain nombre de produits panneaux de particules de bois car leurs usages et leurs propriétés sont très différents, leurs possibilités de fabrication également. Il s'en fabrique autant que de contreplaqués dans le monde (environ 49 million de m³/an) mais les grandes régions productrices et consommatrices sont l'Europe, partie ouest (environ 25 millions de m³/an) et l'Amérique du nord (11 millions de m³/an).

a) **Types de panneaux**

i) *Le panneau de particules classique*

Il s'agit d'un panneau dont les tailles des surfaces des particules sont comprises entre environ 8 cm² et quelques mm² et l'épaisseur entre 0,2 et 0,6 mm. Les particules sont agglomérées avec des liants aminoplastes (UF ou MUF), phénoplastes (PF) ou des isocyanates. Les liants, leur quantité, la masse volumique du panneau, les revêtements déterminent l'usage du produit.

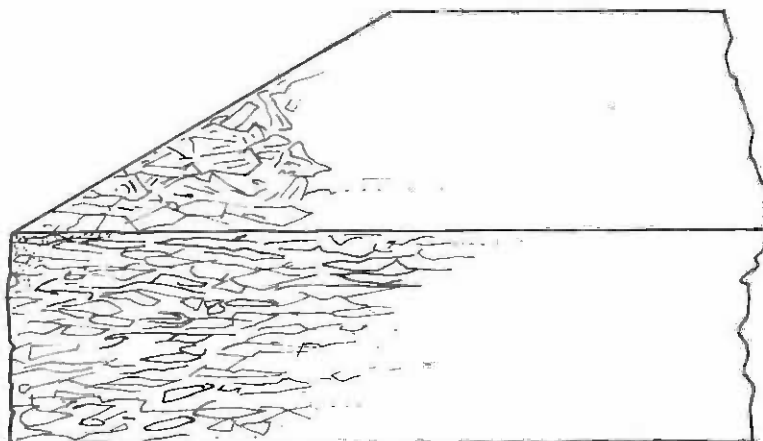
A partir de ce panneau, il existe de nombreuses variantes, qui toutes sont produites par une transformation ou un travail ultérieurs du panneau. On peut citer le panneau de particules surfacé mélaminé ou le panneau replaqué qui sont les plus importants par leur quantité et leurs usages. (Schémas 3 et 4: Exemples de panneaux de particules.)

ii) *Le panneau de grandes particules orientées*

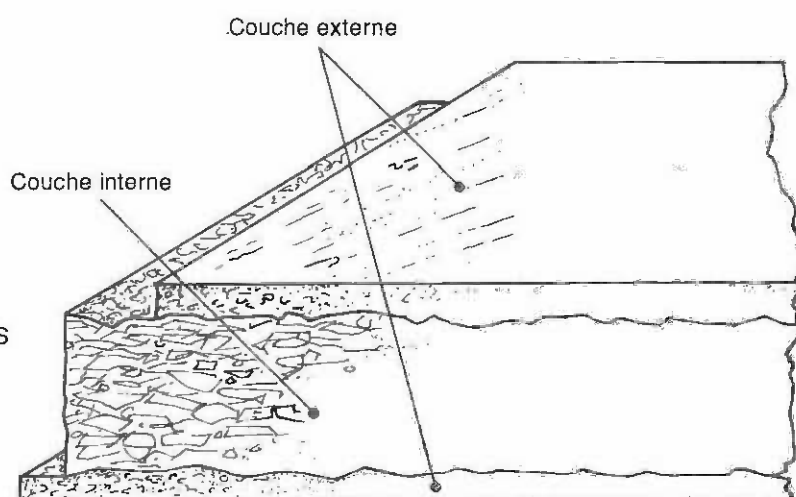
Panneau dont les particules ont des tailles importantes (longueur de 7 à 25 cm, largeur 2 à 3 cm, épaisseur 0,5 à 1 mm) et qui sont orientées dans la même direction lors de la fabrication (schéma 5: Orientation des particules). Il peut être composé de trois couches croisées, ce qui le rapprochera du contreplaqué. Ses caractéristiques mécaniques sont supérieures à celles du panneau de particules classique. Elles sont relativement proches de celles du contreplaqué pour le sens d'orientation des particules. Il est fabriqué avec des liants phénoliques ou mélamine-urée-formol, ce qui lui confère de bonnes caractéristiques de résistance à l'humidité.

Ce panneau est destiné à une utilisation structurelle (support de toiture, contreventement de maisons à ossature bois, etc.). Aujourd'hui dans une région du monde comme l'Amérique du Nord, le panneau O.S.B. connaît un développement important en concurrence avec le contreplaqué (on pense que sa part de marché va augmenter de 50 %, en tant que panneau de structure. (Source *World Wood*, 1992 Panel Review, août 1992.)

PANNEAU MONOCOUCHE



PANNEAU TROIS COUCHES



PANNEAU DE GRANDES PARTICULES ORIENTÉES
(O.S.B.) ICI TROIS COUCHES

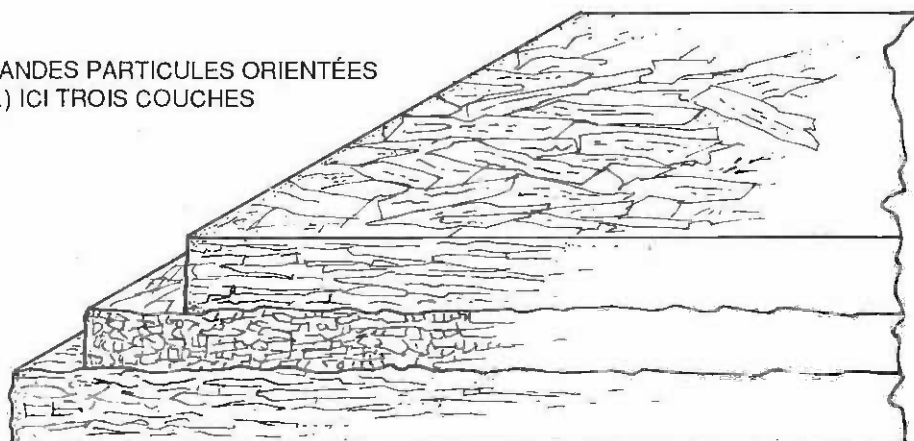
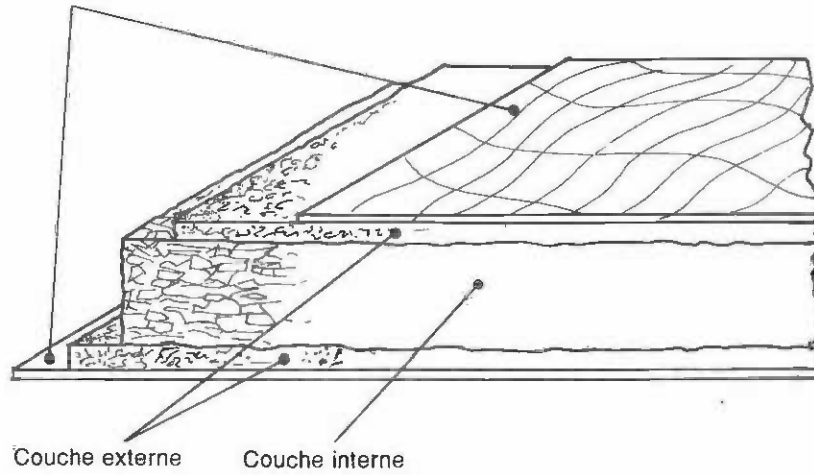


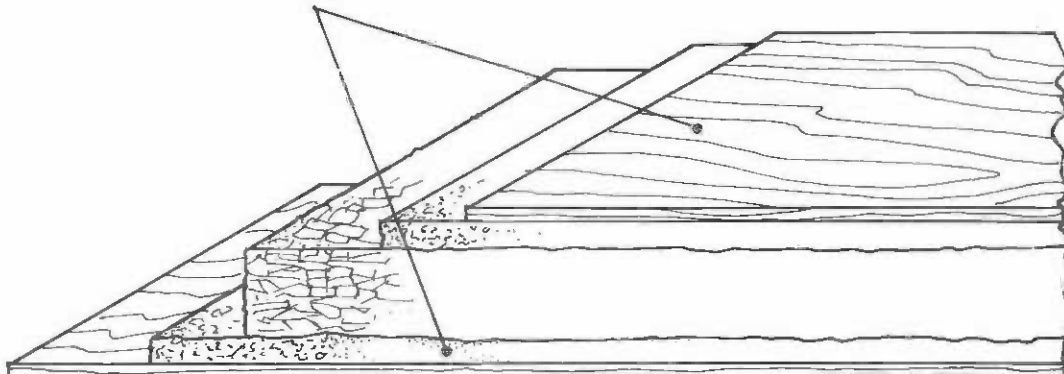
Schéma 3: panneaux de particules pressés à plat

Feuilles de mélamine



PANNEAU DE PARTICULES SURFACÉ MÉLAMINÉ

Feuilles de placage



PANNEAU DE PARTICULES PLAQUÉ

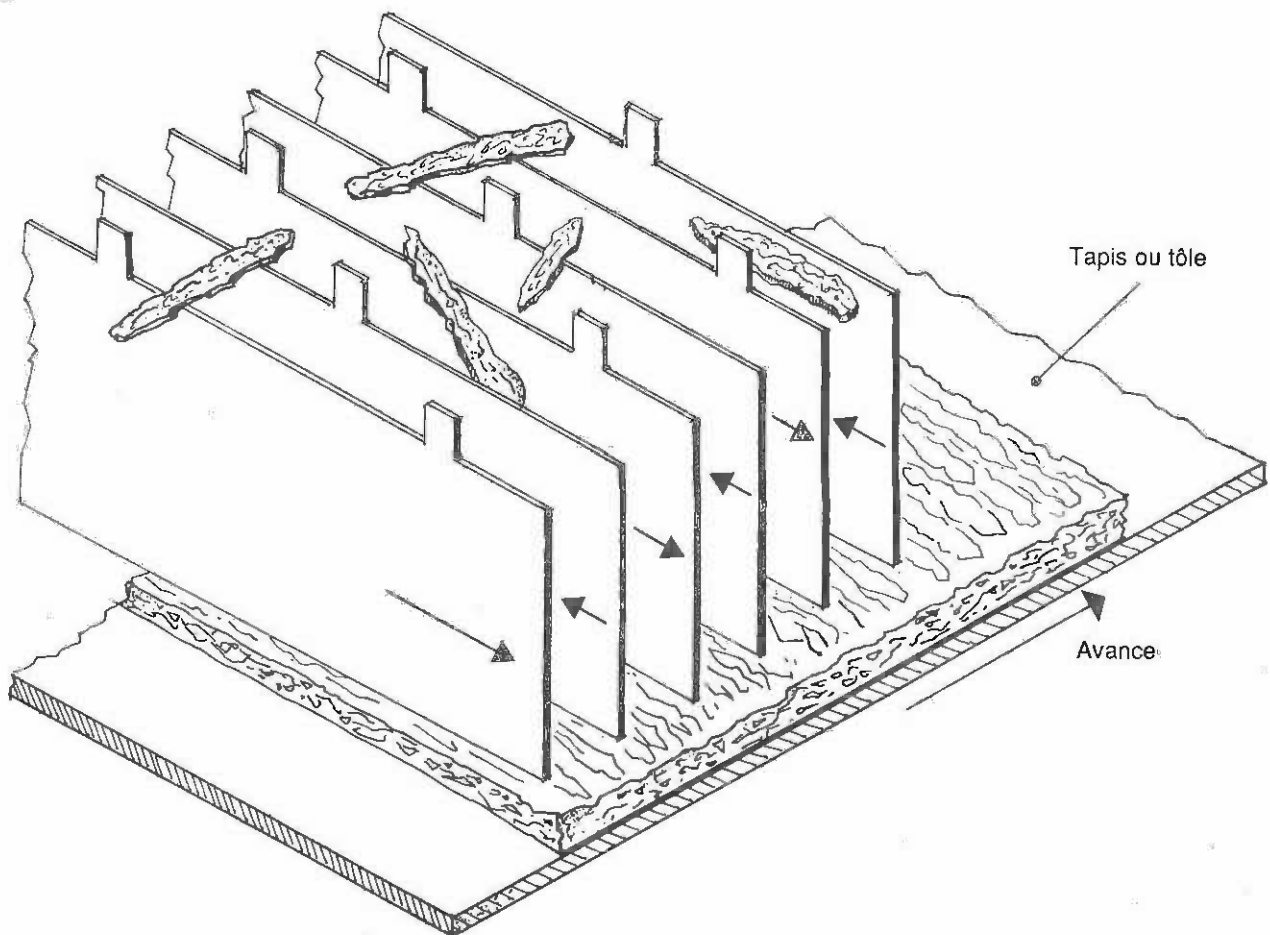


Schéma 5: panneaux O.S.B. Principe d'un système d'orientation des copeaux

Ce panneau, bien qu'étant un panneau de particules, n'est en aucun cas fabriqué à partir de restes d'autres fabrications. Il utilise comme matière première des bois ronds résineux de petit diamètre.

iii) *Le panneau gaufré (grandes particules)*

Ce panneau est aussi appelé "waferboard". Il est composé de grandes particules de bois de tremble essentiellement (elles ont des dimensions de l'ordre de 80 x 80 mm). La colle employée est la colle phénolique à des taux de l'ordre de 2 à 3 % en sec sur sec (colle sèche/bois sec). Il a un usage de remplissage dans les constructions bois. Il est essentiellement développé et utilisé aux Etats-Unis et au Canada.

iv) *Le panneau de particules bois-ciment et panneaux à liants minéraux*

Le liant de ce panneau est le ciment. Il est constitué, en volume de 70 à 80 % de bois et de 20 à 30 % de ciment, mais en poids il est composé de 70 % de ciment environ, de 25 à 28 % de bois et d'un peu d'additifs chimiques pour la minéralisation du bois.

Les caractéristiques mécaniques d'un tel panneau sont faibles (module de rupture de l'ordre de 7 à 11 N/mm²; module de rupture en compression: 15 N/mm²; module d'élasticité: 3000 N/mm²) par contre sa tenue à l'humidité et à l'eau est bonne (gonflement 24 heures en immersion: 1,8 %).

Ce panneau n'est pas un panneau de structure et ne pourra pas être utilisé pour des emplois travaillants. Il a également de bonnes caractéristiques d'isolation phonique et un k (coefficient d'isolation thermique) de 0,155 kcal/mh°C.

Dans cette famille de panneaux de particules, on trouve également des panneaux de particules dont le liant est le plâtre. Ces panneaux n'ont ni bonnes caractéristiques mécaniques ni physiques, ils ne sont que des panneaux de remplissage, ayant un poids plus faible que les carreaux de plâtre.

v) *Le panneau de laine de bois-ciment*

Ce panneau est connu aussi sous l'appellation "fibragglos". C'est un panneau de particules de bois, mais de grandes particules de bois (laine de bois), obtenues par "peignage" du rondin. Les particules ont des longueurs de l'ordre de 30 à 60 cm. Elles sont liées par un liant minéral, le ciment. Avant l'adjonction du ciment, ces grandes particules ont été minéralisées. Le panneau est peu compressé.

Ce n'est ni un panneau de structure ni un panneau pour des usages travaillants. Par contre, grâce à sa faible densification, ce panneau est un très bon isolant thermique. Il est également un très bon isolant phonique, en tant que piège à sons (affaiblissement des échos des pièces).

vi) *Le panneau de particules extrudé*

Le plan de la plus grande surface des particules est, dans ce panneau, perpendiculaire à la plus grande surface du panneau. Dans le sens de la longueur, ce type de panneau présente très peu de résistance mécanique. Il est par contre très résistant au flambage et de par sa fabrication (inclusion de trous dus au système de chauffage de la presse) présente de nombreux avantages pour des utilisations verticales travaillantes ou non (cloisons, portes) nécessitant le passage de canalisations ou de câbles.

Sa production est en régression. (Schéma 6: Types de panneaux extrudés, schéma 7: Principes de l'extrusion.)

vii) *Le panneau de particules moulé*

On parlera plutôt d'objets moulés. Il s'agit d'un panneau de particules mis en forme directement au moment de sa cuisson dans une presse qui est en même temps un moule. Ces objets moulés sont fabriqués à la demande et avec des liants en fonction de leur usage (UF, MUF, PF ou MDI). Leurs caractéristiques sont en général bonnes car les quantités de liant sont plus importantes que pour le panneau de particules classique.

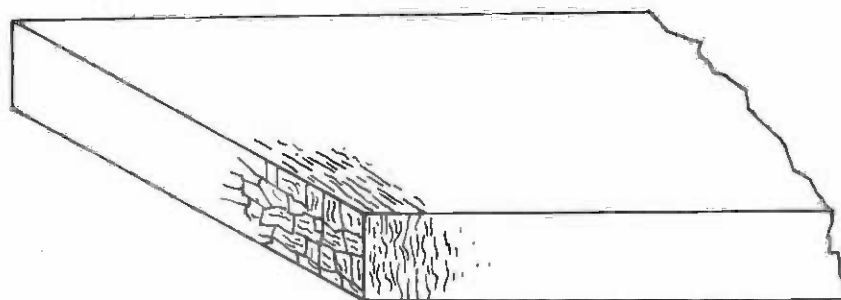
viii) *Les briquettes agglomérées*

Ce sont des produits bois agglomérés destinés à être utilisés comme produit de combustion. Leurs principales destinations sont les chaufferies automatisées. Ces briquettes peuvent cependant être utilisées par des particuliers. Leur fabrication est simple et se fait généralement par extrusion sans utilisation de colle.

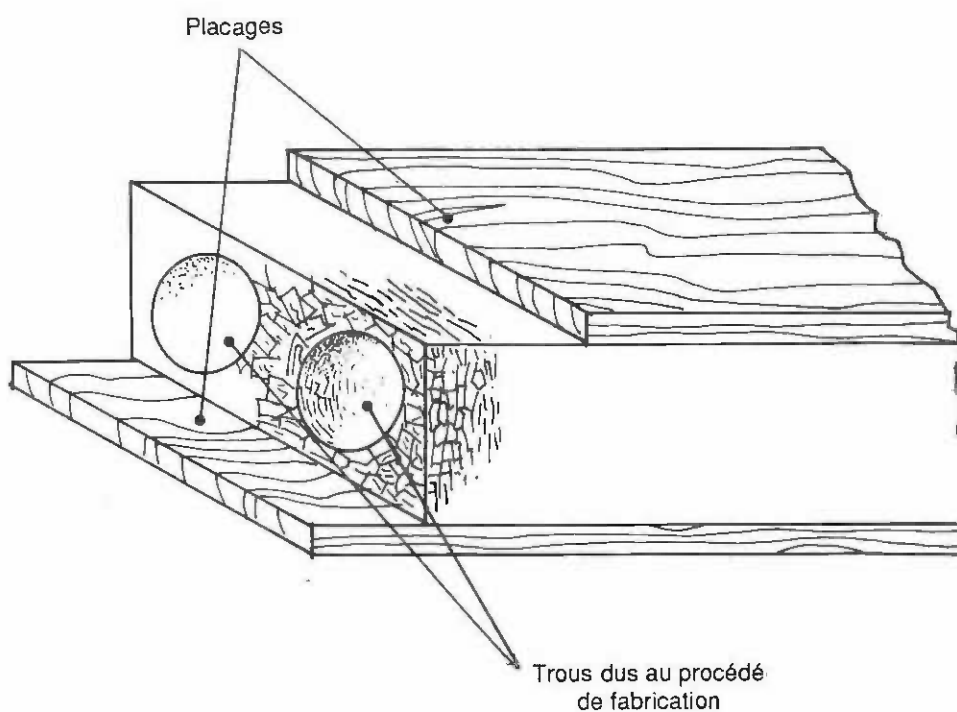
b) **Production et investissements**

Pour l'ensemble des panneaux de particules, la production se fait toujours suivant le même schéma:

BOIS => MISE EN COPEAUX => SECHAGE => TRIAGE => ENCOLLAGE DES COPEAUX, EN FONCTION DES COUCHES => CONFORMATION => OPERATIONS DE PRESSAGE => OPERATIONS DE FINITION .



PANNEAU D'ÉPAISSEUR INFÉRIEURE À 16MM



PANNEAU ÉPAIS PLAQUÉ BOIS

Schéma 6: panneaux extrudés

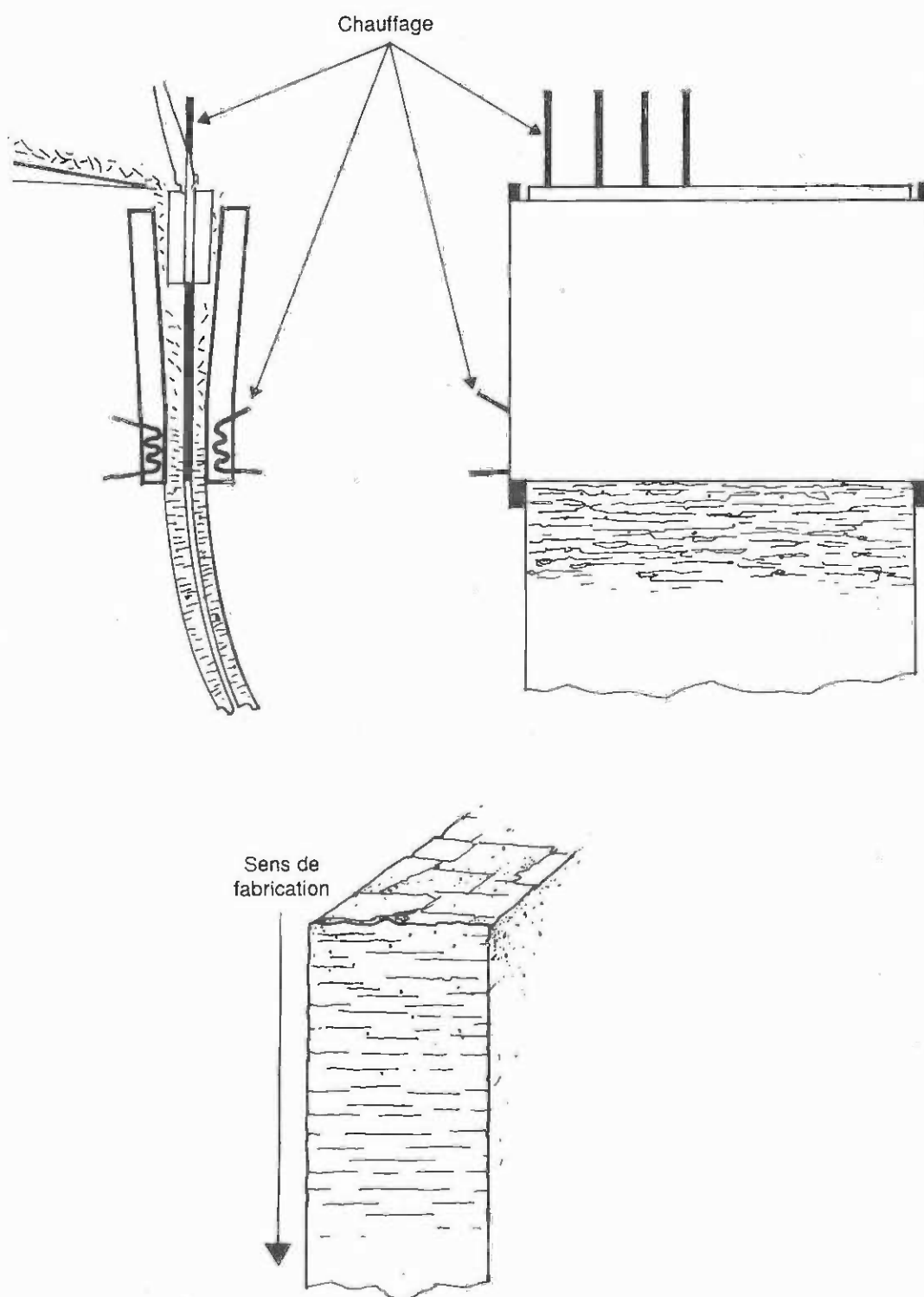


Schéma 7: presse pour panneaux extrudés

Le schéma 8 donne une idée des opérations de fabrication du panneau de particules. En dehors de la matière bois, la grande différence en fabrication des panneaux de particules se situe principalement au niveau du liant utilisé.

Les coûts d'investissement pour des chaînes de production de panneaux de particules sont indiqués ci-après.

Pour une chaîne de petite capacité (50 m³/jour) pour produire du panneau de particules classique, il faut compter sur des investissements machines de l'ordre de: 6,5 millions de dollars (il faut compter 25 % en plus pour le génie civil).

Pour une chaîne compacte, n'utilisant que des produits résiduels des autres entreprises du bois (copeaux et sciures) et ayant une production de 40 m³/jour, il faut compter un investissement de 4,2 millions de dollars (y compris le génie civil).

En comparaison, une chaîne de production de panneaux de particules, de production très moyenne - 200 m³/jour - aura un coût d'investissement de l'ordre de 10,5 millions de dollars (sans génie civil). Une ligne de panneaux de particules bois-ciment, pour une production de 75 m³/jour a un coût d'investissement de l'ordre de 8,9 millions de dollars. Les principaux fournisseurs d'unités complètes de panneaux de particules sont: Siempelkamp, Bison, Schenck, SERIBO, Sunds Defibrator, American Iron Work.

c) Principales caractéristiques et propriétés

Le panneau de particules est un produit bois reconstitué, lié avec un liant organique (sauf le panneau bois-ciment). Il présente deux caractéristiques communes à toutes les variétés de panneaux de particules ainsi constitués:

- sensibilité à l'eau par hydrolyse du liant et du bois;
- gonflement par reprise d'eau du bois.

Pour un panneau de particules classique les caractéristiques physico-mécaniques principales sont les suivantes:

- Épaisseur: de 8 à 60 mm, la gamme la plus courante étant de 12 à 25 mm;
- Masse volumique: elle se situe entre 650 et 780 kg/m³;
- Variation dimensionnelle en épaisseur: en général inférieure à 16 % pour des panneaux à usage en milieu sec et 6 % pour panneaux à collage renforcé (suivant Normes Françaises NF B 54-112 et B 54-111);
- Traction perpendiculaire: cette valeur est la valeur caractéristique du panneau, image de sa qualité, elle est fonction de l'épaisseur et se situe le plus souvent entre 0,2 MPa et 0,5 MPa;

- Préparation du bois: - Ecorçage
- Hachoir
- Mise en plaquettes
- Séchage/Découpage

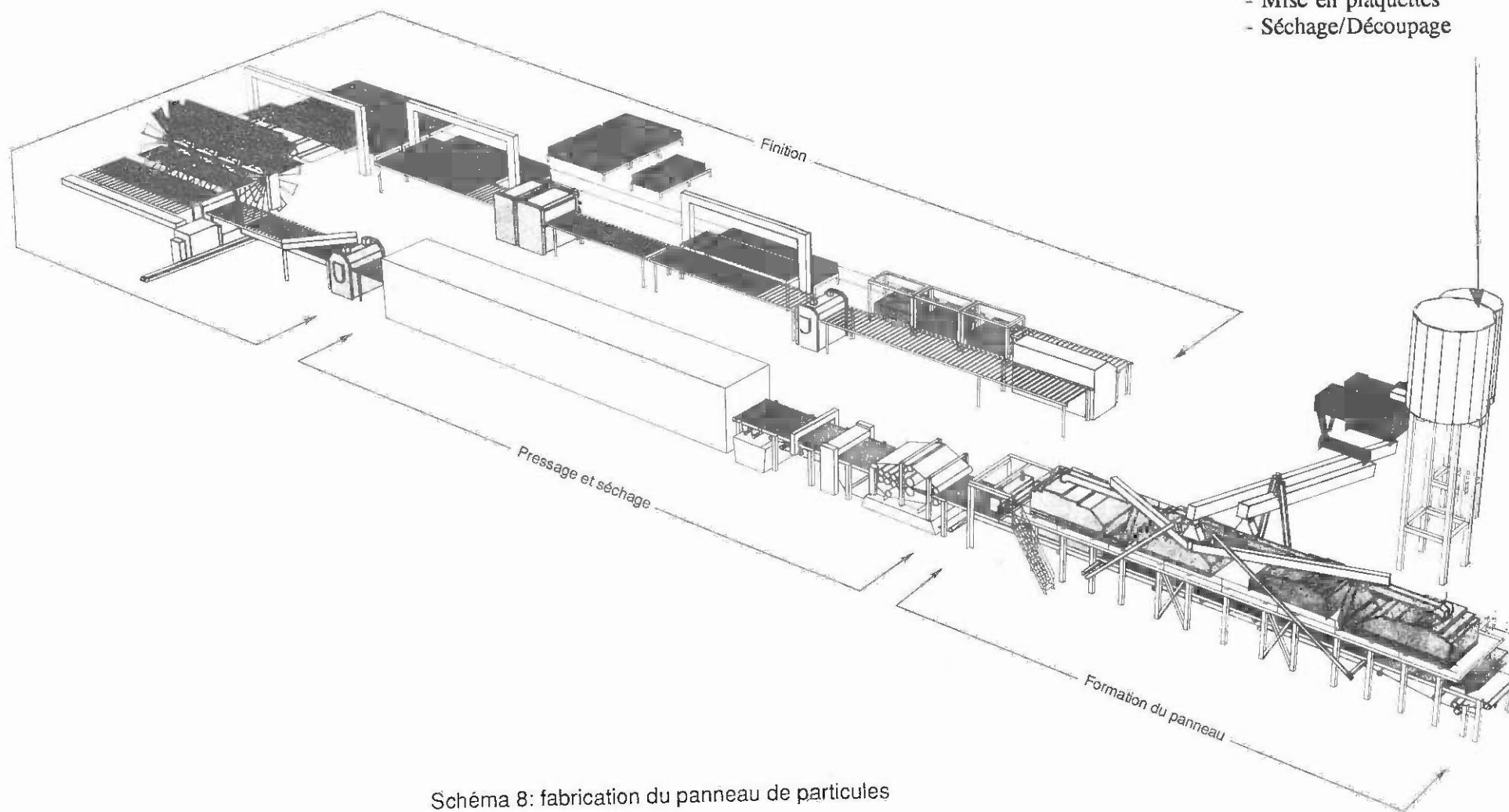


Schéma 8: fabrication du panneau de particules

- Contrainte de rupture en flexion et module d'élasticité: ces deux valeurs dépendent beaucoup du type de panneaux et de l'usage recherché;

- Teneur en formaldéhyde: en Europe, presque tous les panneaux de particules ont des teneurs en formaldéhyde libre inférieures à 20 mg/100 g de panneau (mesurées suivant la méthode du perforateur, norme européenne EN 120).

D'autres caractéristiques peuvent être données mais elles sont alors spécifiques d'un désir particulier de l'utilisateur ou d'un panneau à usage défini (pour le meuble, on caractérisera les valeurs d'arrachement des vis ou de tenue du feuil).

Dans le cas de panneaux bois-ciment, la caractéristique principale est la tenue à l'humidité de ces panneaux et leur possibilité de mise en oeuvre dans des ouvrages exposés aux intempéries. La minéralisation du bois bloque le gonflement sous l'action de l'humidité.

2.2.2 Le panneau de fibres

Il est constitué de la partie élémentaire du bois: la fibre. Cette fibre est obtenue par déstructuration du bois par des procédés thermo-mécaniques: défibrage par passage dans des défibreurs à disques sous température élevée (80°C).

Quelque soit le type de panneau de fibres fabriqué, la préparation des fibres reste la même. C'est une opération de défibrage identique à celle pratiquée dans l'industrie papetière avec les mêmes contraintes et les mêmes risques de pollution.

Après le défibrage, les opérations sont fonction du mode de fabrication:

- fabrication par voie humide (la plus ancienne);
- fabrication par voie sèche.

Dans les deux cas les panneaux sont pressés sous presse chauffante.

Ces panneaux présentent une structure beaucoup plus homogène que le panneau de particules ou que les autres panneaux (type contreplaqué); en effet les fibres, parties élémentaires du bois, sont réarrangées totalement au hasard, sans direction privilégiée.

Les panneaux de fibres peuvent être fabriqués avec des liants (colles UF, MUF, PF, MDI ou minéraux comme le ciment) ou non. L'incorporation des liants pour certains types de panneaux n'est qu'un moyen d'augmenter les propriétés physiques et mécaniques de ces panneaux.

Il se fabrique environ 30 millions de m³/an de panneaux de fibres dans le monde et pour ce type de panneaux l'Europe et l'Amérique du Nord sont les grands producteurs et consommateurs. En Asie, avec le Japon comme consommateur, le MDF a un très fort développement.

Il y a trois grandes familles de panneaux de fibres:

- Le panneau de fibres dur, masse volumique de l'ordre de $1\ 000\text{ kg/m}^3$;
- Le panneau de fibres de moyenne densité, dit panneau MDF, masse volumique de l'ordre de $740\text{-}760\text{ kg/m}^3$;
- Le panneau de fibres isolant, masse volumique inférieure ou égale à 350 kg/m^3 .

a) **Types de panneaux**

i) *Le panneau de fibres dur*

Ce panneau est fabriqué par voie humide, le plus souvent. En général, il n'incorpore pas de liant. La lignine des fibres est réactivée par la température et sert alors de liant. Les températures de presse sont de l'ordre de $180\text{ à }200^\circ\text{C}$.

Le procédé, jusqu'à l'entrée en presse, peut être considéré comme un procédé papetier. Le mat est formé par l'intermédiaire de caisses de tête sur une toile métallique. Des caisses aspirantes et une prépresse permettent de diminuer la quantité d'eau du mat.

Pour améliorer la tenue à l'humidité de ce panneau, des résines phénoliques sont incorporées dans la pâte, juste avant la caisse de tête.

Trois grands usages de ce panneau:

- le meuble où il sert surtout de fond de tiroir ou de dos;
- l'automobile, il est alors moulé sur une autre presse et participe à l'élaboration des planches de bord (tableau avant ou tablette arrière) ou des garnitures de portières;
- la fabrication des portes isoplanes.

C'est un panneau homogène, ayant une masse volumique supérieure à 800 kg/m^3 (généralement 1000 kg/m^3). Ses caractéristiques mécaniques et physiques sont bonnes, seule sa tenue à l'humidité est faible.

ii) *Le panneau de fibres de moyenne densité (MDF)*

Dernier né des panneaux de fibres, il a connu un essor très important ces dernières années et ce surtout en Europe hors pays de l'Est. En quatre ans, les capacités de production en Europe ont été multipliées par 2,4. La production mondiale actuelle de ce type de panneau avoisine les 12 millions de m^3 alors qu'elle était inférieure à 5 millions de m^3 en 1986.

C'est un panneau fabriqué suivant le procédé à sec et comportant donc de la colle. Généralement, il s'agit de colles aminoplastes (UF ou MUF). Les fibres, après défibrage, sont séchées et encollées puis conformées sur un tapis à l'aide d'une conformatrice.

La masse volumique de ce panneau est comprise entre 600 et 800 kg/m³. Habituellement les panneaux MDF ont des masses volumiques de 740-760 kg/m³. Il a de bonnes caractéristiques mécaniques mais, comme tous les panneaux de bois comprimés, présente un gonflement, qui est amélioré par l'emploi de résines renforcées (MUF). Son grand intérêt et l'une des raisons de son succès est son homogénéité. Pratiquement ce panneau n'a pas de variations de densité entre les faces et l'intérieur. Cette homogénéité lui confère une très bonne usinabilité. "Il se travaille comme le bois massif et même mieux." Dans des pays à potentiel faible en bois comme le Japon, il est très prisé. En Europe, il permet aux fabricants de meubles de se fournir en un matériau homogène et reproductible.

Ce panneau a un coût de 1,6 à 2 fois celui du panneau de particules destiné aux meubles.

Il existe une variété de MDF à classer à part: le panneau MDF mince. C'est un panneau MDF fabriqué par un procédé en continu sur une presse à calandre cylindrique (procédé Mende). Le panneau est pressé suivant le rayon extérieur de la calandre (Schéma 9).

iii) *Le panneau de fibres isolant*

C'est un panneau dont la masse volumique est inférieure à 350 kg/m³ et dont le coefficient de conduction thermique k est $\leq 0,055 \text{ W/(m} \times \text{°K)}$. Cette caractéristique en fait l'un des meilleurs isolants thermiques. Il est fabriqué par procédé humide.

Il est surtout utilisé comme produit d'isolation par exemple dans les voitures ferroviaires, comme isolant des planchers.

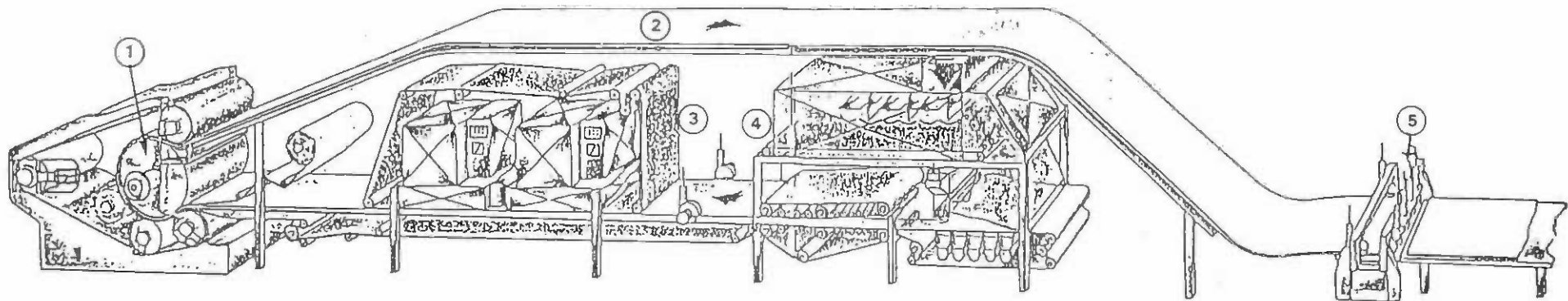
Ces panneaux peuvent être imprégnés avec des bitumes ou d'autres additifs dans le but d'augmenter leur résistance à l'humidité. La masse volumique de ces derniers peut atteindre 400 kg/m³ mais la conductivité thermique ne doit pas excéder la valeur donnée ci-dessus.

Il peut être fabriqué par procédé à sec. On parlera alors de MDF avec faible densité et dans ce cas la masse volumique de ce panneau se situe aux alentours de 450-550 kg/m³.

iv) *Autres types de panneaux de fibres*

Il existe d'autres types de panneaux de fibres, comme des panneaux de fibres dont le liant est un liant minéral (plâtre, ciment). La masse volumique de ces panneaux varie considérablement en fonction de l'usage recherché.

BISON-WERKE



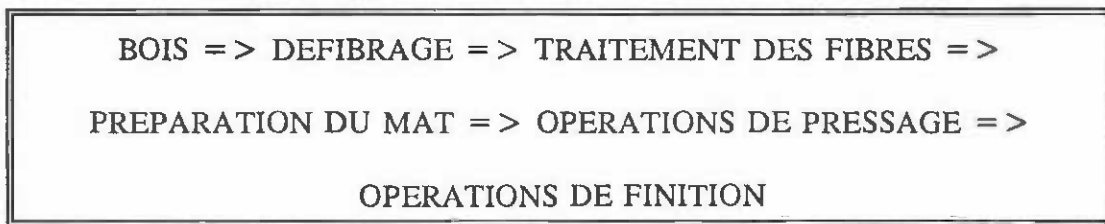
- 1: calendrier de chauffage
- 2: panneau fini
- 3: prépresse, équipée avec générateur haute fréquence
- 4: station de conformation
- 5: scie à panneaux

Schéma 9: ligne en continu, type Mende, pour fabrication de panneaux MDF minces

Il existe également des objets moulés en fibres qui sont, soit fabriqués directement dans des moules, soit moulés ou formés après la fabrication du panneau. Dans ce dernier cas, on peut incorporer des plastifiants dans le panneau (type polyéthylène ou polypropylène ou autres).

b) Production et investissements

Pour l'ensemble des panneaux de fibres, la fabrication se fait pratiquement suivant le même schéma:



Le schéma 10 donne les principales opérations de la fabrication d'un panneau de fibres de type MDF. Dans les différentes fabrications, la plus grande différence réside dans la partie du procédé entre le défibrage et le pressage.

En procédé par voie humide, après le défibrage, les fibres sont véhiculées par l'eau et, en général, il n'y a pas d'adjonction de colle. La conformation du panneau se fait au moyen d'un système appelé "caisse de tête", identique à celui utilisé en papeterie pour les cartons épais. Divers moyens sont utilisés pour chasser l'eau du mat (caisses aspirantes, prépresse). L'eau ayant été au maximum chassée par des moyens mécaniques, on presse alors les panneaux dans la presse à chaud.

En procédé par voie sèche, après le défibrage, les fibres sont transportées par voie mécanique ou pneumatique. Elles sont séchées et encollées. L'encollage peut se faire de deux manières, soit classiquement dans une encolleuse dispersant la colle sur les fibres, soit en "blow line", c'est à dire l'injection de la colle se fait au niveau du défibreur.

Les fibres sèches et encollées sont conformées par une conformatrice mécanique. Le mat ainsi formé est réduit en épaisseur par une prépresse et ensuite cuit dans la presse à chaud. Le schéma ci-joint donne une idée de la fabrication d'un panneau de fibres MDF avec encollage "blow line".

En panneaux de fibres, les investissements sont plus lourds que pour les panneaux de particules. Une ligne de panneaux MDF, d'une capacité de 200 m³/jour (60 000 m³ de production annuelle) a un coût machine de l'ordre de 14 millions de dollars (prix 1992), sans le génie civil. Une chaîne de panneaux de fibres durs, d'une capacité quasi identique, a un coût d'investissement similaire.

Les grands fabricants de machines et assembleurs sont les mêmes que pour le panneau de particules.

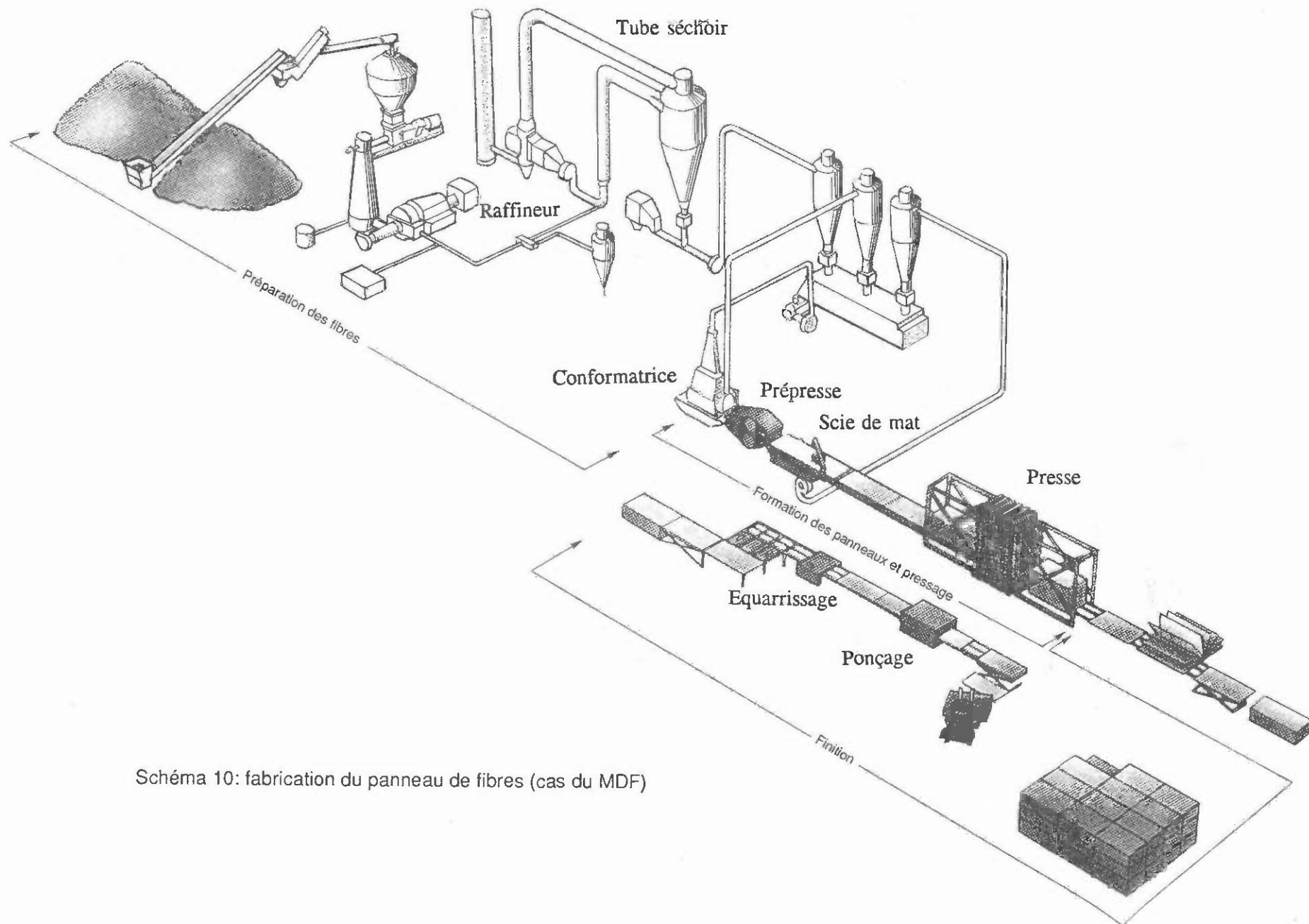


Schéma 10: fabrication du panneau de fibres (cas du MDF)

c) **Principales caractéristiques et propriétés**

Les trois types de panneaux de fibres étant très différents les uns des autres, il est difficile de donner des valeurs de caractéristiques communes.

Les panneaux de fibres sont sensibles à l'humidité et leur résistance à l'humidité est fonction de la qualité de la colle employée.

Les masses volumiques de ces panneaux sont fonction du type de panneaux:

- Panneaux de fibres durs: 1000 kg/m^3
- Panneaux de fibres de moyenne densité, MDF: $740-760 \text{ kg/m}^3$
- Panneaux de fibres isolants: $\leq 350 \text{ kg/m}^3$

La caractéristique principale du panneau de fibres de moyenne densité (MDF) est d'être très homogène. Son profil de densité a peu de variation entre intérieur et extérieur. Cela en fait un panneau pouvant se travailler et se sculpter sans problème. Sa principale utilisation est l'ameublement. Aujourd'hui pour beaucoup d'usages, il se substitue au bois massif.

2.3 **Reconstitution à partir d'autres éléments ligneux**

Il s'agit là essentiellement du travail du liège et des lièges agglomérés. Les restes des fabrications de bouchons ou d'autres produits en liège massif sont agglomérés à l'aide de liants aminoplastes, phénoplastes, résorcines ou isocyanates. La production peut se faire suivant un procédé traditionnel, cuisson dans des étuves des blocs de lièges agglomérés ou suivant des procédés plus modernes, chaînes type panneaux de particules.

Ces panneaux ont un usage décoratif et/ou isolant. Ce sont des panneaux ayant de très bonnes propriétés d'isolation acoustique et d'isolation thermique. Grâce au progrès des résines d'agglomération et des vernis de surface, ils sont utilisés souvent comme revêtement de sol.

Le chêne liège (*Quercus suber*) étant un arbre du bassin méditerranéen la production de ces panneaux est concentrée dans le pourtour de la Méditerranée du Portugal à la Crimée. Le Portugal à lui seul assure plus de 50 % de la production mondiale.

3. **TABLEAU DE COMPOSITION DES PRODUITS**

Le tableau de la page suivante est un résumé des composants des différents produits panneaux.

4. **TABLEAU DES AVANTAGES COMPARÉS DE DIVERS PRODUITS PANNEAUX**

Ce tableau permet de visualiser rapidement les plus importants avantages et inconvénients de certains types de panneaux. Il ne prend pas en compte tous les facteurs. Pour chaque produit et chaque projet, une étude doit être faite.

TABLEAU DE COMPOSITION DES PRODUITS

U.F. = colle urée-formol, M.U.F. = colle mélamine-urée-formol, P.F. = colle phénol-formol ou phénolique

MATIÈRES PRE-MIÈRES	MATIÈRE LIGNEUSE	COLLE	AUTRES
PRODUITS			
Placages sciés, tranchés ou déroulés	Tous bois.		Parfois traitement de préservation.
Panneau B.M.R. (Bois Massif Reconstitué)	Tous bois sous forme de lattes de 20x60 mm ou 34x60 mm, provenant de déchets d'autres industries ou de bois ronds.	Résorcine ou Urée-Formol ou vinyliques ou autres en fonction des usages.	Traitement des bois (insecticide ou fongicide).
Lamellé collé	Surtout bois résineux bois feuillus possibles provenant de grumes sciées.	Résorcine ou Mélamine-Urée-Formol.	Produits de traitement des bois.
Lamibois (L.V.L.)	Surtout bois résineux, bois feuillus également, provenant de grumes déroulées ou tranchées.	Phénolique ou MUF ou UF.	
Panneau latté	Tous bois, provenant de déchets de scieries ou de déroulage.	Phénolique, UF, MUF, Vinyliques ou autres.	Charges dans la colle (type farine de blé).
Contreplaqué	Tous bois déroulables (feuillus et résineux) mais surtout résineux et feuillus exotiques + peupliers.	Phénolique, Urée-formol, Mélamine-urée-formol le plus couramment.	Charges de type farine ou argile, parfois fongicide ou insecticide. Filmage ou surfacage.
Parallam	Résineux actuellement utilisés sous forme de placage de faibles largeurs.	Phénolique.	
Poutre Scrimber	Eucalyptus de petites dimensions utilisés en tige entière (bois d'éclaircie).	Phénolique expansée.	
Panneau de particules	Tous bois possibles, les résineux ou les feuillus légers sont les meilleurs. Bois ronds ou restes des autres industries du bois (scierie, menuiserie, contreplaqué etc.).	Urée-formol, Mélamine-urée-formol, Phénol-formol, Isocyanate.	Produits de traitement parfois (fongicide, Insecticide, antifeu). Émulsion ou paraffine. Traitement de surface (papier mélaminé).
Panneau de grandes particules orientées (OSB)	Bois résineux et possible feuillus légers (Tremble ...). Uniquement bois ronds.	Phénolique et Mélamine-urée-formol.	Cires et émulsions.
Panneau gaufré (Waferboard)	Bois feuillus légers (Tremble ...). Bois ronds uniquement.	Phénolique généralement en poudre.	Cires et émulsions
Panneau bois-ciment, panneau à liants minéraux	Bois résineux de préférence et feuillus pauvres en sucres. Restes des autres industries du bois (sciures, copeaux, dosses, ...) et bois ronds.	Liants hydrauliques type ciment ou plâtre.	Produits de minéralisation du bois (polyéthylène glycol).
Panneau de laine de bois-ciment	Bois résineux surtout, bois ronds uniquement.	Liants hydrauliques (ciment ou plâtres).	Produits de minéralisation du bois.
Panneau de particules extrudé	Tous bois résineux ou feuillus. Bois ronds ou déchets d'industries.	Urée-formol, parfois Mélamine-urée-formol.	
Panneau de particules moulé	Tous bois feuillus ou résineux. Bois ronds ou déchets d'industries.	Urée-formol, Mélamine-urée-formol, Phénolique le plus couramment.	Souvent revêtement de surface : bois, mélamine etc. Cires et émulsions.
Brique	Surtout déchets d'industries.	Généralement sans colle.	
Panneau de fibres dur	Bois feuillus ou résineux, bois ronds ou déchets d'industries du bois.	Sans colle ou un peu de colle Phénolique.	Émulsions, produits de préservation éventuellement. Plastifiants (type polyéthylène).
Panneau de fibres de moyenne densité, dit panneau MDF	Bois feuillus ou résineux, bois ronds ou déchets d'industries. Les bois résineux sont préférés pour un problème de coloration du panneau	Urée-formol, Mélamine-urée-formol, Mélamine-urée-phénol-formol.	Émulsions éventuellement.
Panneau de fibres isolant	Bois feuillus ou résineux, bois ronds ou déchets d'industries.	Sans colle ou parfois un peu de colle Phénol-formol.	
Autres types de panneaux de fibres	Bois feuillus ou résineux, bois ronds ou déchets d'industries.	Liants minéraux, bitumes ou autres.	Minéralisants, plastifiants etc.
Panneau de liège	Déchets et restes de l'industrie du liège massif (bouchons etc.).	Phénol-formol, Urée-formol, Mélamine-urée-formol, Isocyanate.	Émulsions, produits de revêtement de surface.

AVANTAGES COMPARES DE DIVERS PRODUITS PANNEAUX

PRODUITS	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Placages séchés	Produits simples et peu élaborés . Technologie simple dans l'ensemble . Possible sur les lieux de production des bois, donc en dehors des zones urbaines . Nécessite une main d'oeuvre importante et peu spécialisée . Utilisation des essences secondaires, autres que celles commercialisées habituellement . Possibilité d'utilisation des grumes à coeur mou ou ayant des singularités . Réponse à des marchés en croissance (utilisation pour replacage des panneaux) . Investissements de faible à moyenne importance .	Nécessaire formation de base importante pour le conducteur de l'outil de découpe (trancheuse ou dérouleuse) et de l'affûteur . Nécessité d'un approvisionnement énergétique non autonome si entreprise seule . Marché parfois très éloigné, tant dans le pays qu'à l'extérieur .
Panneau B.M.R.	Technologie très simple et très peu chère . Le produit obtenu peut être de structure ou non . Aspect très décoratif des produits . Main d'oeuvre peu spécialisée . Utilise les déchets de scieries ou autres ou même les petits bois . Comparable par bien des aspects aux panneaux lattés, mais se présentent en plus fortes épaisseurs et peut être utilisé sans revêtement dans la construction ou le meuble . Produit pouvant répondre aux besoins de pays en développement .	Problème de la colle pour certains usages, main d'oeuvre bien formée pour la fabrication (opérateur de collage) . Appareillage des essences et des couleurs de bois nécessitant une formation et une connaissance du marché et des bois . Marché peu connu de ce produit mais semble en développement dans les pays développés .
Contreplaqué	Produits déjà plus élaborés avec valeur ajoutée plus importante . Grand consommateur de main d'oeuvre peu spécialisée . Correspond à une industrie très implantée dans le monde et principalement dans le bassin ASIE-PACIFIQUE . Les unités peuvent être de petite taille, ne nécessitant pas un investissement initial trop lourd .	Investissements relativement lourds . Technologies de plus en plus élaborées . Pour une réduction de coûts, nécessite une production importante = nécessité d'économie d'échelle . Apprentissage et formation importante pour les conducteurs de machines, le service entretien et les responsables qui ne se trouvent pas toujours localement . Nécessité d'une source énergétique importante et stable ; unité 15 000 m ³ par an : 2,84x10 ⁶ Kcal/heure, puissance installée: 1200 KW .
L.V.L.	Peu d'usines de ce type dans le monde . Produit de structure de très bonne qualité pour la construction . Marché très ouvert dans les pays développés .	Technologie lourde et investissements importants . Peu de main d'oeuvre et très spécialisée . S'adresse à des marchés développés .
Panneaux lattés	Produits à technologie simple et rustique . Il nécessite une main d'oeuvre importante et peu spécialisée . Peut être produit à petite échelle dans de petites unités . Il est généralement un complément d'unités de production de contreplaqué, il y permet la récupération de restes du contreplaqué (noyaux de déroulage) . Il est déjà bien implanté dans le monde. Il peut être un bon moyen de développement car il est fait pour le meuble .	Le marché du panneau latté est actuellement en récession face aux produits comme le panneau MDF, dans les pays développés . Il nécessite pour son utilisation d'être replaqué obligatoirement avec un ou deux placages . Il lui est reproché d'avoir du télégraphing . Pour être replaqué, il demande une installation relativement lourde (encolleuse, presse et ponceuse) .
Lamellé collé	Produit relativement facile à élaborer, ne nécessite pas d'installations très lourdes . Utilisable en structure ou en ameublement .	Le collage est délicat et demande une bonne formation des opérateurs . Les colles utilisées ne sont pas fabriquées localement . Produit s'adressant surtout à des marchés de pays développés .
Panneau de Particules	Produit multi-usage, permet la récupération des déchets forestiers et industriels . Il existe aujourd'hui des technologies simples et d'un coût abordable pour des communautés locales (ligne de production compacte ayant une production de 30 à 50 m ³ par jour) coût : 5 millions de USD .	Technologie lourde et coûteuse, l'investissement est important pour des lignes classiques . La main d'oeuvre est très spécialisée et peu importante . Il y a nécessité d'une formation et d'une qualification importante des opérateurs . Une chaîne de production de panneaux de particules génère peu d'emplois . Le produit est un produit semi-fini à valeur ajoutée faible, il doit donc être produit relativement proche de son marché .
Le panneau bois-ciment	Panneau à technologie simple valable pour les pays ayant une très forte pression démographique. Il n'est utilisable que pour la construction . Il permet des constructions simples et rapides (maison caisson) . Il a de bonnes caractéristiques de résistances aux intempéries et aux conditions extérieures difficiles . Bonnes propriétés isolantes (thermiques et phoniques) . Investissements acceptables (une chaîne de production de 75 m ³ /jour = 8 millions de USD) . S'adresse au marché local .	Ce n'est pas un panneau de structure. Il nécessite la création d'une industrie en aval pour son utilisation (création d'une industrie de la maison préfabriquée) ce qui peut être un avantage par l'industrialisation que cela entraîne. L'investissement sans être très élevé, reste important . Rigide sur les caractéristiques chimiques des bois à employer (problèmes des sucres et des hémicelluloses) et sur celles des ciments. Main d'oeuvre spécialisée et peu nombreuse .
Panneau de fibres-ciments	Système quasi-identique au panneau bois-ciment . Mêmes caractéristiques . Un peu plus facile à fabriquer par perte d'une partie des sucres au moment du défibrage .	Au point de vue investissements, un peu plus lourd que le panneau bois-ciment . Mêmes exigences techniques .
Le panneau de fibres dur	Processus relativement simple n'utilisant pas ou peu de produits chimiques en fabrication . Capable d'utiliser tous les bois . Utilisable pour le meuble et la construction .	Investissements lourds, technique proche de la papeterie . Les bois feuillus donnent des panneaux de couleur très foncée . Main d'oeuvre très spécialisée et peu nombreuse .
Le panneau MDF	Nouvelle technologie en plein développement et dont le marché est en train de s'ouvrir . Il est souvent préféré au panneau latté et même au panneau de particules pour des usages de meubles ou d'aménagement intérieur . Il utilise les déchets forestiers au même titre que les panneaux de particules . Intéressant pour l'utilisation locale (industrie du meuble) et l'exportation .	Technologie lourde et investissements importants (plus que pour le panneau de particules, une fois et demie l'investissement en panneau de particules) . Les bois feuillus donnent une coloration foncée au panneau, pouvant présenter des inconvénients au laquage . Liant à utiliser, souvent non fabriqué sur place . Main d'oeuvre hautement qualifiée et peu nombreuse, génère peu d'emplois pour sa fabrication .
Les briquettes agglomérées	Technologie très simple . Consiste en une ou deux machines . Coût faible, main d'oeuvre peu spécialisée, sauf pour le mécanicien . Produit répondant à des besoins locaux . Pas de liant .	Produit à faible valeur ajoutée . Nécessité d'une alimentation énergétique . Marché du produit très peu développé et ne semble pas être en développement .

Tableau Indicatif des Coûts de Produits Panneaux

5. TABLEAU INDICATIF DE COUT DE CERTAINS PRODUITS PANNEAUX

Bois exotique (Okoumé) Prix France 82

Bois ronds façonnés pour le déroulage

Bois ronds petits diamètres

Bois de trituration

Transport :

FF/m³

1200

400-500

300

58

80

TOTAL FF/m³

1200

400

380

138

FF/KG

Uree - formol :

MUF :

MUPF :

Resorcine :

Isocyanate :

1.4

3.2

3.3

30

6.5

PRODUITS	BOIS	COLLE	MAIN D'OEUVRE	ENERGIE	DIVERS AMORTISSEMENTS	TOTAL /m ³	
PANNEAU B.M.R. 1	1.47	14.7	60		80 + 10		Note : calculs faits avec des prix guyannais
2	2940.00	1178.00	1178.47		1843.14	8312.08	
3	35.37%	14.15%	14.15%		22.17%	100.00%	
CONTREPLAQUE EXOTIQUE 1	1.80	55.00	180.00	45.00	115.00		Prix de vente moyen 1981 France 3658 FF
2	2160.00	181.50	180.00	45.00	115.00	2881.50	
3	80.55%	6.77%	8.71%	1.68%	4.20%	100.00%	
CONTREPLAQUE INDONESIEN 1							Projet UTF/ANS/055/ANS Dec. 1989 Jayabhanu & Rolin-Hymans
2	523.80	182.00	118.80	64.80	178.20	1047.60	
3	50.00%	15.46%	11.34%	8.18%	17.01%	100.00%	
CONTREPLAQUE BOIS DE PAYS 1	2.00	55.00	200.00	45.00	115.00		
2	960.00	181.50	200.00	45.00	115.00	1501.50	
3	53.84%	12.09%	13.32%	3.00%	7.68%		
PANNEAU PARTI. (COLLE UF) 1	1.4	80.00	80.00	57.00	171.5 + 15		0,2 m ³ en petits bois ronds 1,2 m ³ en bois de trituration
2	238.2	112.00	80.00	57.00	188.50	654.70	
3	38.54%	17.11%	8.16%	8.71%	28.49%	100.00%	
PANNEAU PARTI. (COLLE MUF) 1	1.4	95.00	80.00	60.00	171.5 + 15		Idem pp UF
2	238.2	304.00	80.00	60.00	188.50	640.70	
3	28.15%	35.78%	7.06%	7.08%	21.95%	100.00%	
PANNEAU FIBRES (MDF) 1	1.80	98.00	80.00	90.00	200.00		
2	283.80	134.40	80.00	90.00	200.00	778.00	
3	37.74%	17.28%	7.71%	11.57%	25.71%	100.00%	
PANNEAU FIBRES (MDF) 1	1.80	114	80.00	90.00	200.00		
2	283.80	384.8	80.00	90.00	200.00	1008.4	
3	29.12%	38.18%	5.85%	8.83%	18.83%	100.00%	

1 = quantité en m³ ou kg par m³ de panneau

2 = prix en FF/m³

3 = %

6. TABLEAU COMPARATIF D'INVESTISSEMENTS RAPPORTES AU M³ DE PRODUIT FINI

PRODUITS	MONTANT DE L'INVESTISSEMENT US\$	CAPACITÉ en produits finis en m ³ /an	INVESTISSEMENT US\$/m ³
Placages tranchés secs	2 800 000	1 800	1 556
Placages tranchés secs	6 300 000	10 500	600
Placages déroulés secs	4 700 000	57 600	82
Contreplaqué	8 200 000	15 000	547
Panneau de particules	13 500 000	50 000	270
Panneau de particules	6 500 000	9 000	722
Panneau de particules	4 800 000	10 000	480
Panneau de particules	2 500 000	6 250	400
Panneau bois-ciment	11 100 000	18 750	592
MDF	17 000 000	50 000	340

Les prix ne sont donnés qu'à titre indicatif , Le calcul exact doit être fait avec le fournisseur de machines et en fonction des taux de change actualisés.

Novembre 1992

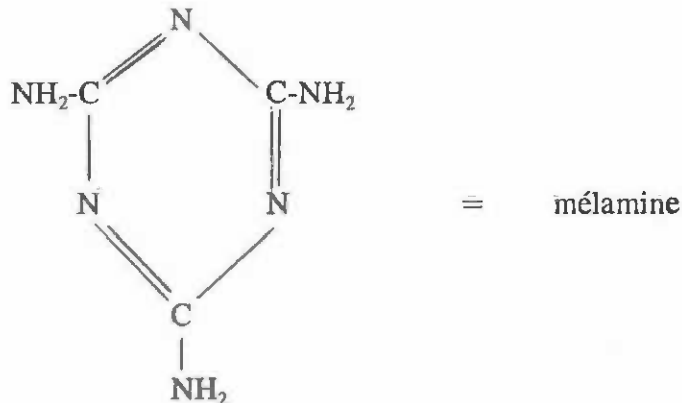
III. LES LIANTS DANS L'INDUSTRIE DU "PANNEAU"

1. LES GRANDES FAMILLES DE LIANTS

1.1 Liants aminoplastes

1.1.1 Caractéristiques et utilisations

Ce sont des liants obtenus par condensation de l'urée: $\text{CO}-(\text{NH}_2)_2$ et du formaldéhyde: $\text{O}=\text{C}-(\text{H})_2$ pour les urées-formol (UF) et par condensation de l'urée, du formaldéhyde et de la mélamine pour les MUF (mélamine-urée-formol).

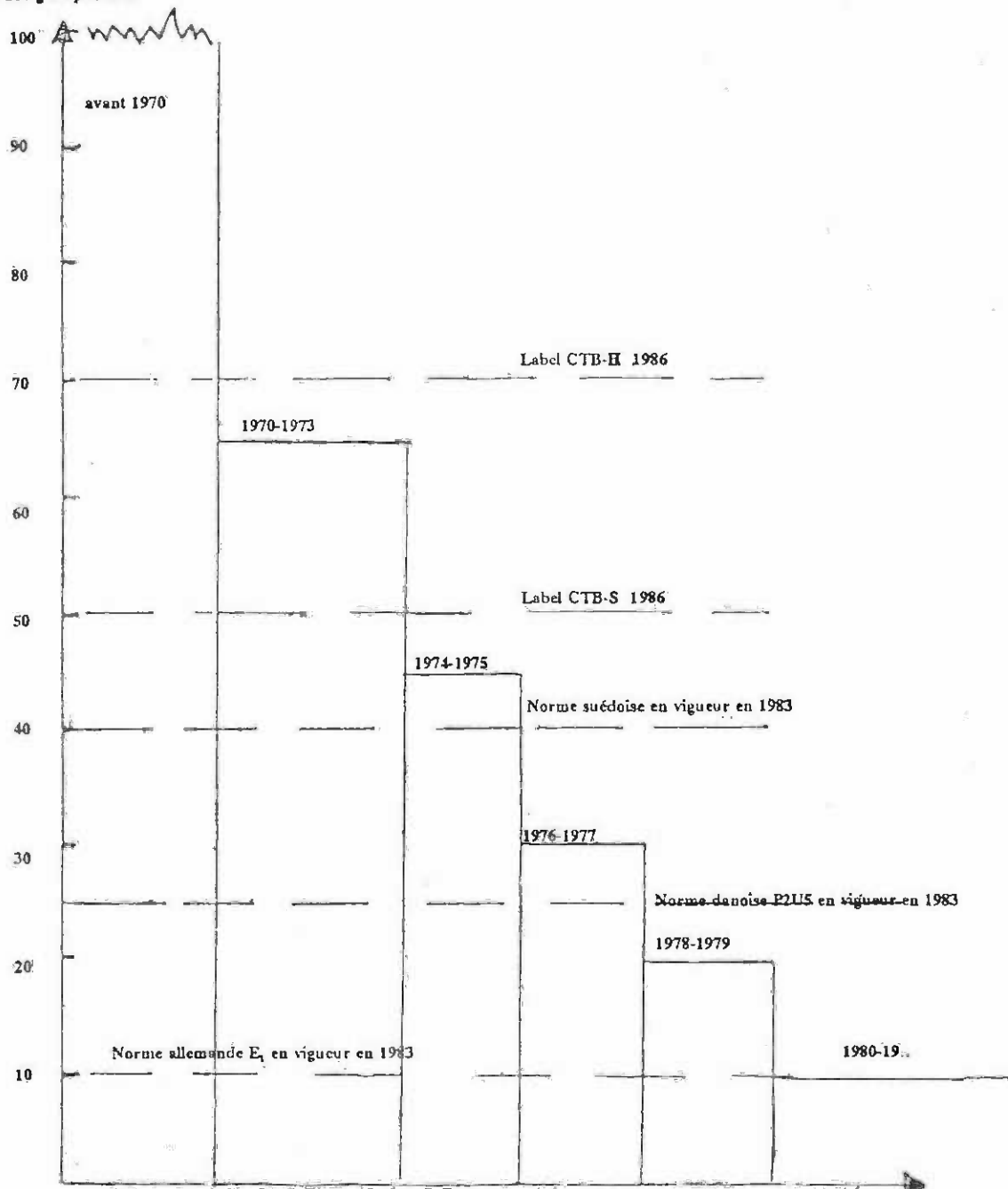


Quand il y a réaction de condensation, il y a départ d'une molécule d'eau. Les polymères ainsi obtenus présentent alors une sensibilité certaine à l'eau, plus ou moins forte en fonction des conditions et du polymère. Ainsi les colles urée-formol seront facilement hydrolysables par l'eau. L'hydrolyse par l'eau de ces liants les fait revenir à leur état initial. Il y a alors dégagement de formaldéhyde. Par contre les mélamine-urée-formol sont beaucoup moins sensibles à l'eau grâce à la présence de la mélamine. Les fabricants de colles ont, pour réduire le contenu en formaldéhyde des panneaux (exemple figure 11), produit des colles pauvres en formol.

Ce sont les liants les plus utilisés dans l'industrie du panneau de particules et de fibres (MDF surtout). Pratiquement 90 % des panneaux de particules ou de fibres sont élaborés avec ces type de liants. On trouve parfois, pour un renforcement des colles MUF, des colles contenant une certaine quantité de Phénol (colles MUPF, mélamine-urée-phénol-formol). Cette quantité est fonction de la qualité recherchée.

Figure 11 : Variation du contenu en formaldéhyde des panneaux de particules, exemple suédois
Source : Birger SUNDIN (CASCO - 1985)

valeur perforateur en mg de formaldéhyde
pour 100 g de panneau



1.1.2 Environnement

Pendant la fabrication des panneaux, les liants aminoplastes libèrent de l'eau sous forme vapeur. Le formol est soluble dans l'eau, il y aura entraînement de molécules de formol libre. Après fabrication, sous l'action de l'humidité, il y a hydrolyse et dégagement de formaldéhyde libre par le panneau.

Le formaldéhyde est un gaz ayant un pouvoir irritant très important. Il est donc détectable très rapidement. Au delà d'un seuil de 1 à 2 ppm (ppm = partie par million), il est irritant. Son seuil de détection se situe entre 0,2 et 0,6 ppm en fonction des personnes. C'est un gaz ayant également des propriétés allergènes. Il est soupçonné d'être carcinogène.

Contenant de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, les liants aminoplastes lors de leur combustion peuvent produire différents gaz ayant des toxicités importantes et dont l'impact sur l'effet de serre est non négligeable. Il s'agit de CO_2 , NO_x , CH_4 ou encore de cyanogènes, pour ne citer que les plus importants. L'apparition de certains gaz est liée au type de combustion (température, oxygène).

La combustion et les produits en résultant sont très bien décrits dans le livre *Erkenntnisse zur Schadstoffbildung bei der Verbrennung von Holz und Spanplatten* de Rainer Marutzky, publié en octobre 1991 par le Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI).

1.2 Liants phénoplastes

1.2.1 Caractéristiques et utilisations

Ce sont des liants obtenus par condensation du formol $\text{O}=\text{C}(\text{H})_2$ et du phénol:



Le polymère obtenu, par la réaction de condensation, est très peu sensible à l'eau.

Plusieurs types de liants existent:

- ☞ liants utilisant un catalyseur basique: les résols; ce sont ceux utilisés dans la fabrication des panneaux surtout les contreplaqués;
- ☞ liants utilisant un catalyseur acide: les novolacs; ils sont utilisés pour des films de revêtement, ils sont pratiquement pas utilisés dans l'industrie des panneaux;

- les liants phénoliques très réactifs: les résorcines; ils sont utilisés dans l'industrie pour la fabrication des produits de structure (lamellé-collés surtout) du fait de leur prix très élevé. La résorcine présente des qualités de résistance structurelles très importantes.

Les liants phénoliques sont surtout utilisés dans la fabrication du contreplaqué. Mondialement, plus de 60 % des contreplaqués sont élaborés avec ce type de liant.

Les propriétés de résistance à l'eau et agents externes des liants phénoliques donnent aux produits, dans lesquels ils sont partie intégrante, de bonnes caractéristiques de tenue aux intempéries et agents aqueux.

1.2.2 Environnement

Peu sensibles à l'eau, les colles phénoliques ne relâchent pas de formaldéhyde et les panneaux sont sans formol (c'est à dire ne dégageant pas de formaldéhyde). Les produits dégagés par les panneaux sont mal connus car peu ou pas étudiés.

Au moment du pressage, il y a dégagement de composés aromatiques comme le phénol ou d'autres benzéno-x. Le phénol est classé comme un produit à risque carcinogène.

Par la combustion du produit pur, il y a décomposition du produit en éléments non cycliques. Par contre, en présence des éléments du bois, on obtient par combustion des éléments comme des benzo-nitriles ou des polychloro-dibenzo-dioxynes ou autres, classés comme produits à risque.

1.3 Autres types de liants

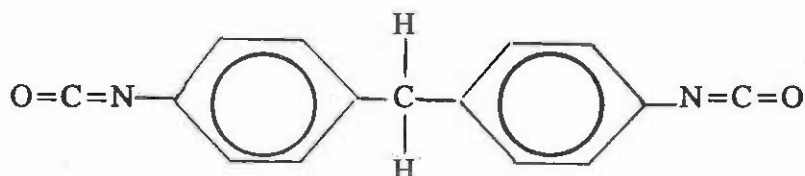
Dans la fabrication des panneaux à base de bois, on utilise d'autres liants comme:

- Les colles vinyliques, servant surtout pour le revêtement décoratif des panneaux par des placages dans les usines de meubles;
- Les colles dites colles contacts qui sont des colles néoprènes, destinées surtout au revêtement des panneaux;
- Les colles isocyanates entrant dans la composition des produits panneaux.

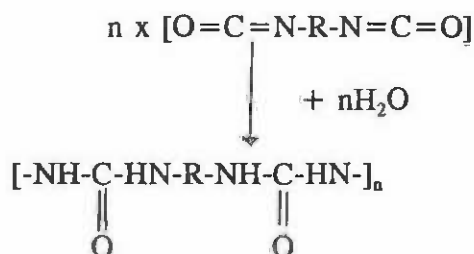
Seules les colles isocyanates seront prises en compte.

1.3.1 Caractéristiques et utilisations

Les colles isocyanates sont des polymères de diphenyl-méthyl-diisocyanate:



Sous l'action de l'eau le monomère se condense:



Le polymère obtenu étant dû à l'action catalytique de l'eau, celle-ci n'aura pas d'effet hydrolysant sur le produit fini (figure 12). Leur mode de fixation sur le bois est différent de celui des colles utilisées classiquement. Les MDI développent avec le bois de véritables liaisons chimiques (figure 13).

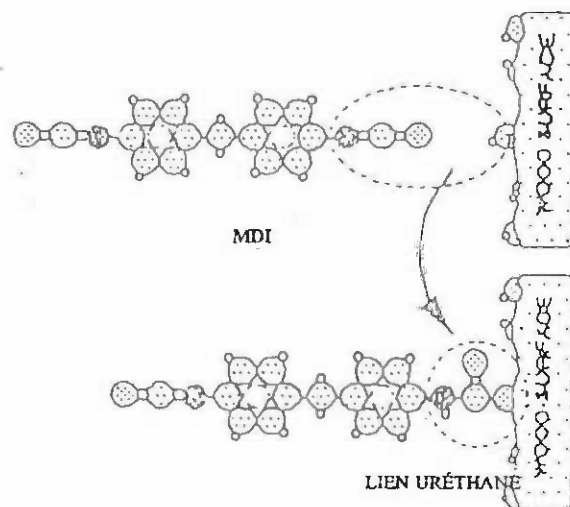
Ces colles sont insensibles à l'eau. On peut fabriquer, avec ces liants, des panneaux à très haute résistance à l'eau. L'obstacle majeur pour une plus grande utilisation de ces colles est leur prix actuel (6 fois celui de l'urée formol et 2,5 à 3 fois celui des colles phénoliques).

Ces liants sont actuellement utilisés pour la fabrication de panneaux de particules ayant des qualités de résistance accrue à l'humidité. Cependant, il existe peu de chaînes de fabrication pour panneaux de particules à collage isocyanate.

1.3.2 Environnement

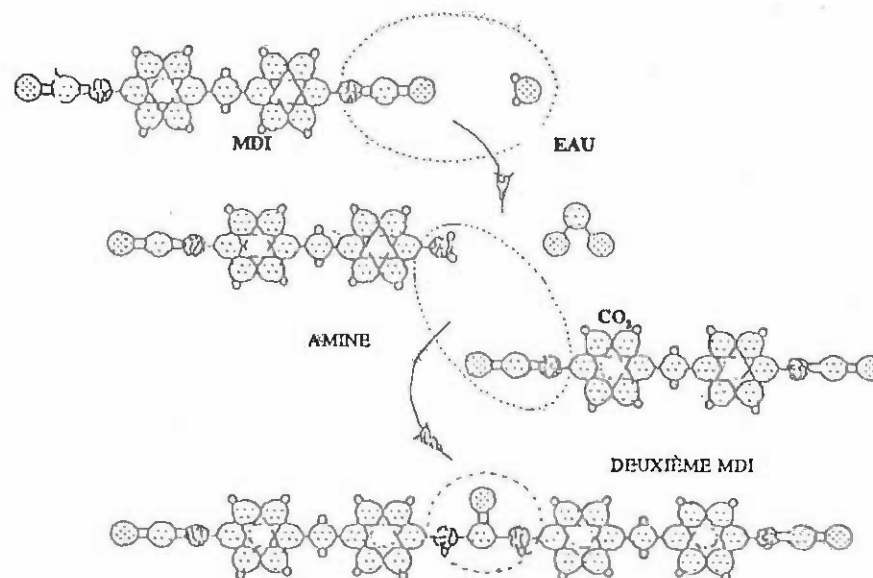
Les MDI sont des poisons par ingestion et inhalation. Ils sont peu volatils. Pendant la fabrication des panneaux, ce sont les poussières encollées qui présentent un réel danger.

Dans les panneaux produits avec des colles isocyanates, il y a peu ou pas de produits volatils ou pouvant devenir volatils. Ces panneaux semblent ne pas présenter de problème d'environnement par dégagement de produits volatils. Ces phénomènes sont peu étudiés actuellement. Par contre, lors du travail ultérieur du panneau, le risque, présenté par la poussière de bois avec de la colle, existe.

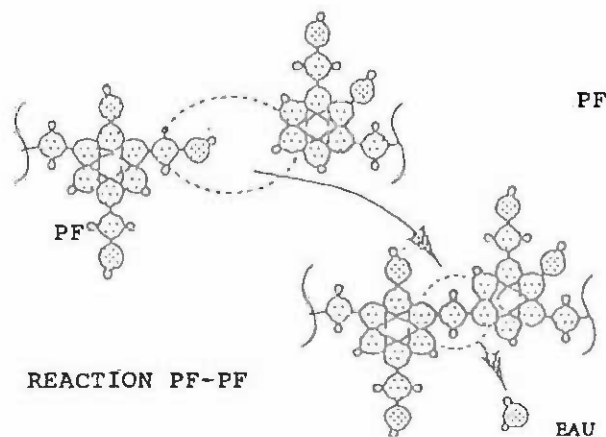


REACTION BOIS-MDI

- HYDROGÈNE
- CARBONE
- ⊙ OXYGÈNE
- ⊕ AZOTE

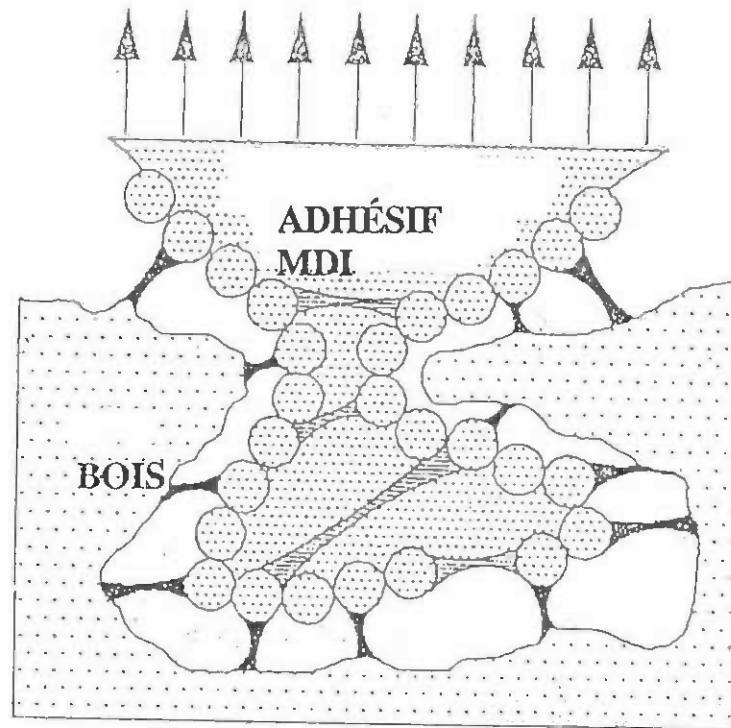


REACTION MDI-EAU

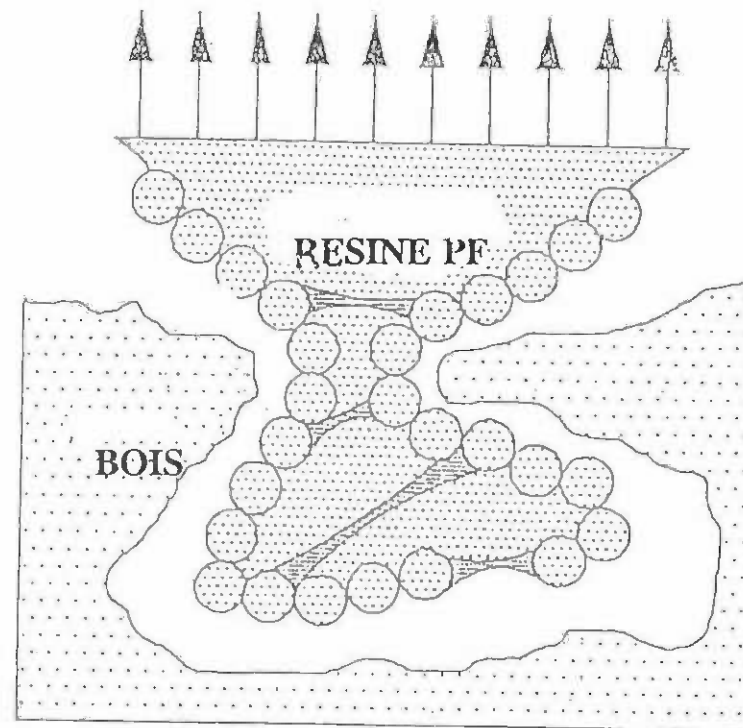


REACTION PF-PF

Figure 12 : comparaison MDI-PF -Source : "MDI high moisture content bonding" par William CHELAK et William H. NEWMAN, Proceedings 25th international particle board/composite materials symposium - W.S.U. 1991



**LES MDI SONT DES ADHÉSIFS
CHIMIQUES ET MÉCANIQUES (LIENS)**



**LES PHÉNOLS-FORMOL NE DÉVELOPPENT
QUE DES LIENS MÉCANIQUES**

Figure 13 : Systèmes de liaisons bois-colle pour liants MDI et liants PHÉNOLIQUES
Source : "MDI high moisture content bonding" par William CHELAK et William H. NEWMAN,
Proceedings 25th. international particleboard/composite materials symposium W.S.U 1991

La destruction par combustion de ces produits donnent, en général, les mêmes produits que pour les colles phénoliques, c'est à dire des benzonitriles ou des polychlorodibenzo-dioxynes par exemple, classés produits à risque.

2. TABLEAU DES LIANTS LES PLUS COURANTS

Le tableau de la page suivante résume les caractéristiques des liants les plus utilisés dans l'industrie des panneaux.

3. LES SUBSTITUANTS ET ECONOMISEURS

Hormis les catalyseurs et les tampons, nécessaires pour une bonne prise de la colle, les industries du panneau à base de bois utilisent, avec les liants traditionnels, un certain nombre de produits. Pour certains, leur rôle est de réaliser une économie substantielle de la colle.

Dans ces produits on trouvera tout d'abord les charges, surtout utilisées dans la fabrication des contreplaqués. Leur rôle est triple:

- Rôle d'épaississant pour un étalement correct de la colle sur le placage et pour une rétention de l'eau;
- Rôle de collage à froid par acquisition d'une pégosité¹ importante;
- Rôle d'économiseur de colle.

La charge la plus utilisée est la farine de blé.

D'autres produits utilisés sont des produits extraits du bois par d'autres industries. Il s'agit principalement des lignines sous forme des liqueurs noires de papeterie et des tanins.

3.1 Les liqueurs noires de papeterie

Les seules liqueurs noires (ligno-sulfonates) utilisables dans la fabrication des panneaux sont les ligno-sulfonates provenant de la fabrication de pâtes par procédés au sulfite. Deux points importants:

- Les procédés au sulfite sont en diminution dans le monde (spécialement les bas et moyens rendements fournisseurs de ces liqueurs noires);
- Le produit est totalement inactif et doit être réactivé pour son utilisation dans les panneaux par, soit un moyen chimique, soit un moyen organique (digestion bactérienne).

¹ Pégosité : capacité de collage à froid des produits collants

LIANTS UTILISÉS COURAMMENT DANS L'INDUSTRIE DES PANNEAUX

COLLES CARAC- TÉRISTIQUES	URÉE-FORMOL UF	MÉLAMINE-URÉE-FORMOL MUF	PHÉNOL-FORMOL PF	ISOCYANATE MDI (Diphénylméthyl- diisocyanate)
CHIMIE	$\text{URÉE} = \text{CO} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{array}$ $\text{FORMOL} = \text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{O} \end{array}$	$\text{MÉLAMINE} = \begin{array}{c} \text{N} \\ \text{NH}_2-\text{C} \quad \text{C}-\text{NH}_2 \\ \text{N} \quad \text{N} \\ \text{C} \\ \text{NH}_2 \end{array}$	$\text{PHÉNOL} = \begin{array}{c} \text{OH} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	(ISOCYANATE : -N=C=O) $\text{O}=\text{C}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{H})_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{C}=\text{O}$
REACTION POUR OBTENIR LE POLYMÈRE	Polycondensation = polymérisation avec perte d'H ₂ O	Polycondensation	Polycondensation	Polymérisation
DURCISSEUR OU AGENT CATALYTIQUE	Durcisseur acide, le plus courant NH ₄ Cl	Durcisseur acide, le plus courant NH ₄ Cl	Acide pour NOVOLAC Base pour RÉSOL, la plus courante : NAOH (soude)	EAU
CONDITIONS D'UTILISATION	En général, prise sous presse à chaud (80°C = 100°C) Il existe des variétés d'UF pouvant prendre à froid	Prise sous presse chauffante, 80°C = 100°C	Prise sous presse chauffante, 80°C = 120°C environ	Prise à chaud ou à froid, température de prise plus faible que pour UF, MUF ou PF
TENUE À L'EAU	Hydrolysable avec dégagement de formaldéhyde	Faiblement hydrolysable avec dégagement de formaldéhyde faible	Très faiblement hydrolysable	Non hydrolysable
UTILISATION DANS LES PANNEAUX	Usage courant, tous panneaux	Panneaux à résistance accrue à l'humidité pour usage en lieux exposés	Panneaux résistants à l'humidité ou à l'eau (contreplaqué extérieur)	Panneaux résistants à l'humidité ou à l'eau
PRIX (UF = 100, base 1992, prix France, franco usine)	100 %	228,6 %	250 %	607 %
RISQUES POTENTIELS	Formaldéhyde soupçonné d'être carcinogène Formaldéhyde produit allergène	Formaldéhyde soupçonné d'être carcinogène Formaldéhyde produit allergène Mélamine, fortement allergène	Phénol : risque carcinogène	Isocyanate poison violent
IMPACT ENVIRONNEMENT I - FABRICATION DES PANNEAUX	- Relâchement de formaldéhyde pendant la phase de pressage du panneau (gaz, vapeur de presse)	- Relâchement de formaldéhyde pendant la phase de pressage du panneau (gaz, vapeur de presse)	- Relâchement de composés aromatiques de type phénol et d'un peu de formaldéhyde	- Les poussières encollées sont toxiques à l'inhalation
IMPACT ENVIRONNEMENT II - UTILISATION DES PANNEAUX	- Dégagement de formaldéhyde (gaz) par les panneaux, plus ou moins important suivant les colles, les revêtements de surface, le milieu ambiant et les conditions d'utilisation.	- Dégagement de formaldéhyde par les panneaux. Ces colles ayant une résistance accrue à l'humidité, ce dégagement est moins influencé par l'humidité.	- Pas de dégagement de formaldéhyde mais les produits éventuellement dégagés sont mal connus.	- Pas de dégagement gazeux connu. Les poussières de ces panneaux sont toxiques par la présence de PMDI (polymères d'isocyanate).

Novembre 1992

Ces colles représentent plus de 95 % des colles utilisées dans les industries des panneaux à base de bois. En panneau de particules à plus de 70 %, le liant utilisé est la colle Urée-formol. En Contreplaqué, le liant le plus utilisé est la résine Phénol-formol.

Actuellement ces produits sont utilisés surtout comme substitut de colle à des taux de 8 à 10 % mais l'efficacité de cette substitution est très contestée.

En utilisation avec un liant urée-formol ou mélamine-urée-formol un avantage de la substitution est de diminuer la quantité de liant dans le panneau et une des conséquences est la diminution du risque de dégagement de formaldéhyde.

Un autre avantage relatif à l'environnement est l'utilisation des résidus papetiers, tels que la lignine, produits présentant un risque élevé de pollution s'ils ne sont pas traités.

Des essais ont été menés pour extraire la lignine par un procédé à l'alcool. Il s'agit du procédé ALCELL. La lignine ainsi extraite a pu être utilisée avec succès, en substitution dans des fabrications de contreplaqués ou de panneaux OSB.

3.2 Les tanins

Ce sont des produits naturels contenus dans les bois. Les tanins commerciaux extraits du bois sont des polymères de composés aromatiques comme la catechine (flavanpentol). Ils sont le plus souvent extraits d'arbres comme l'acacia et le quebracho (*Schinopsis balansae*).

Les tanins sont utilisés avec succès depuis de nombreuses années dans des pays comme l'Afrique du Sud ou l'Australie, comme liant dans la fabrication des panneaux et surtout des panneaux de contreplaqué. On les utilise également en Amérique du Sud soit en tant que substituant de la colle (entre 10 et 60 %) soit en tant que liant. Ayant une structure proche de celle du phénol, leur utilisation en substitution se fait essentiellement avec les colles phénoliques.

Leur extraction est relativement chère et difficile, pour obtenir un produit dont les spécifications sont proches de celles recherchées par les utilisateurs des panneaux à base de bois. Leur utilisation peut s'avérer délicate.

Ils ne génèrent pas de pollution par le formaldéhyde mais les composés aromatiques contenus dans les tanins peuvent provoquer des pollutions et leur combustion engendre des produits de type benzo-nitrile ou polychloro-dibenzo-dioxyne.

Leur extraction, si elle se fait suivant les procédés classiques, est génératrice de pollution des eaux.

IV. PERSPECTIVES

"Alors que nous entrons dans la dernière décennie du 20ème siècle, il apparaît clairement que les pressions conflictuelles sur l'aménagement et l'utilisation de nos ressources naturelles continueront de croître." Robert W. Hagler, Président, Wood Resources International Ltd. - Colloque AFOCEL - Grenoble, 25.9.1991.

Les recommandations de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, conférence de Rio de Janeiro - juin 1992, Agenda 21 - chapitre 11 - paragraphe C, demandent que soient développés l'efficacité et les rendements des industries des produits forestiers, par le développement de technologies et par l'utilisation des déchets et résidus. Les recommandations demandent que soit promue l'utilisation des espèces secondaires par la recherche, la création d'industries adaptées et la commercialisation. Les recommandations concernent aussi la promotion de la valeur ajoutée dans les industries de deuxième transformation pour le développement de l'emploi, la création et le développement des marchés. Une mention spéciale est faite au développement des petites industries du bois comme appui au développement rural et au tissu industriel local.

Les produits aujourd'hui doivent répondre à des critères de qualité, à des demandes, à des pressions écologiques et à bien d'autres exigences. Les produits élaborés avec le bois, matière première renouvelable à l'échelle humaine, sont dans ce cas. La forêt, source de bois, doit être exploitée sans entamer le capital. Par leurs dimensions, leurs formes, leurs caractéristiques ainsi que par la matière première utilisée, les panneaux à base de bois sont une réponse aussi bien à la meilleure gestion des matières premières qu'à la demande des marchés.

Pouvant utiliser tant les rémanents d'exploitation forestière que les déchets d'industrie, les panneaux à base de bois sont susceptibles d'apporter une valorisation de cette matière première pour autant que des marchés soient identifiés. En forêt, les rémanents d'exploitation forestière augmentent les risques d'incendies. Ces rémanents peuvent être source de pollution par leur quantité accumulée sur un site déterminé. L'industrie des panneaux et des bois reconstitués, en les utilisant, peut diminuer les risques encourus par la forêt. Dans de nombreuses industries du bois, la partie non-utilisable est considérée comme un déchet. Elle représente des quantités parfois considérables, souvent plus importantes que la production elle-même [exemple: en contreplaqué, déchets = 40 à 60 % des grumes traitées; en scieries (sciages séchés - rabotés), déchets = 40 à 65 % des grumes]. Non traitée, cette partie est une perte nette de matière première et une source de pollution. L'industrie des panneaux est en mesure d'utiliser ces déchets.

Dans l'industrie, l'avantage concurrentiel n'appartient plus à celui qui produit le plus, sur une plus grande échelle mais à celui qui élabore le produit le mieux adapté aux besoins évolutifs des clients. Les industries du panneaux, parce qu'elles sont une réponse souple à des besoins précis, parce qu'elles offrent une amélioration de l'utilisation des ressources naturelles, parce qu'elles peuvent utiliser des bois de plantation, des bois de petite dimension, des essences considérées comme secondaires sont une des industries du futur.

Bien souvent, la stratégie de développement des industries des panneaux à base de bois passe par le développement des marchés locaux. Elle doit être conçue intégrée avec d'autres industries utilisatrices.

La multiplicité des combinaisons offrent des possibilités d'investissement en réponse aux besoins spécifiques de communautés, de régions, de pays. Pour donner une suite à cette idée et en réponse à l'appel lancé par le Congrès mondial des panneaux à base de bois en 1975, à New-Delhi, des industriels fabricants de machines ou des sociétés d'ingénierie pour l'industrie du bois ont proposé des systèmes intégrés partant de l'unité de base qu'est le panneau, unité de première transformation du bois, pour arriver à un produit fini comme les meubles ou les habitations.

L'intégration de plusieurs types d'industries du bois permet d'apporter:

- 1. Une réponse à la gestion des matières premières et la meilleure utilisation de la ressource;
- 2. Une réponse aux marchés en présentant des produits adaptés et évolutifs;
- 3. Une réponse au besoin de développement des régions et des pays en générant des emplois aussi bien qu'en mettant sur le marché les produits recherchés;
- 4. Une réponse à la nécessaire création de richesses des pays en étant un maillon de la filière bois, élaborant des produits à valeur ajoutée importante (meubles, etc.) et éventuellement exportables.

BIBLIOGRAPHIE

Actes du Colloque Nouvelles données sur l'utilisation du bois-énergie. Paris - 15-16
1991 octobre

AFOCEL L'émergence des nouveaux potentiels forestiers dans le monde. AFOCEL,
1991 Paris

Coutrot, D. Les panneaux de particules. INB
1987

Coutrot, D. Panelboards Industry - A Rapid View. Mobil meeting, septembre. Lisbonne
1989

Coutrot, D. Evolution des modèles de contreplaqué. FO:WPP/84/5, FAO, Rome, octobre
1984

CTBA. Cahier n° 106 - Le contreplaqué NF-Extérieur CTB-X

CTBA. Cahier n° 107 - Le panneau de particules CTB-H

CTBA. Cahier n° 109 - Le collage du bois

CTBA. Cahier n° 115 - Technologie du déroulage

CTFT et CTBA. Guide pour le choix des essences déroulables pour la fabrication du
1991 contreplaqué. Nations Unies Commission économique pour l'Europe, FAO et OIT:
"Seminar on new technologies and applications in the wood-based panels sector.
Gdansk, Pologne, 20-24 mai 1991

Deppe, H.J. Überlegungen zur Erweiterung des Klebstoffangebots in Holzleimbau. Holz
1991 als Roh- und Werkstoff n° 49

Deppe, H.J. Vergleichende Untersuchungen an Holzverleimungen. Adhäsion - Heft 10
1991

Deppe, H.J. Chancen und Risiken des europäischen Spanplattenmarktes. Holz als Roh- und
1992 Werkstoff n° 50

FAO. Comité des Panneaux Dérivés du bois - 7ème session, Rome, 12-14 décembre
1991

Fédération Européenne des Syndicats de Fabricants de Panneaux de Particules. Rapport
1992 annuel, 1991-1992

FINNIDA. Survey on training needs in planning and management of forest industries.
1991 ITTO Project PD 4/87 Rev.1(I)

Leclercq, A. et Lejeune, P. Etude technologique de la valorisation par lamellation de chênes
1989 indigènes de petites dimensions. Station de Technologie Forestière, Gembloux.
Février

Marutky, R. Erkenntnisse zur Schadstoffbildung bei der Verbrennung von Holz und 1991
Spannplatten WKI Bericht Nr. 26 - Octobre

Schniewind, A.P. Concise Encyclopedia of Wood and Wood-based Materials Pergamon
1989 Press

Washington State University. Proceedings of the twenty-fifth international
1991 particleboard/composite materials symposium. WSU, Pullman

Wing, A.J. et Chalk, R. The Forest Industries Sector - An Operational Strategy for
1988 Developing Countries. World Bank. Washington, D.C.

- 1 Contrats d'exploitation forestière sur domaine public, 1977 (A E F)
- 2 Planification des routes forestières et des systèmes d'exploitation, 1977 (A E F)
- 3 Liste mondiale des écoles forestières, 1977 (A/E/F)
- 3 Rév. 1. Liste mondiale des écoles forestières, 1981 (A/E/F)
- 3 Rév. 2. Liste mondiale des écoles forestières, 1986 (A/E/F)
- 4/1 La demande, l'offre et le commerce de la pâte et du papier - Vol. 1, 1977 (A E F)
- 4/2 La demande, l'offre et le commerce de la pâte et du papier - Vol. 2, 1977 (A E F)
- 5 The marketing of tropical wood, 1976 (A E)
- 6 Manuel de planification des parcs nationaux, 1978 (A E** F)
- 7 Le rôle des forêts dans le développement des collectivités locales, 1978 (A Ar E F)
- 8 Les techniques des plantations forestières, 1979 (A* Ar C E F)
- 9 Wood chips - production, handling, transport, 1976 (A C E)
- 10/1 Estimation des coûts d'exploitation à partir d'inventaires forestiers en zones tropicales - 1. Principes et méthodologie, 1980 (A E F)
- 10/2 Estimation des coûts d'exploitation à partir d'inventaires forestiers en zones tropicales - 2. Recueil des données et calculs, 1980 (A E F)
- 11 Reboisement des savanes en Afrique, 1981 (A F)
- 12 China: forestry support for agriculture, 1978 (A)
- 13 Prix des produits forestiers 1960-1977, 1979 (A/E/F)
- 14 Mountain forest roads and harvesting, 1979 (A)
- 14 Rev. 1. Logging and transport in steep terrain, 1985 (A)
- 15 AGRIS foresterie - Catalogue mondial des services d'information et de documentation, 1979 (A/E/F)
- 16 Chine: industries intégrées du bois, 1980 (A E F)
- 17 Analyse économique des projets forestiers, 1980 (A E F)
- 17 Sup. 1. Economic analysis of forestry projects: case studies, 1979 (A E)
- 17 Sup. 2. Economic analysis of forestry projects: readings, 1980 (A C)
- 18 Prix des produits forestiers 1960-1978, 1980 (A/E/F)
- 19/1 Pulp and paper-making properties of fast-growing plantation wood species - Vol. 1, 1980 (A)
- 19/2 Pulp and paper-making properties of fast-growing plantation wood species - Vol. 2, 1980 (A)
- 20 Amélioration génétique des arbres forestiers, 1985 (A C E F)
- 20/2 A guide to forest seed handling, 1985 (A E)
- 21 Influences exercées par les essences à croissance rapide sur les sols des régions tropicales humides de plaine, 1982 (A E F)
- 22/1 Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers - Vol. 1. Estimation des volumes, 1980 (A C E F)
- 22/2 Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers - Vol. 2. Etude et prévision de la production, 1980 (A C E F)
- 23 Prix des produits forestiers 1961-1980, 1981 (A/E/F)
- 24 Cable logging systems, 1981 (A C)
- 25 Public forestry administrations in Latin America, 1981 (A)
- 26 La foresterie et le développement rural, 1981 (A E F)
- 27 Manuel d'inventaire forestier, 1981 (A F)
- 28 Small and medium sawmills in developing countries, 1981 (A E)
- 29 La demande et l'offre mondiales de produits forestiers 1990 et 2000, 1982 (A E F)
- 30 Les ressources forestières tropicales, 1982 (A E F)
- 31 Appropriate technology in forestry, 1982 (A)
- 32 Classification et définitions des produits forestiers, 1982 (A/Ar/E/F)
- 33 Exploitation des forêts de montagne, 1984 (A E F)
- 34 Espèces fruitières forestières, 1982 (A E F)
- 35 Forestry in China, 1982 (A C)
- 36 Technologie fondamentale dans les opérations forestières, 1982 (A E F)
- 37 Conservation et mise en valeur des ressources forestières tropicales, 1983 (A E F)
- 38 Prix des produits forestiers 1962-1981, 1982 (A/E/F)
- 39 Frame saw manual, 1982 (A)
- 40 Circular saw manual, 1983 (A)
- 41 Techniques simples de carbonisation, 1983 (A E F)
- 42 Disponibilités de bois de feu dans les pays en développement, 1983 (A Ar E F)
- 43 Systèmes de revenus forestiers dans les pays en développement, 1987 (A E F)
- 44/1 Essences forestières, fruitières et alimentaires - 1. Exemples d'Afrique orientale, 1984 (A E F)
- 44/2 Essences forestières, fruitières et alimentaires - 2. Exemples de l'Asie du Sud-Est, 1986 (A E F)
- 44/3 Food and fruit-bearing forest species - 3. Examples from Latin America, 1986 (A E)
- 45 Establishing pulp and paper mills, 1983 (A)
- 46 Prix des produits forestiers 1963-1982, 1983 (A/E/F)
- 47 Enseignement technique forestier, 1989 (A E F)
- 48 Evaluation des terres en foresterie, 1988 (A C E F)
- 49 Le débardage de bœufs et de tracteurs agricoles, 1986 (A E F)
- 50 Transformations de la culture itinérante en Afrique, 1984 (A F)
- 50/1 Changes in shifting cultivation in Africa - seven case-studies, 1985 (A)
- 51/1 Etudes sur les volumes et la productivité des peuplements forestiers tropicaux - 1. Formations forestières sèches, 1984 (A F)
- 52/1 Cost estimating in sawmilling industries: guidelines, 1984 (A)
- 52/2 Field manual on cost estimation in sawmilling industries, 1985 (A)
- 53 Aménagement polyvalent intensif des forêts au Kerala, 1985 (A E F)
- 54 Planificación del desarrollo forestal, 1984 (E)
- 55 Aménagement polyvalent intensif des forêts sous les tropiques, 1985 (A E F)
- 56 Breeding poplars for disease resistance, 1985 (A)
- 57 Coconut wood - processing and use, 1985 (A E)
- 58 Sawdoctoring manual, 1985 (A E)
- 59 Les effets écologiques des eucalyptus, 1986 (A C E F)
- 60 Suivi et évaluation des projets de foresterie communautaire, 1989 (A E F)
- 61 Prix des produits forestiers 1965-1984, 1985 (A/E/F)
- 62 Liste mondiale des institutions s'occupant des

- recherches dans le domaine des forêts et des produits forestiers, 1985 (A/E/F)
- 63 Industrial charcoal making, 1985 (A)
- 64 Boissements en milieu rural, 1987 (A Ar E F)
- 65 La législation forestière dans quelques pays africains, 1986 (A F)
- 66 Forestry extension organization, 1986 (A C E)
- 67 Some medicinal forest plants of Africa and Latin America, 1986 (A)
- 68 Appropriate forest industries, 1986 (A)
- 69 Management of forest industries, 1986 (A)
- 70 Terminologie de la lutte contre les incendies de forêt, 1986 (A/E/F)
- 71 Répertoire mondial des institutions de recherche sur les forêts et les produits forestiers, 1986 (A/E/F)
- 72 Wood gas as engine fuel, 1986 (A E)
- 73 Produits forestiers - Perspectives mondiales: projections 1985-2000, 1986 (A/E/F)
- 74 Guidelines for forestry information processing, 1986 (A)
- 75 An operational guide to the monitoring and evaluation of social forestry in India, 1986 (A)
- 76 Wood preservation manual, 1986 (A)
- 77 Databook on endangered tree and shrub species and provenances, 1986 (A)
- 78 Appropriate wood harvesting in plantation forests, 1987 (A)
- 79 Petites entreprises forestières, 1988 (A E F)
- 80 Forestry extension methods, 1987 (A)
- 81 Guidelines for forest policy formulation, 1987 (A C)
- 82 Prix des produits forestiers 1967-1986, 1988 (A/E/F)
- 83 Trade in forest products: a study of the barriers faced by the developing countries, 1988 (A)
- 84 Produits forestiers - Perspectives mondiales: projections 1987-2000, 1988 (A/E/F)
- 85 Programmes d'enseignement en matière de vulgarisation forestière, 1988 (A/E/F)
- 86 Forestry policies in Europe, 1988 (A)
- 87 Petites opérations de récolte du bois et d'autres produits forestiers par les ruraux, 1989 (A E F)
- 88 Aménagement des forêts tropicales humides en Afrique, 1990 (A F P)
- 89 Review of forest management systems of tropical Asia, 1989 (A)
- 90 Foresterie et sécurité alimentaire, 1993 (A Ar E F)
- 91 Outils et machines simples d'exploitation forestière, 1990 (A E F)
(Publié uniquement dans la Collection FAO: Formation, n° 18)
- 92 Forestry policies in Europe - an analysis, 1989 (A)
- 93 Energy conservation in the mechanical forest industries, 1990 (A E)
- 94 Manual on sawmill operational maintenance, 1990 (A)
- 95 Prix des produits forestiers 1969-1988, 1990 (A/E/F)
- 96 Planning and managing forestry research: guidelines for managers, 1990 (A)
- 97 Produits forestiers non ligneux: Quel avenir? 1992 (A E F)
- 98 Les plantations à vocation de bois d'œuvre en Afrique intertropicale humide, 1991 (F)
- 99 Cost control in forest harvesting and road construction, 1992 (A)
- 100 Introduction to ergonomics in forestry in developing countries, 1992 (A)
- 101 Aménagement et conservation des forêts denses en Amérique tropicale, 1992 (A)
- 102 Gérer et organiser la recherche forestière, 1993 (A F)

- 103 Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics, 1992 (E)
- 104 Forest products prices, 1971-1990, 1992 (A)
- 105 Compendium of pulp and paper training and research institutions, 1992 (A)
- 106 Economic assessment of forestry project impacts, 1992, (A)
- 107 Conservation of genetic resources in tropical forest management: principles and concepts, 1993 (A)
- 108 A decade of energy activities within the Nairobi programme of action, 1993 (A)
- 109 FAO/IUFRO directory of forestry research organizations, 1993 (A)
- 110 Actes de la réunion d'experts sur la recherche forestière, 1993 (A/F/E)
- 111 Forestry policies in the Near East region: analysis and synthesis, 1993 (A)
- 112 Forest resources assessment 1990: tropical countries, 1993 (A)
- 113 *Ex situ* storage of seed, pollen and *in vitro* cultures of perennial woody plant species, 1993 (A)
- 114 Assessing forestry project impacts: issues and strategies, 1993 (A)
- 115 Forestry policies of selected countries in Asia and the Pacific, 1993 (A)
- 116 Les panneaux à base de bois, 1993 (F)

Disponibilité: décembre 1993

A	-	Anglais	Multil. - Multilingue
Ar	-	Arabe	* Epuisé
C	-	Chinois	** En préparation
E	-	Espagnol	
F	-	Français	
P	-	Portugais	

On peut se procurer les Cahiers techniques de la FAO auprès des points de vente des publications de la FAO, ou en s'adressant directement à la Section distribution et ventes, FAO, Viale della Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie.