



Les panneaux dans l'industrie du bois



Clément Lacoste

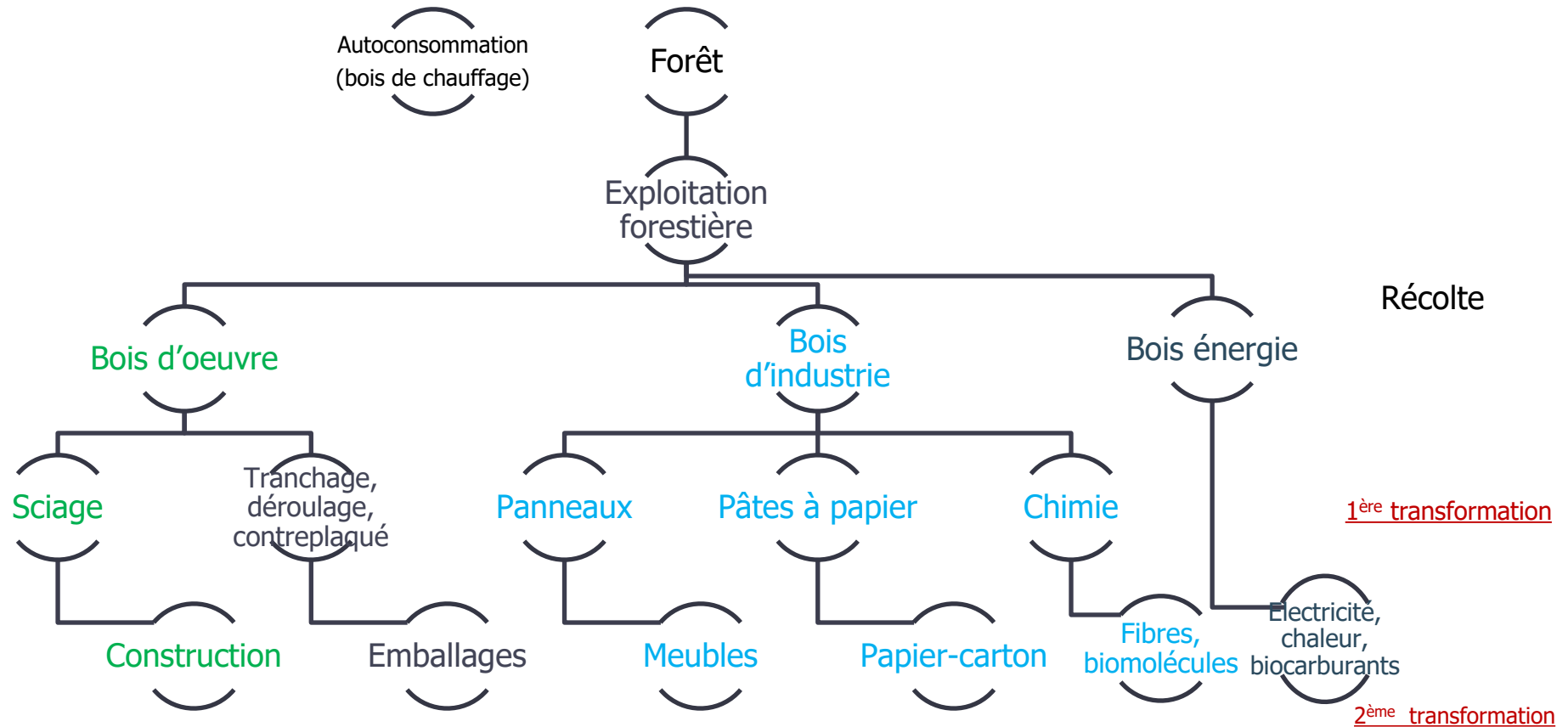
clement.lacoste@mines-ales.fr

C2MA (centre des Matériaux des Mines d'Alès), PCH (Polymères, Composites, et hybrides)

Les panneaux dans l'industrie bois

- Contexte et Historique
- Les différents types de panneaux de process (PP, MDF, OSB)
 - Fabrication, production, approvisionnement et marchés
 - Structures et propriétés clés (ex. panneaux structurels, isolants)
- Ouverture vers des innovations
- Références scientifiques et normatives, documentations

Les panneaux dans l'industrie bois



Les panneaux dans l'industrie bois

Marchés en France

- Emplois associés :

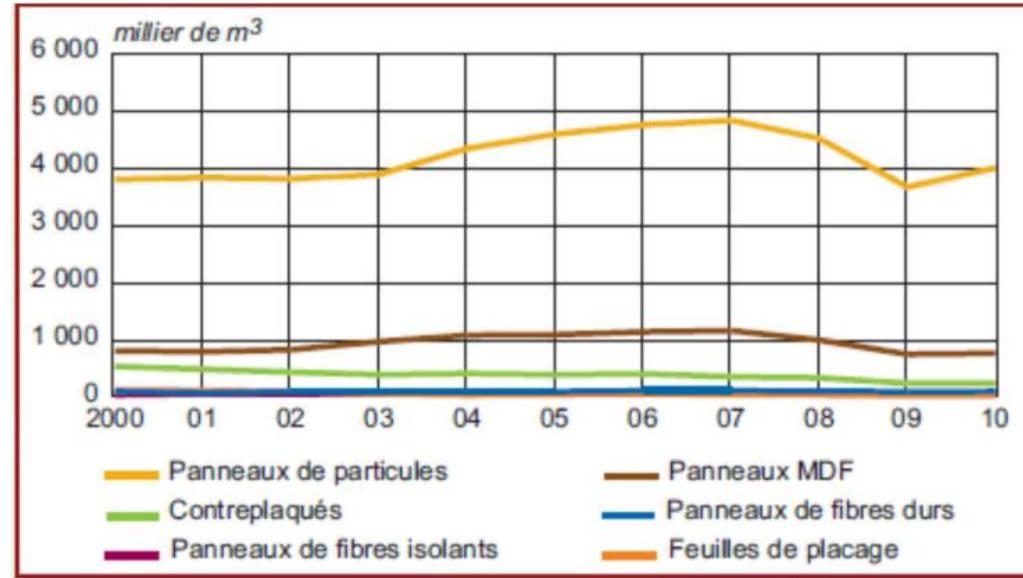
Secteur	Emplois
Sylviculture	13 000
Exploitation forestière	17 000
Scierie	20 000
TMB	70 000
Ameublement	80 000
Pâte/papier/cartons	80 000
Bâtiment	100 000

- L'industrie des panneaux bois, ce sont 3 marchés principaux :
 - ✓ Bâtiment
 - ✓ Ameublement
 - ✓ Emballage

Les panneaux dans l'industrie bois

Fabricants et marchés

- Evolution de la production de panneaux de bois de 2000 à 2010:

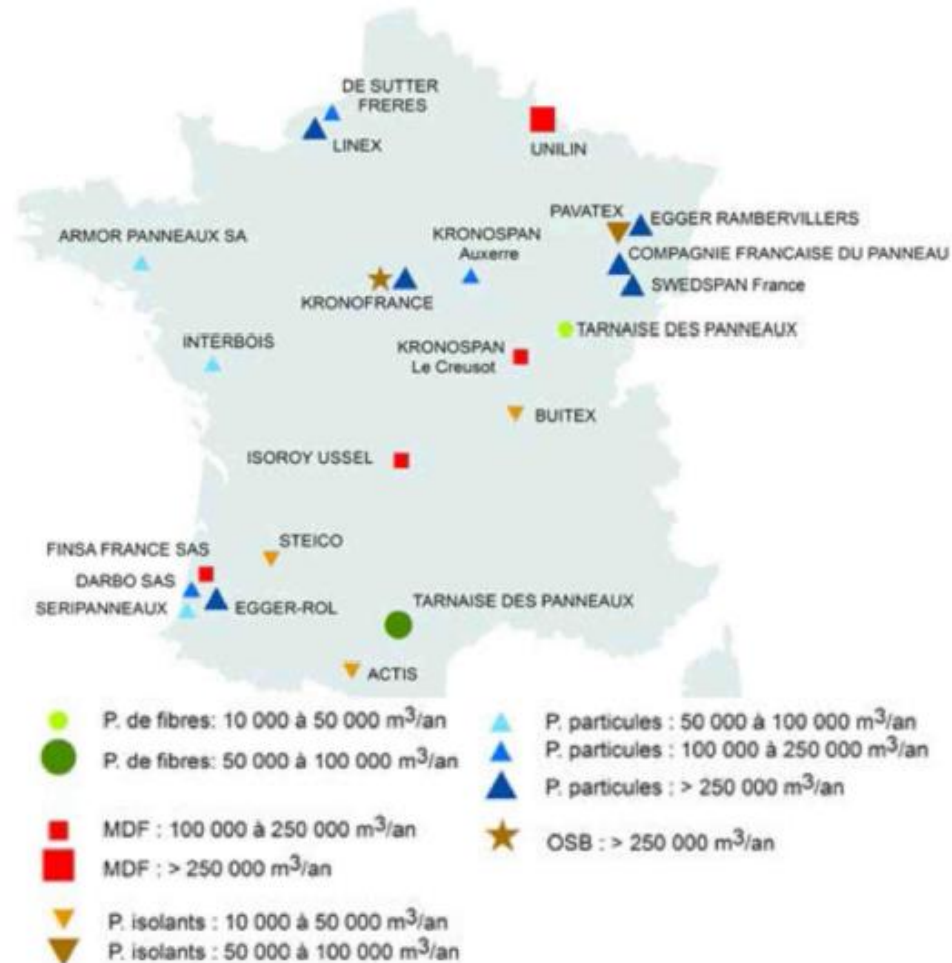


- Contraintes sur la ressource en matière première => incitation à utiliser de plus en plus de **bois recyclé** mais les exigences du marché français de **garanties** sur la nature et l'origine du bois restreignent cette évolution.
- Utilisation de **bois recyclé** (données 2011): **28% en France** ; 89 % en Italie, 55 % en Grande Bretagne, 38 % en Autriche, 33 % en Allemagne ; 10 % en Pologne
- Les fabricants de panneaux de process sont regroupés dans ***l'Union des Industries de Panneaux de Process (UIPP)***

Les panneaux dans l'industrie bois

Fabricants et marchés

- Quelques grands groupes : Egger, ISOROY (historique), Unilin, Pavatex



Les panneaux dans l'industrie bois

Historique

Industrie des panneaux de process = **industrie lourde**, continue

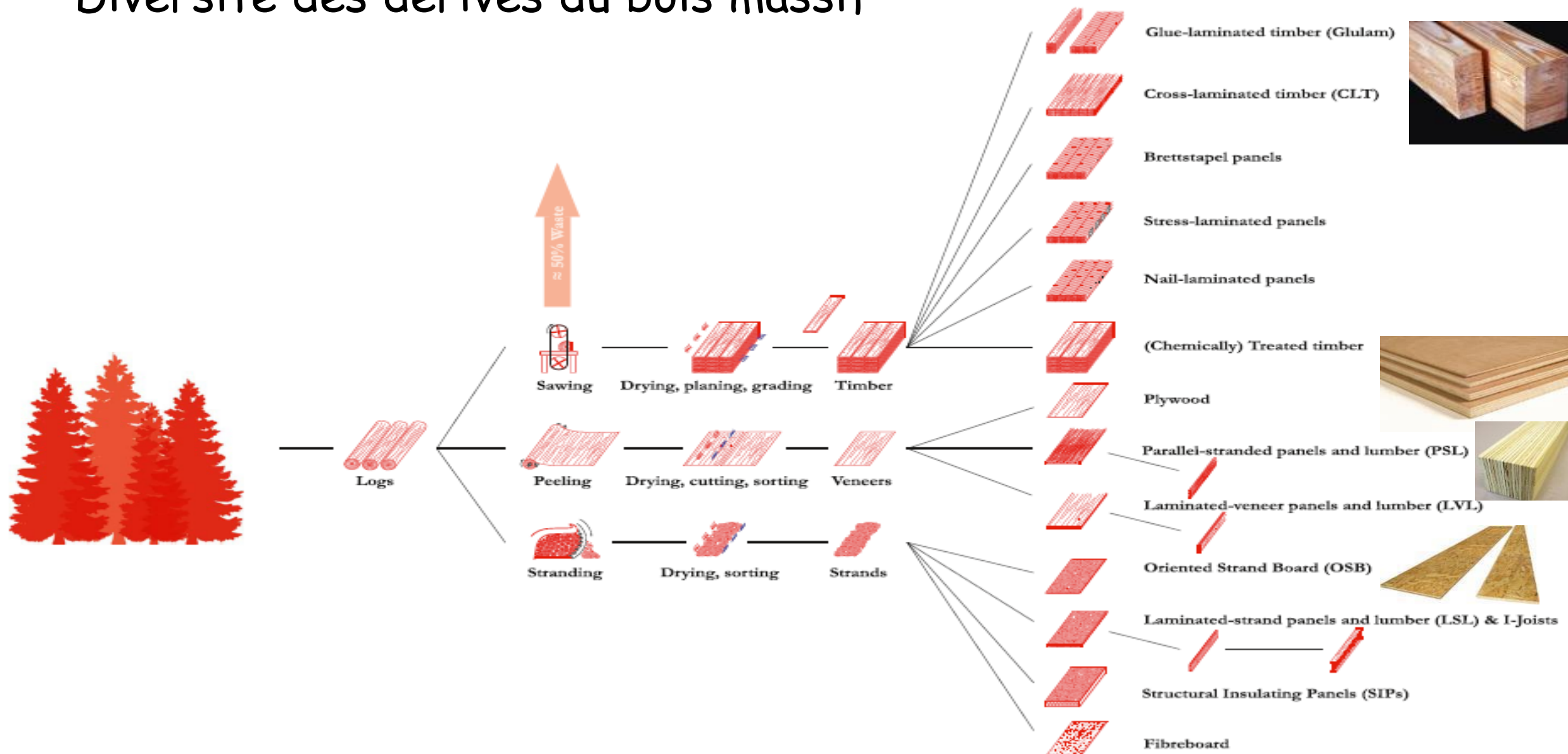
Un certain succès pour répondre à divers **objectifs**: Matériaux « **sans défauts** », **stables**, plus **durables**, aux caractéristiques plus **homogènes**, avec **approvisionnement** suivis et **délais** garantis

Un peu d'histoire

1884 : CONTREPLAQUE (Tchécoslovaquie)	1912 : en France
1910 : PANNEAUX DE FIBRES DURES (USA)	1933 : en France
1930 : PANNEAUX BOIS – CIMENT (Suisse)	
1939 : PANNEAUX DE PARTICULES (Suisse, Allemagne)	1953 : en France
1945 : BOIS BAKELISE	
1960 : LAMELLE COLLE	
1965 : MDF (USA)	1986 : en France
1970 : WAFERBOARD (Canada)	
1975 : LVL MICROLAM (USA)	
1980 : LVL KERTOPUU (Finlande)	
1980 : OSB (USA)	1984 : TRIPLY (France)
1982 : PSL PARALLAM (USA)	
1986 : LSL TIMBERSTRAND (USA)	

Les panneaux dans l'industrie bois

Diversité des dérivés du bois massif



Les panneaux dans l'industrie bois

Autres dérivés du bois massif: Lamellé-collé (« Glulam »)

Largeurs
Longueurs
Épaisseurs
Non limitées

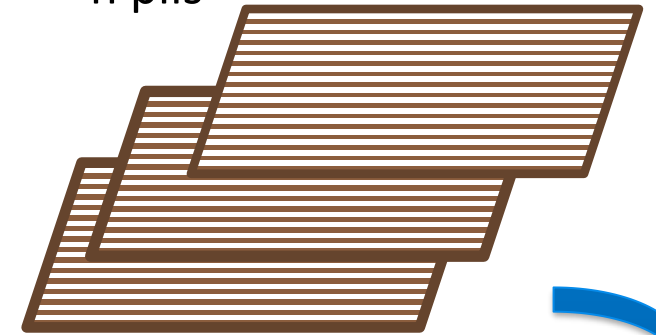


Aboutage

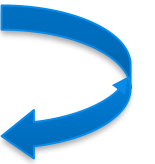


Colles UF, RF/PF, PVAc

n plis



Dérives du sciage



Applications

Poteaux



Poutres

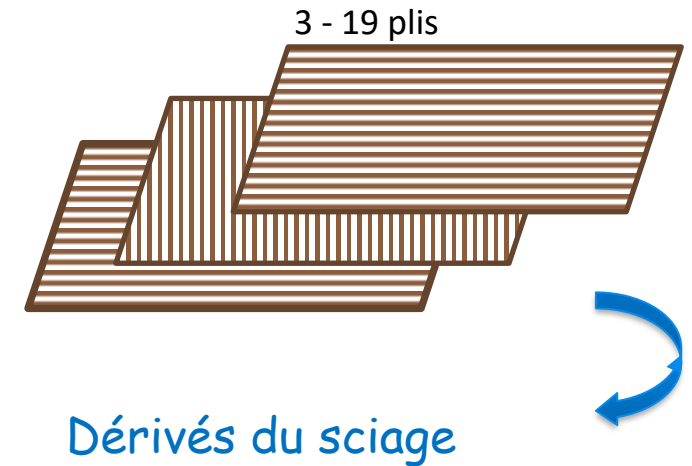


Arcs



Les panneaux dans l'industrie bois

Autres dérivés du bois massif: Lamellé-croisé (CLT : « Cross Laminated Timber »)



Applications

Utilisés dans les bâtiments de grandes hauteurs de demain (> 4 m)

Murs

Planchers

Cloisons

Toitures



Pavillon France, Milan, Expo Universelle



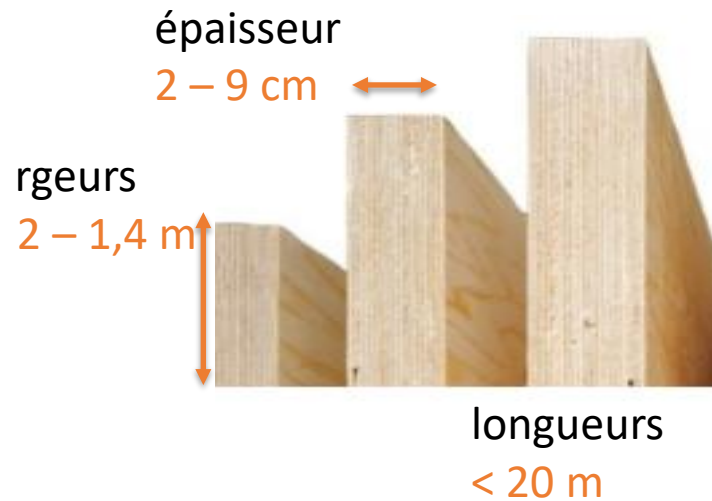
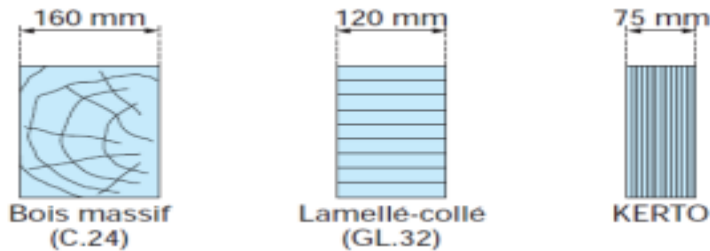
Oakwood timber tower, Londres, 315m

Les panneaux dans l'industrie bois

Autres dérivés du bois massif: Lamibois (LVL : « Laminated Veneer Lumber »)

- Autres noms : Microllam/ KERTO®

Résistance mécanique: LVL > LC > BM



Applications

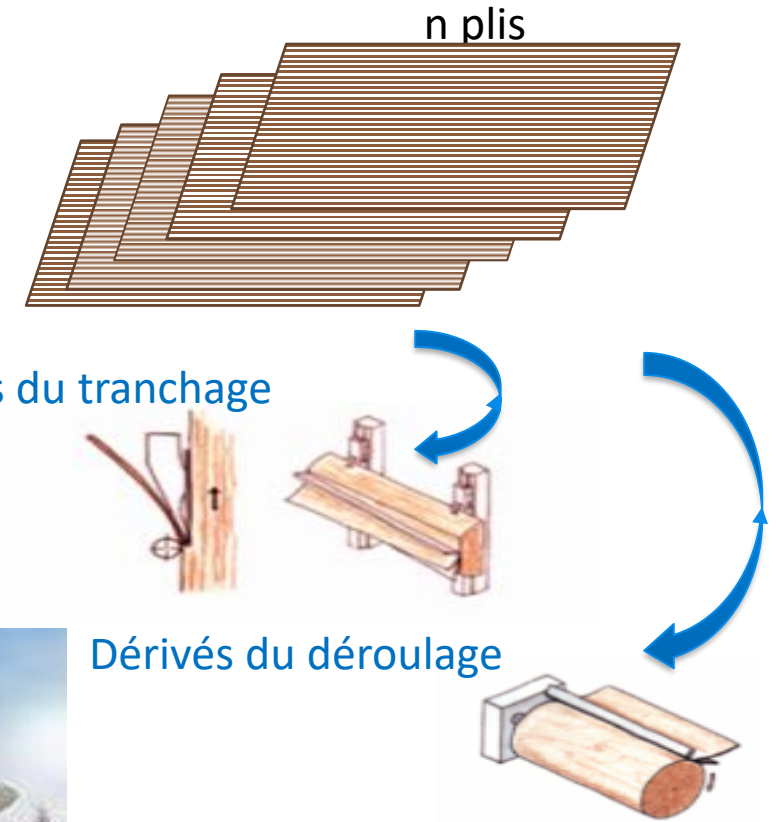
Poutres droites

Charpente

Voiles de structure



Metropol Parasol, Séville, Espagne



Colles UF, RF/PF, isocyanates

Les panneaux dans l'industrie bois

Diversité des panneaux bois

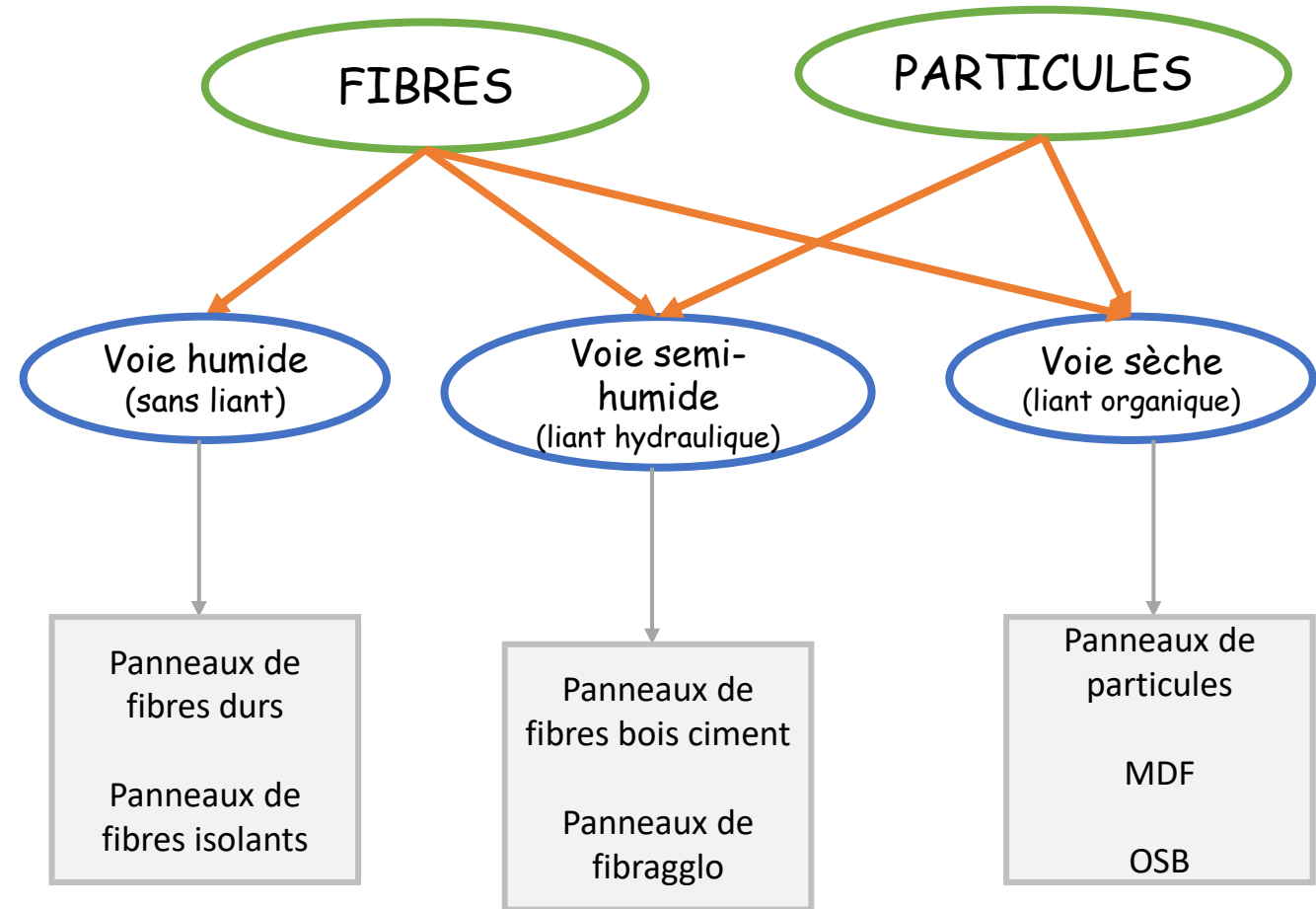


Les panneaux dans l'industrie bois

Typologie

Dimensions des renforts (mm)

- *Panneaux de particules* : 30 x 1-2 x 0,5-1
- *Flakeboards* : 30 x 15 x 0,5-1
- *Waferboards* : 80-100 x 30 x 0,5-1
- *OSB* : 60-150 x 2-10 x 0,5
- *MDF* : => fibres de bois



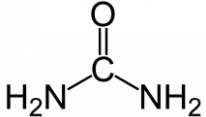
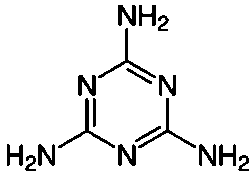
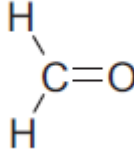
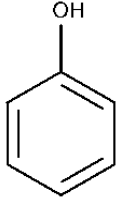
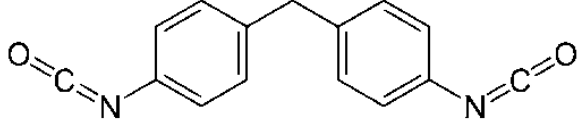
Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

Colles pour panneaux de particules

Colles les plus courantes: **UF; MUF; PF**



	Urée (U)	Mélamine (M)	Formaldéhyde (F)	Phénol (P)	Methylene diphenyl diisocyanate (MDI)
Structure chimique					

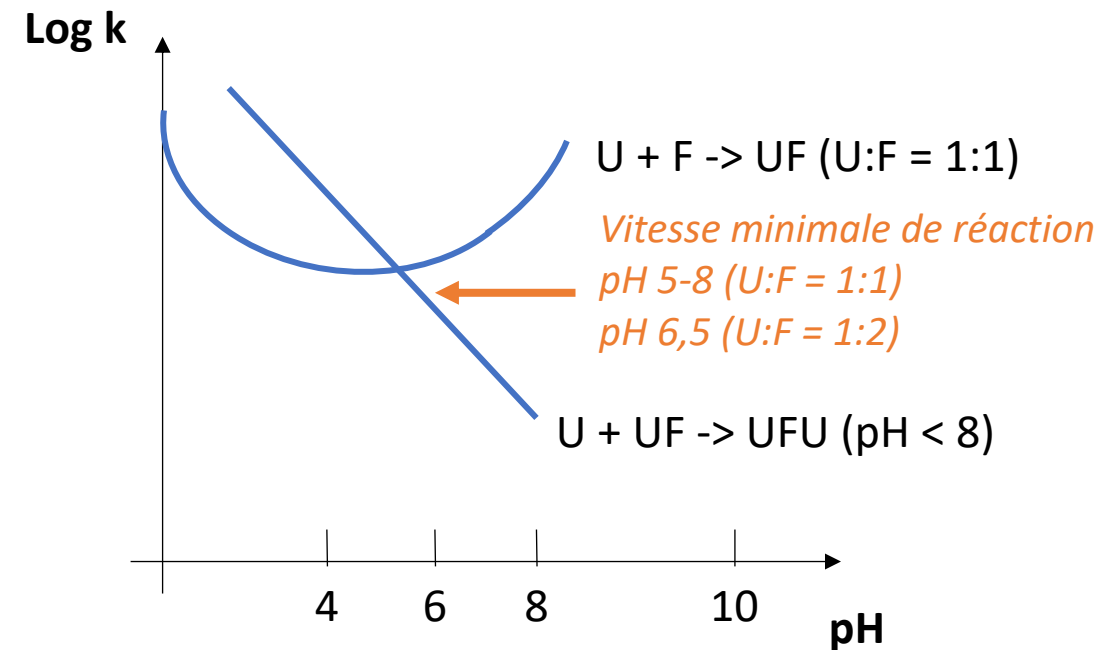
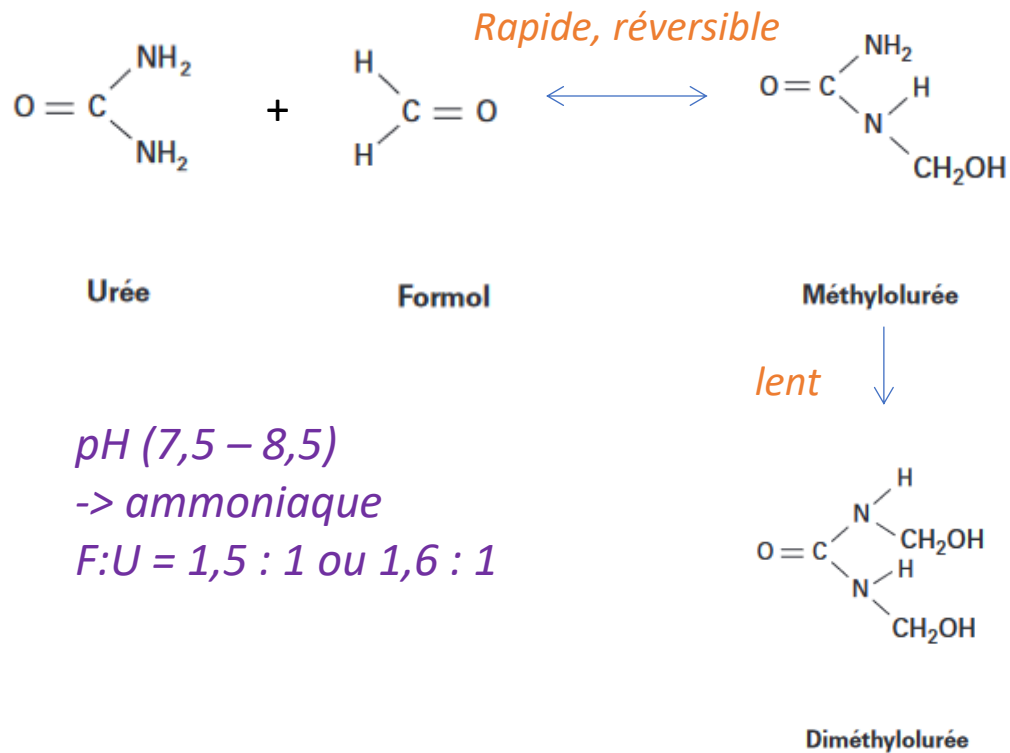
Type de colle	Urée-formaldéhyde (UF)	Mélamine-Urée-formaldéhyde (MUF)	Phénol-formaldéhyde (PF)	Isocyanate (pMDI)
Caractéristiques	Colle historique Bon marché Blanc/transparent Bonne résistance mécanique Mauvaise résistance à l'eau Problématique COV forte	Transparent Bonne résistance mécanique Meilleure résistance à l'eau Problématique COV Prix très élevé	Couleur rouge foncée Excellente résistance à l'eau Problématique COV moindre Prix plus élevé que UF (x2) T°C et temps pressage élevés	Excellentes performances Nécessite moins de colle Plus chère que des colles formaldéhydes Problème de collage des feuillards métalliques

Les panneaux dans l'industrie bois

Les colles usuelles

- Aminoplastes (UF, MUF):

Réaction de polymérisation: *polycondensation contrôlée par le pH et la Température*

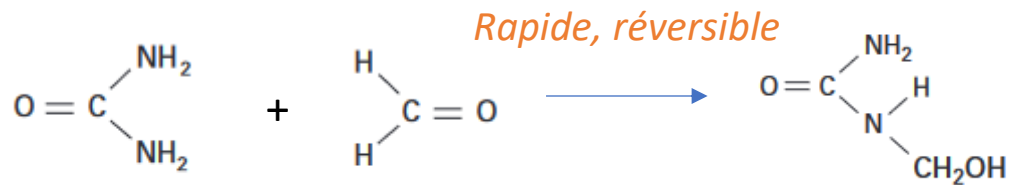


Les panneaux dans l'industrie bois

Les colles usuelles

- Aminoplastes (UF, MUF):

Réaction de polymérisation: *polycondensation contrôlée par le pH et la Température*



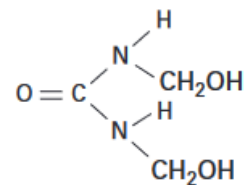
Urée

Formol

Méthylolurée

lent

Catalyse
acide

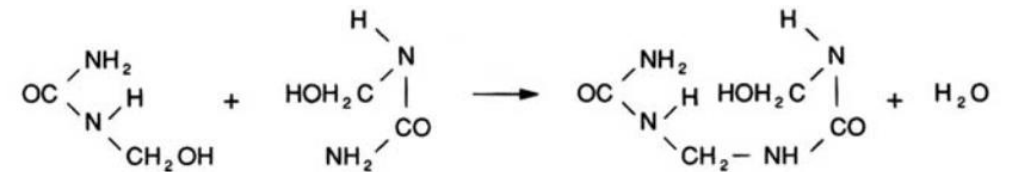


Diméthylolurée

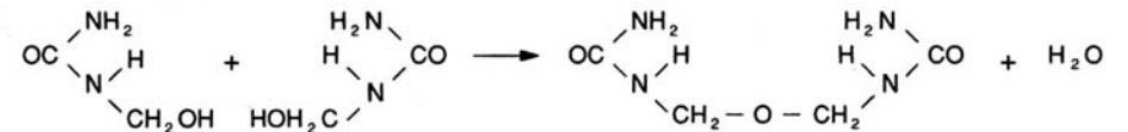
pH (7,5 – 8,5)

-> ammoniacale

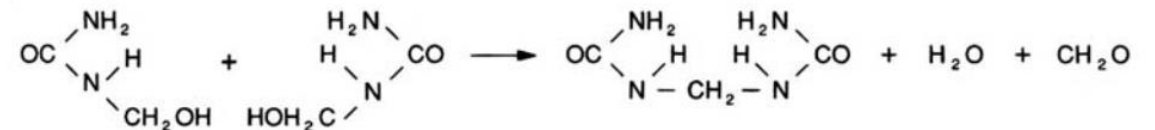
F/U : 1,5 : 1 ou 1,6 : 1



(a) formation d'un pont méthylène entre deux groupes uréyle avec élimination d'eau



(b) formation d'un pont diméthylène-éther entre deux groupes uréyle avec élimination d'eau



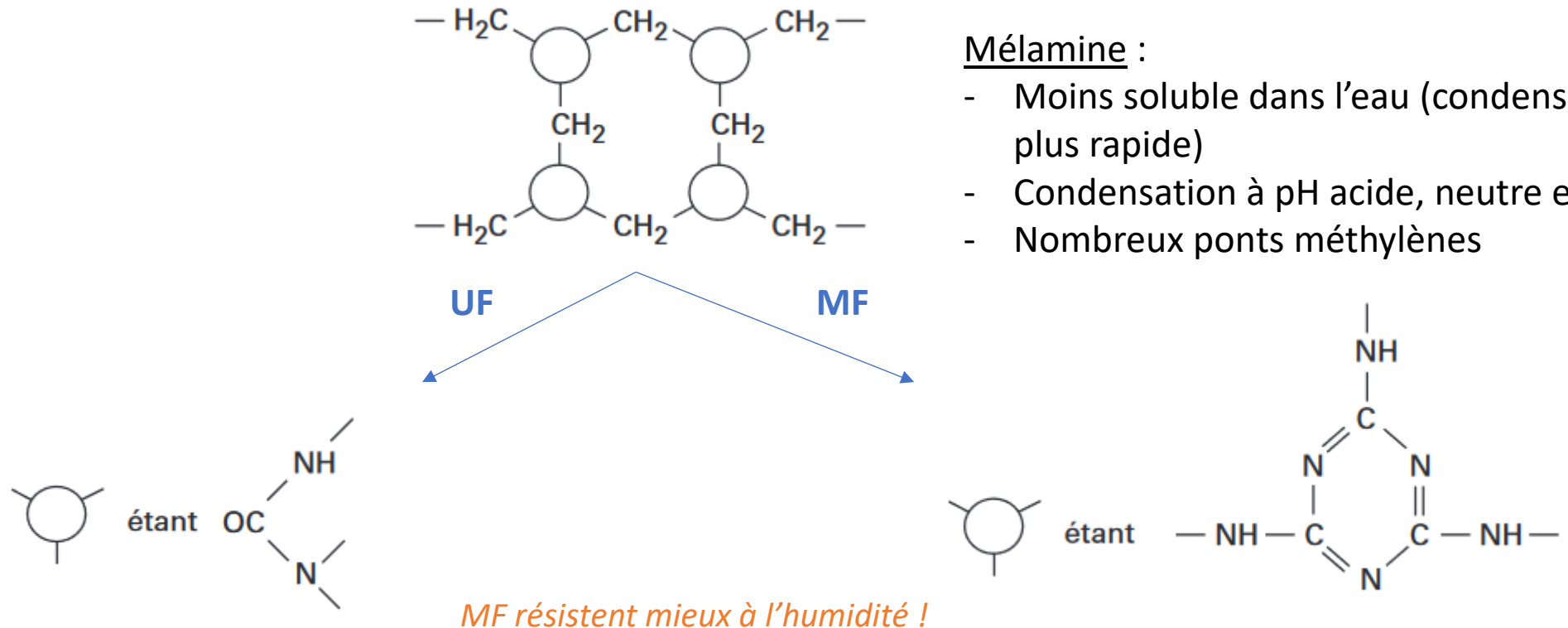
(c) formation d'un pont méthylène entre deux groupes uréyle avec élimination d'eau et de formaldéhyde

Les panneaux dans l'industrie bois

Les colles usuelles

- Aminoplastes (UF, MUF):

Réaction de polymérisation: *polycondensation*



Mélamine :

- Moins soluble dans l'eau (condensation plus rapide)
- Condensation à pH acide, neutre et alcalin
- Nombreux ponts méthylènes

Les panneaux dans l'industrie bois

Les colles usuelles

- **Aminoplastes (UF, MUF):**

Colle UF (mélange collant) : UF + **Durcisseur** + **Empêcheur** (+charges pour les contreplaqués)

- Extrait sec proche de 65%
- **Durcisseurs** = **acides** ou **sels** capables de libérer un acide

Ex. H_3PO_4 , HCl , NH_4Cl , $(NH_4)_2SO_4$, *acide citrique*

- **Empêcheurs** = **retarder** le durcissement de la résine

Ex. NH_3 , CH_3OH

Pour les PP, le mélange est généralement NH_4Cl (ou $(NH_4)_2SO_4$) et NH_3 (pour le pressage à chaud et augmenter la « pot life »)



NH_4Cl peut durcir la résine à froid mais la vitesse est très lente

Les panneaux dans l'industrie bois

Les colles usuelles

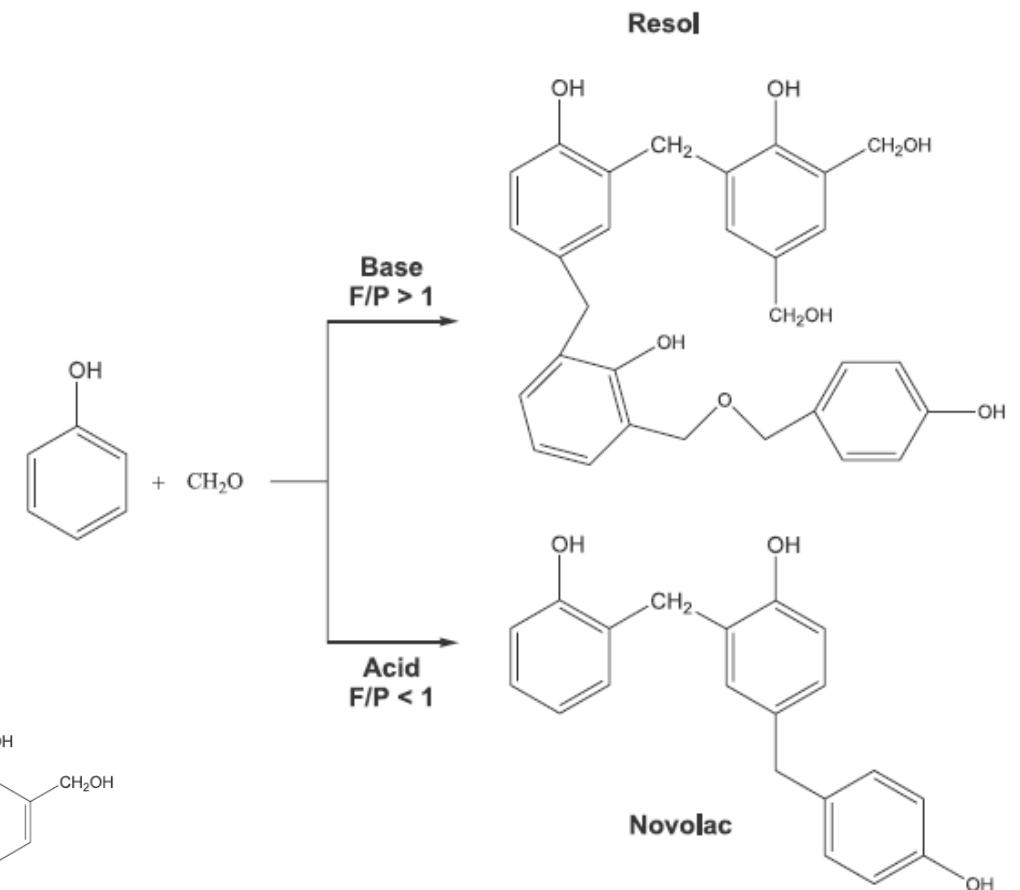
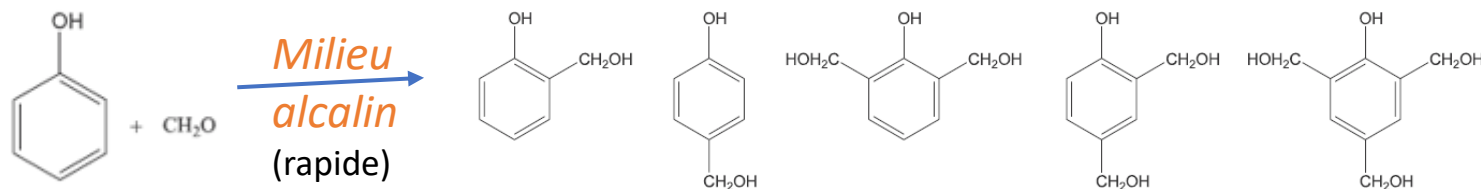
- **Phenoplastes (PF):**

1) **Résoles** (obtenues en milieu alcalin)

2) **Novolaques** (obtenues en milieu acide)

Quelles différences?

- Vitesse de réaction HCHO sur phénol
- Vitesse de condensation de méthylolphénols
- La réaction de condensation



Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)



➤ Dérivés de la trituration

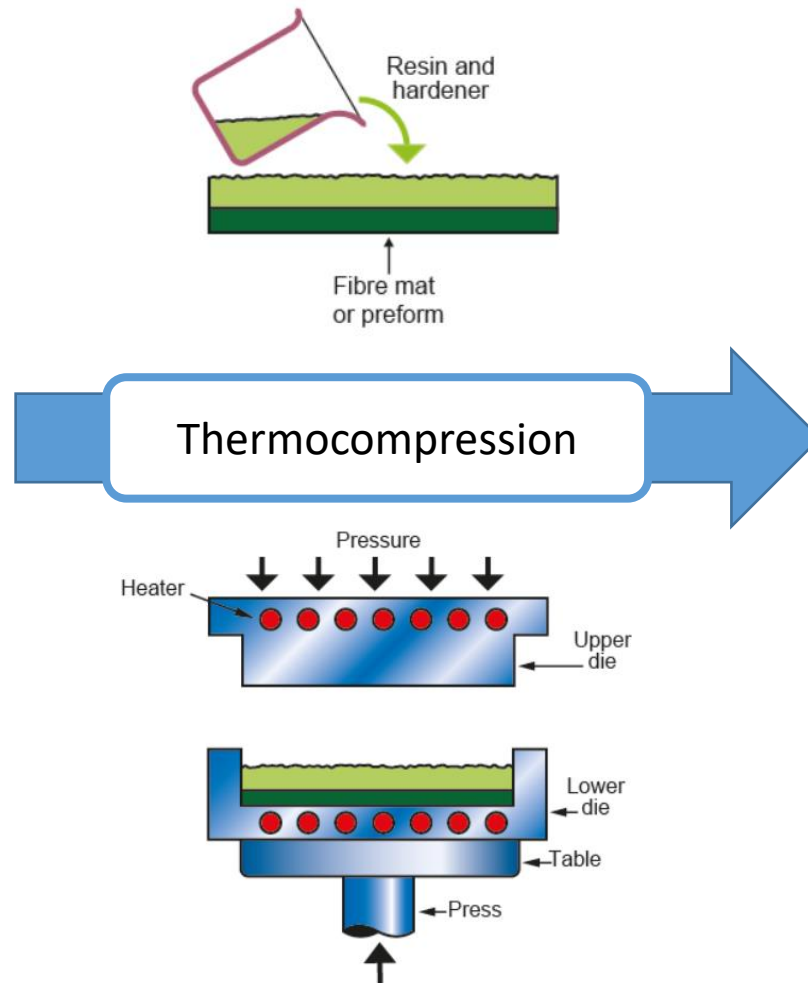


« Chips »
(90%)

+



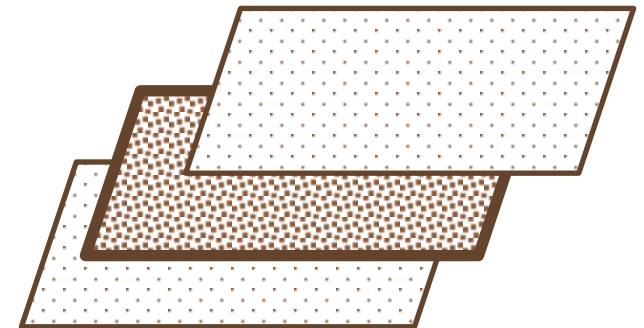
Colles UF, MUF, RF/PF,
Isocyanates
(10%)



épaisseur
3 – 50 mm



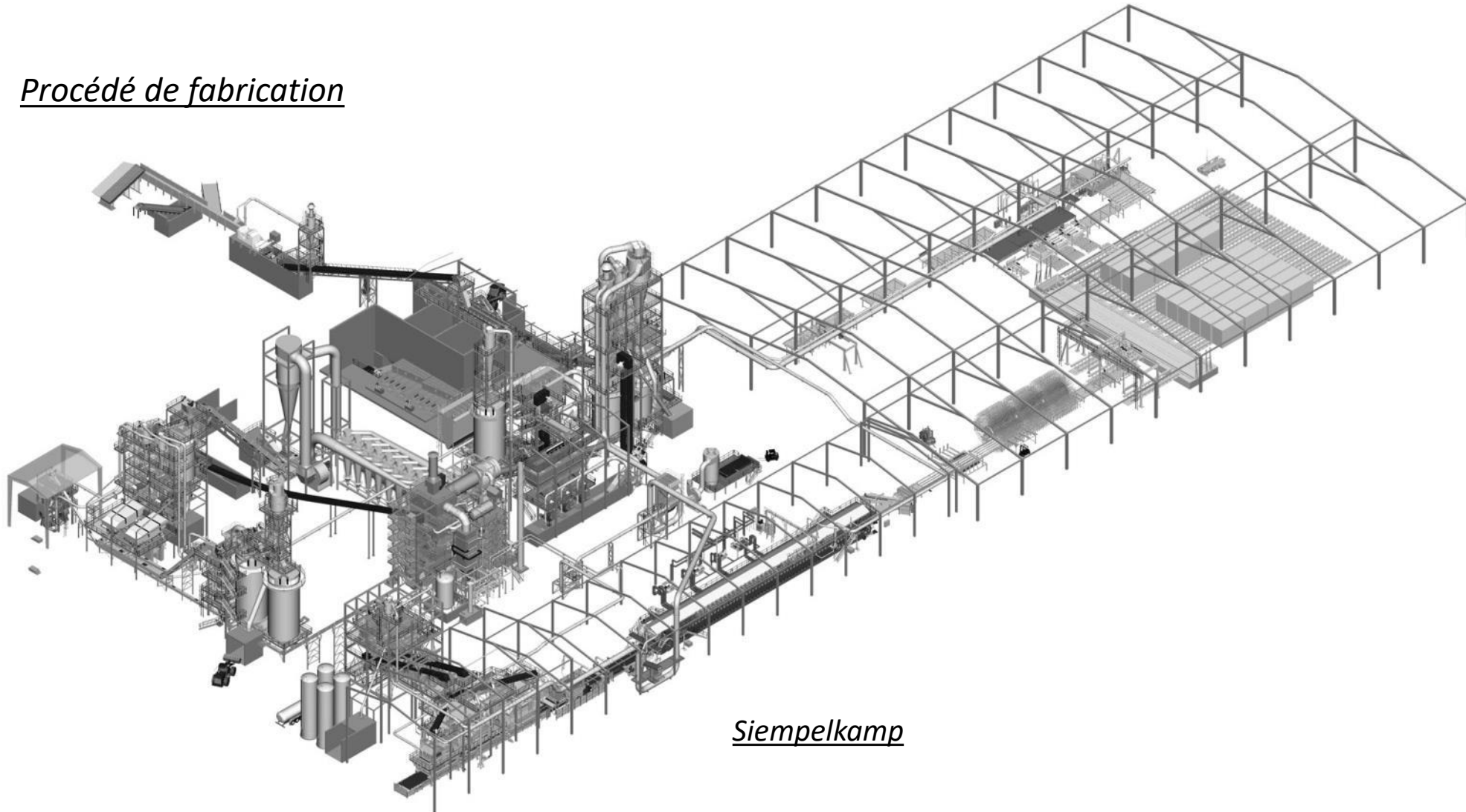
3 « couches »
400-600 kg/m³



Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

Procédé de fabrication



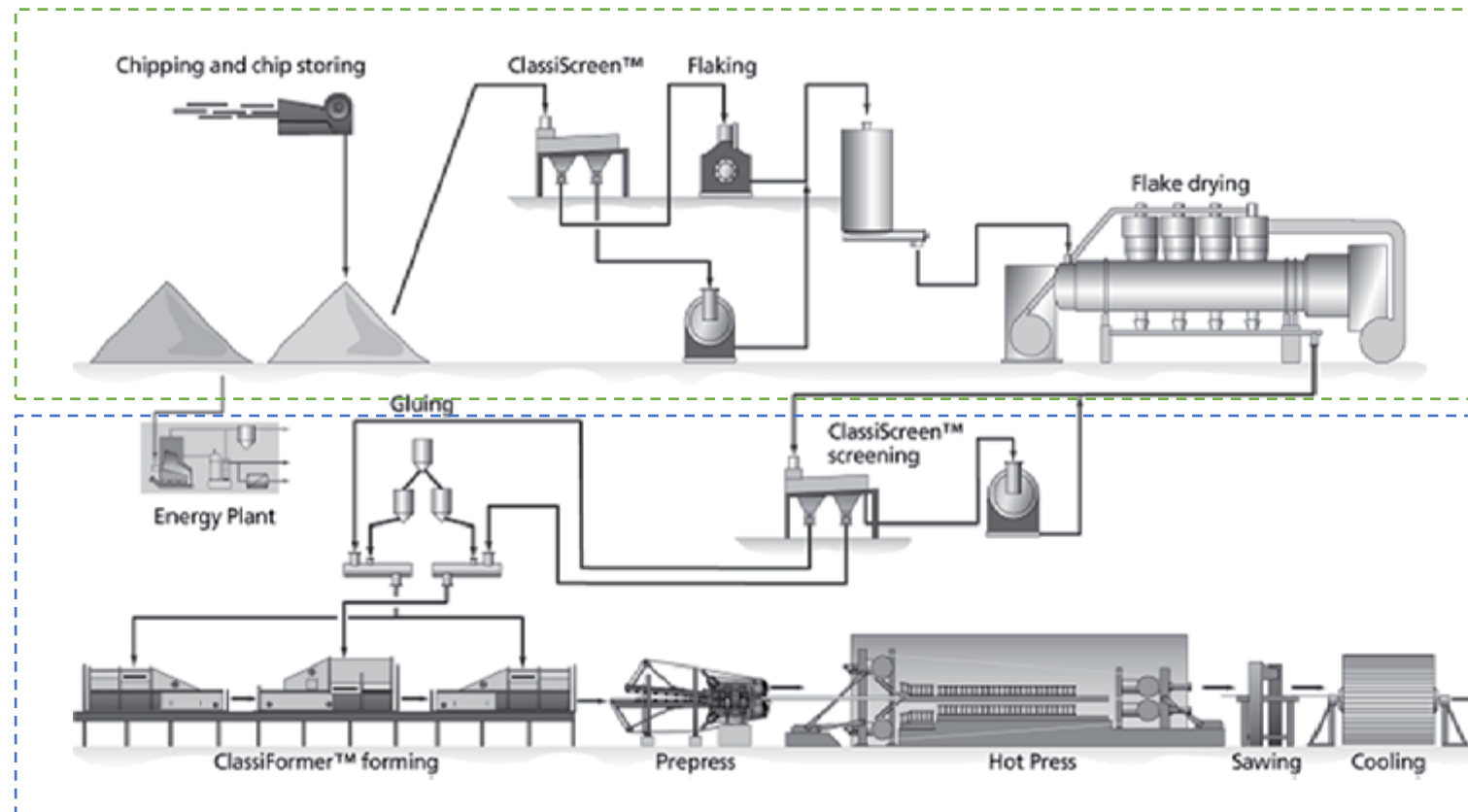
Siempelkamp

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)



Trituration
primaire et
secondaire



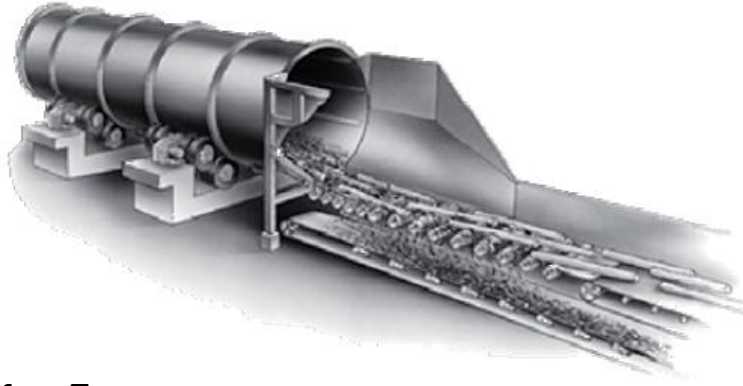
Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

Longueur et épaisseur sont déterminées pas le réglage des couteaux et des contre-fers

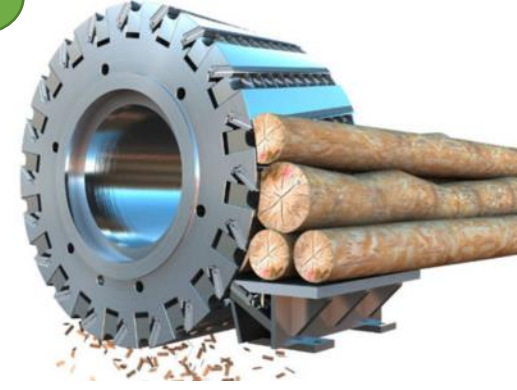
Fabrication de plaquettes

A



1. Ecorçage

Ecorce => peu dense (absorbe la colle) donc éliminée et sert de combustible car elle possède un haut pouvoir calorifique



Plaquettes
(3-5 cm x 0,5-1 cm)

2. Trituration

Historiquement: machine à tambour (rondins)

Aujourd'hui : technique de la « plaquette » (tout type de déchets) en deux étapes

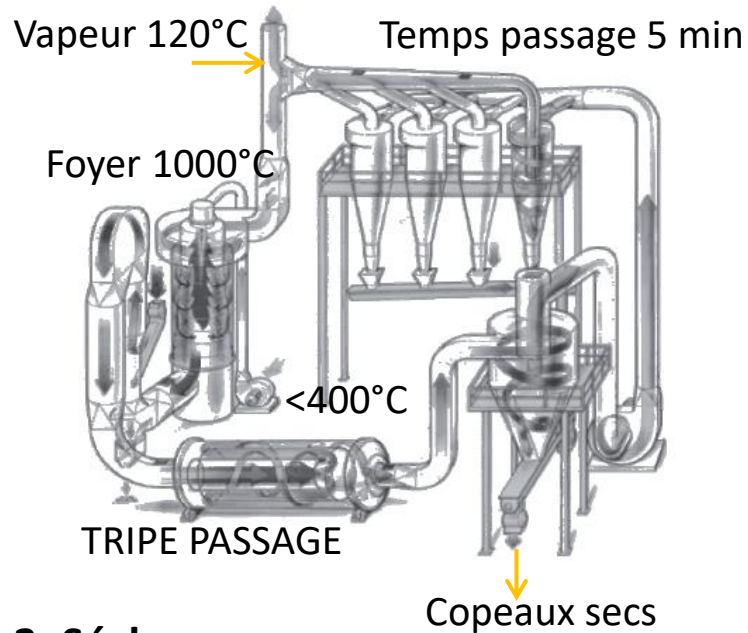


B

Fragmentation des plaquettes en copeaux par centrifugation sur des couteaux

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

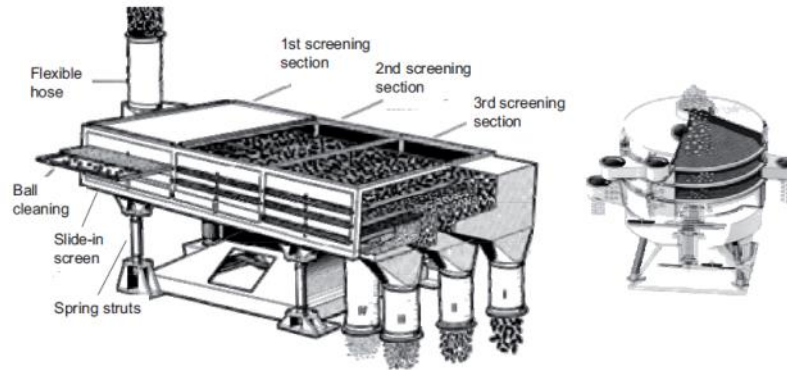


3. Séchage

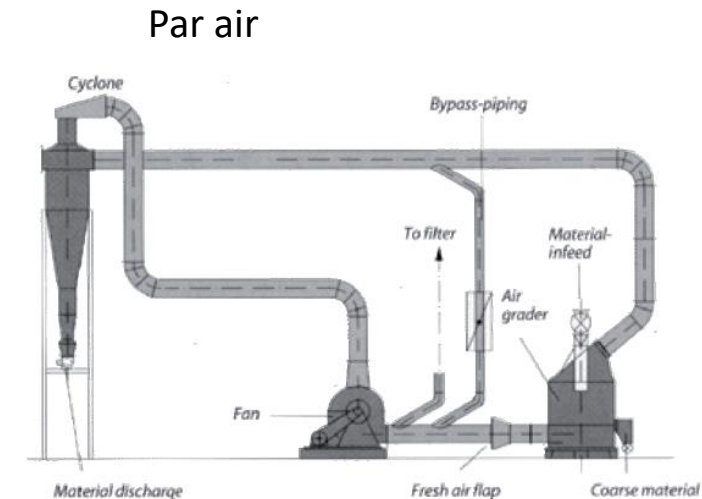
Humidité des copeaux variables (**80-100%**) en entrée et proche de **2%** avant l'encollage.

Risques: COV, incendie, explosion

Il existe deux grands systèmes de séchoirs : corps fixe avec bras rotatif; ou corps tournant



Par vibration



Par air

4. Criblage

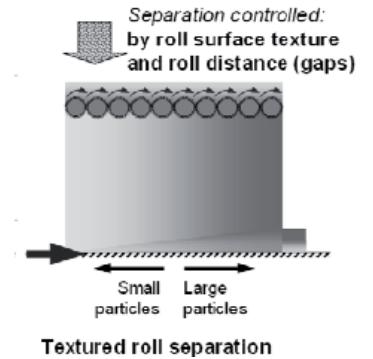
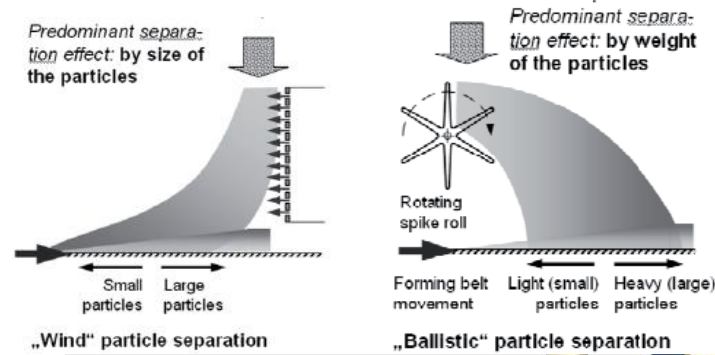
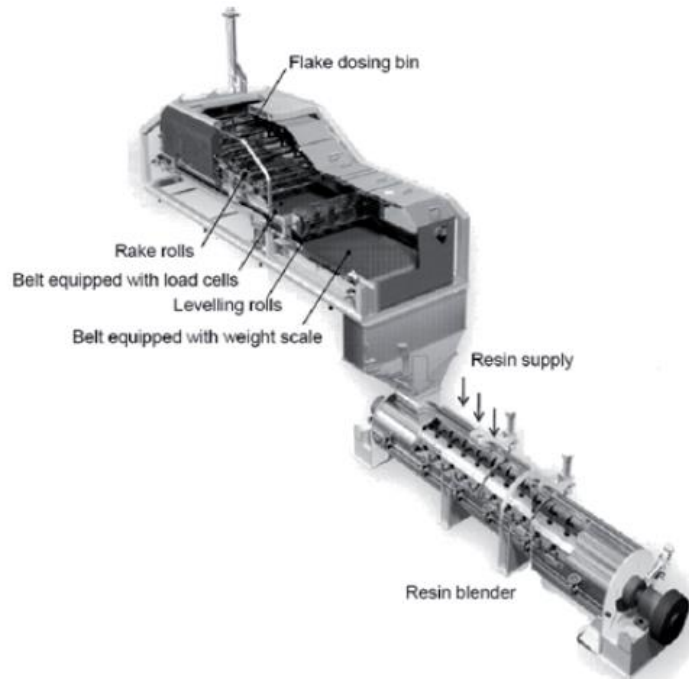
Uniquement après séchage

Méthodes mécaniques ou à air (cyclone)

Catégories de criblage: **Dust** / **Fines** / **Coarse** / **Over-size**

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)



5. Encollage

Enveloppe à double parois
Maîtrise du débit bois/colle
Répartition régulière par pulvérisation et malaxage
Influence de la vitesse sur la distribution des copeaux
Deux lignes: 1) lent pour les fractions fines et 2) rapide pour les copeaux de couche intérieure
Colles thermodurcissables fluides

6. Epandage

Formation du « mat » = couches du panneaux de particules
Uniformité en longueur et largeur, orientation aléatoire



Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

Colles pour panneaux de particules

Le choix du système dépend de l'application du panneaux (intérieur/extérieur) et des paramètres des copeaux.

Les colles sont préparées séparément soit dans des cuves en batch pour des petites productions avec des formulations stables, soit par des systèmes en continu plus réactifs et mieux adaptés aux grandes unités de production.

Particle board	UF	4 % - 10 %	→ surface layer	8 % - 14 %
			→ core layer	4 % - 8 %
	PF	6 % - 8 %	→ surface layer	8 % - 12 %
			→ core layer	6 % - 9 %
MDI	2 % - 6 %		→ surface layer	6 % - 8 %
			→ core layer	2 % - 4 %
OSB	PF	6 % - 8 %		
	MDI	2 % - 6 %		
MDF	UF	8 % - 14 %	→ in blow-line resin application	
	UF	6 % - 10 %	→ resin application to dry fibres	
	MUF	8 % - 12 %	→ for HDF as flooring quality	
	MDI	≈ 4 % - 10 %		
all panel types	wax	0,3 % - 2 %	applied as micro-crystalline wax emulsion or liquid paraffin	

Ressel, 2008

UF bonded particleboard for interior application			
UF resin (66 % solid content)	100 kg	Hardener solution	
Hardener (15 %)	10 kg	SL	5 % (NH ₄) ₂ SO ₄
Paraffin emulsion (50%)	10 kg		10 % NH ₃
Water	12 kg		85 % H ₂ O
Adhesive solution		CL	10 % (NH ₄) ₂ SO ₄
			5 % NH ₃
			85 % H ₂ O

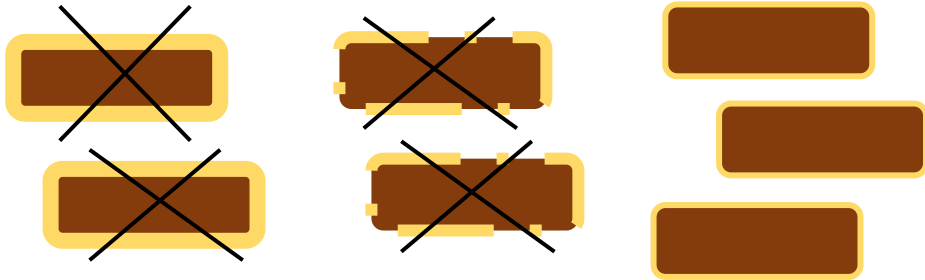
PF bonded particleboard for exterior application			
PF resin (45 % solid content)	100 kg	Hardener solution	
Hardener (50 %)	5 kg	SL	none
Paraffin emulsion (50%)	15 kg	CL	50 % K ₂ CO ₃
Water	0 kg		50 % H ₂ O
Adhesive solution			

Les panneaux dans l'industrie bois

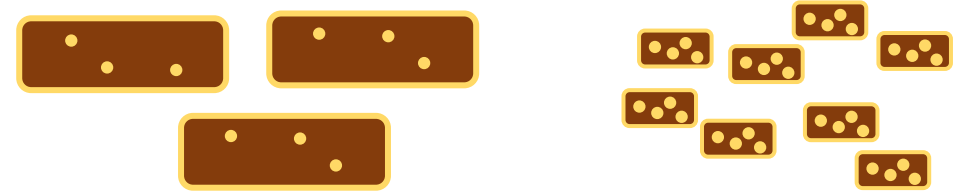
Panneaux de particules (« particles board »)

Colles pour panneaux de particules

On cherche à encoller la surface tout en minimisant l'absorption par les particules de bois pour favoriser les liaisons chimiques



Les fines particules peuvent absorber jusqu'à 5 fois plus de colle que les particules plus grossières => encollage au dernier moment



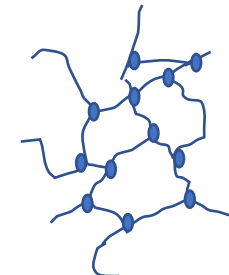
Les colles utilisées sont économiques, et doivent réticuler rapidement tout en ayant une durée de vie en pot longue



1 – 2 €/kg



20-30 minutes



1 – 5 min

Les panneaux dans l'industrie bois

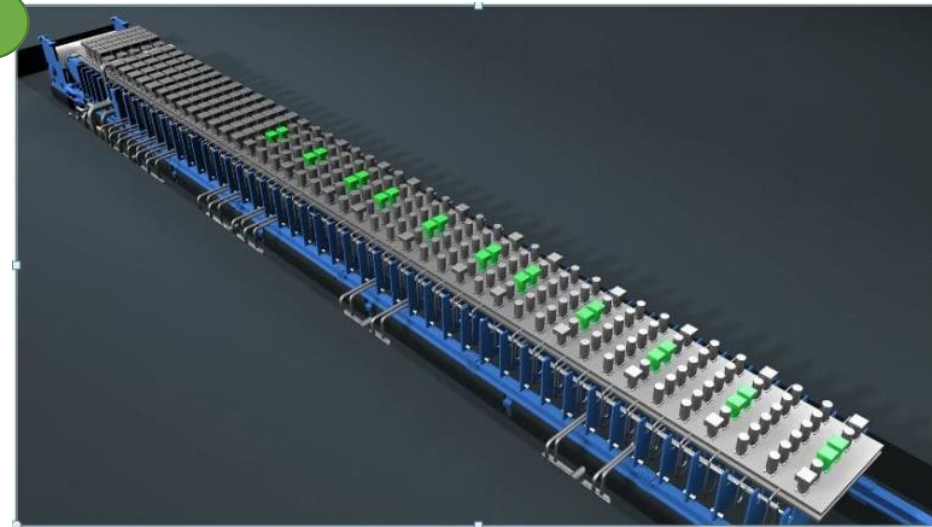
Panneaux de particules (« particles board »)

7. Pressage

Pré-pressage (50-70%) pour la productivité (+ 20%) et possibilité de pré-chauffage.

Humidité des copeaux faibles pour limiter le risque de délaminage sous presse si pression de vapeur élevée

Système de chauffe à la vapeur, **eau ou huile**



- A Presse continue**
Hautes capacités de production, moindre découpe
Larges possibilités de dimensions de panneaux
Largeur < 3m et longueur > 50m
Cadence jusqu'à 120m/min; 2500 m³/j

170°C < Température < 220°C
2 MPa < Pression < 4 MPa

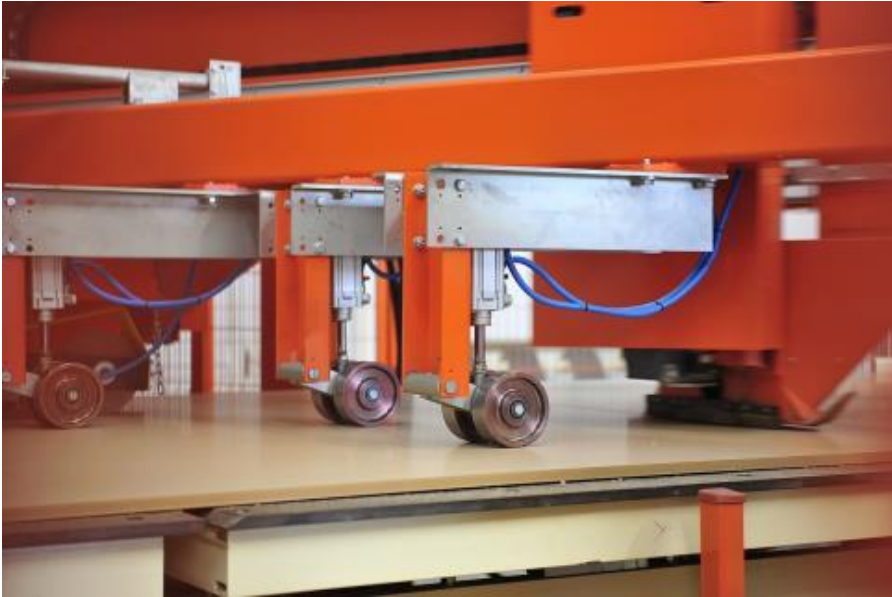
- B Presse en batch (mono- ou multi-étage(s))**
Un très grand panneau (mono) ou 6-10 panneaux (multi) par cycle
Longueur jusqu'à >50m (typiquement 8 - 16 m) et Largeur < 2,8 m (sortie vapeur)
Multi-étages (5 – 15 étages)
Nécessite système de chargement et pressage coordonné
Effet de bords important

B



Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

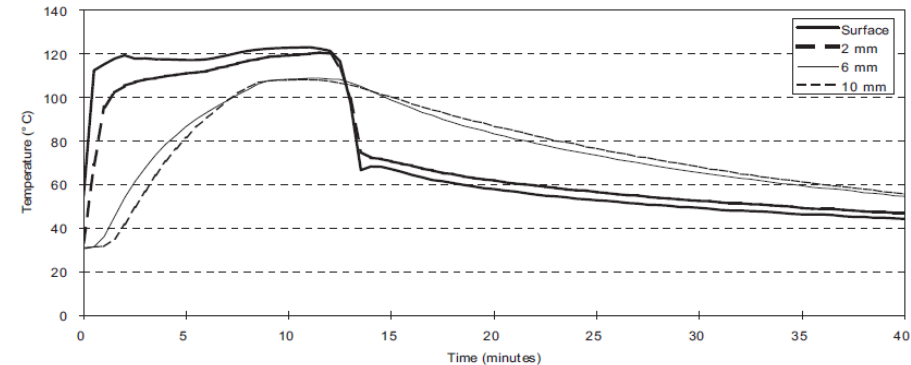
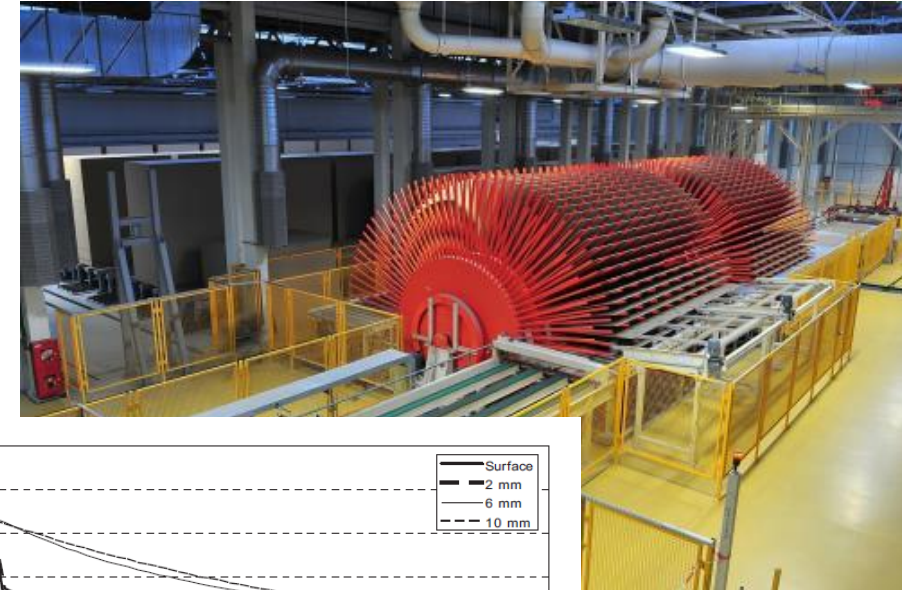


8. Découpe à longueur

Tolérance 1,5 – 2 mm

Contrôle de l'épaisseur (gauge roulettes ou cadres en C pour des cadences rapides (> 100 m/min))

Contrôle du poids / de la densité (Balance, Rayonnement radioactif, ou Rayons X)



9. Refroidissement

Etape indispensable pour les panneaux avec colles UF ou MUF: un empilement immédiat provoquerait une dégradation des colles (température sortie presse $\approx 170^{\circ}\text{C}$)

Environ 30 minutes pour atteindre $50\text{-}70^{\circ}\text{C}$ en surface

Au contraire, non recommandé pour les colles PF

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

10. Stockage intermédiaire

Stabilisation du panneau en position horizontale et fin de refroidissement durant 2-3 jours
La température du panneaux est proche de 40°C

11. Ponçage

Elimination de la surface fibreuse, poreuse et moins résistante et calibration de l'épaisseur à $\pm 0,2$ mm
Ponçage à grains de 60-80 puis 100-150 de finition
Les poussières alimentent une chaudière biomasse en fournissant 1/3 des besoins

12. Conditionnement final

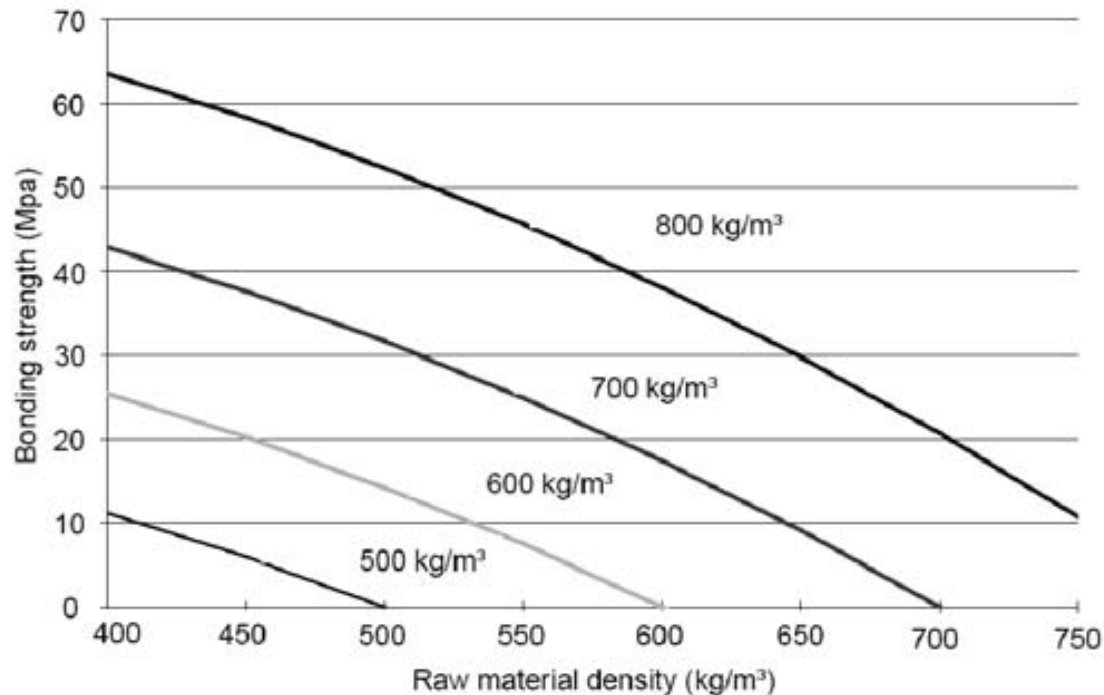
Découpe aux dimensions selon demande du client
Marquage (CE, marque, informations)
Emballage pour le transport



Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

- **Compaction** importante pour obtenir un bon contact entre les particules
- Il est plus intéressant d'utiliser des **essences peu denses**



- **Finesse des particules** = $\frac{\text{longueur}}{\text{épaisseur}}$

Une longueur élevée maximise la plupart des propriétés mais, la qualité de la surface (rugosité, dureté) et la cohésion interne sont favorisée par des petites particules.

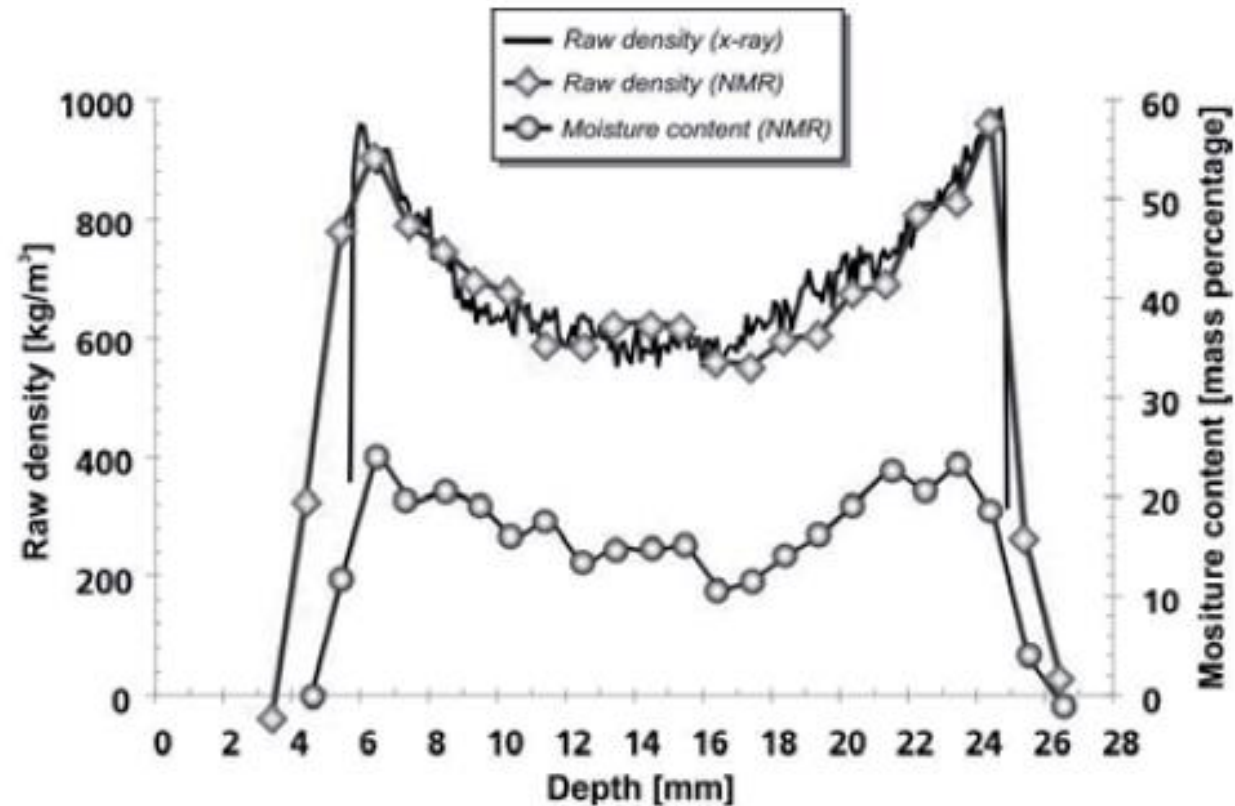
Ainsi, une structure en **3 couches** est appliquée.

- **Humidité des particules** : $2\% < H < 8\%$ selon le type de colle

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

- Profil de densité:



Les panneaux dans l'industrie bois

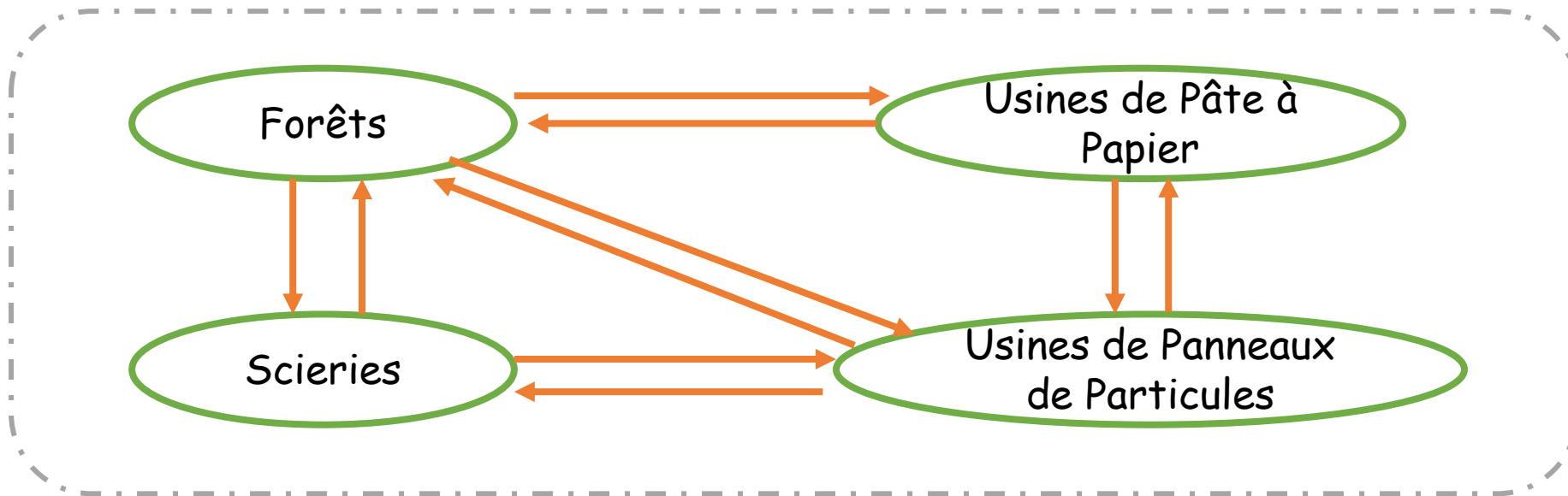
Panneaux de particules (« particles board »)

- **Gros volumes** (taille critique d'entreprise $\pm 500\,000\text{ m}^3/\text{an}$) => gros investissement, capitalistique
- **Feu continu** (24h/24h , 320j/an)
- **Rayon de vente** $\pm 300\text{ km}$ et **prix** $\pm 100\text{€}/\text{m}^2$ => peu de transport et très peu de transport maritime
- **Essences**: collage UF sensible au pH (acide, neutre), éviter les essences à grain grossier (perméable)
- **Approvisionnement**:
 - bois d'éclaircie, de taillis (mal conformé), cimes
 - Tout type d'essences
 - Tout type d'humidité (+ sec si possible)
 - Plaquettes industrielles / scierie (utilisation bien différente de la plaquette forestière : sans écorce, sans feuille)
 - Chutes de l'industrie de 2^e transformation (ex. noyau de déroulage)
 - Broyats de palettes
 - Bois de destruction de construction
 - Sciure (20% - 25%) *pour les couches externes du panneaux*

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

- Rayon d'approvisionnement PP $\pm$ **150 km**
- **Interdépendance** très forte entre les scieries et les usines de PP



- Exigence de **qualité** de l'approvisionnement presque nulle donc prix très bas

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

- La **France** produit beaucoup, elle est exportatrice nette depuis 1993:

Production	3,8 Mm ³ /an
Importation	0,96 Mm ³ /an
Exportation	1,27 Mm ³ /an

Consommation apparente : 3,49 Mm³/an

- **Pays producteurs (secteur Europe):**
 1. Allemagne (historique + PP appréciés + forêt)
 2. France
 3. Italie (meubles / pin, peuplier)
 4. Espagne (meubles / qualité bois faible)
 5. Turquie
 6. UK
 7. Autriche

La production des pays scandinaves ne représentent quasiment rien !

Pourquoi?

+ Bois de bonne qualité pour d'autres marchés

+ Scieries préfèrent vendre pour pâte à papier (+qualité, + cher)

+ Pb de transport par bateaux

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

- **Pays exportateurs :**

1. Allemagne
2. France
3. Autriche (population faible)
4. Belgique (historique, carrefour de l'Europe)

- **Pays importateurs :**

1. Allemagne
2. UK (peu de forêts)
3. France
4. Danemark

- **Pays consommateurs :**

1. Allemagne
2. Italie
3. France
4. Espagne

L'UE est le plus gros producteur de PP dans le monde avec un volume de sciage de $\pm 100 \text{ Mm}^3$

USA: peu de PP, production $\pm 35 \text{ Mm}^3$

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

- **Labels:**

- **CTB-S** : panneaux pour emploi en milieu sec
- **CTB-H** : panneaux pour emploi en milieu humide

- **Principales caractéristiques de qualité:**

1. Masse volumique
2. Mécanique (résistance en flexion, module en flexion, traction perpendiculaire aux faces ou « cohésion interne »)
3. Gonflement en immersion dans l'eau
4. Vieillissement V313 : immersion 3j à l'eau froide / congélation (-12°C) 1j / dessèchement (70°C) 3j => répété sur 3 semaines et mesure de l'IB et du gonflement
5. Résistance à l'arrachement de vis
6. Réaction au feu
7. Autres: mouillabilité à différents solvants

Les panneaux dans l'industrie bois

Panneaux de particules (« particles board »)

- Exigences normatives (exemples):

EN 312 (novembre 2010) Panneaux de particules - Exigences

Classification

- P1 Panneaux pour usage général utilisés en milieu sec
- P2 Panneaux pour agencements intérieurs (y compris les meubles) utilisés en milieu sec
- P3 Panneaux non travaillants utilisés en milieu humide
- P4 Panneaux travaillants utilisés en milieu sec
- P5 Panneaux travaillants utilisés en milieu humide
- P6 Panneaux travaillants sous contrainte élevée utilisés en milieu sec
- P7 Panneaux travaillants sous contrainte élevée utilisés en milieu humide.

Tableau 2 — Panneaux pour usage général utilisés en milieu sec (Type P1) —
Exigences pour les caractéristiques mécaniques prescrites

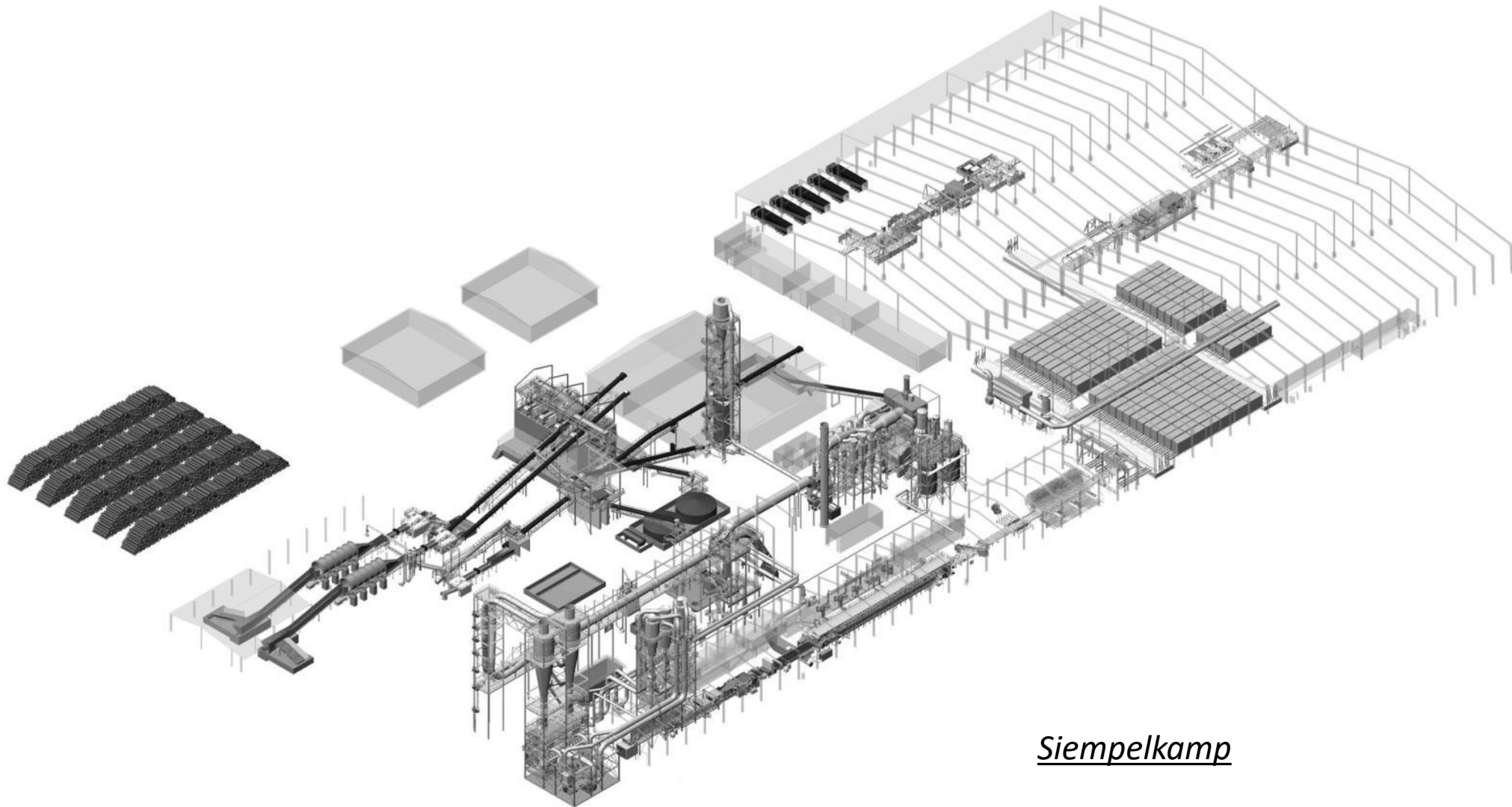
Caractéristique	Méthode d'essai	Unité	Exigences							
			Gamme d'épaisseur (nominale en mm)							
			< 3	3 à 6	> 6 à 13	> 13 à 20	> 20 à 25	>25 à 32	> 32 à 40	> 40
Résistance à la flexion	EN 310	N/mm ²	11,5	11,5	10,5	10	10	8,5	7	5,5
Cohésion interne	EN 319	N/mm ²	0,31	0,31	0,28	0,24	0,20	0,17	0,14	0,14
NOTE Les valeurs sont caractérisées par une humidité dans le matériau correspondant à une humidité relative de 65 % et une température de 20 °C.										

Tableau 8 — Panneaux travaillants utilisés en milieu humide (Type P5) —
Exigences pour la résistance à l'humidité

Caractéristique	Méthode d'essai	Unité	Exigences								
			Gamme d'épaisseur (nominale en mm)								
			< 3	3 à 4	> 4 à 6	> 6 à 13	> 13 à 20	> 20 à 25	> 25 à 32	> 32 à 40	> 40
OPTION 1											
Cohésion interne après essai cyclique	EN 321	N/mm ²	0,30	0,30	0,30	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12
Gonflement en épaisseur après essai cyclique	EN 321	%	12	12	12	12	12	11	10	9	9
OPTION 2											
Cohésion interne après essai à l'eau bouillante	EN 1087-1	N/mm ²	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09

Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)



Siempelkamp

Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

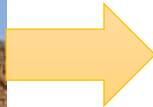
- **Etude de cas:** Panneaux de Corrèze

1. Présentation entreprise
2. Procédé MDF
3. Particularité des produits: 100% résineux ou 100% feuillus



- **Du bois aux plaquettes :**

Parc à bois séparation feuillus/résineux



Montée des billons

Ecorçage

billons

Broyage pour
obtenir des
plaquettes

Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

- Du bois aux plaquettes

Silo (1000t)



60 x 20 x 5 mm³



Cheminée
chaudière

Production
de vapeur

Vers séchoir



Local chaudière

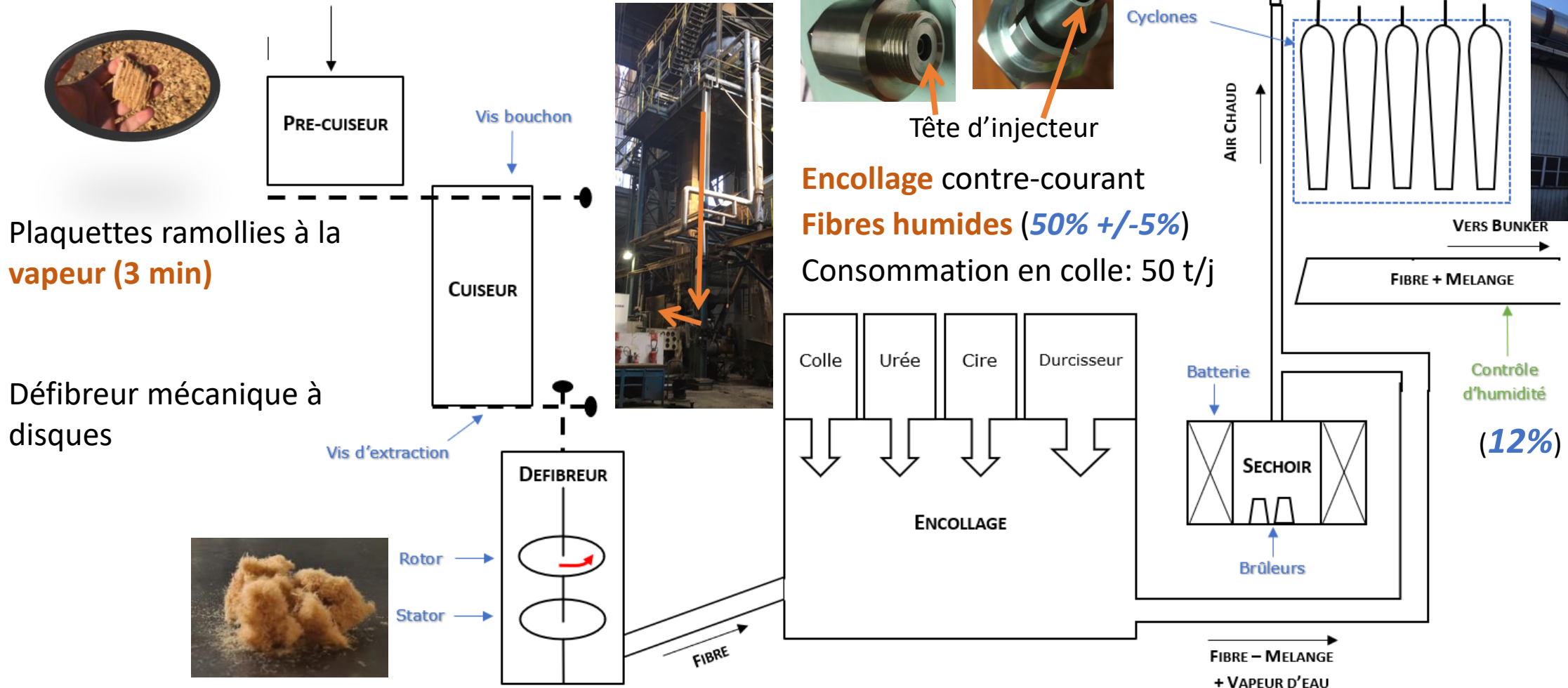
Acheminement des
plaquettes

Vis sans fin circulaire
dans le sol

Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

De la plaquette aux fibres:



Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

- **Etude de cas:** Panneaux de Corrèze

Arrivée des fibres
sur le tapis



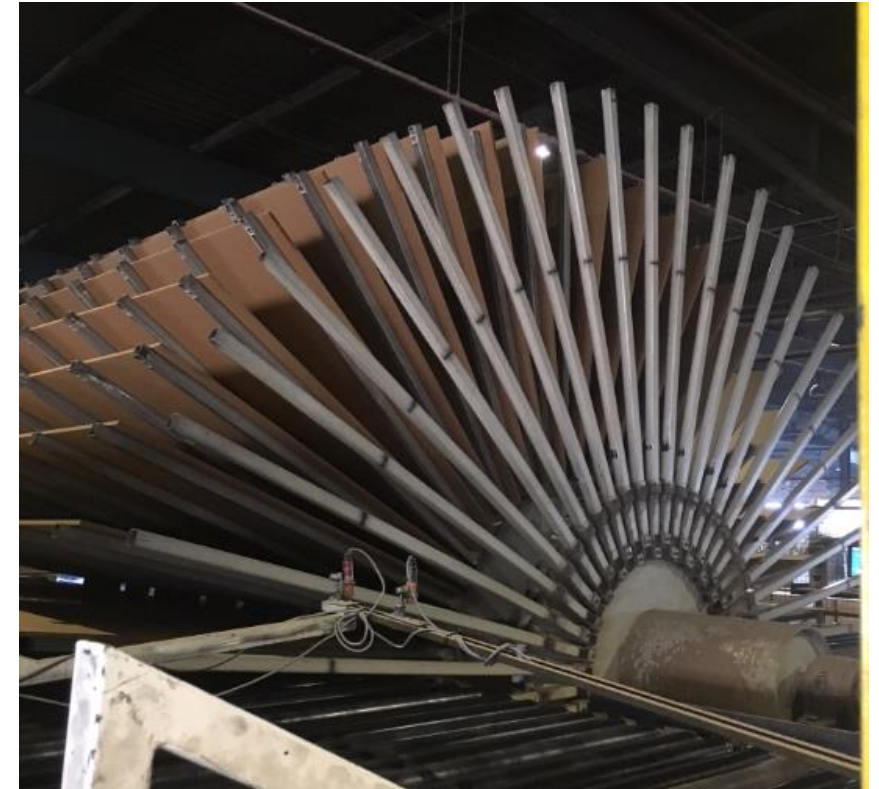
Contrôle de
l'humidité
(8-10%)



Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

- **Etude de cas:** Panneaux de Corrèze



Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

- **Etude de cas:** Panneaux de Corrèze

Zone de finition :

- ponçage (grain de 150-180)
- Découpe : tolérance +/-0,2 mm



Stockage 8h – 16h de mûrissement

Cerclage / étiquetage



Cerclage sur chevron pour éviter les déformations irréversibles

MDF = sensible au fluage

Control qualité

- Formaldéhyde
- Porosité/toluène
- Gonflement
- Vieillessement
- Epiradiateur
- Mécanique

Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

- Exigences normatives (exemple):

NF EN 622-5 (décembre 2009) Panneaux de fibres - Exigences - Partie 5 : exigences pour panneaux obtenus par procédé à sec (MDF)

Tableau 8 — Exigences pour les panneaux MDF légers utilisés en milieu humide (type L-MDF.H)

Caractéristique	Méthode d'essai	Unité	Gammes d'épaisseurs nominales (mm)					
			> 6 à 9	> 9 à 12	> 12 à 19	> 19 à 30	> 30 à 45	> 45
Gonflement en épaisseur 24 h	EN 317	%	18	16	13	12	11	10
Cohésion interne	EN 319	N/mm ²	0,45	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40
Résistance à la flexion	EN 310	N/mm ²	20	20	18	16	16	14
Module d'élasticité en flexion	EN 310	N/mm ²	1 700	1 700	1 600	1 500	1 400	1 200
Option 1								
Gonflement en épaisseur après essai cyclique	EN 317 EN 321	%	19	16	15	15	15	15
Cohésion interne après essai cyclique	EN 319 EN 321	N/mm ²	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10
Option 2								
Cohésion interne après essai à l'eau bouillante ^{a)}	EN 319 EN 1087-1	N/mm ²	0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10

Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

Composition : Fibres de bois (90%) + colle (10%)

Colles UF, MUF

épaisseur
3 – 40 mm



Propriétés physiques **homogènes**



600-800 kg/m³
Quasi isotrope

Dérives de la trituration



Applications



USINAGE: Se travaille, se défonce, se colle, se profile
comme du massif

Approvisionnement:

- Plaquettes de scierie
- Rondins forestiers
- Chutes de 2^e transformation sélectionnées

Tout type d'essences (résineux, feuillus)

Ameublement (design, agencement), Bâtiment (porte intérieure/extérieure, revêtement de sol (clipsable)), corniche, plinthe, moulure, jouets

Les panneaux dans l'industrie bois

MDF (Medium Density Fiberboard)

- **Pays producteurs :**

1. Allemagne
2. Turquie
3. Espagne
4. Italie
5. Pologne
6. France

- **Plus cher** que l'OSB mais s'**usine** plus facilement, **résistance mécanique** équivalente
- L'**Europe** consomme beaucoup de PP et de MDF et, depuis 1999, la production ne cesse d'augmenter (+Chine)
- 4 usines en **France** (Unilin, Panneaux de Corrèze)

Les panneaux dans l'industrie bois

HDF (High Density Fiberboard)

- **Propriétés physiques** : rigidité, dureté superficielle, très faible épaisseur
- **Marchés** : Portes planes, fond d'armoire, fond de tiroir, trappe roue de secours
- L'**Allemagne** est le seul « gros » producteur 1 700 000 m³/an
- En **France** : la Tarnaise des panneaux 140 000 m³/an

Les panneaux dans l'industrie bois

HDF (High Density Fiberboard)

- **Etude de cas:** la Tarnaise des panneaux

1. Présentation entreprise
2. Procédé
3. Particularité du panneaux « ISOREL »

- **1906** : Création
- **1950**: 1^{ère} ligne de production de panneaux
- **Actuellement**: 3 lignes de production et couplage avec l'entreprise King Tree

500 t/j de bois consommés pour 250 t/j de panneaux produits

Résineux mélangés avec du châtaignier (30% à 40%)

- **Caractéristiques ISOREL**: épaisseur de 2 à 6 mm; 1000 kg/m³ ; E1+/E1 aux émissions de formaldéhyde, D-s2, d2 (M4) au feu et sont destinés à une utilisation en milieu sec; certifié FSC

Les panneaux dans l'industrie bois

HDF (High Density Fiberboard)

- Etude de cas: la Tarnaise des panneaux



Découpe des plaquettes
et mise en silo

Plaquettes + vapeur d'eau entre des disques
→ *séparation fibre et lignine*

Les panneaux dans l'industrie bois

HDF (High Density Fiberboard)

- Etude de cas: la Tarnaise des panneaux



Matelas de fibre à 97% d'humidité
(*fibres + lignines*)

80°C



Pressage du matelas de fibre
→ 30% EMC



Découpe

→ Pas de colles synthétiques !!

Les panneaux dans l'industrie bois

HDF (High Density Fiberboard)

- Etude de cas: la Tarnaise des panneaux



Acheminement des mats découpés



Thermopresse multi-étages

10 000 t

200°C



Les panneaux dans l'industrie bois

HDF (High Density Fiberboard)

- Etude de cas: la Tarnaise des panneaux



Panneau en sortie de thermopresse

→ 7% EMC



Panneaux après traitement thermique
& chambre à humidité



Découpe à dimensions, usinage, stockage

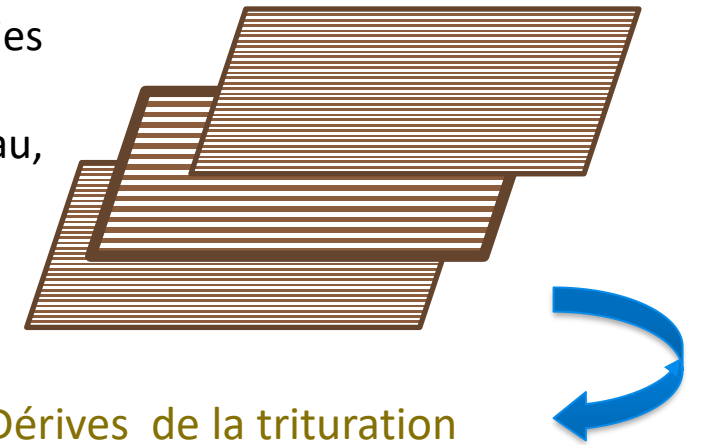
Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)

Colles RF/PF, isocyanates

Exclusivement du **bois frais de coupe** (surtout résineux), provenant d'éclaircies de nos forêts.
L'addition **d'une autre essence** (bouleau, peuplier) est courante, mais en faible proportion (**10%**).

3 plis uniquement
 $\approx 650 \text{ kg/m}^3$



Dérives de la trituration



épaisseur
6 – 40 mm



Applications

Eléments travaillants



Poutre en I



Agencement

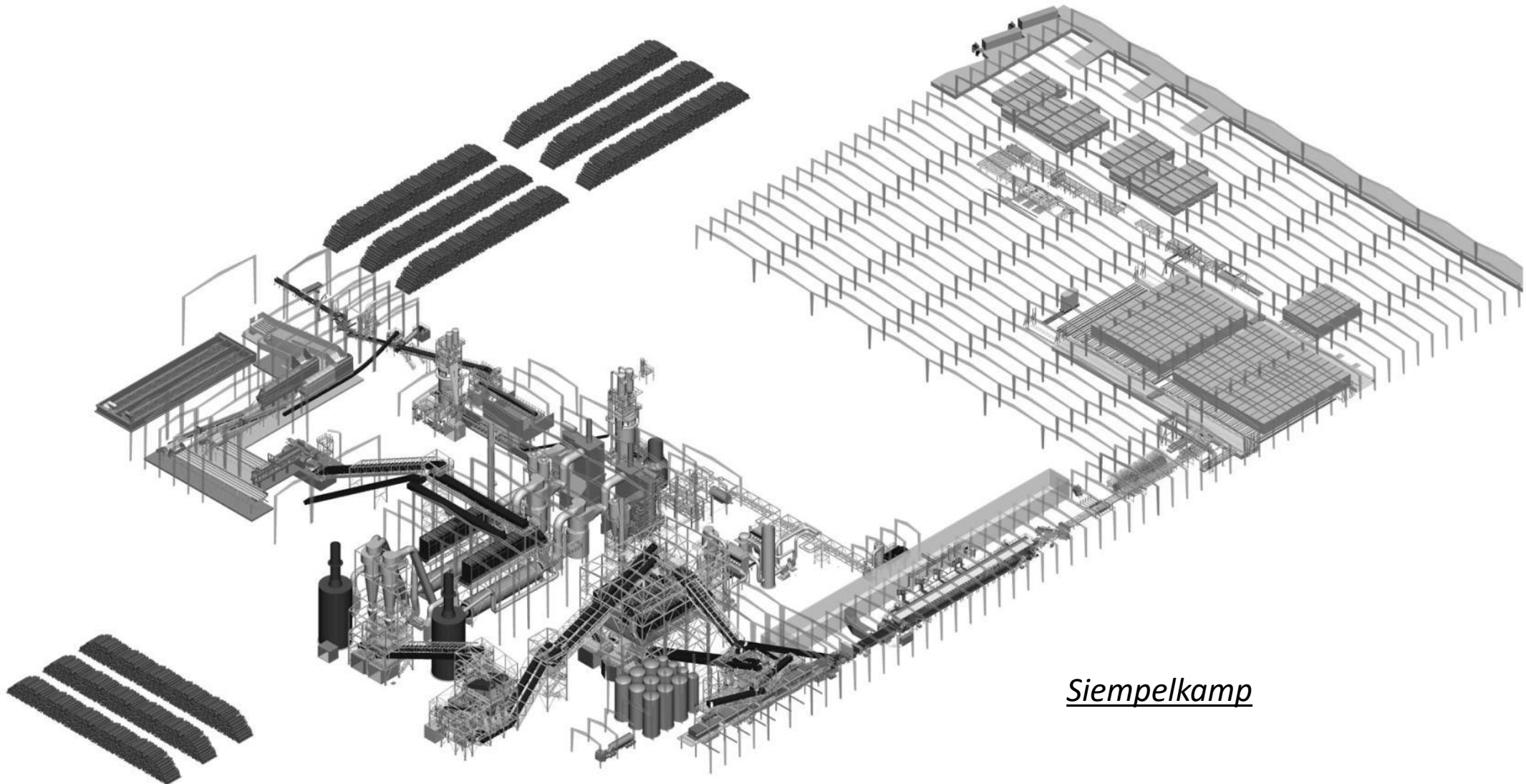


Mobilier design



Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)



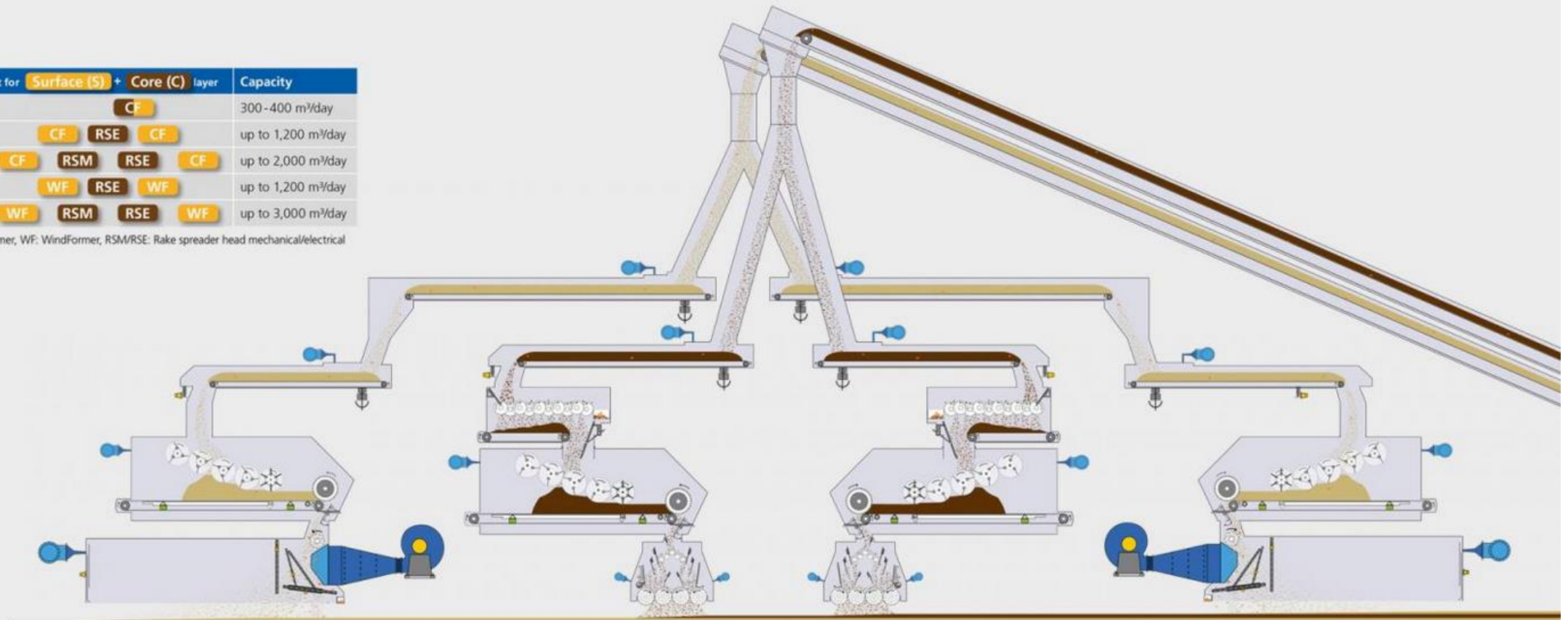
Siempelkamp

Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)

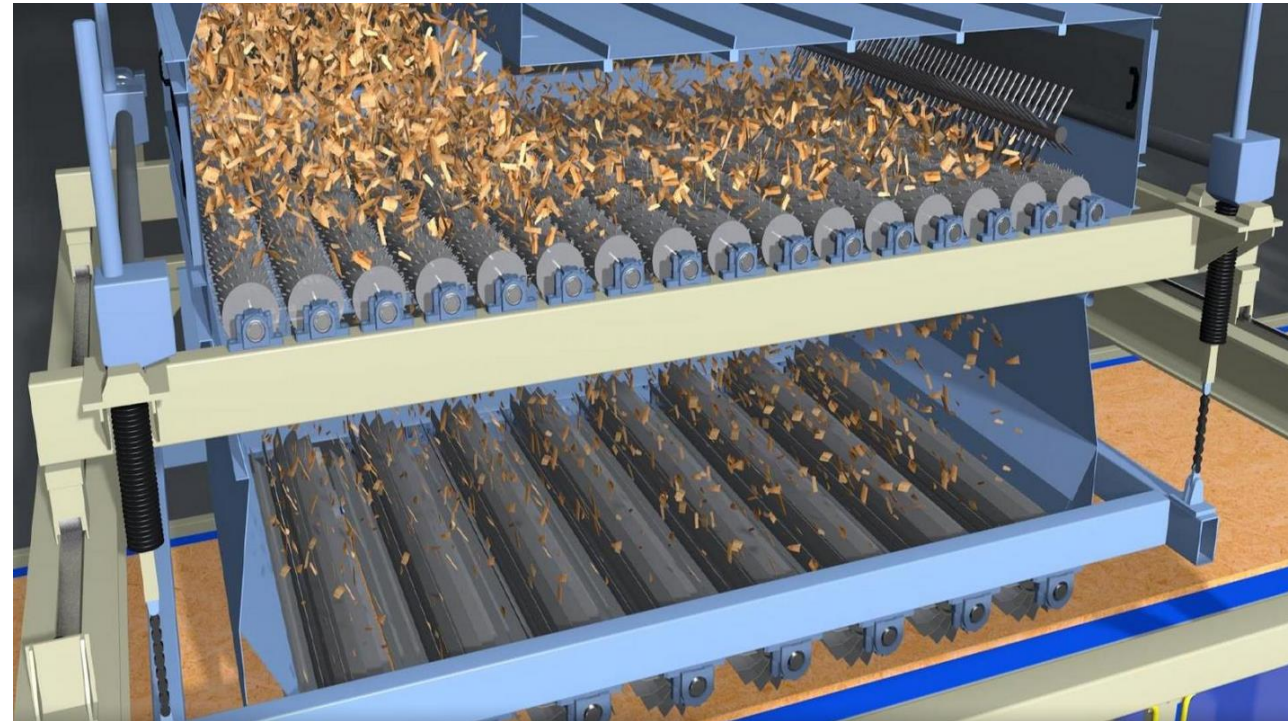
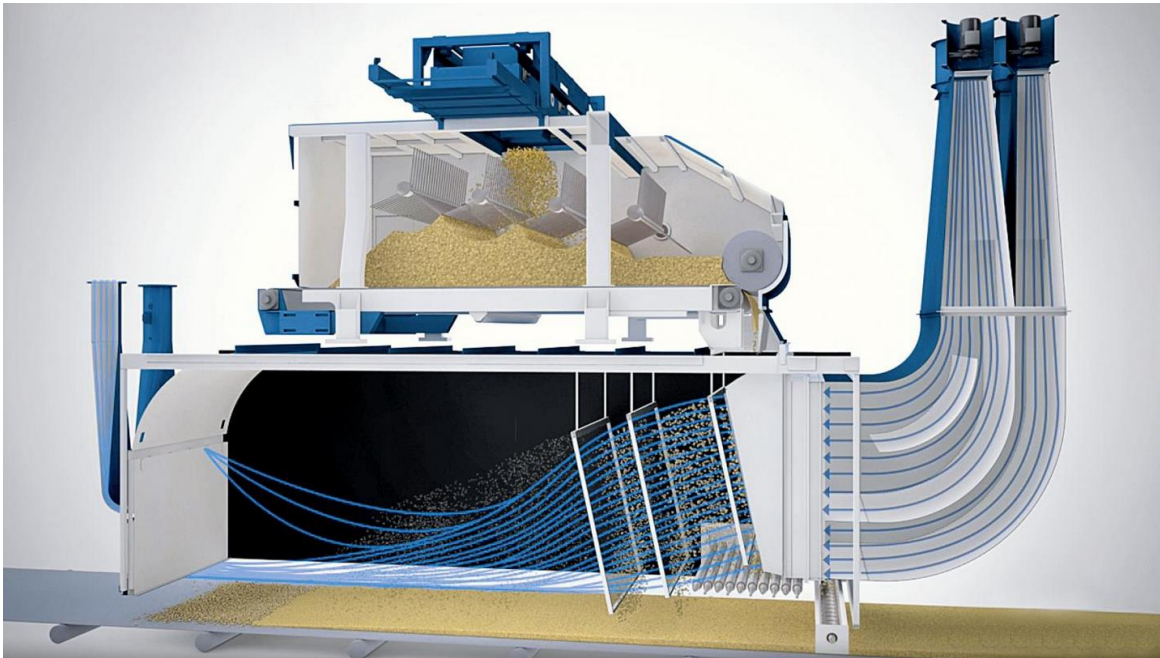
Equipment for Surface (S) + Core (C) layer		Capacity
Mechanical forming	CF	300-400 m³/day
	CF RSE CF	up to 1,200 m³/day
	CF RSM RSE CF	up to 2,000 m³/day
Wind forming	WF RSE WF	up to 1,200 m³/day
	WF RSM RSE WF	up to 3,000 m³/day

CF: ClassiFormer, WF: WindFormer, RSM/RSE: Rake spreader head mechanical/electrical



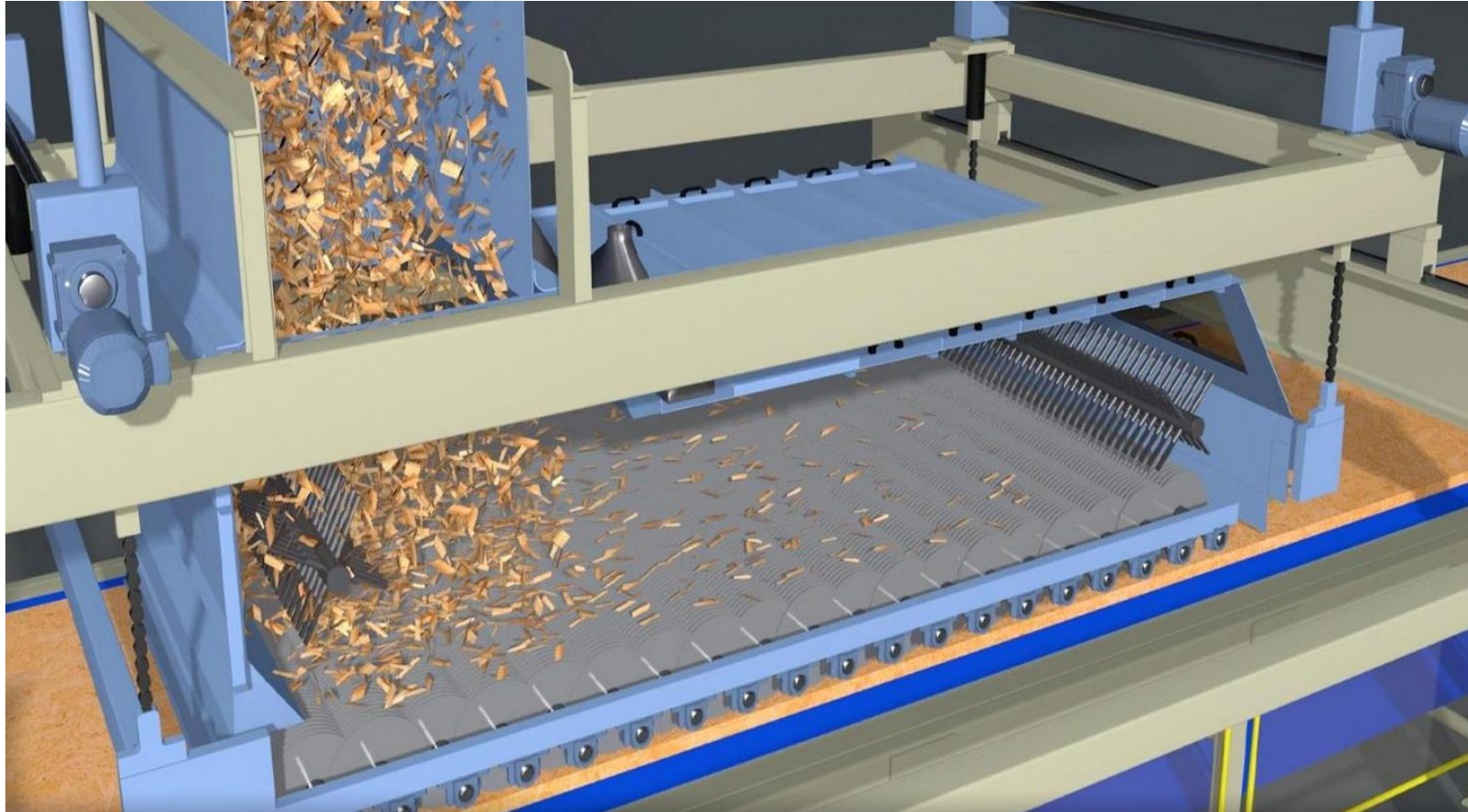
Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)



Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)



Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)

- **Historique:**

- Développement 1960-1970 aux USA
- 1955 Waferboard
- 1981 : 1^{ère} usine en Europe à Chatellerault (France), groupe ISOROY, fermée en 2009
- 2003 : 2^e usine en France à Sully-sur-Loire

- **Approvisionnement:**



- Uniquement du bois frais
- Rondins forestiers (usine OSB fabrique ses propres copeaux) / *implantation près des usines de panneaux*
- Chutes scieries (dosses et délignures) mais ne sont plus utilisées aujourd'hui
- Essences: résineux en général (pin) => Excepté dans les Landes, les papeteries ne s'intéressent pas au pin
- Taille critique 300 – 400 t

Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)

- **Marchés :**

- Caractéristiques techniques (résistance mécanique, légèreté)
- Construction bois, contreventement, emballages, caisses maritimes (assemblages par clouage/agraves facile)
- **Prix** : 200 €/m³
- Produits plus chers mais qui se transportent bien => implantation d'usines en Europe de l'Est

Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)

- **NF EN 300** : Exigences de 4 types de panneaux OSB:

OSB/1 panneaux non travaillants pour usage général et panneaux pour agencements intérieurs utilisés en milieu sec ;

OSB/2 panneaux travaillants utilisés en milieu sec ;

OSB/3 panneaux travaillants utilisés en milieu humide ;

OSB/4 panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu humide.

Exemple : OSB 3 / Résistance mécanique et gonflement

Tableau Panneaux travaillants utilisés en milieu humide - Exigences pour les caractéristiques mécaniques et de gonflement

Panneau type (classe technique) OSB/3	Méthode d'essai	Unité	Exigence				
Caractéristique			Gamme d'épaisseur(nominale en mm)				
			6 à 10	> 10 à < 18	18 à 25	> 25 à 32	> 32 à 40
Résistance à la flexion - Sens longitudinal	EN 310	N/mm ²	22	20	18	16	14
Résistance à la flexion - Sens transversal	EN 310	N/mm ²	11	10	9	8	7
Module d'élasticité en flexion - Sens longitudinal	EN 310	N/mm ²	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500
Module d'élasticité en flexion - Sens transversal	EN 310	N/mm ²	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
Cohésion interne	EN 319	N/mm ²	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26
Gonflement en épaisseur - immersion 24 h	EN 317	%	15	15	15	15	15

Si l'acheteur fait savoir que les panneaux sont destinés à un usage spécifique en plancher, mur ou toiture, la norme de performance [EN 12871](#) doit également être consultée. Il peut s'ensuivre que des exigences additionnelles doivent être observées.

Les panneaux dans l'industrie bois

OSB (Oriented Strand Board)

- **NF EN 300** : Exigences de 4 types de panneaux OSB:

OSB/1 panneaux non travaillants pour usage général et panneaux pour agencements intérieurs utilisés en milieu sec ;

OSB/2 panneaux travaillants utilisés en milieu sec ;

OSB/3 panneaux travaillants utilisés en milieu humide ;

OSB/4 panneaux travaillants sous contrainte élevée utilisés en milieu humide.

Exemple : OSB 3 / Résistance à l'humidité

Tableau Panneaux travaillants utilisés en milieu humide - Exigences pour la résistance à l'humidité

Panneau type (classe technique) OSB/3	Méthode d'essai	Unité	Exigence				
			Gamme d'épaisseur(nominale, mm)				
Caractéristique			6 à 10	> 10 à < 18	18 à 25	> 25 à 32	> 32 à 40
Option 1 - Choix A Cohésion interne après essai cyclique	EN 321 + EN 319	N/mm ²	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08
Option 1 - Choix B Résistance à la flexion après essai cyclique - sens longitudinal	EN 321 + EN 310 a)	N/mm ²	9	8	7	6	6
Option 2 Cohésion interne après essai à l'eau bouillante	EN 1087-1 b)	N/mm ²	0,15	0,13	0,12	0,06	0,05

a) Pour le calcul de la résistance à la flexion après essai cyclique, l'épaisseur prise en considération est l'épaisseur mesurée après essai cyclique. b) EN 1087-1 doit être utilisée en tenant compte des modifications de mode opératoire données en Annexe A.

Les panneaux dans l'industrie bois

Les isolants

- **Fibres de bois :**
 - Issue de copeaux (généralement résineux) souvent de scieries locales
 - En vrac ou en panneaux
- **Laine de bois :**
 - Issue de longs copeaux (généralement résineux) de sciure séchée et associé avec un liant minéral (chaux, ciment) par procédé humide
 - En matelas
- **Autres :** ouate de cellulose, chanvre, lin, coton, liège, laine de mouton, paille...



Propriétés: Avantages Bonne résistance à la compression, et excellentes propriétés d'isolation thermique et acoustique, réaction au feu, hygroscopique

Inconvénients Poussières, sensible à l'humidité => prévenir la condensation, panneaux rigides fragiles

Les panneaux dans l'industrie bois

Les isolants

- Fabricants :

SUISSE



FRANCE



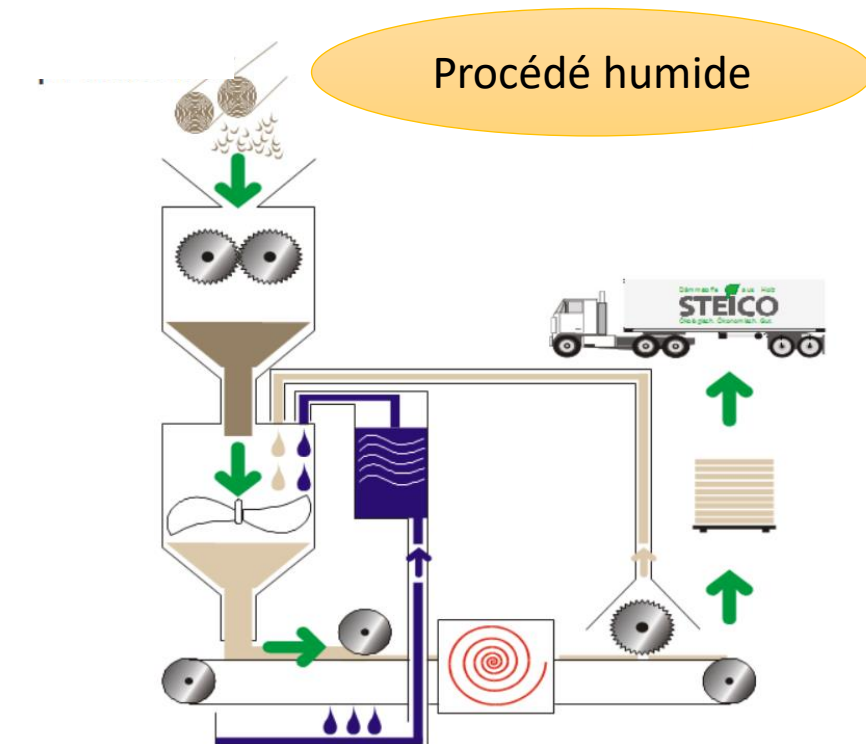
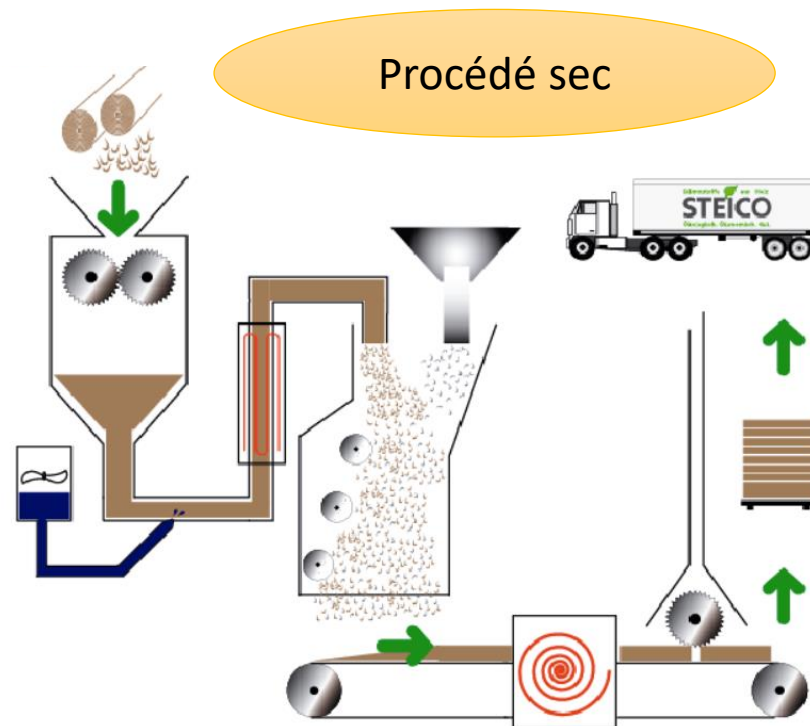
ALLEMAGNE



Les panneaux dans l'industrie bois

Les isolants

- **Procédés de fabrication** : voie « humide » ou « sèche »
 - Défibrage mécanique
 - Mélange 80% à minima de fibres et jusque 20% de liant (lignine, PU, fibres thermofusibles (ex. polyesters))



Les panneaux dans l'industrie bois

Contreplaqué (Plywood)

1 pli
0,8 – 4 mm

Colles UF, RF/PF, isocyanates

épaisseur
3 – 40 mm

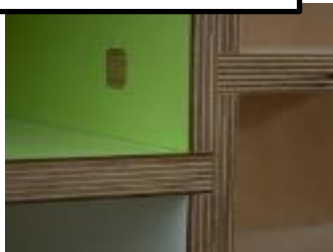


Applications

Éléments travaillants



Ameublement



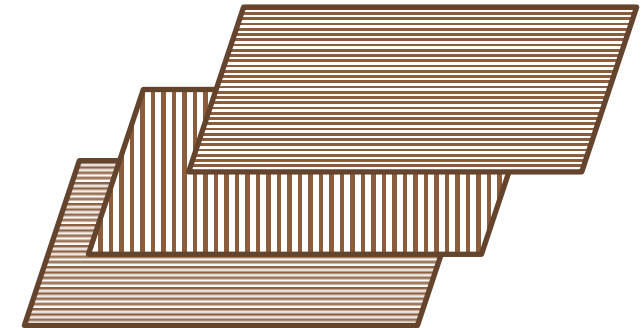
○Panneaux structurels:

- peuplier 450 kg/m³
- pin maritime 650 kg/m³
- Okoumé 500 kg/m³

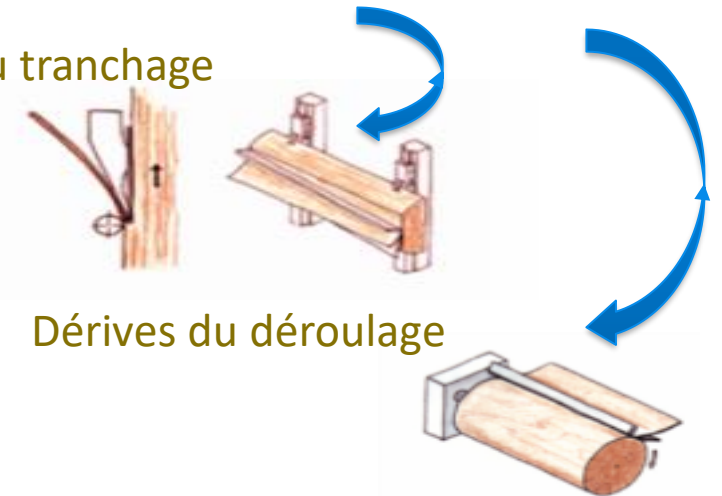
○Panneaux esthétiques:

hêtre, charme, bouleau

N plis (impairs)



Dérives du tranchage



Charpente

Bardage

Poutre en I

Emballages, coffrage

Menuiserie

Les panneaux dans l'industrie bois

Le contreplaqué

- **Historique:**

- 1970: Fabrication CP en France à partir de bois d'Afrique (Okoumé)
- 1970-2000: CP d'Asie
- 2000 - ? : pin maritime / peuplier => OSB

- **Pays producteurs en Europe :**

1. Finlande (1,4 Mm³) => exportation forte
2. Italie
3. Pologne
4. Espagne
5. France (300 000 – 400 000 m³)

Production USA ≈ Chine ± 12 Mm³
=> auto-consommateur

- **Caractéristiques :** résistance mécanique, usinage, mais prix élevé

Les panneaux dans l'industrie bois

Différentes cultures

USA : OSB + Plywood

- **Europe:**

- Production 56 Mm³ (France 5,5 Mm³)
- 2 produits phares : **PP** et **MDF**

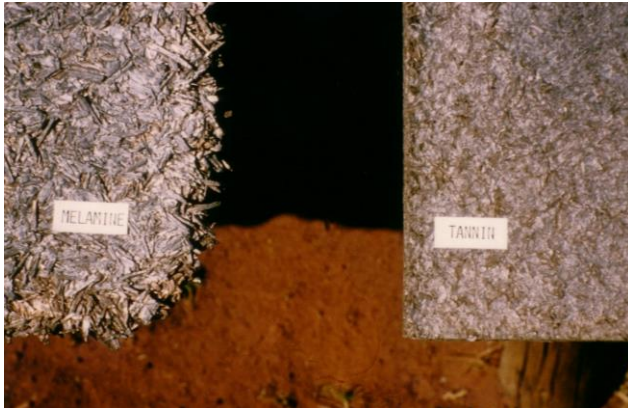


Les panneaux dans l'industrie bois

Nouveaux développements

- **Colles** : Sans formaldéhyde, biosourcées, biodégradables, ...

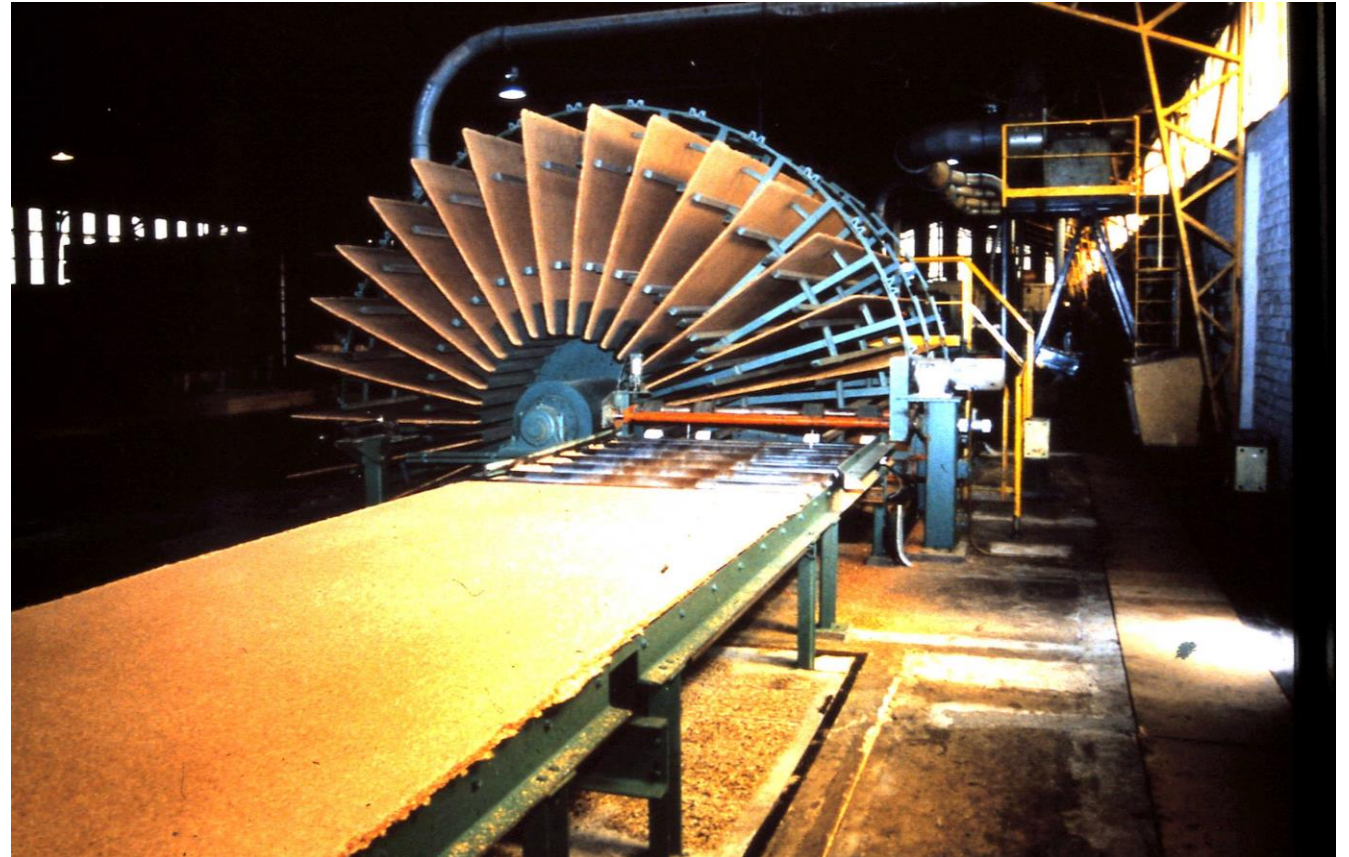
Tannin/PP 1980



Tannin hexamine (IKEA)



Tannin de pin / PP, Chili, 1991



Les panneaux dans l'industrie bois

Nouveaux développements

- **Colles** : Sans formaldéhyde, biosourcées, biodégradables, ...

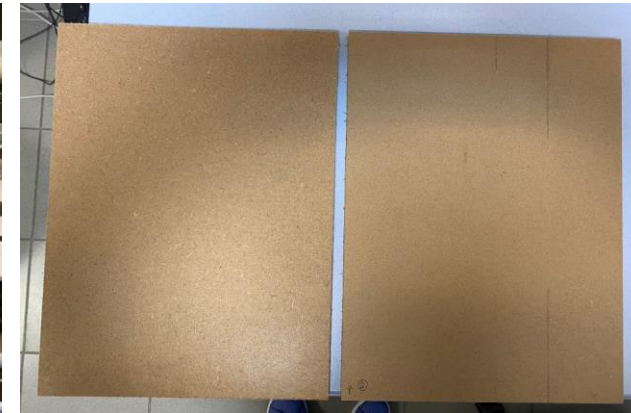
Fibres / polysaccharides



Fibres/biopolyesters



Fibres / protéines végétales



Les panneaux dans l'industrie bois

Quelques normes

- EN 323 (juin 1993) Panneaux à base de bois - Détermination de la masse volumique
- EN 309 (juillet 2005) Panneaux de particules - Définitions et classification
- EN 317 (juin 1993) Panneaux de particules et panneaux de fibres - Détermination du gonflement en épaisseur après immersion dans l'eau
- EN 12369-1 (mars 2001) Panneaux à base de bois - Valeurs caractéristiques pour la conception des structures - Partie 1: OSB, panneaux de particules et panneaux de fibres
- EN 312 (novembre 2010) Panneaux de particules - Exigences
- EN 318 - Variations dimensionnelles
- EN 311 Arrachement de surface
- EN 319 - Cohésion interne
- EN 310 - Flexion

Les panneaux dans l'industrie bois

Références & documents

- Rapport ADEME (2015): « Etat de l'art sur la production de molécules chimiques issues du bois en France »
- UIPP (Union des Industries des Panneaux de Process) : www.uipp.fr
- Machines à bois : processing-wood.com
- The wood from the trees : the use of timber in construction. Ramage et al. Renewable and Sustainable Energy Reviews 68, Part 1, 2017, Pages 333-359
- Usine ISOROY/ Panneaux de Corrèze (19) et La Tarnaise des Panneaux (81)
- www.metsawood.com/fr site internet sur le LVL
- <http://clt-france.fr/> site internet sur le CLT
- Matériaux dérivés du bois, Techniques de l'ingénieur, 2013
- Travail mécanique du bois, Techniques de l'ingénieur, 2008
- www.fnbois.com site internet de la Fédération Nationale du Bois

FIN