

Colloque National MECAMAT AUSSOIS 2014

PROBLÉMATIQUES MÉCANIQUES
LIÉES AU PRÉCONDITIONNEMENT, USINAGE, SÉCHAGE,
COLLAGE, THERMOFORMAGE :
EXEMPLE DE LA PRODUCTION DES EWP
(ENGINEERING WOOD PRODUCTS)

Rémy Marchal
UR BioWooEB, CIRAD Montpellier

Sommaire

- La construction bois
- Contourner la variabilité mécanique
- Les EWP à grande diffusion
 - Issus de trituration
 - Issus de lamellation
 - Autres
- Le cas des EWP issus du déroulage
 - Etat mécanique des bois ronds
 - Étuvage
 - Séchage
 - Déroulage
 - Collage
 - Mécanique des matériaux lamellés

Thème 1

Connaissance et
caractérisation
de la biomasse ligneuse
et de son
préconditionnement

Thème 2

Génie des procédés
de
conversions
thermochimiques
de la biomasse ligneuse

Contributions à la
valorisation en
cascade
de la biomasse
ligno-cellulosique
inter tropicale et
méditerranéenne
(80% bois)



BioWoEB

Biomasse, Bois, Energie, Bioproduits
ur-biowoeb.cirad.fr

Thème 4

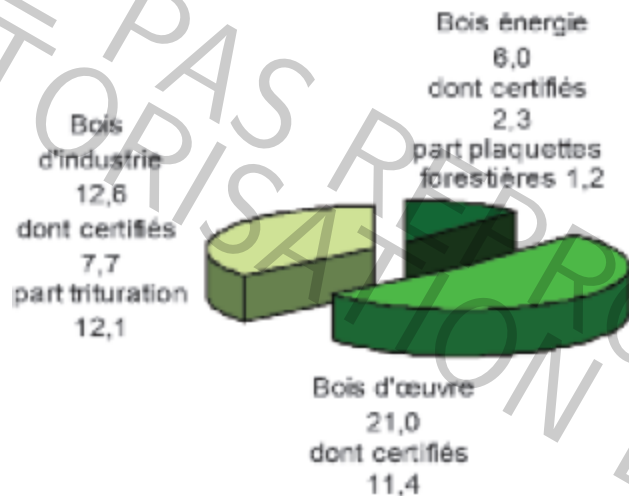
Stratégies
économiques
et environnementales
des systèmes
biomasse

Thème 3

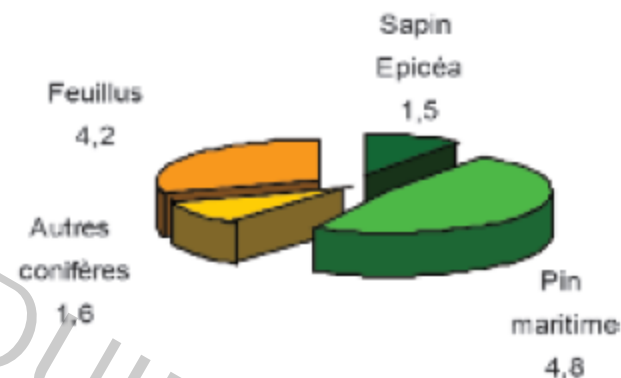
Bioproduits
fonctionnels
et
matériaux
composites

Récolte officielle de bois en France

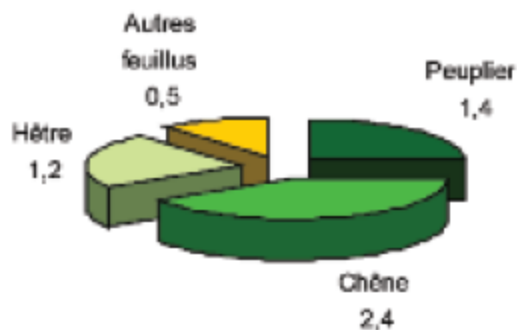
Récolte totale : 39,6 Mm³



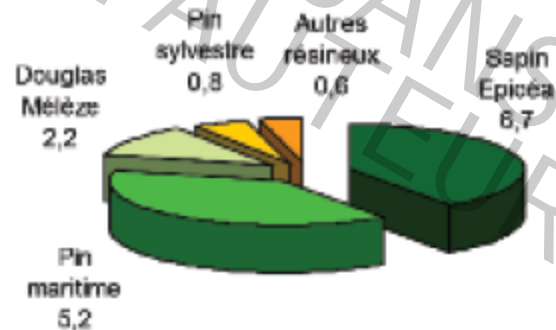
Bois de trituration : 12,1 Mm³



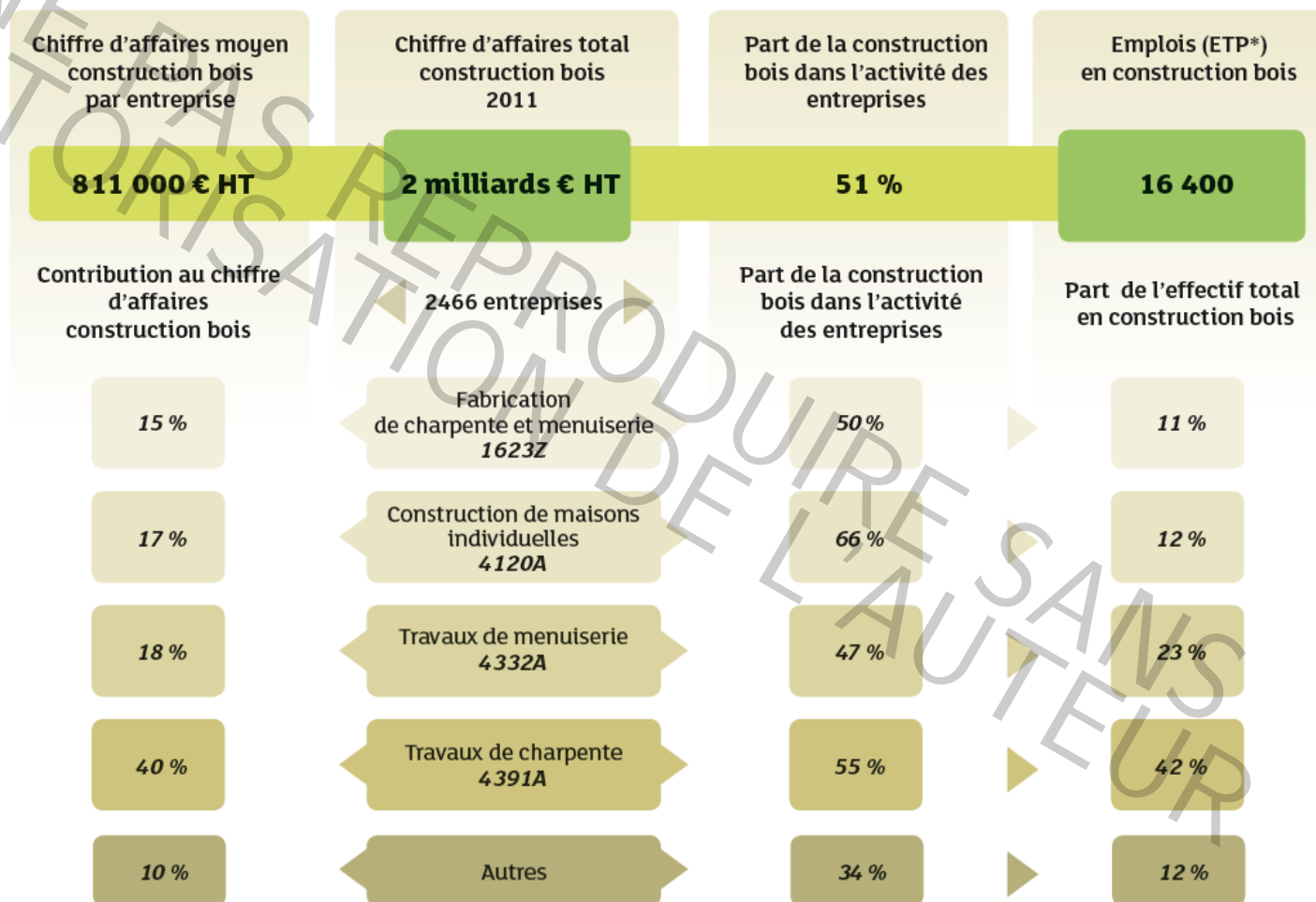
Bois d'œuvre feuillus : 5,5 Mm³



Bois d'œuvre résineux : 15,5 Mm³



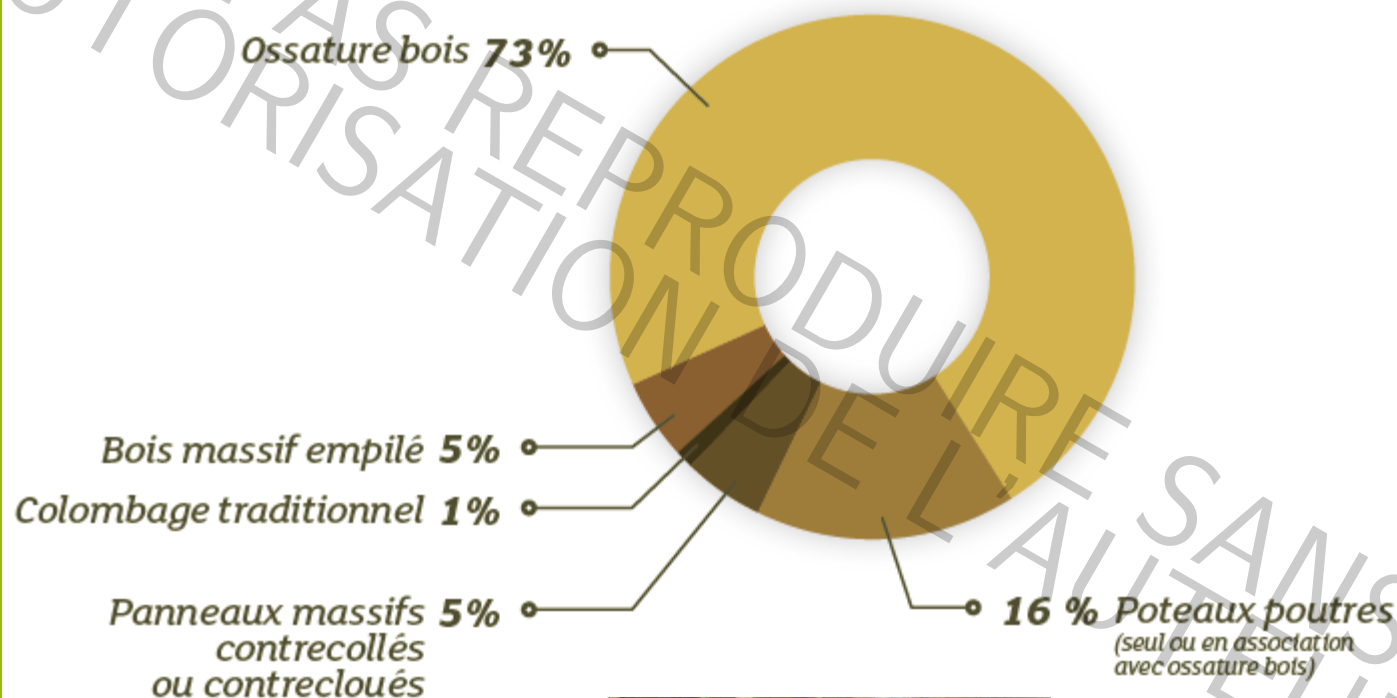
Bois pour la construction



Systèmes constructifs bois



Part des différents systèmes constructifs



Mais aussi génie civil...

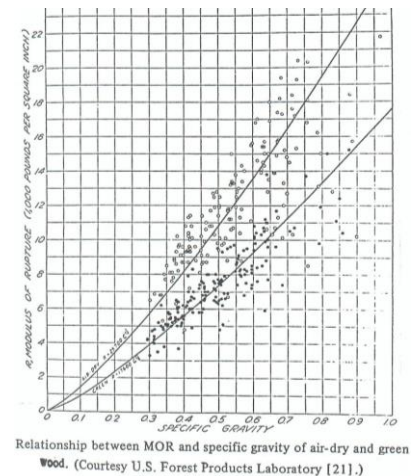
Nous n'allons pas
aborder ici
le dimensionnement
de structures

Contourner la variabilité mécanique du bois

Trois stratégies

- Surdimensionnement des structures
- Classement mécanique non destructif
 - Ondes électromagnétiques (dont vision)
 - Rayons gamma
 - Rayons X
 - Vision artificielle
 - IR
 - Micro-ondes
 - Ondes mécaniques
 - Propagation des US
 - Résonance (analyse temporelle et fréquentielle)
 - Stress grading

■ Elaboration EWP



Elaboration d'Engineering Wood Products (EWP)

■ Issus de trituration

- Panneaux de particules
 - Non structuraux
 - Structuraux (OSB, LSL)
- Panneaux de fibres
 - Fibres dures
 - MDF



■ Issus de lamellation

■ Autres

- BTHT
- Bois imprégnés (huiles, furfural, ...)
- ...



■ Association de matériaux (bois/béton, etc...)

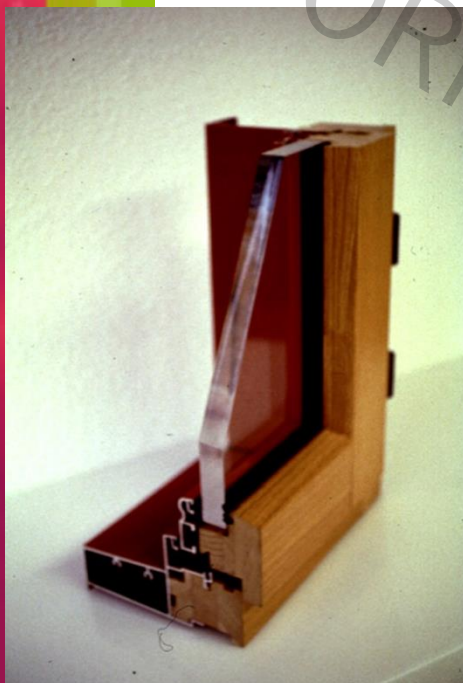
Associations de matériaux (1)

■ Bois/Bois



Associations de matériaux (2)

■ Bois/Métal



Menuiserie en carrelats de chêne
mixte bois-aluminium

Associations de matériaux (3)

■ Bois/Béton



Associations de matériaux (4)

■ Bois/Ciments



Mûrs anti bruit
Coffrages perdus
Bardages
Parpaings
Inertie thermique

...

Associations de matériaux (5)

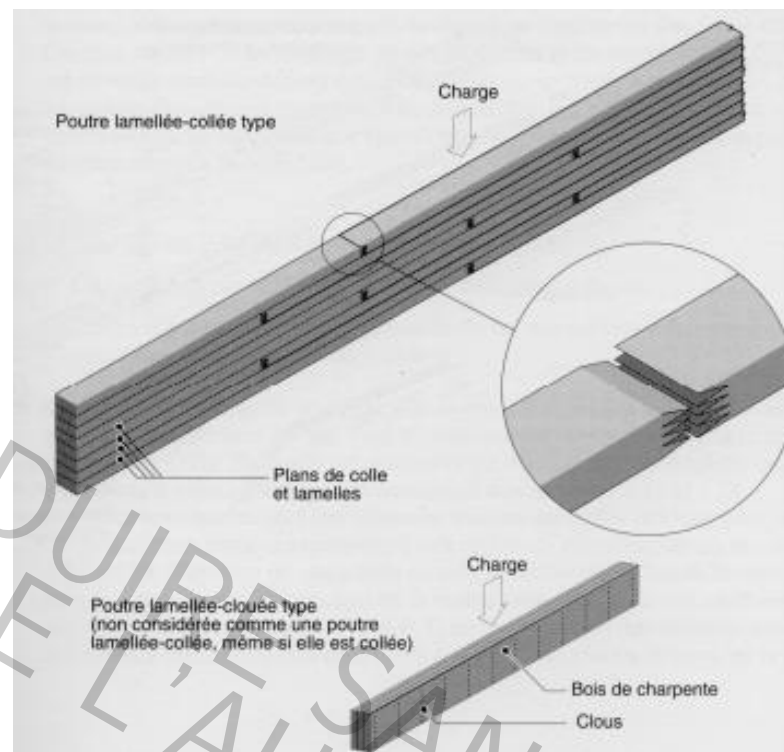
■ Bois/Verres



EWP Issus de lamellation

■ Lamellés-collés d'avivés

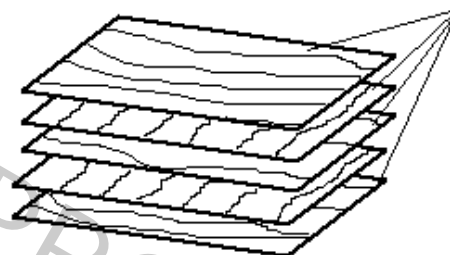
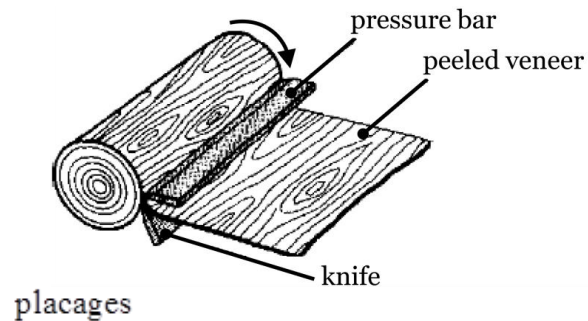
- Non structuraux (LCA)
- Structuraux



■ Lamellés-collés de placages

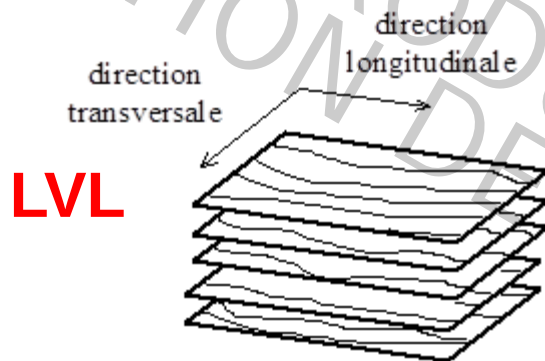
- **Contreplaqués**
- **LVL (Laminated Veneer Lumber)**
- **PSL (Parallel Strand Lumber)**

Contreplaqués, LVL, PSL

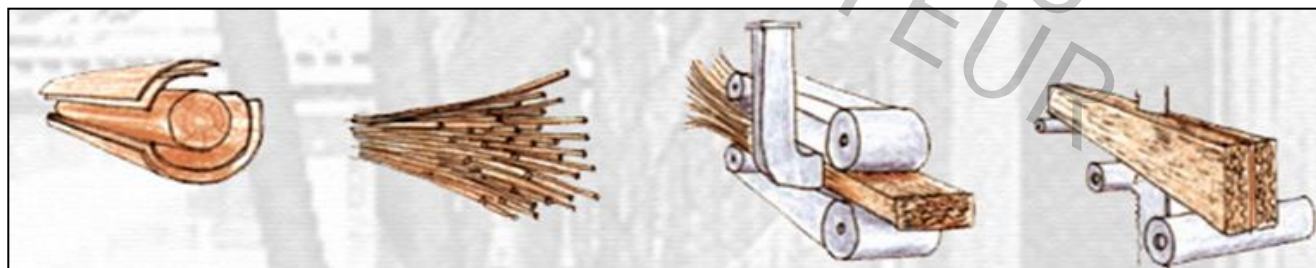


CP

PSL

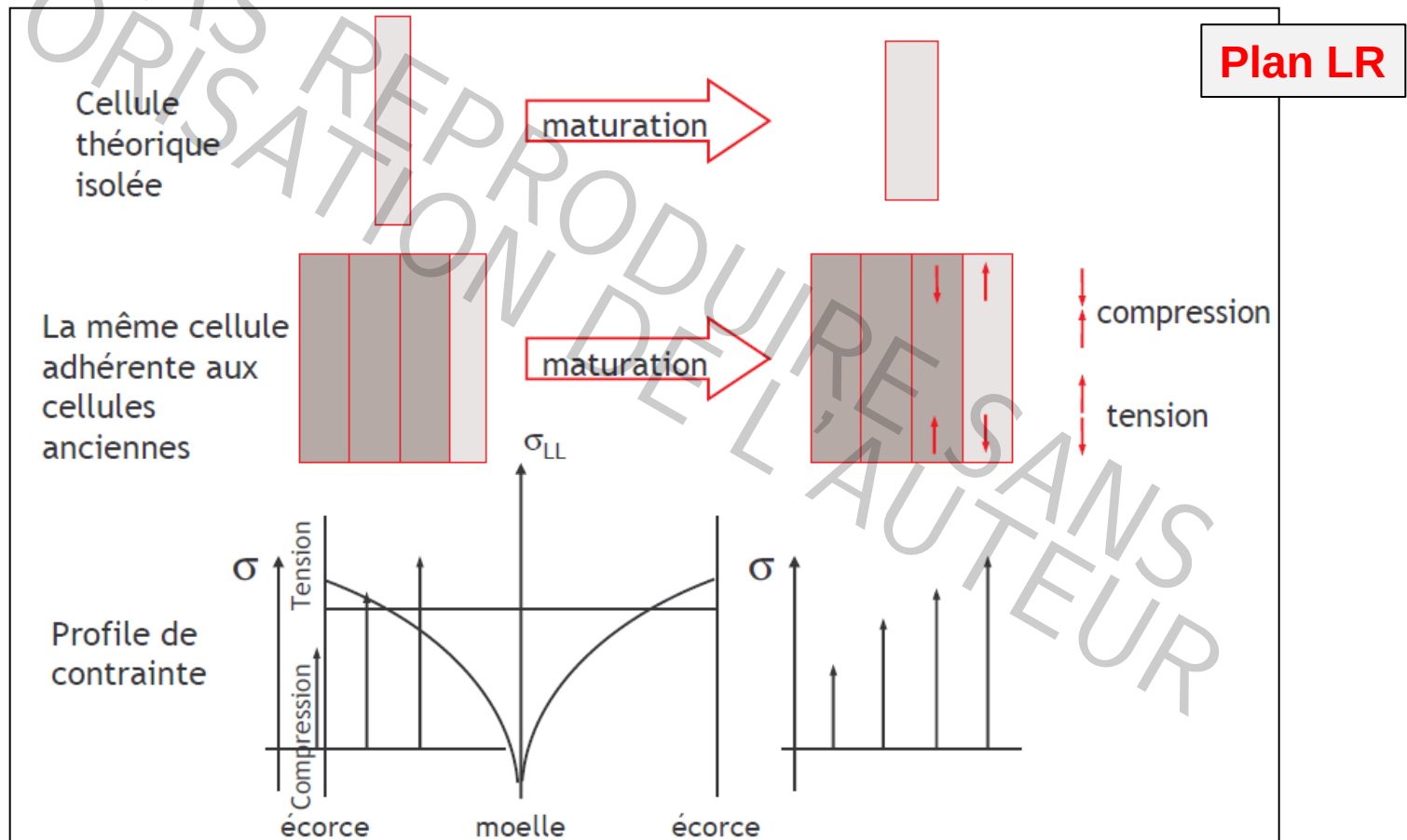


LVL



De la récolte à la première transformation

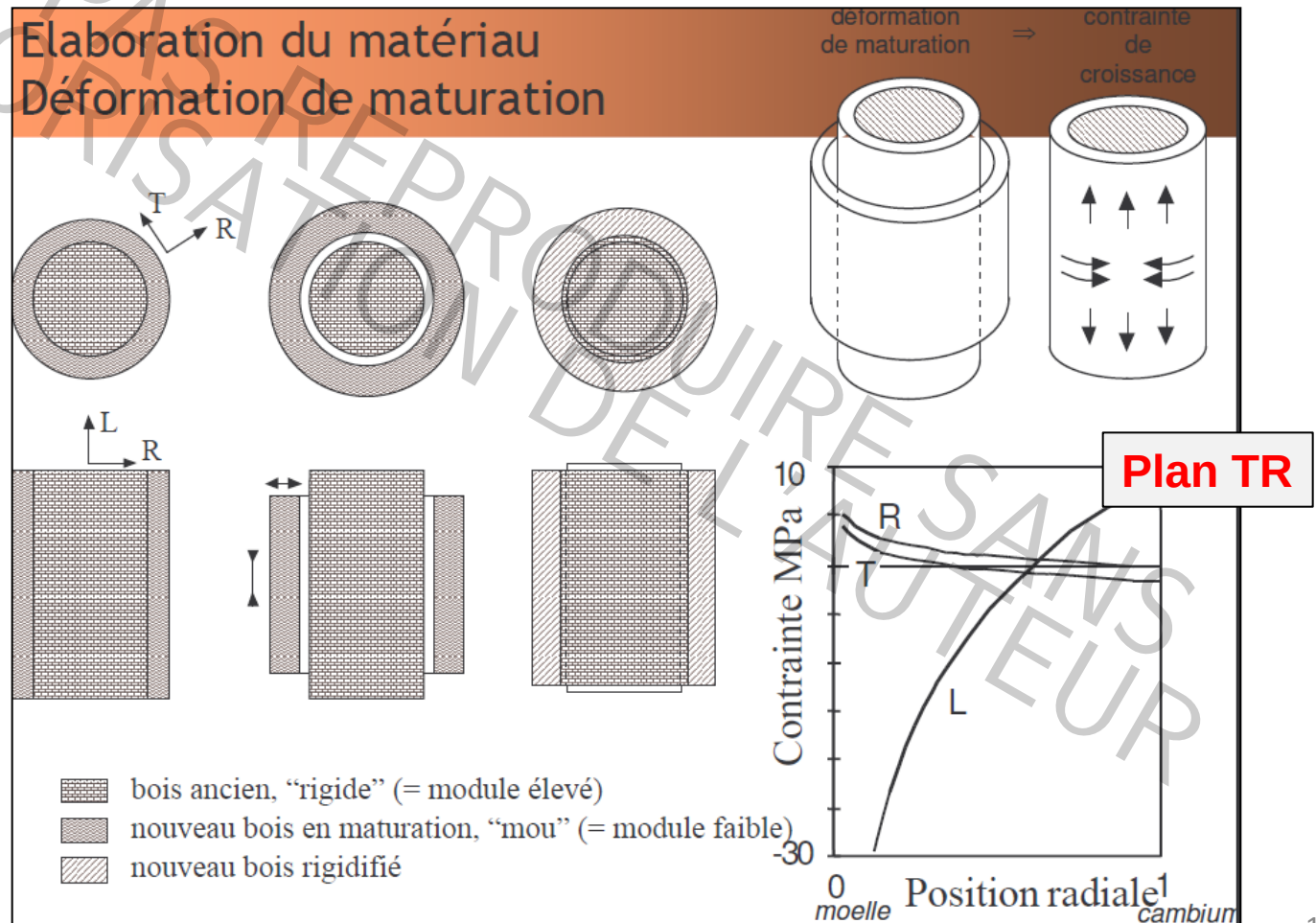
- Bois vert
- Contraintes de croissance (CdC) : origines et répartitions



D'après Bruno Clair

De la récolte à la première transformation

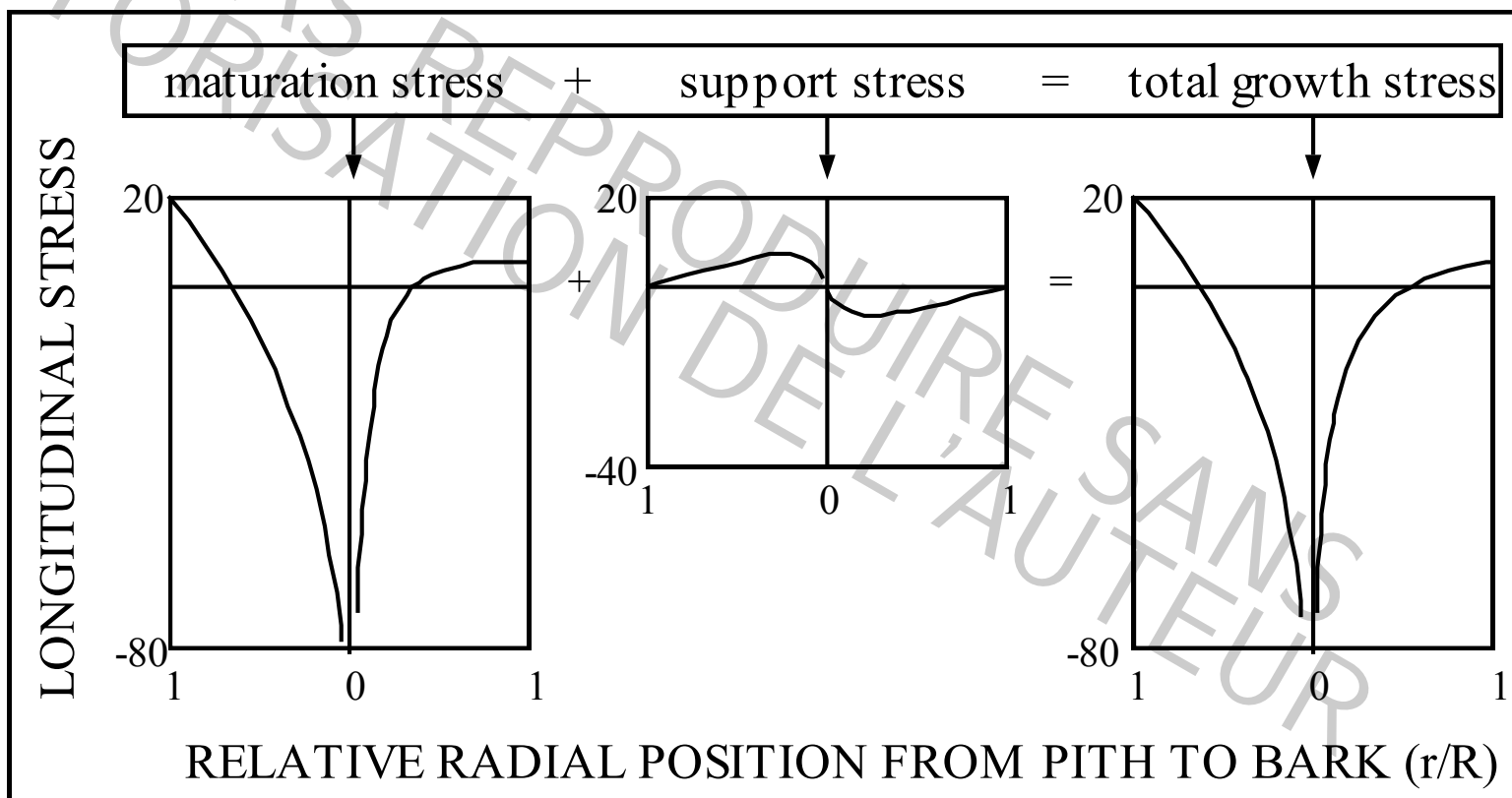
■ Contraintes de croissance : origine et répartitions



D'après Bruno Clair

De la récolte à la première transformation

■ Contraintes de croissance : origine et répartitions



De la récolte à la première transformation

■ CdC : conséquences sur le procédé

- Fentes d'abattage
 - Surface libre => redistribution des contraintes
 - Fragilisation du billon
 - Essences
 - Libération des contraintes accentuée par les traitements thermiques

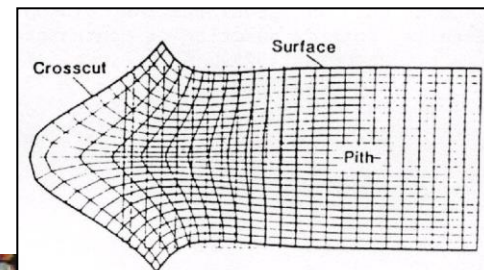


Fig.1.41b Changement de dimension d'une grume après l'abattage (x200) (d'après Wilhelmy et Kubler 1973)

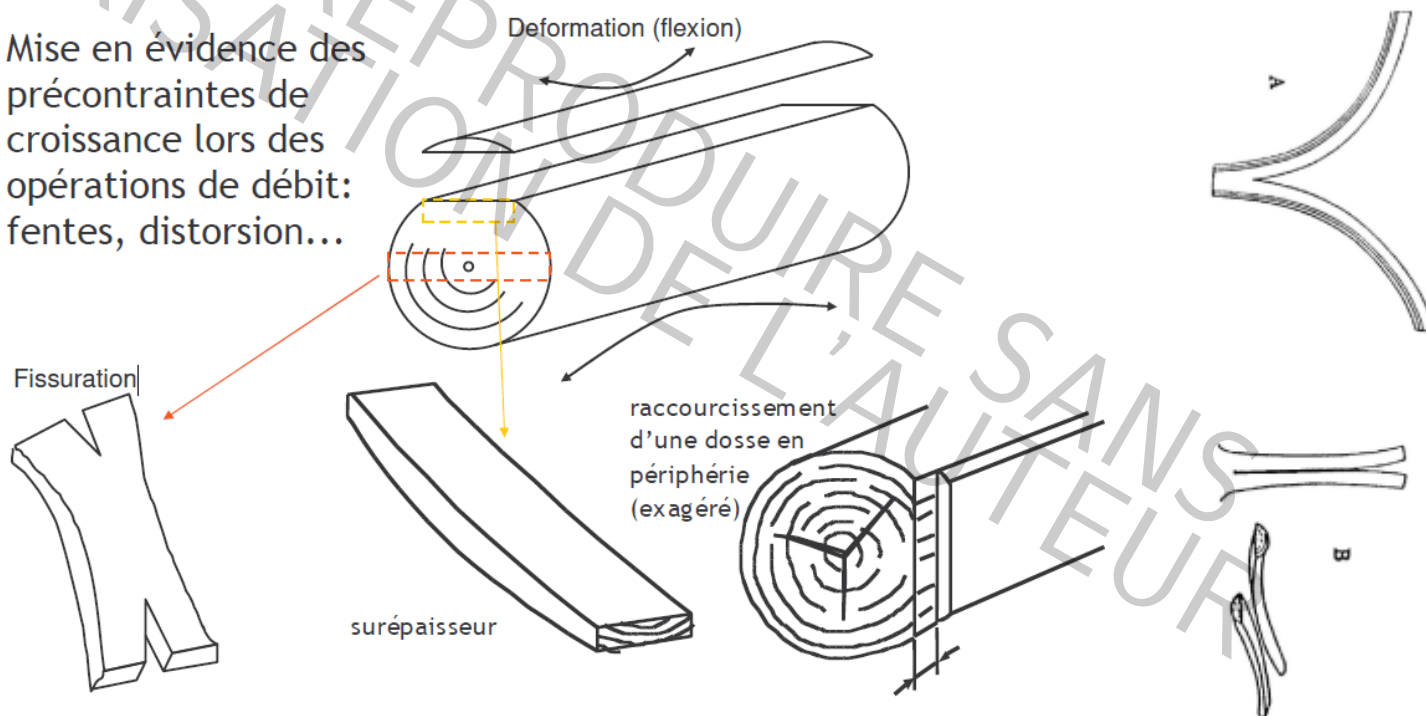


De la récolte à la première transformation

■ CdC : conséquences sur le procédé

- Déformation des sciages (+ fentes)

- Mise en évidence des précontraintes de croissance lors des opérations de débit: fentes, distorsion...



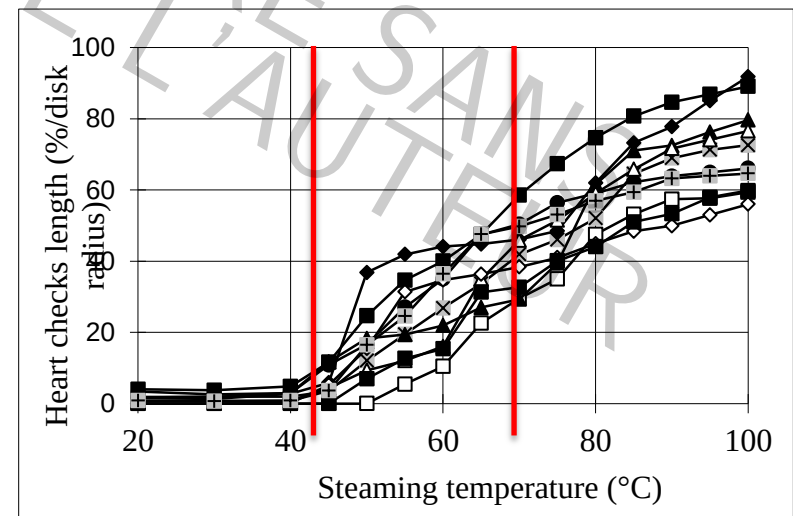
D'après Bruno Clair

De la récolte à la première transformation



Faible dilatation tangentielle ε_T et une faible contraction radiale ε_R

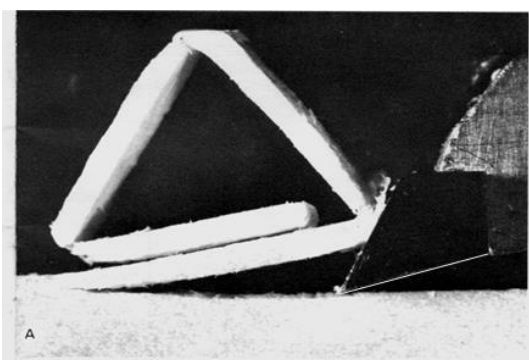
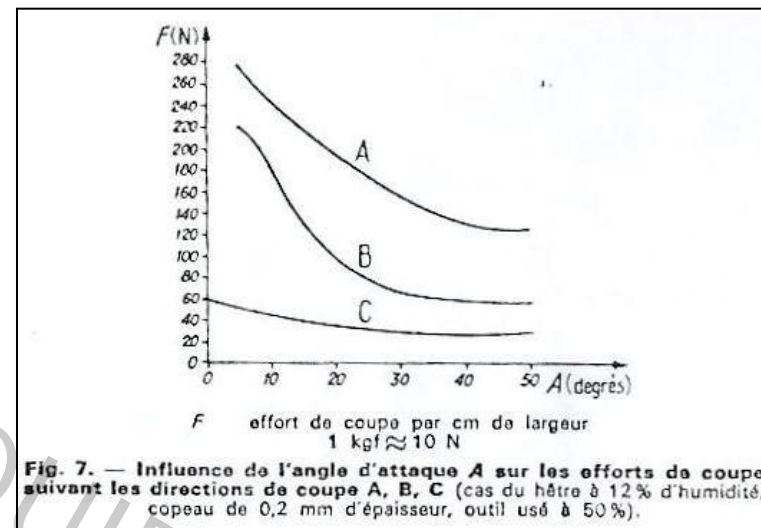
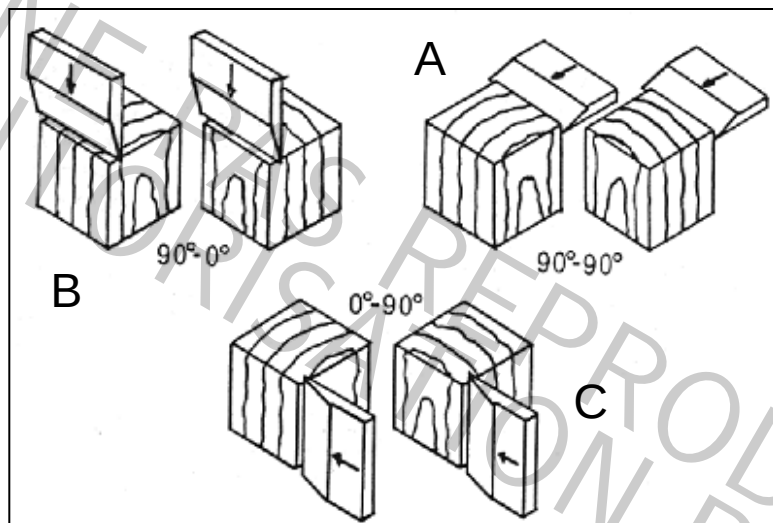
■ Recouvrance hygrothermique lors de l'étuvage



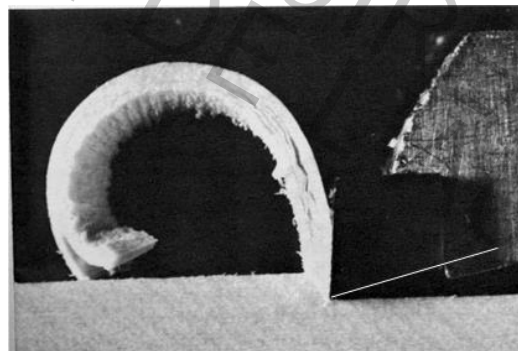
De la récolte à la première transformation

- Problèmes liés à la quadranure
 - Problématique des petits bois
 - Fissuration longitudinale des placages
- Prévention des fentes à cœur
 - Étuvage en grumes entières
 - Cerclage des extrémités
 - Agrafage (S) des fentes d'abatage avant étuvage
 - Perçage de la moelle

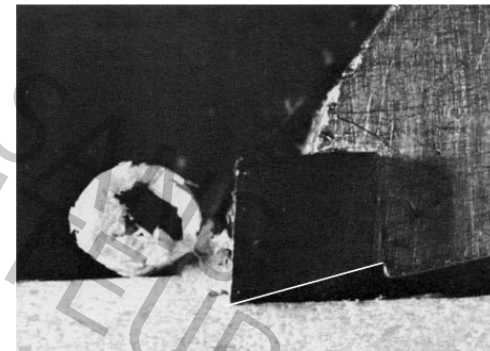
Au cours de la première transformation



Type I



Type II

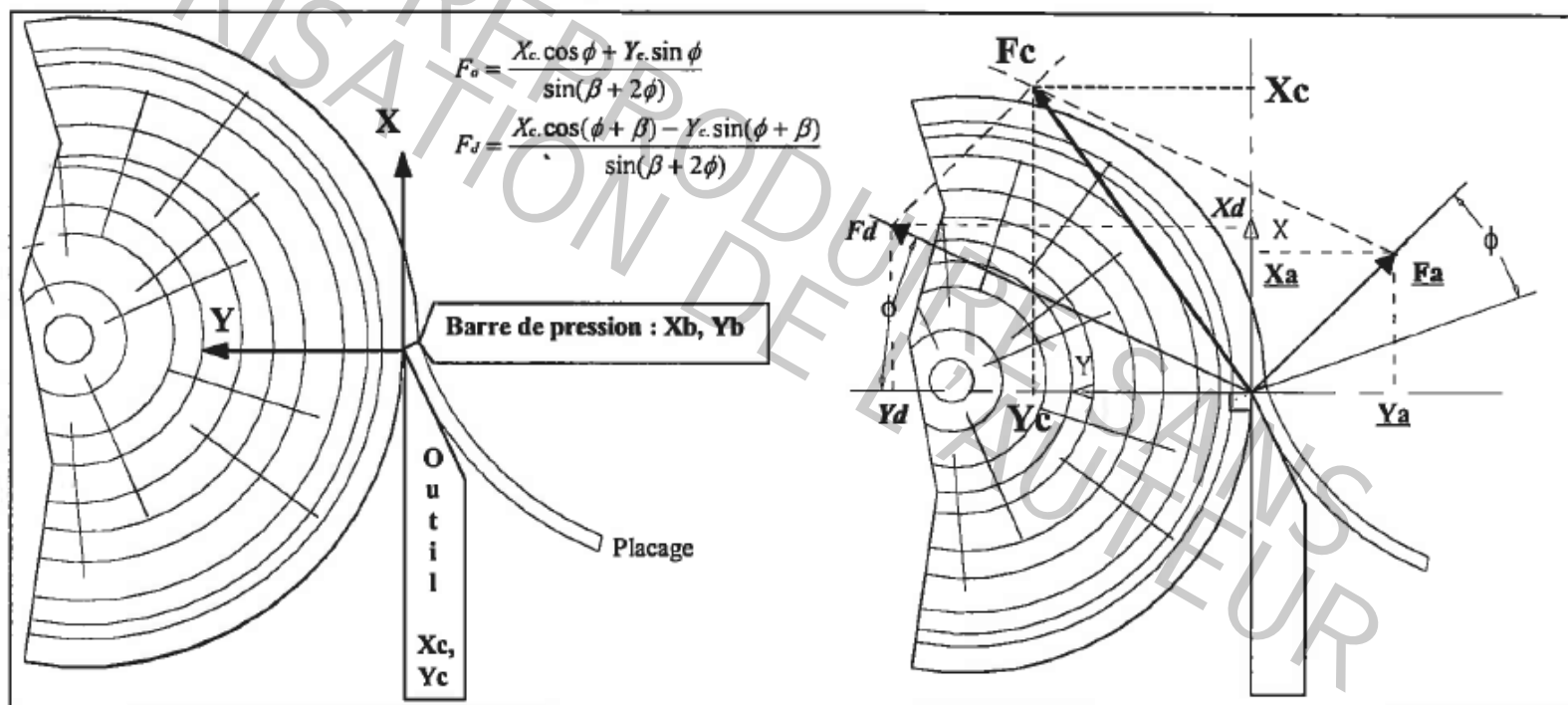


Type III

Trituration - Sciage - Déroulage : mode 0/90 et type II

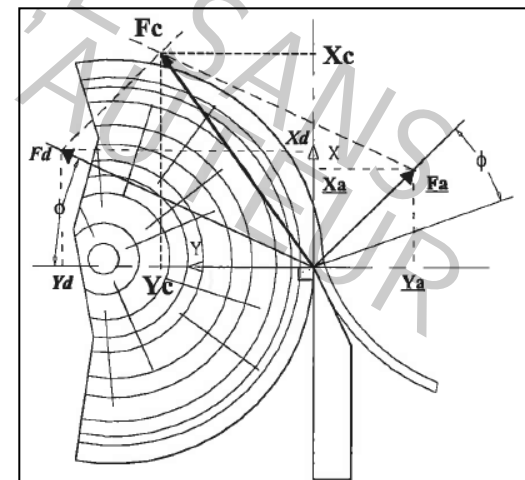
La coupe en déroulage

■ Efforts de coupe



La coupe en déroulage

- Approche dynamométrique de l'optimisation du procédé
 - efforts minimisés
 - répartition des efforts stable et équilibrée
 - F_a/F_d le moins sensible aux variations de vitesse
 - Y_b/F_a (efficacité de la barre)
 - Y_c légèrement > 0 (plongée d'outil)
 - X_c+X_b le plus faible possible (couple d'entraînement)
 - Y_c+Y_b le plus faible possible (flexion du billon)

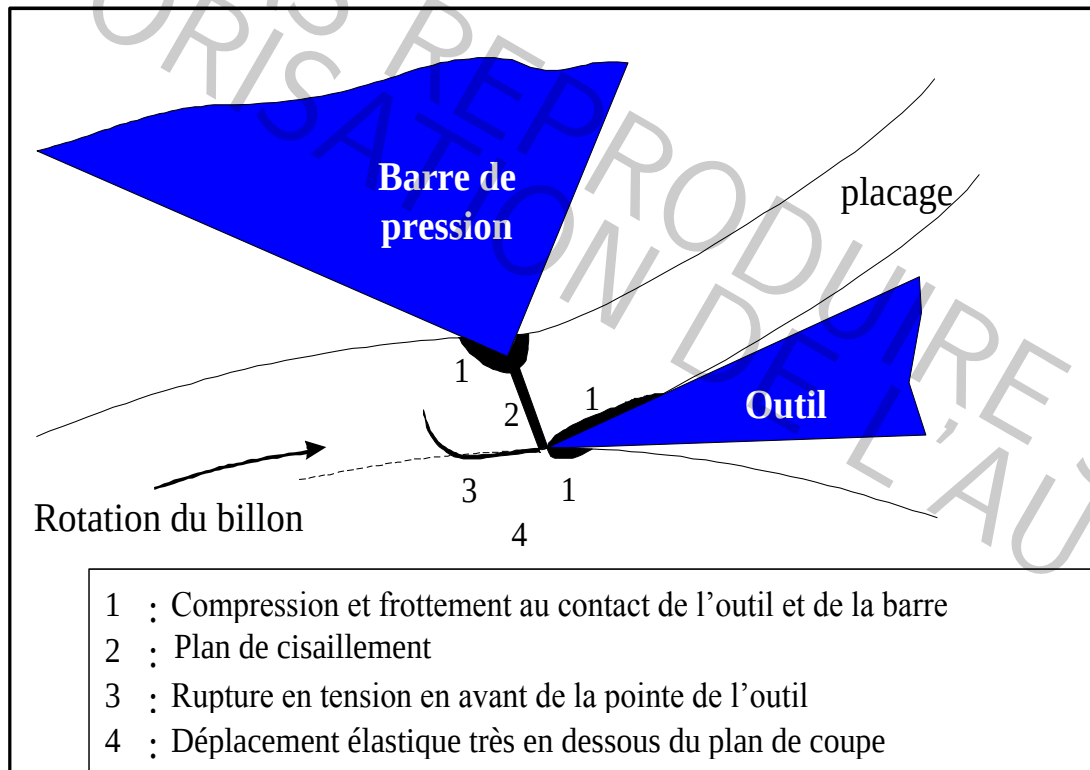


Mais lourdeur expérimentale

La coupe en déroulage

- Critères
 - E_R , module d'élasticité transverse
 - σ_p , plateau de contrainte d'écrasement en compression transversale
 - τ , contrainte de cisaillement roulant RT
 - K_{IC} , résistance à la rupture en RT mode I

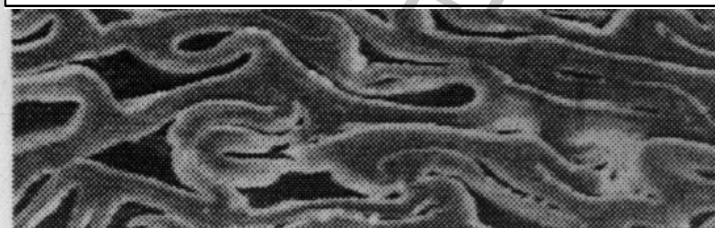
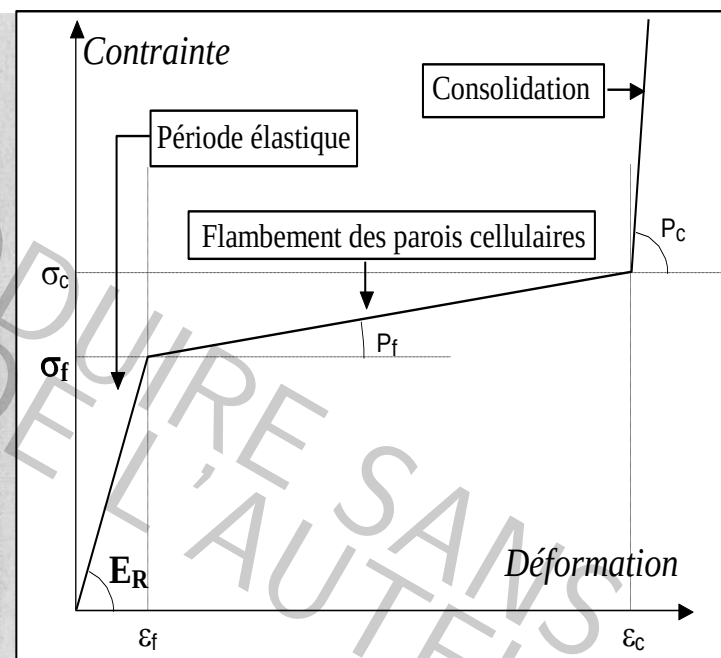
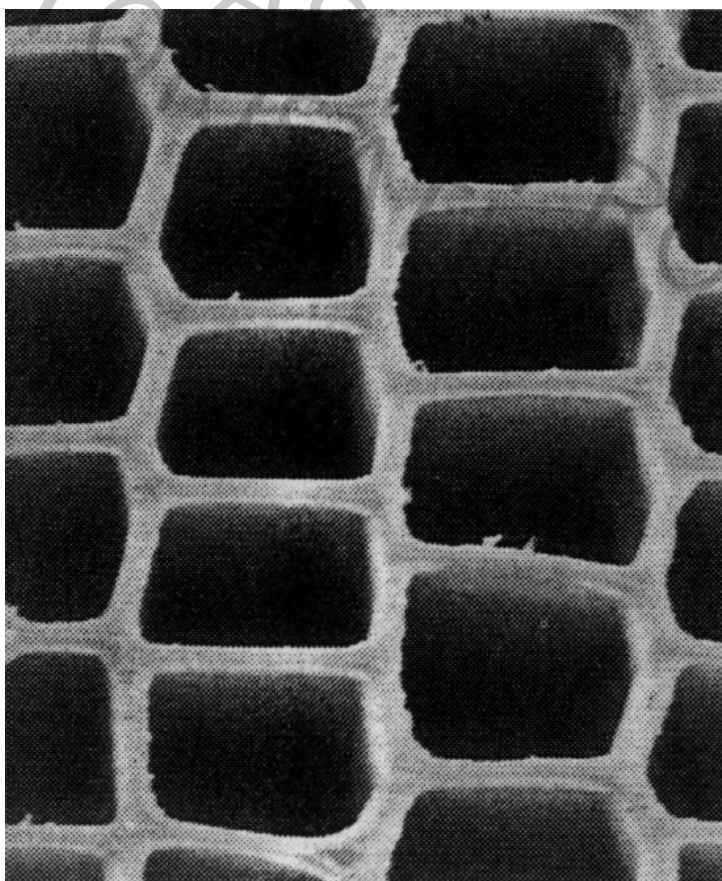
■ Approche mécanique du matériau



Modèles de Bernard Thibaut exprimant les efforts de coupe en fonction de grandeurs mécaniques du matériau à l'état vert (prédictif, screening d'essences tropicales, ...)

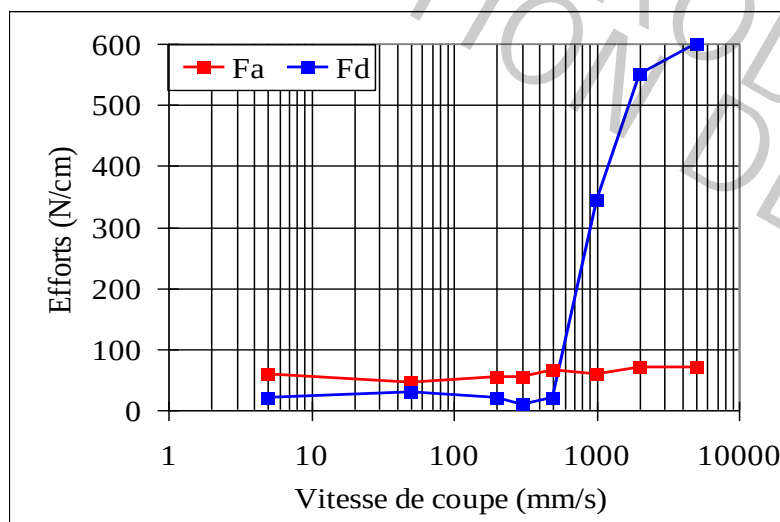
La coupe en déroulage

■ Compression transversale

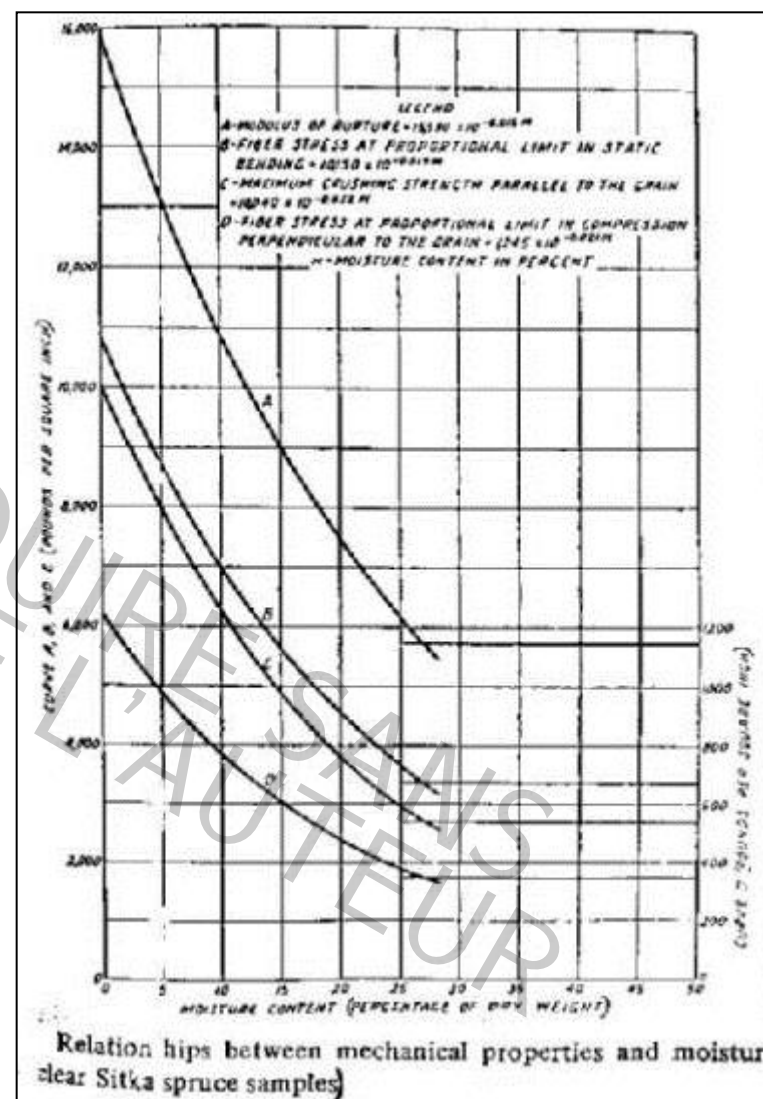


La coupe en déroulage

- Mécanique du bois vert
- Statique vs dynamique



Déroutage de peuplier en 1 mm,
dépouille de 0°



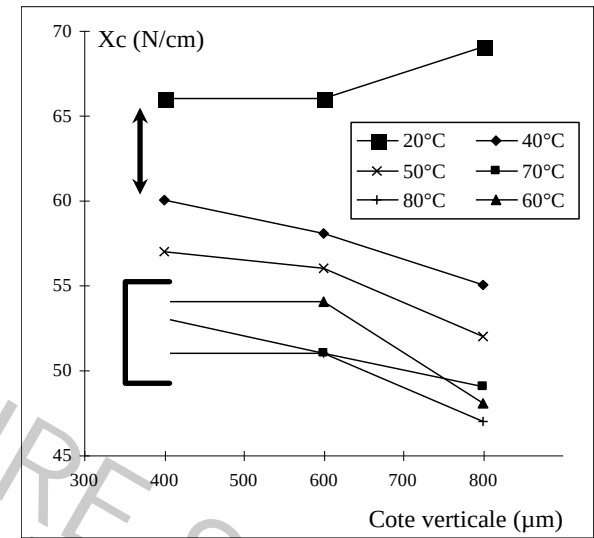
La coupe en déroulage

■ Introduction de la température dans le modèle

- décroissance de tous les critères mécaniques quand la température augmente
- mais sensibilité différente des critères :

$$KIC < \sigma_f, \tau < E_R,$$

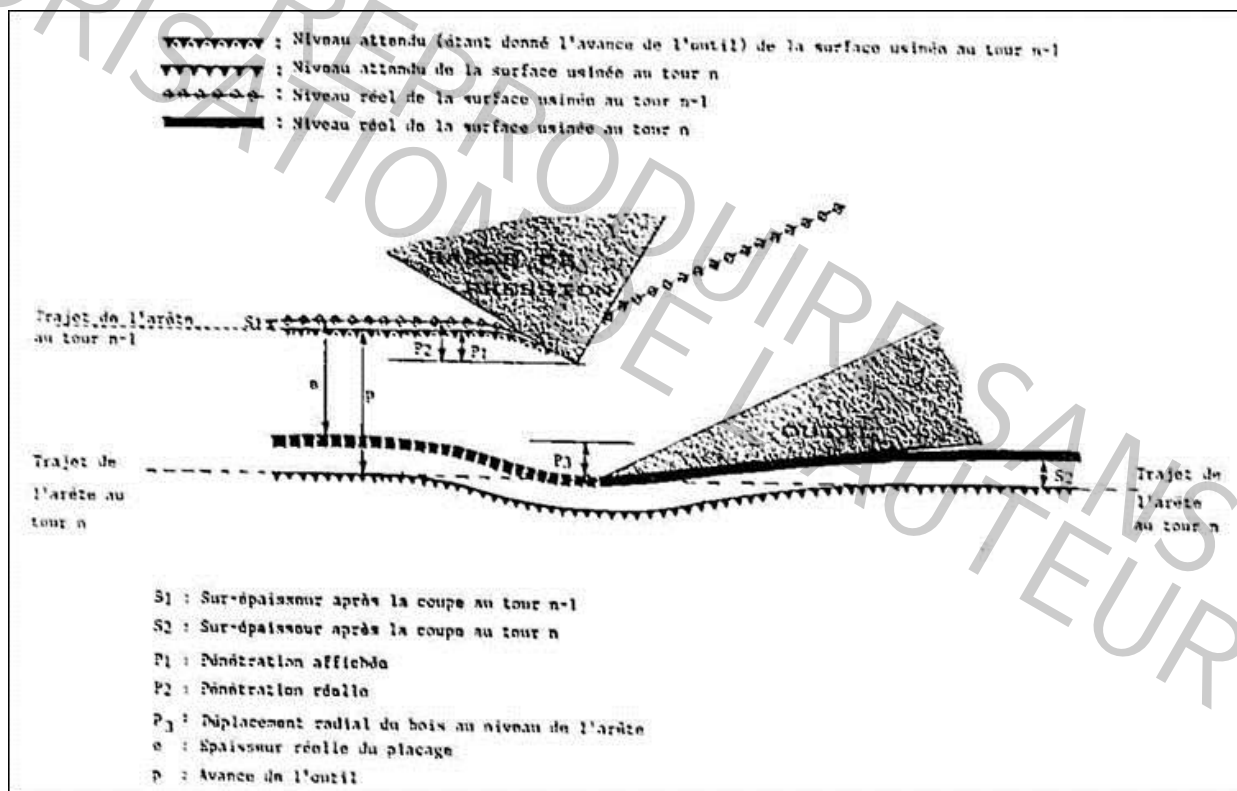
=> aux non linéarités dues aux effets feedback décrits dans le modèle (Se) se surajoutent les non linéarités dues aux effets de la température



Robinier, 2 mm

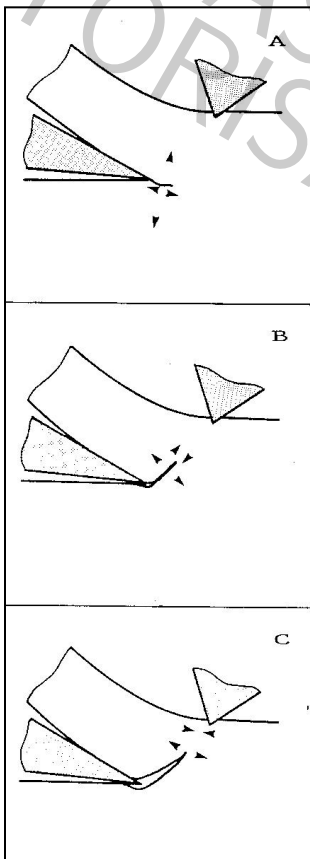
La coupe en déroulage

- Copeau = produit fini
 - Variation d'épaisseur



La coupe en déroulage

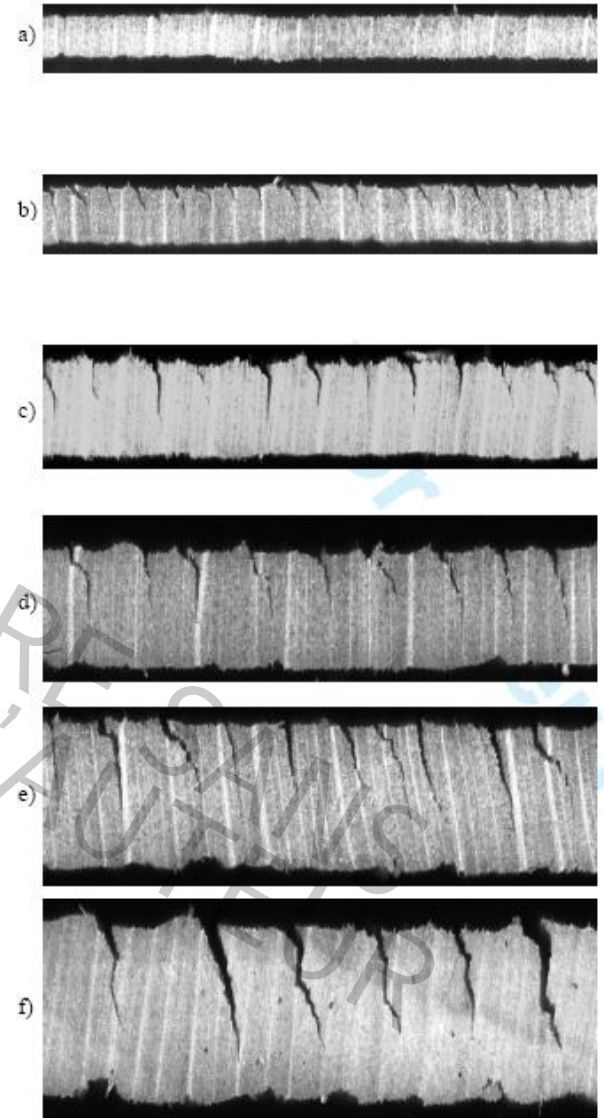
- Copeau = produit fini
 - Fissuration cyclique / Etat de surface



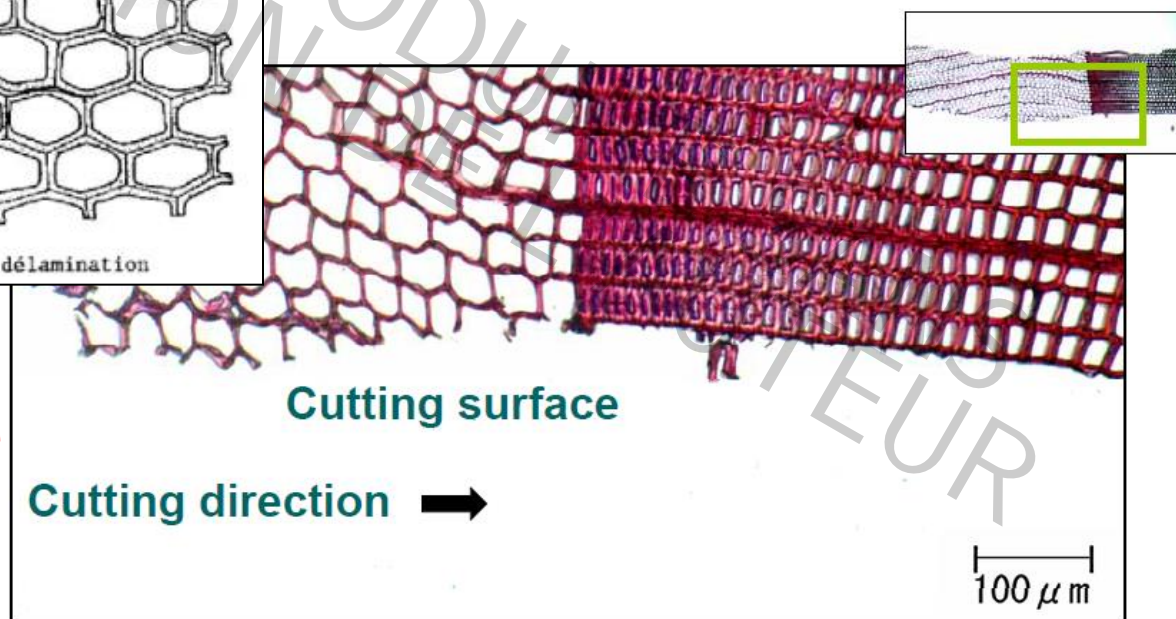
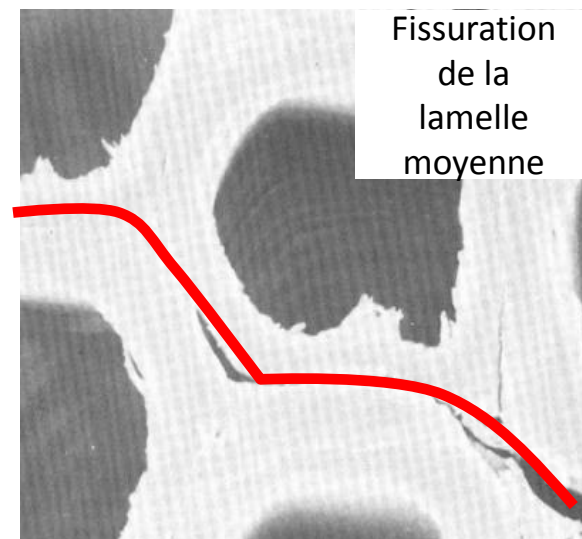
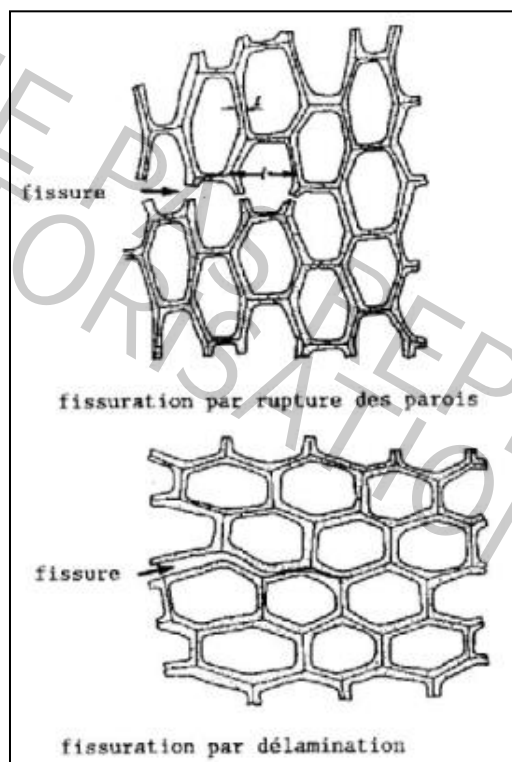
Rupture en mode I

**Libération contraintes
de traction
changement
d'orientation**

**Charnière et fin
de propagation**



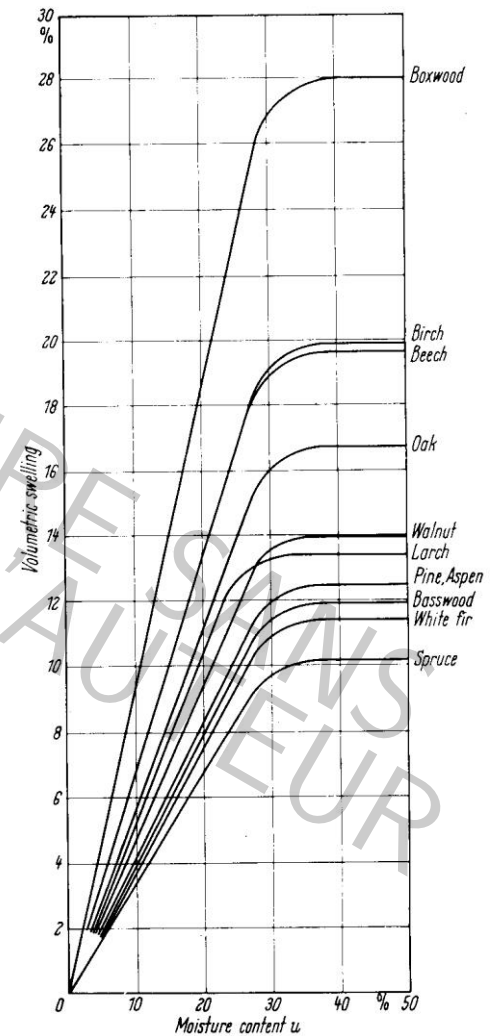
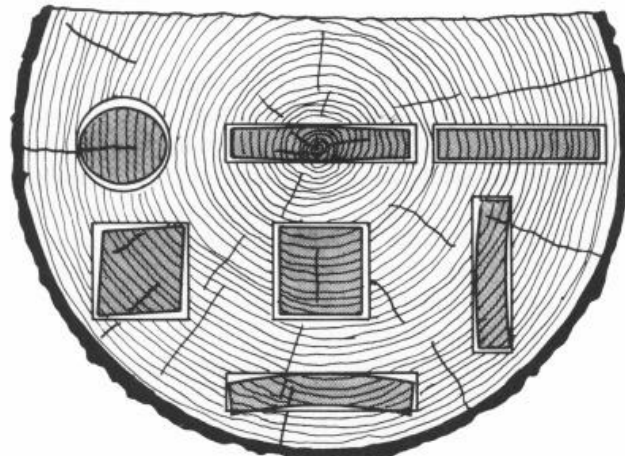
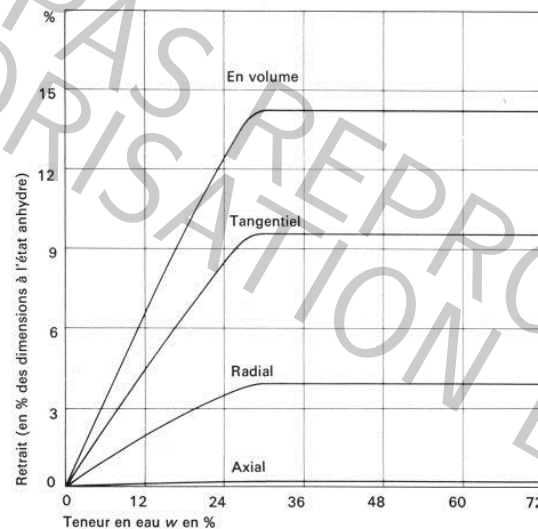
La coupe en déroulage



**Micromécanique
(niveau pariétal)**

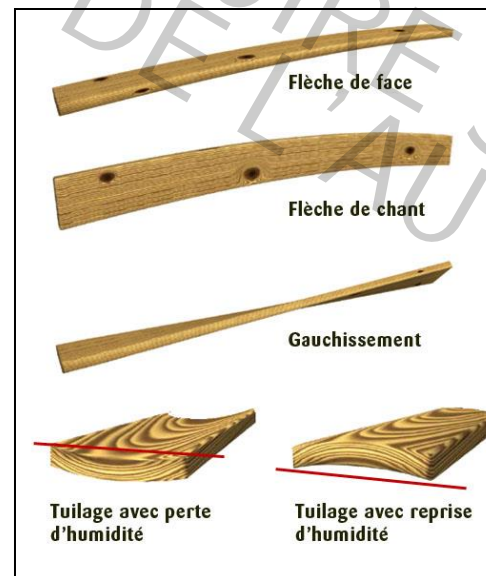
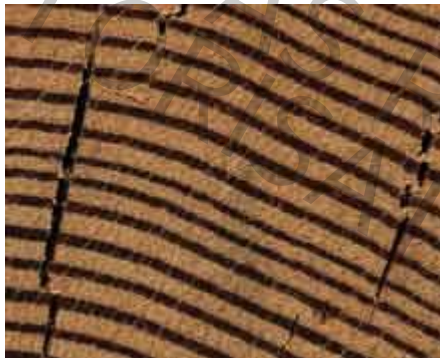
Au séchage

■ Anisotropie des retraits/gonflements



Au séchage

■ Conséquence de l'anisotropie des retri



Au séchage

■ Conséquences

- surcôtes au sciage
- contraintes dans les joints de colles (mauvais séchage et/ou réhumidification par l'encollage)
- contraintes dans les structures si assemblages serrés



Au séchage

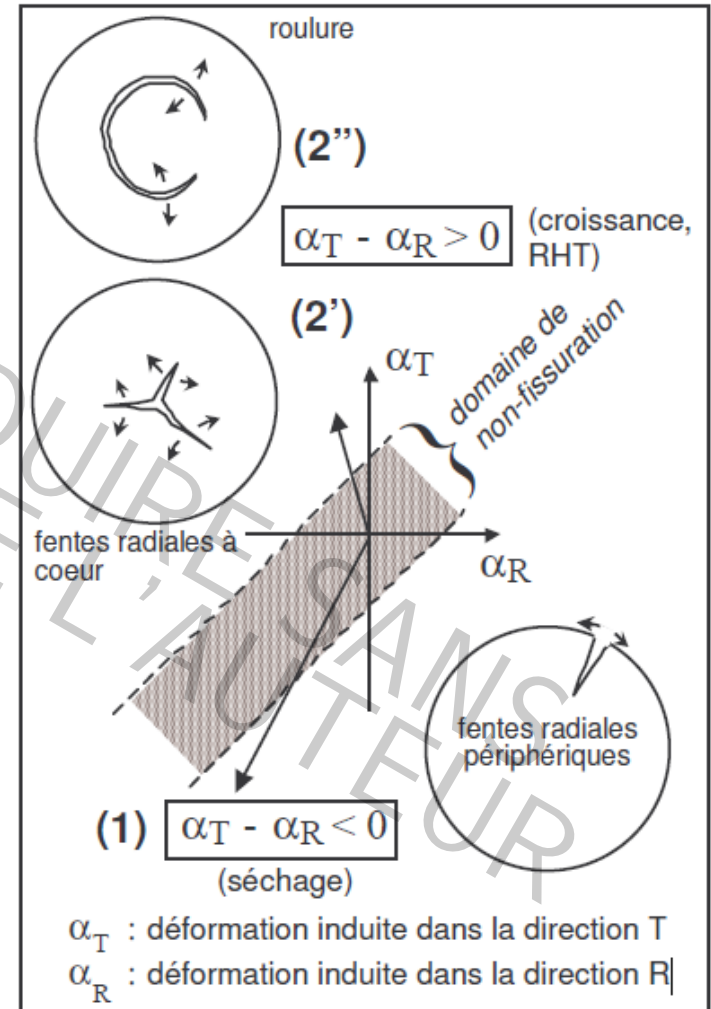
- Bois rond : combinaison RHT/ Retraits



+

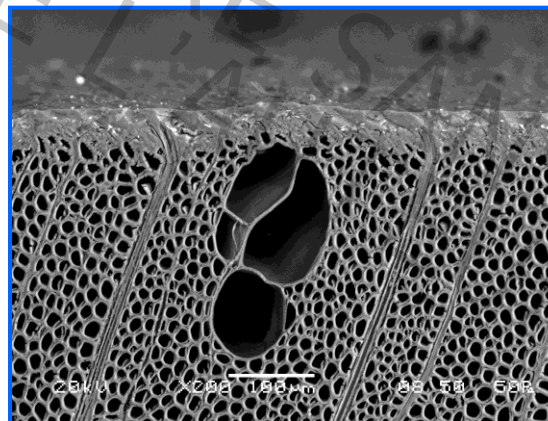
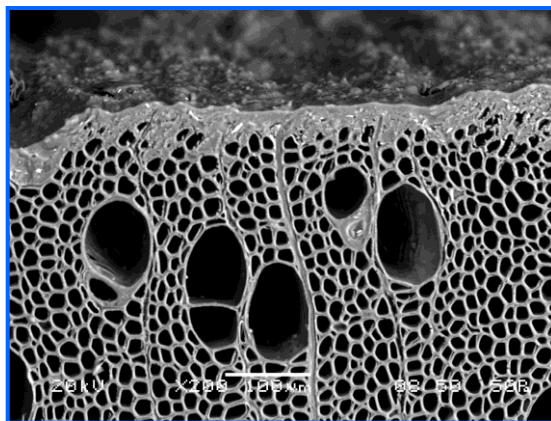
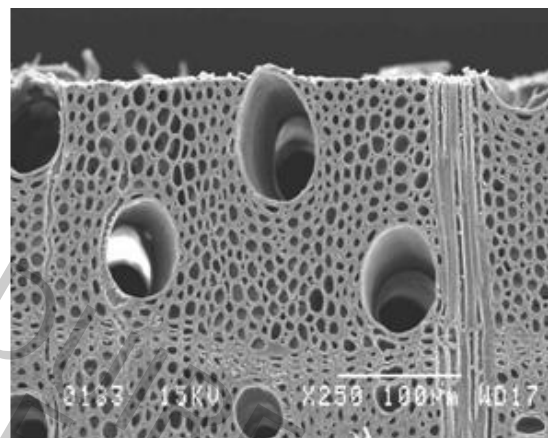
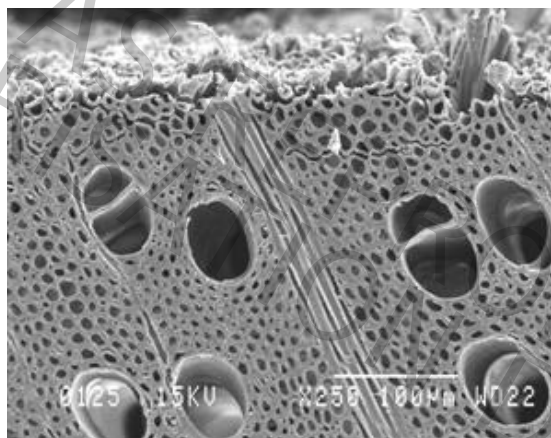


=

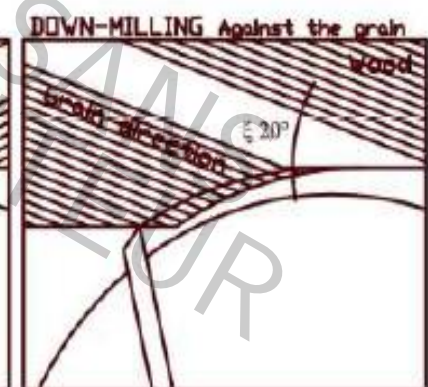
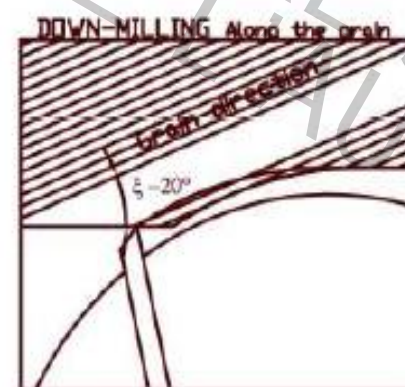
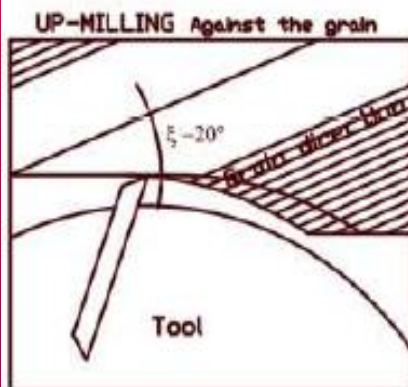
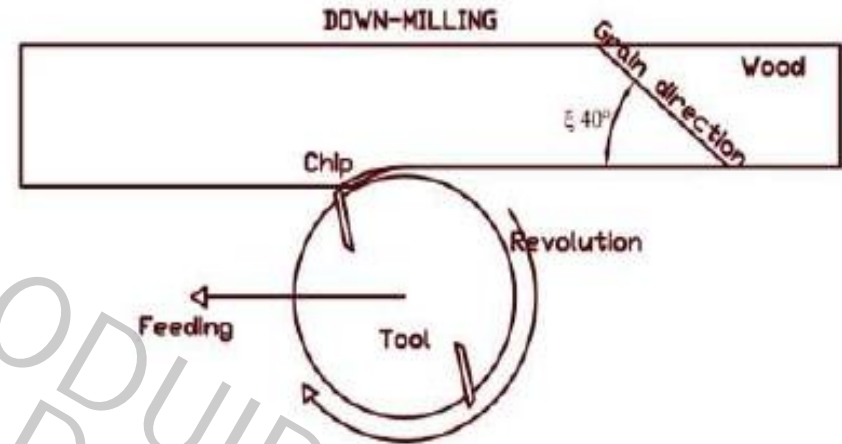
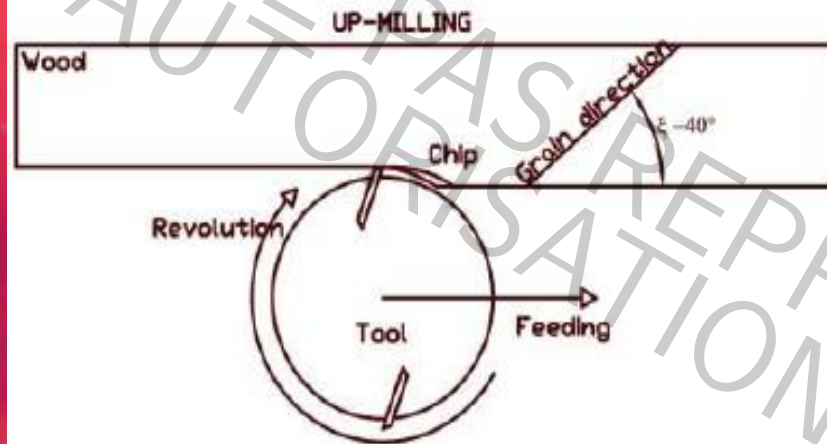


Au collage / pressage

■ Les états de surface



Usinage en opposition et en avalant, dans le sens du fil et à contrefil



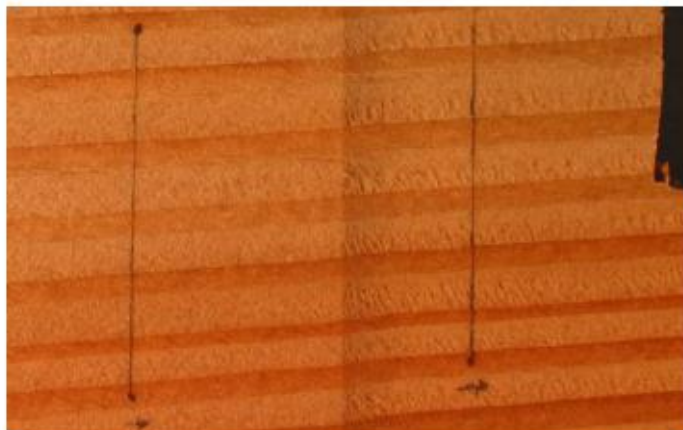
Sens du fil

Opposition

Avalant



(a) *Douglasia Douglas* 0° (X1,2)



(a) *Douglasia Douglas* 10° (X1,2)

Contrefil

Opposition

Avalant



(b) *Douglasia Douglas* -0° (X1,2)

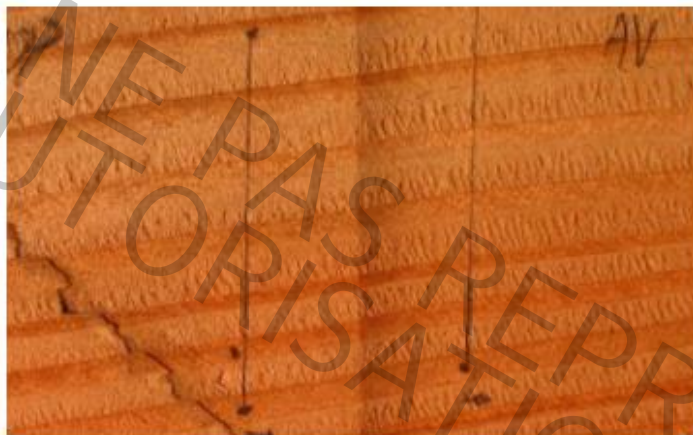


(b) *Douglasia Douglas* -10° (X1,2)

Sens du fil

Opposition

Avalant



(a) *Douglasia Douglas* 20° (X1,2)



(a) *Douglasia Douglas* 30° (X1,2)

Contrefil

Opposition

Avalant



(b) *Douglasia Douglas* -20° (X1,2)



(b) *Douglasia Douglas* -30° (X1,2)

Sens du fil

Opposition

Avalant

Contrefil

Opposition

Avalant



(a) *Douglasia Douglas* 40° (X1,2)



(b) *Douglasia Douglas* -40° (X1,2)



(a) *Douglasia Douglas* 50° (X1,2)

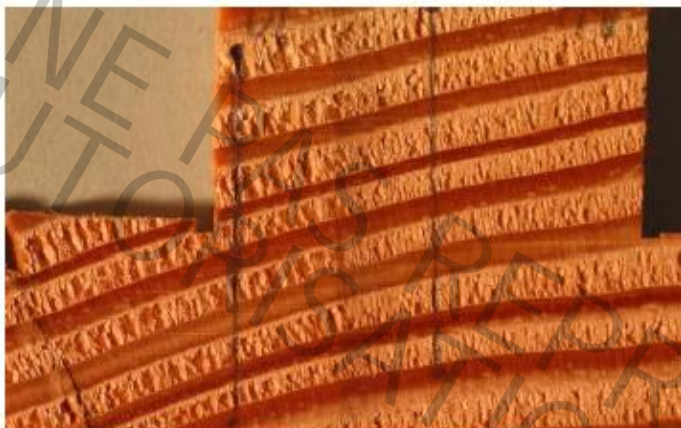


(b) *Douglasia Douglas* -50° (X1,2)

Sens du fil

Opposition

Avalant



(a) *Douglasia Douglas* 60° (X1,2)



(a) *Douglasia Douglas* 70° (X1,2)

Contrefil

Opposition

Avalant



(b) *Douglasia Douglas* -60° (X1,2)



(b) *Douglasia Douglas* -70° (X1,2)

Sens du fil

Opposition

Avalant

Contrefil

Opposition

Avalant



(a) *Douglasia Douglas* 80° (X1,2) (b) *Douglasia Douglas* -80° (X1,2)

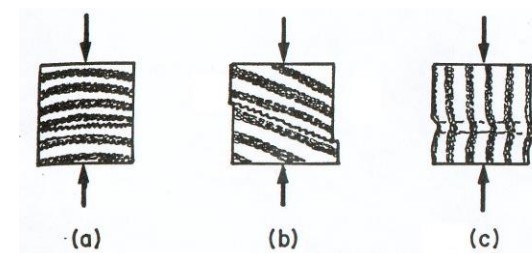
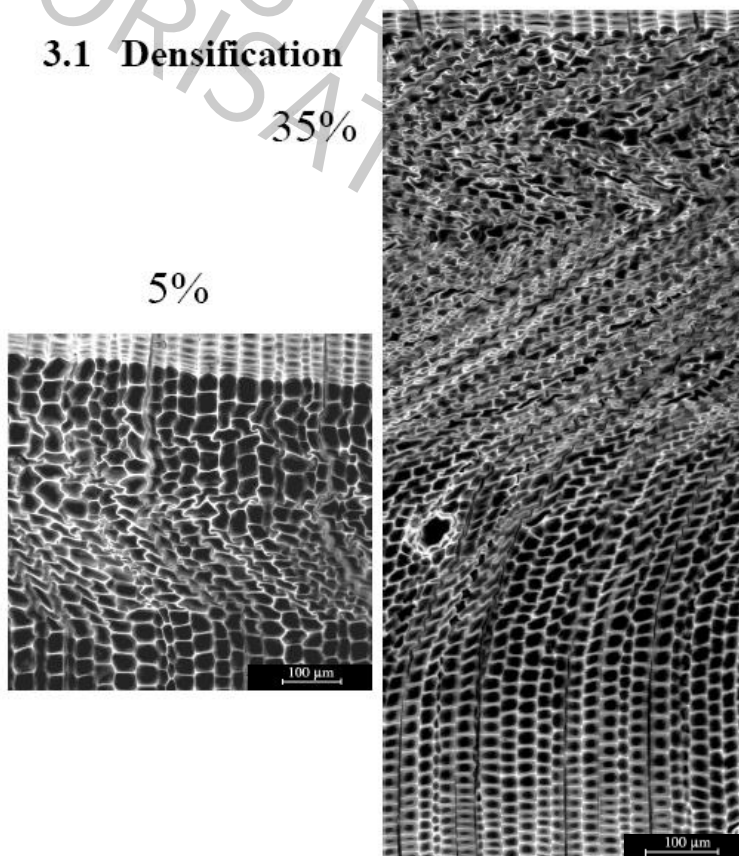


(a) *Douglasia Douglas* 90° (X1,2) (b) *Douglasia Douglas* -90° (X1,2)

Au collage / pressage

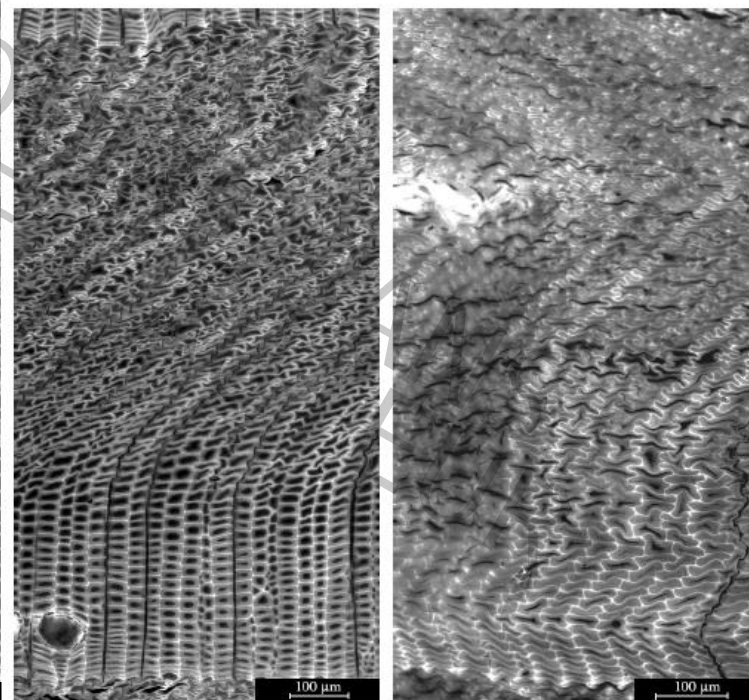
■ La densification de surface

3.1 Densification



50%

65%



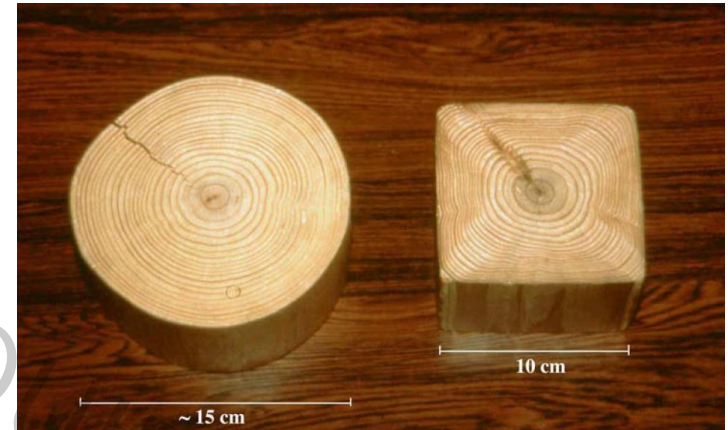
Au collage / pressage - Formage



(a) Densified wood

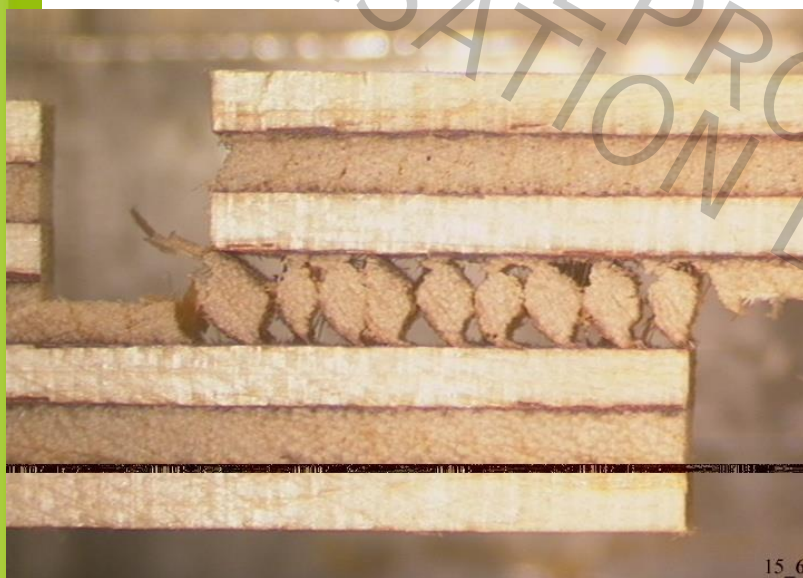


(b) Densified wood and set-recovery



Caractéristiques des panneaux

Rupture en cisaillement de contreplaqué
(ouverture des fentes de déroulage)



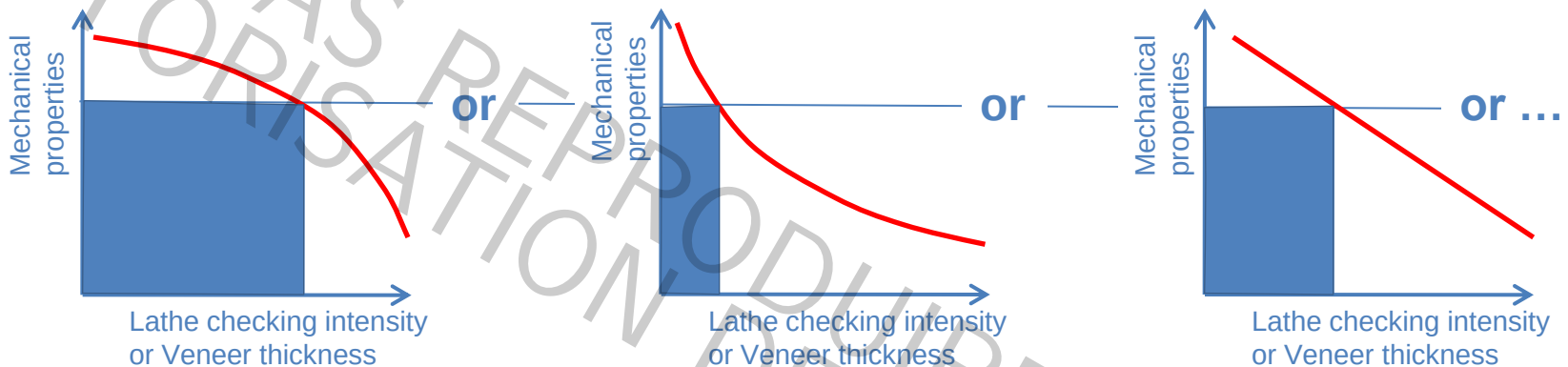
Caractéristiques des panneaux

Rupture en cisaillement de contreplaqué
(fermeture des fentes de déroulage)



Caractéristiques des panneaux

- How do the mechanical properties decrease according to the lathe checks frequency and deepness ?

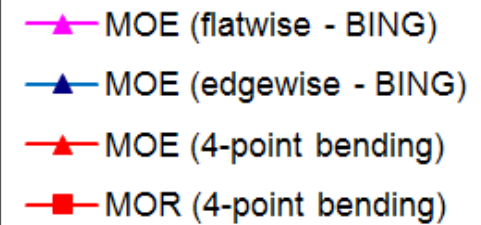


- Target : to find a mechanical compromise using a multicriteria approach
- This paper = a first step on the way of the modelisation of lathe checks influence on EWP mechanical properties



LVL 1, 3, 5 mm

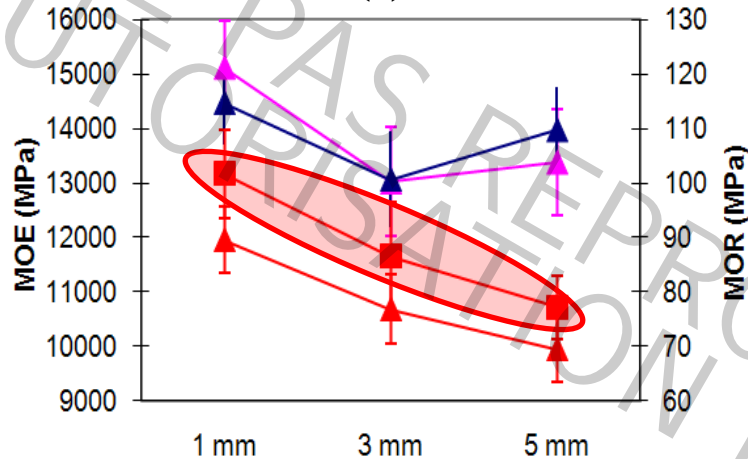
4-point MOR & MOE



20°C

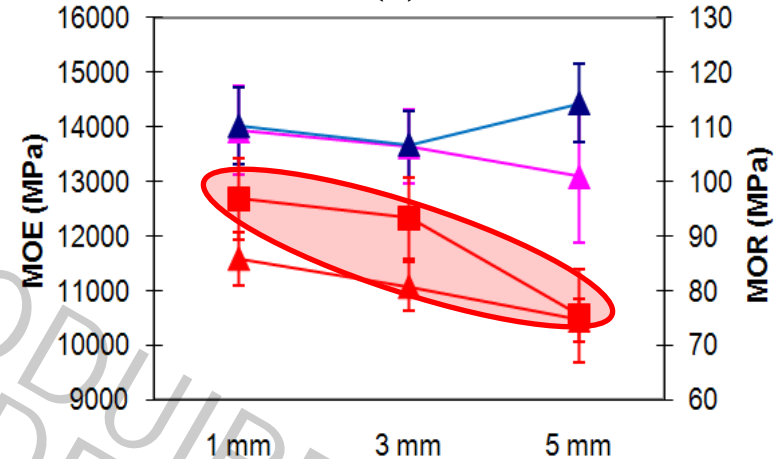
No Pressure Bar

(a)



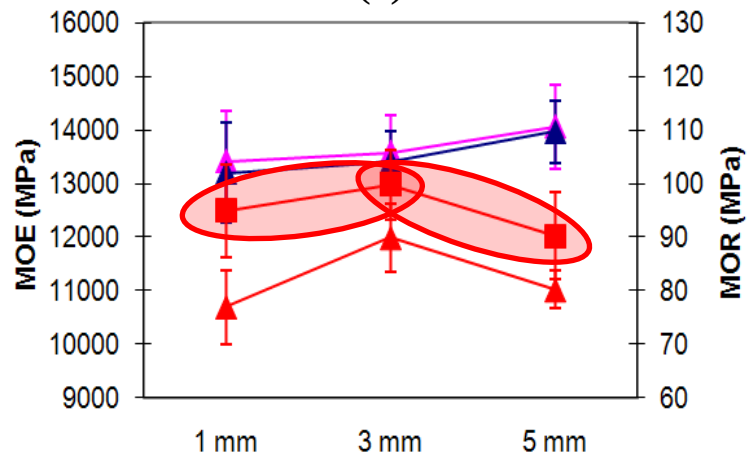
Pressure Bar

(b)

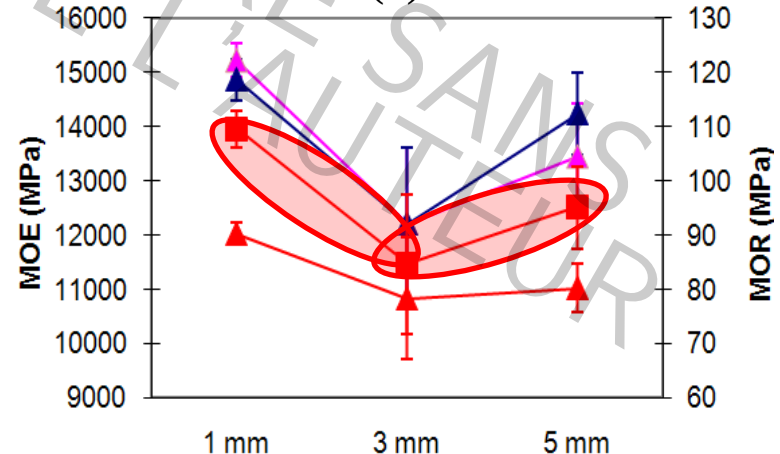


70°C

(c)



(d)



Conclusions

- Preliminary tests
- Quite low deterioration of LVL mechanical behaviour with the increase of veneer thickness (beech wood in the range 1 – 5 mm)
- In some configuration, it could be benefit to load LVL flatwise rather than edgewise
- Roughness and lathe checks deepness appear to have important influence on LVL mechanical properties
- Glue spread to be adapted considering veneer thickness because of the change of veneer surface quality

Prospects

- Higher thicknesses (7 to 10 mm)
- Improvement of veneer quality measurement => improvement of correlation between veneer quality criteria and mechanical properties of LVL
- Introduction of defects (controlled/random distribution)
- 5-point bending test: domain of validity ?
- Relation between veneer thickness and glue spread
- Numerical model coupled to the experimental
- Collaboration with producers of organic-sourced glues
- Softwoods (Douglas-fir) - Plywood

Récap

- L'optimisation des procédés d'élaborations des EWP fait appel
 - À la mécanique du vivant (biomécanique)
 - À la mécanique de la rupture
 - À la micromécanique
 - À la mécanique du bois vert
 - À la mécanique des surfaces (?)
 - À la mécanique dynamique des matériaux et procédés
 - À la mécanique statique des matériaux
- Associés
 - au couplage humidité / températures
 - à une analyse multicritère, ...
- Carence de modèles

NE PAS REPRODUIRE SANS
AUTORISATION DE L'AUTEUR

Faim !