



Les qualités technologiques du bois de chêne pubescent

Loïc Brancheriau
Chargé de recherche, HDR
CIRAD, Montpellier, UR 114

Contexte bibliographique

- Chêne pubescent appartient au groupe des chênes blancs dont les 2 espèces les plus connues sont
C. pédonculé et C. rouvre ou sessile (J. Collardet et J. Besset, 1992)
Masse volumique 710 kg/m³ bois mi-lourds
Retrait linéaire total Tangentiel 9.3 % retrait moyen à fort
Retrait linéaire total Radial 6.0 %
Résistance à rupture en flexion 97 MPa
Dureté Monnin 3.5 mm⁻¹
- C. pédonculé : zone initiale poreuse formée par 3 à 5 rangs de gros vaisseaux
- C. rouvre : zip de 1 à 2 rangée de gros vaisseaux

Contexte bibliographique

- Qualité et les propriétés du bois, et donc son utilisation, varie considérablement en fonction des conditions de croissance de l'arbre
 - Croissance lente : zone initiale poreuse dominante, faible densité, peu nerveux
 - Croissance rapide : constitué surtout de bois final, forte densité, nerveux
- Caractéristiques du *C. pubescent* sont peu documentées, cependant
 - zip formée par 1 seule rangée de gros vaisseaux, bois très dense à forte résistance mécanique
 - Nerveux, de séchage délicat, et assez difficile à travailler
 - Variabilité de ses propriétés serait moindre et donc de qualité plus homogène
 - Intérêt par rapport au changement climatique (P. Bonfils et al. 2015); supporte les fortes chaleurs et peu exigeant en eau

Résultats antérieurs

- Projet inter régional « chênaie atlantique » 2009-2011

- Caractéristiques mécaniques du pubescent supérieures à celles du pédonculé (ESB)

<u>Pédonculé</u>	<u>Pubescent</u>
Masse volumique 709 kg/m ³	Masse volumique 861 kg/m ³
Résistance flex 4 pts 113 MPa	Résistance flex 4 pts 137 Mpa
Dureté Monnin 4.8 mm ⁻¹	Dureté Monnin 7.3 mm ⁻¹

- ⇒ Peut être utilisé en menuiserie ou en charpente, bien que principalement utilisé en tant que bois de chauffage

- Composition en tanins (INRA)

Contenus en extractibles dans le bois (polyphénols, ellagitannins) ne sont pas différents (qualitativement et quantitativement) entre les deux espèces (pédonculé et pubescent)

- ⇒ Qualité identique en terme de durabilité naturelle (son usage en tonnellerie n'est donc pas à exclure sous réserve de bonne conformation)

Caractérisation du comportement au séchage

- Etude portant sur la comparaison entre chêne pubescent et chêne pédonculé
- Réalisée en 2013 dans le cadre du projet « Les conséquences du changement climatique sur les chênaies en Midi-Pyrénées »
- Dans les laboratoires du Cirad à Montpellier
- Personnes ayant participé à cette étude : Claude Daigremont, Sylvain Lotte, Philippe Gallet, Daniel Guibal et Sébastien Paradis



1. Protocole expérimental

Matériel végétal

- Etude réalisée à partir de 10 arbres (5 c. pubescents et 5 c. pédonculés)
- Arbres ~ de même âge (130 ans environ)
même station forestière (Saliès)
- C. pédonculés : signes de dépérissement dont pourriture à cœur coloration brune-rouge (*Polyporus sulfureus*) qui évolue ensuite vers une pourriture cubique
 - ⇒ Affecte les grumes sur une grande longueur
- Afin de prélever du bois sain <autant que possible>
13 billons (bille de pied et sur-bille) ont été coupés à des longueurs de 2,5 m et 4,5 m à partir de 1 m du sol environ (~12,5 m³)



Sciage



A réception des billes au Cirad

- Purge préalable de 10 cm d'épaisseur à chaque bout
- Billes sciées en planches de 2 m de longueur, de 41 mm d'épaisseur avec largeur moyenne de 33 cm
- Epaisseur choisie supérieure à l'épaisseur commerciale (27 mm) majoritaire (avivés : 18, 27, 34, 41, 45 et 54 mm)
- Cœur et aubier non purgés
- Volume final scié est de 4,2 m³ avec un rendement de 77 % : 2,4 m³ de c. pédonculé et 1,8 m³ de c. pubescent

Séchage

- Réalisé dans 2 séchoirs à air chaud climatisé
séchoir A (volume de 1,5 m³) et séchoir B de 3 m³
- Conditions
Epaisseur des baguettes de 30 mm avec un écartement de 50 cm
Durée de préchauffage de 12 h
Vitesse de séchage constante (vitesse lente, de 2 m/s environ)
- Nombre total de planches utilisées est de 88
22 planches (séchoir A) et 66 planches (séchoir B)
soit 2,35 m³ (0,60 m³ en A et 1,75 m³ en B)
- Empilage
Empilage – répartition : strictement identique entre les 2 essences
Alternance des 2 essences : étage n [E U E U...], étage n+1 [U E U E...]

Séchage



- Au cours du séchage

Humidité contrôlée par mesures résistives en 6 sondes (réparties des 2 côtés du séchoir et de bas en haut)

- Fin de séchage

Humidité de toutes les planches déterminée par mesure résistive

- Tables de séchage

Séchoir A, bois tropicaux difficiles à sécher au Cirad

Séchoir B, conseillée pour séchage du chêne (FCBA, 1990)

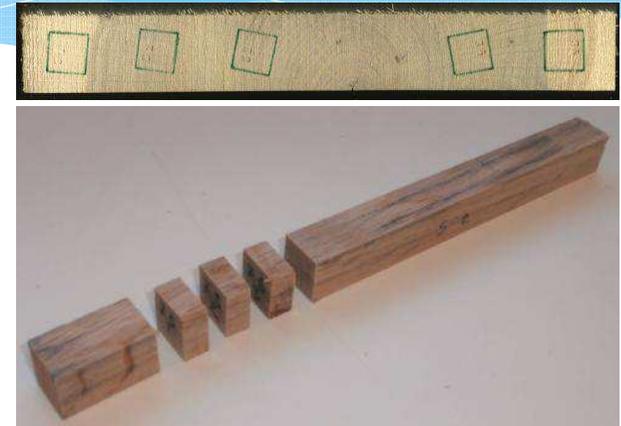
H %	Ts °C	HR air %	H0 %	Gd	H %	Ts °C	HR air %	H0 %	Gd
vert	42	87	17.6		vert	30	82	16.3	
35	46	78	13.9	2.5	35	30	80	15.5	2.3
25	52	71	11.7	2.1	30	40	80	15.0	2.0
20	54	65	10.4	1.9	28	45	77	13.7	2.0
15	56	57	8.9	1.7	25	50	70	11.6	2.2
					22	55	67	10.7	2.1
					20	60	57	8.7	2.3
					18	60	50	7.7	2.3
					15	65	42	6.4	2.3

Séchage



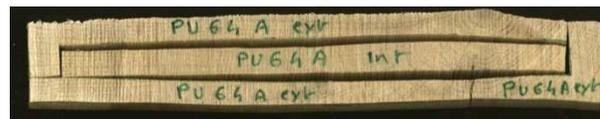
Détermination des retraits

- Déterminés sur les 10 arbres
A partir d'1 planche sur quartier
- Dans chaque planche
~6 échantillons de dimensions 20 x 20 x 10 mm découpés selon directions R, T, L (aubier zone de prélèvement possible)
- Nombre total d'échantillons est de 55
28 c. pédonculé et 27 c. pubescent

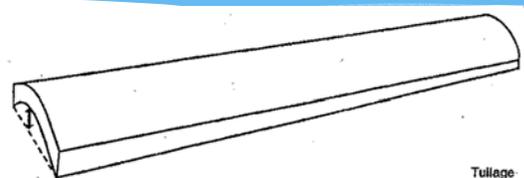


Mesure des défauts de séchage

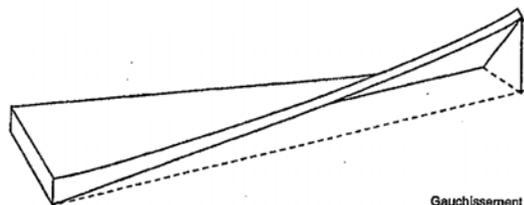
- Pour chaque planche
 - Présence de fente (nombre et longueur cumulée)
 - Déformations géométriques
 - Gauchissement, tuilage + flèches
 - Absence ou présence de gerce et de collapse
- 2 mesures de répartition d'humidité sont réalisées (humidité interne et externe) pour des planches d'humidité voisine de la moyenne du lot de bois séché



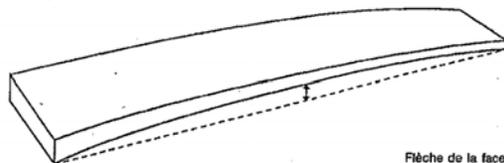
Mesure des défauts de séchage



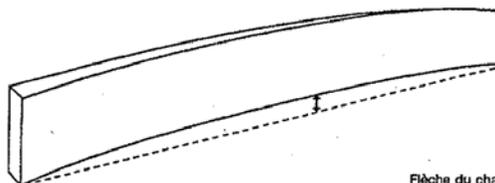
Tullage



Gauchissement



Flèche de la face

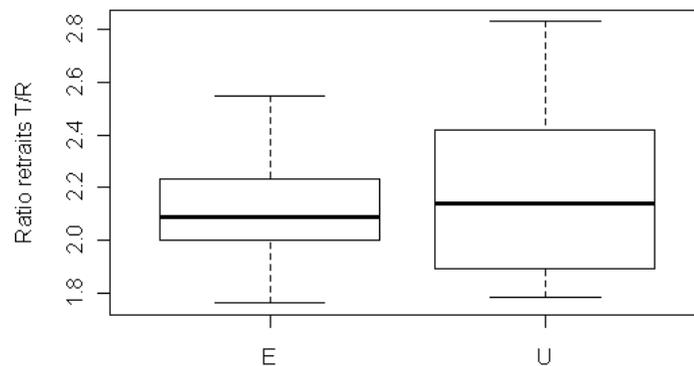
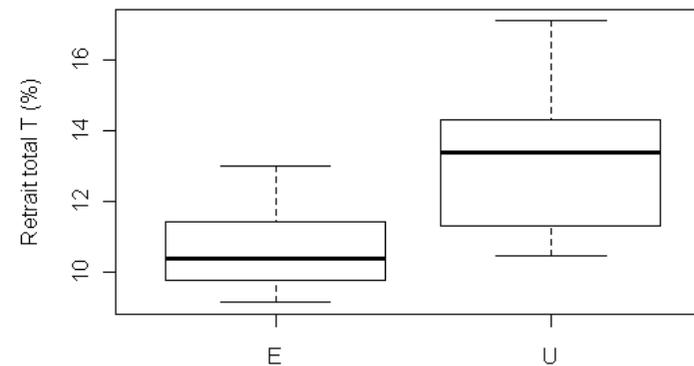
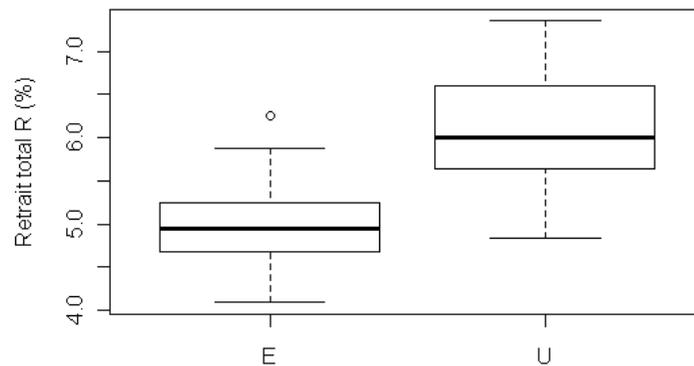


Flèche du chant



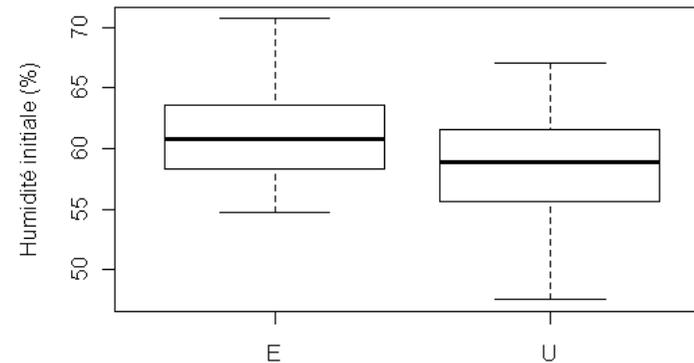
2. Résultats

Retrait radial et retrait tangentiel



- R moyens différents entre E et U
- Cependant, anisotropie moyenne R identique (dispersion plus forte U)
 - ⇒ Déformations géométriques moyennes identiques
 - ⇒ Taux plus élevé de pièces comportant des déformations importantes pour U

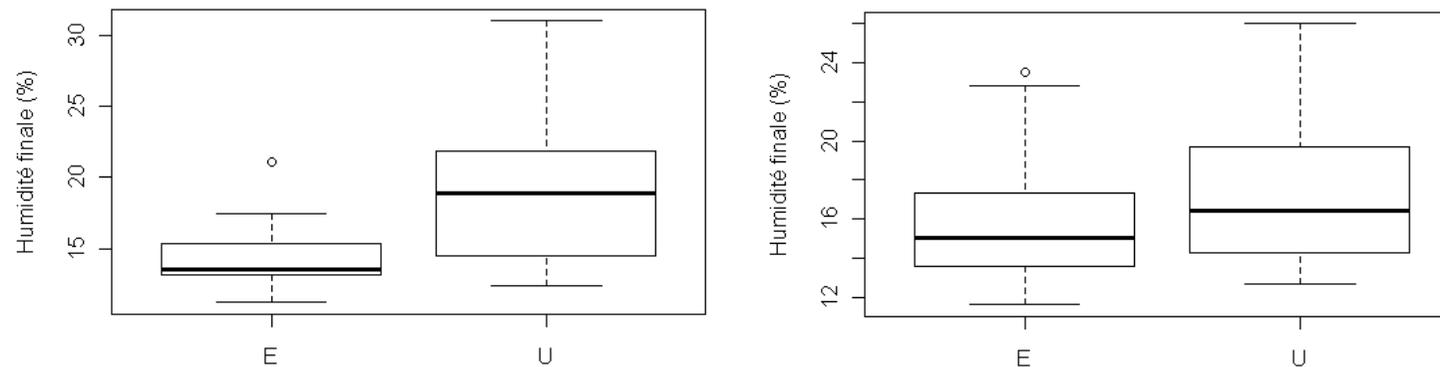
Humidité au cours du séchage



- Humidités initiales déterminées sur les éprouvettes de retrait
- Comparaison des moyennes ne permet pas d'affirmer leur égalité
- Cependant + de planche de faible humidité pour U

- Durée de séchage = 28 jours pour (A) et 33 jours pour (B)
- Vérifié que la position des pièces dans la pile n'est pas liée avec l'humidité finale mesurée
- ⇒ Répartition de l'humidité des pièces peut être considérée comme homogène dans les séchoirs

Humidité au cours du séchage



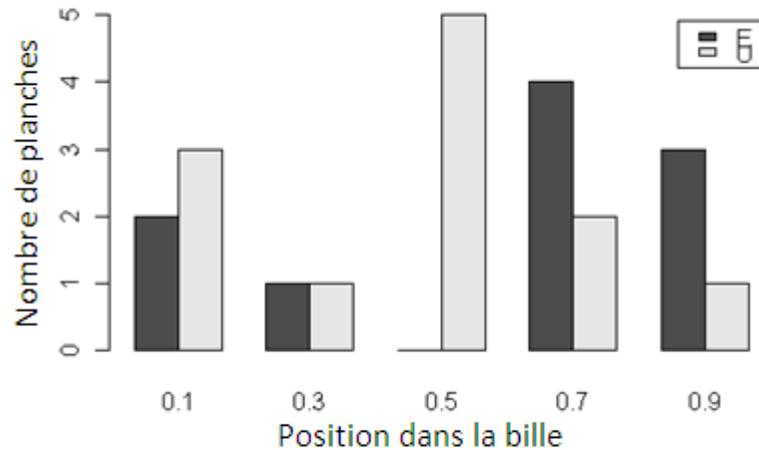
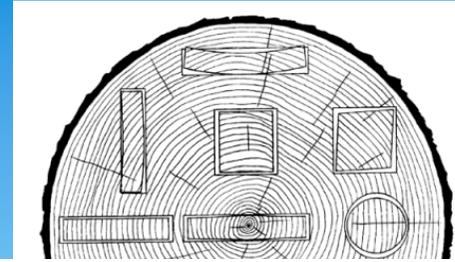
- Humidités finales différentes entre E et U pour (A)
- Forte dispersion des valeurs pour U
- humidités finales ne diffèrent pas pour (B)
- Cependant, nombre + important au-dessus de la moyenne (U)

Gradient en fin de séchage

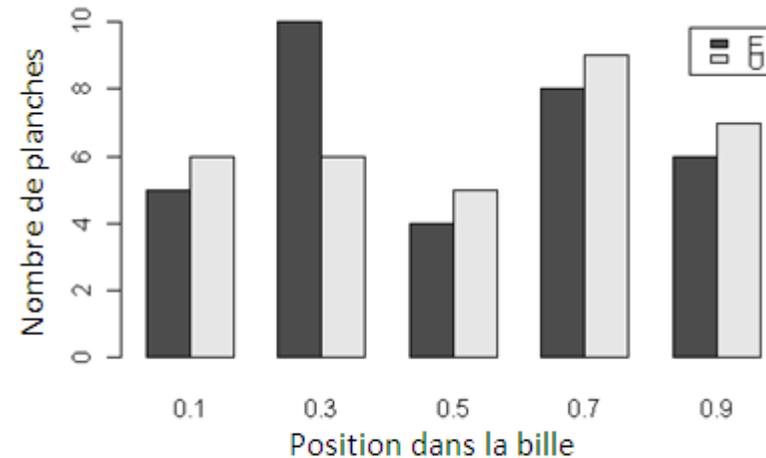
Essence	Position	Humidité (%)	Essence	Position	Humidité (%)
Séchoir A			Séchoir B		
E	Externe	11.4	E	Externe	12.7
	Interne	14.7		Interne	19.4
E	Externe	11.4	E	Externe	9.5
	Interne	14.6		Interne	11.2
U	Externe	14.2	U	Externe	11.6
	Interne	25.0		Interne	16.5
U	Externe	14.2	U	Externe	12.8
	Interne	22.1		Interne	18.4

- Réalisée sur 2 planches par essence et par séchoir
- Pour E, différence entre cœur et périphérie de 3% (A) de 4% (B)
- Pour U, différence de 9% pour (A) et 5% pour (B)
⇒ Gradient important pour U du séchoir (A)

Préalable à l'étude de défauts



Séchoir (A)

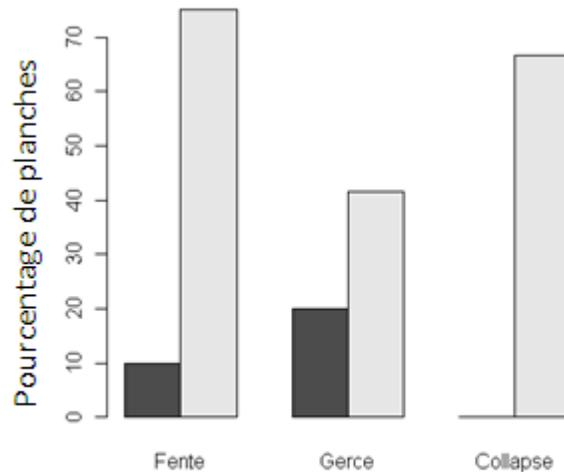


Séchoir (B)

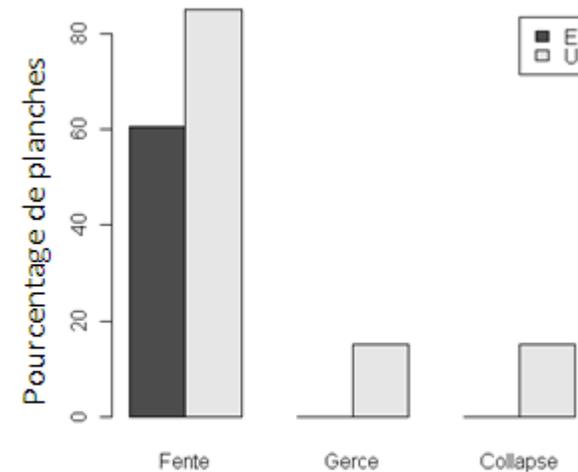
- Déformations géométriques \Leftrightarrow position de la planche dans la bille (anisotropie du retrait)
- Pour pouvoir comparer les 2 essences : nécessaire de montrer que les distributions des positions des planches dans les billes sont identiques
 \Rightarrow Hypothèse d'égalité des distributions acceptable au risque de 5%



Défauts de séchage



Séchoir (A)



Séchoir (B)

- Présence plus importante de défauts pour U (! collapse dans A)
- Présence de fentes concerne principalement les planches sur quartier (cœur non purgé)
- Présence de gerces et de collapse visible pour U (B) / aucune planche E ne présente ces types de défaut

Défauts de séchage

- Séchoir (A)

Fente :	moyennes différentes
Gauchissement :	égales
Rive :	égales
Face :	égales
Rayon de courbure :	égales

- Séchoir (B)

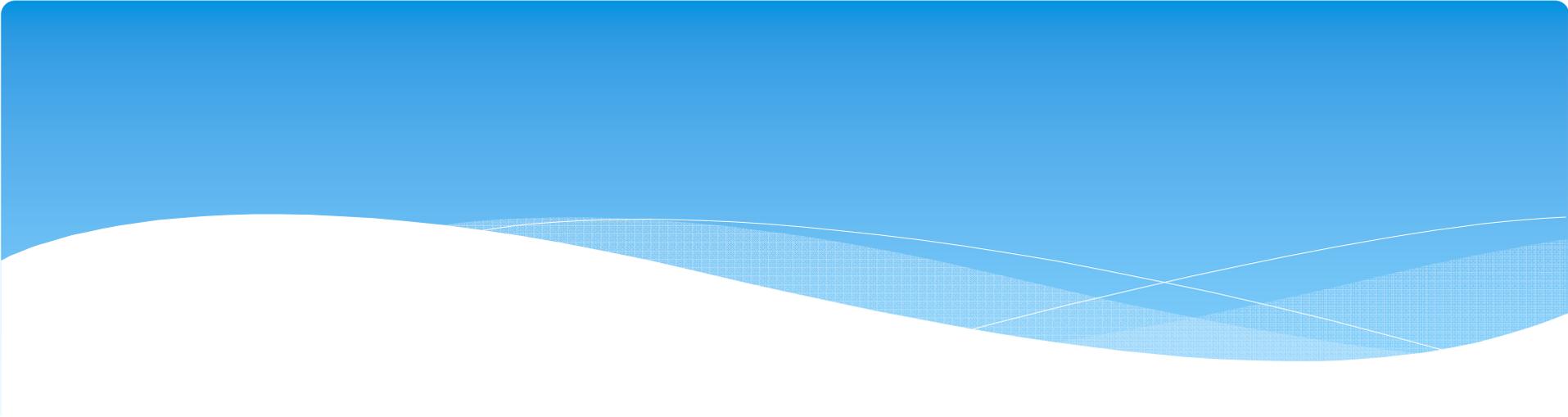
Fente :	moyennes différentes
Gauchissement :	égales
Rive :	égales
Face :	égales
Rayon de courbure :	égales

- Distributions

Séchoir (B), distributions quasi-identiques pour les déformations géométriques

Seule longueur cumulée des fentes diffère (+ importante pour U)

Séchoir (A), U comporte + de planches avec un gauchissement, une flèche de rive et un tuilage important



3. Conclusions et perspectives

Conclusions

- Retraits
 - ✓ Retraits moyens + élevés pour U
 - ✓ Anisotropie moyenne des retraits cependant identique
 - ✓ Déformations géométriques moyennes doivent donc être identiques (taux + élevé de pièces comportant des déformations importantes pour U)
- Séchage
 - ✓ Humidité finale moyenne pour U de 18% contre 15% pour l'humidité cible (A et B)
 - ✓ Nombre important de planches au-dessus de la moyenne pour U avec un gradient interne d'humidité élevé pour (A)
- Défauts
 - ✓ Présence + importante de défauts qualitatifs (fente, gerce et collapse) pour U (A et B)
 - ✓ Aucune planche de E ne présente gerce et de collapse pour B
 - ✓ Moyennes des défauts géométriques égales entre U et E (A et B) excepté pour fentes
 - ✓ Distributions quasi-identiques pour les déformations géométriques (B)
 - ✓ U comporte + de planches avec un gauchissement, une flèche de rive et un tuilage important (A)

Conclusions

- Table (A) exacerbe la différence de comportement
⇒ Séchage de U est + difficile
- Table (B) est + adaptée (importance moindre des défauts)
- Principaux problèmes constatés pour U
+ longue durée de séchage

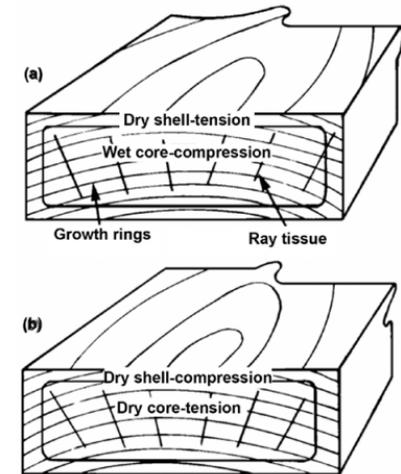
Présence de gerce, de collapse et de fissuration interne

- Collapse = effondrements cellulaires localisés
Pressions capillaires sur parois cellules
Se produit en début de séchage lorsque T°C trop élevée

- Fente interne = inversion progressive de l'état de contrainte lorsque zone interne commence à se rétracter ($< PSF$)

Extérieur en compression alors intérieur en tension

Nécessaire d'utiliser un air plus humide en début de séchage ($> PSF$)



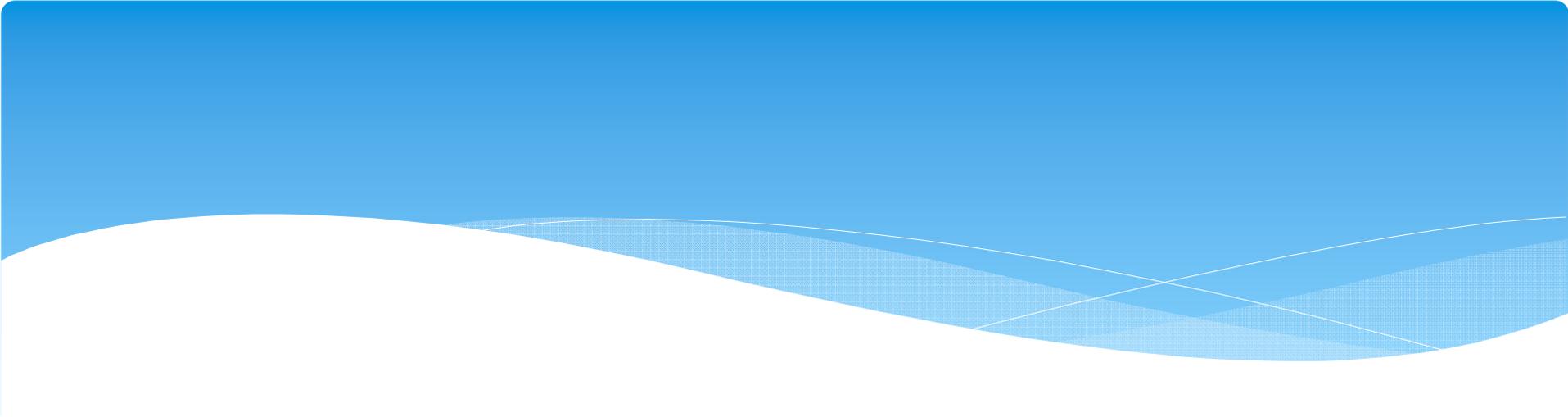
Conclusions

- Modification possible table séchage (B)
Pour teneur en humidité supérieure à 30%
Température de l'air + faible et un air + humide
- Concerne phase vitesse séchage maximale
⇒ Modifications effet limité sur la durée de séchage
+2 jours sur 12 jours initiaux pour passer de l'état vert (60%) à une humidité de 30%

H %	Ts°C	HR air %	H0 %	Gd
vert	<u>27</u>	<u>87</u>	18.6	
35	30	<u>82</u>	16.3	2.1
30	40	80	15.0	2.0
28	45	77	13.7	2.0
25	50	70	11.6	2.2
22	55	67	10.7	2.1
20	60	57	8.7	2.3
18	60	50	7.7	2.3
15	65	42	6.4	2.3

Perspectives

- Différents comportements du bois juvénile et de l'aubier
- Réajustement de la table de séchage
- Vérifier la présence de gerce, de collapse et de fissuration interne



Merci pour votre attention