



VÉRITÉS ET MENSONGES SUR LES MEILLEURES STRATÉGIES DE SÉCHAGE DU SAPIN

Pierre Asselin, B.Sc.A. Retraité

Expert en séchage et développement de produits du bois depuis 45 ans

LE SAPIN EST UNE ESSENCE À PERMÉABILITÉ VARIABLE POUR DES RAISONS GÉNÉTIQUES ET PATHOLOGIQUES



Comparaison séchage sapin et épinette

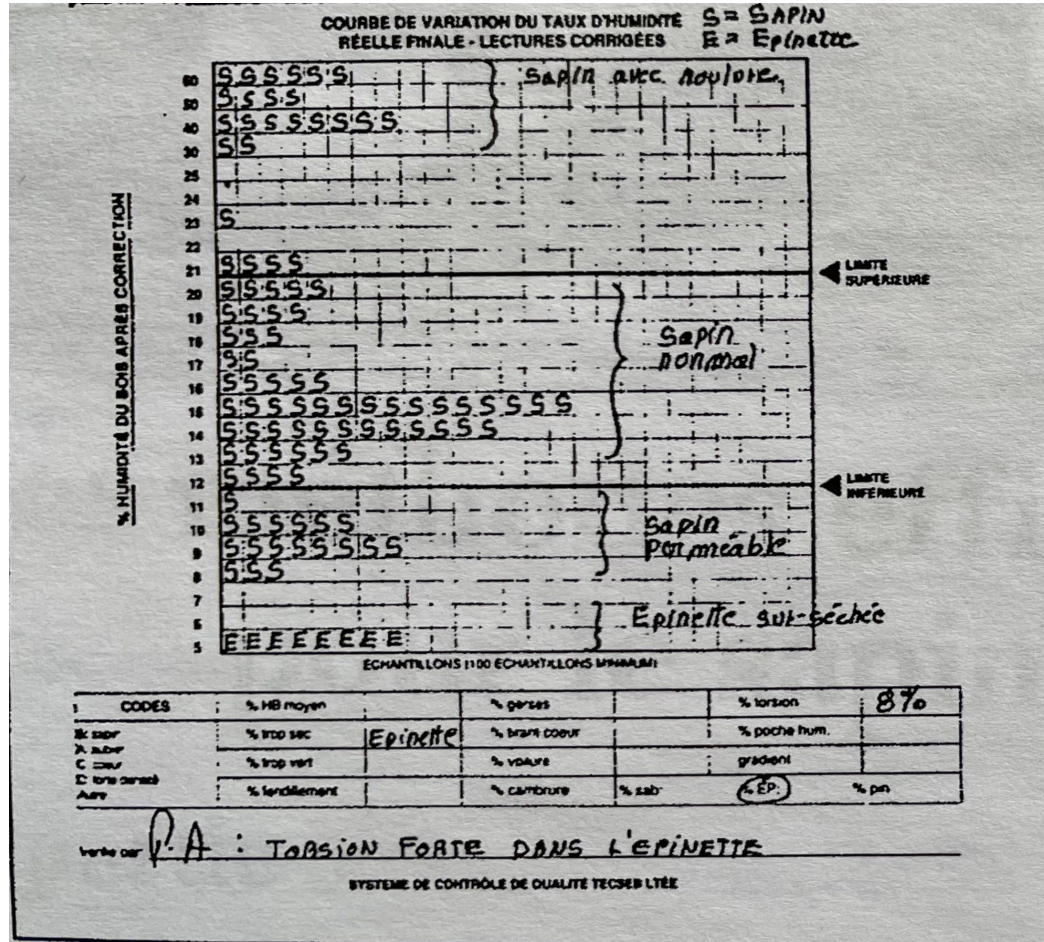


Figure 1 — sapin

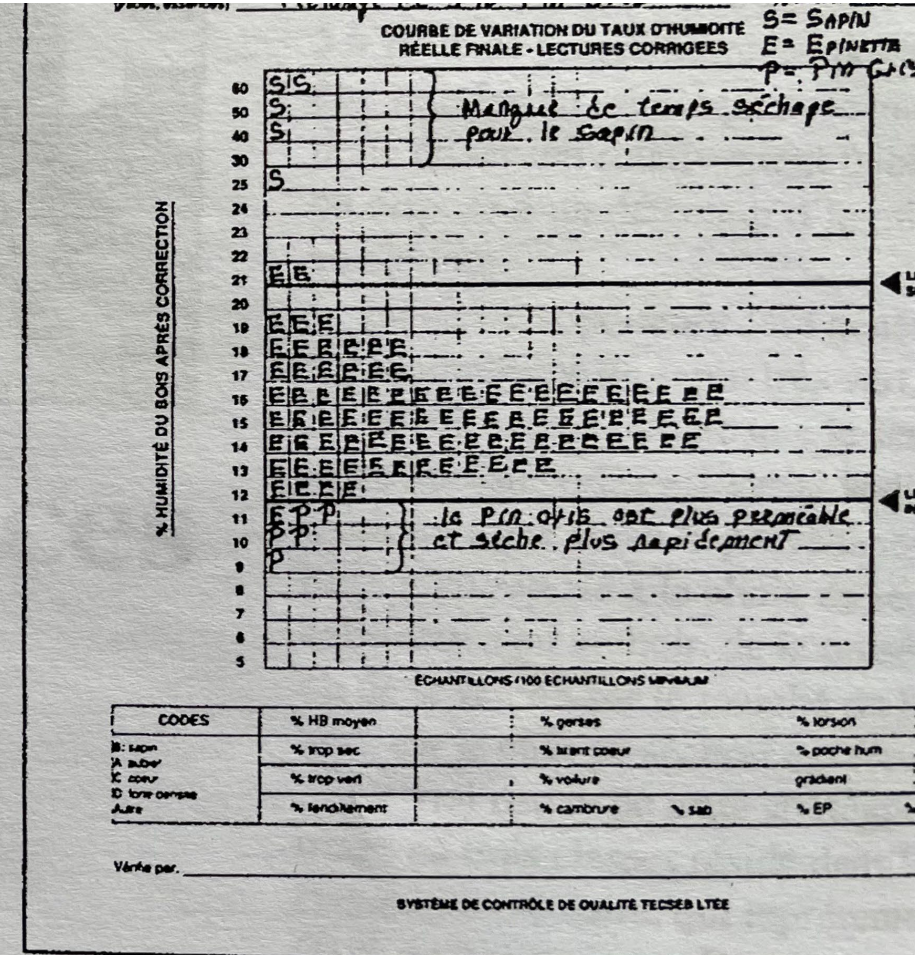
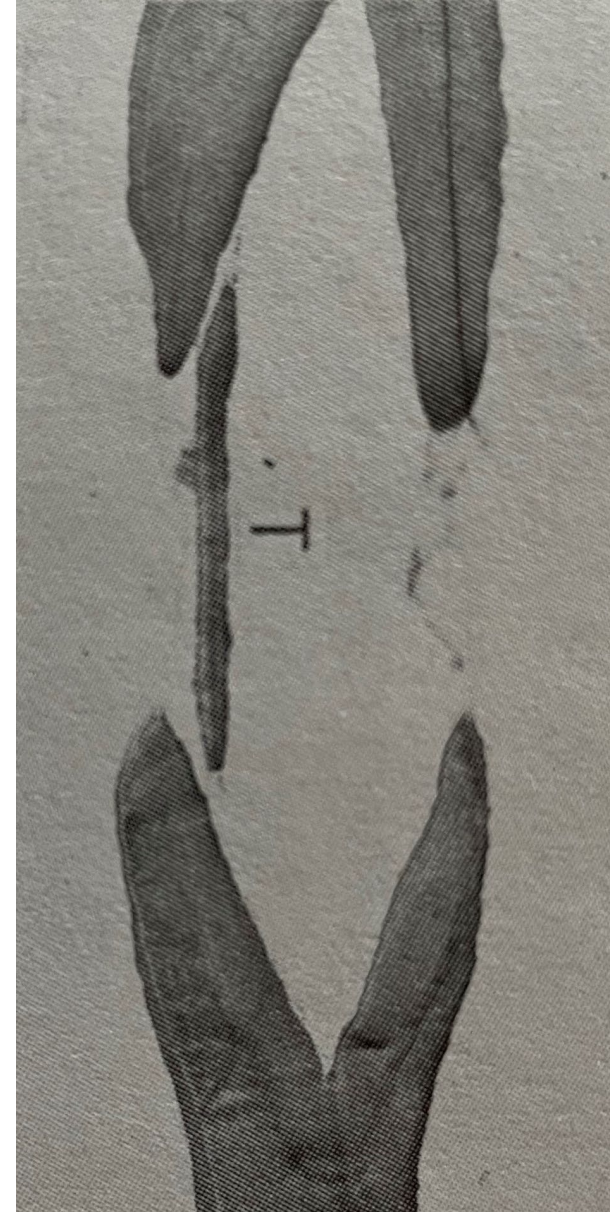
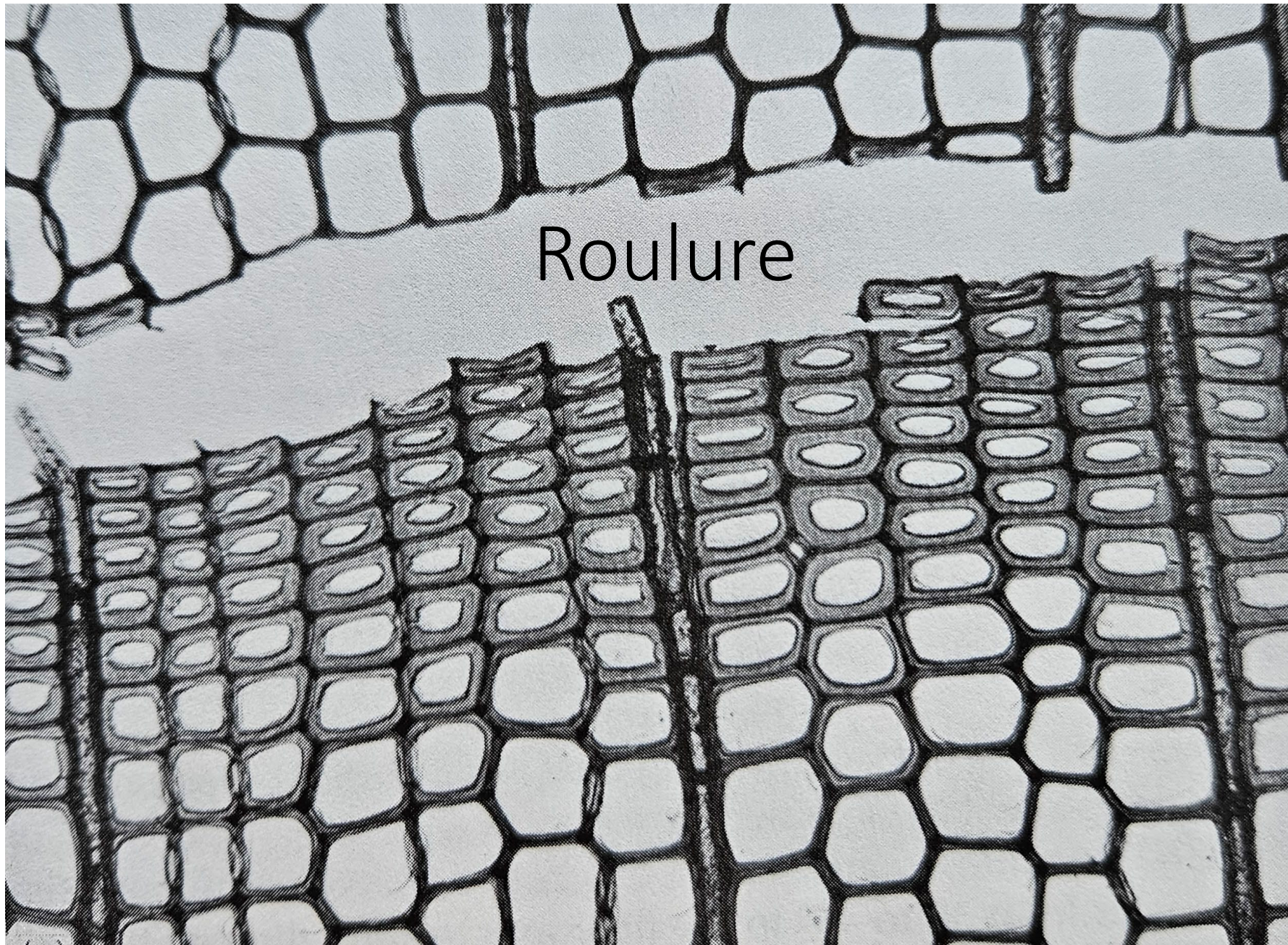


Figure 2 — épinette

Ponctuations bouchées
aléatoirement avec une
grande variabilité



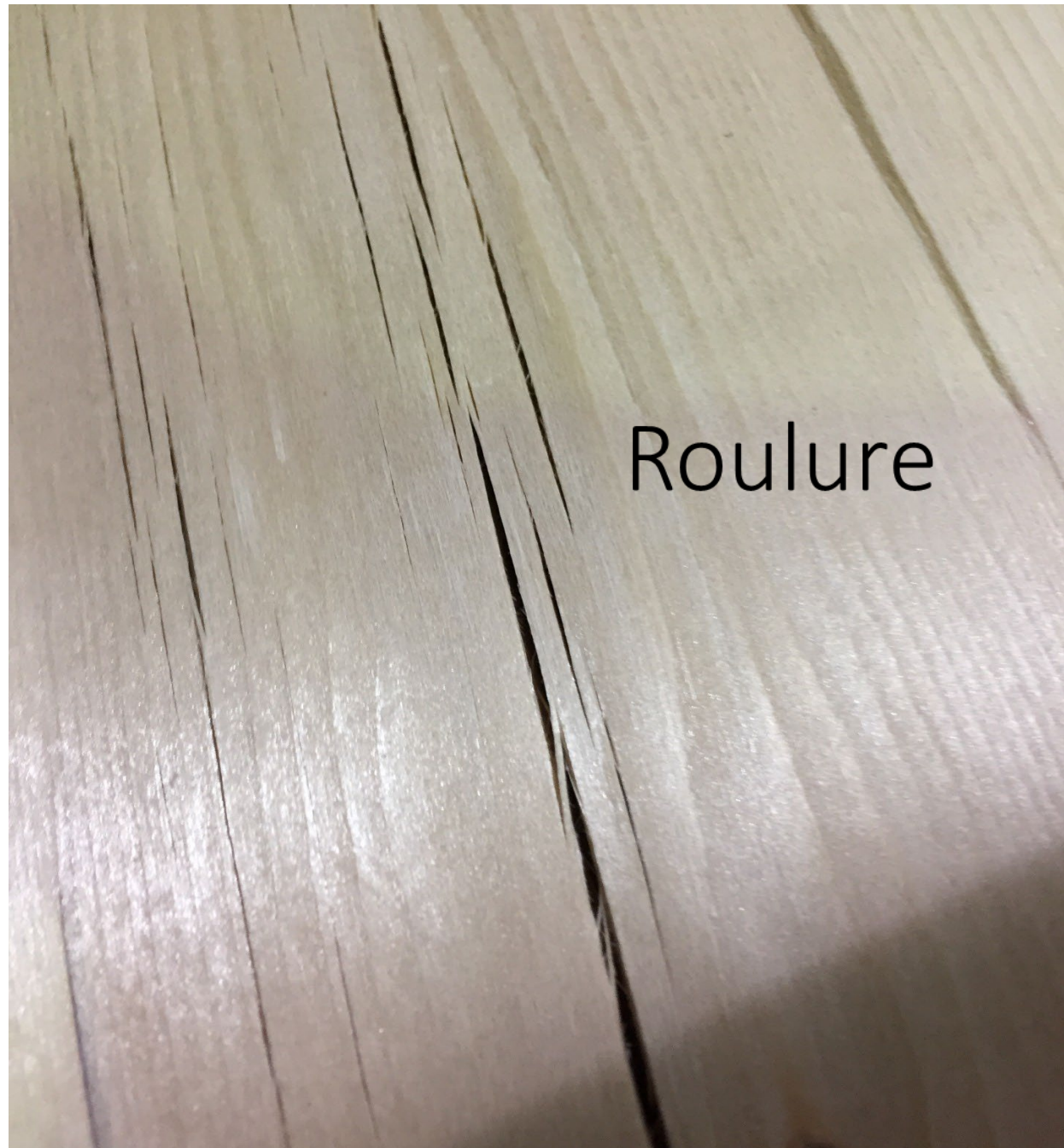




Roulure



Roulure



Roulure

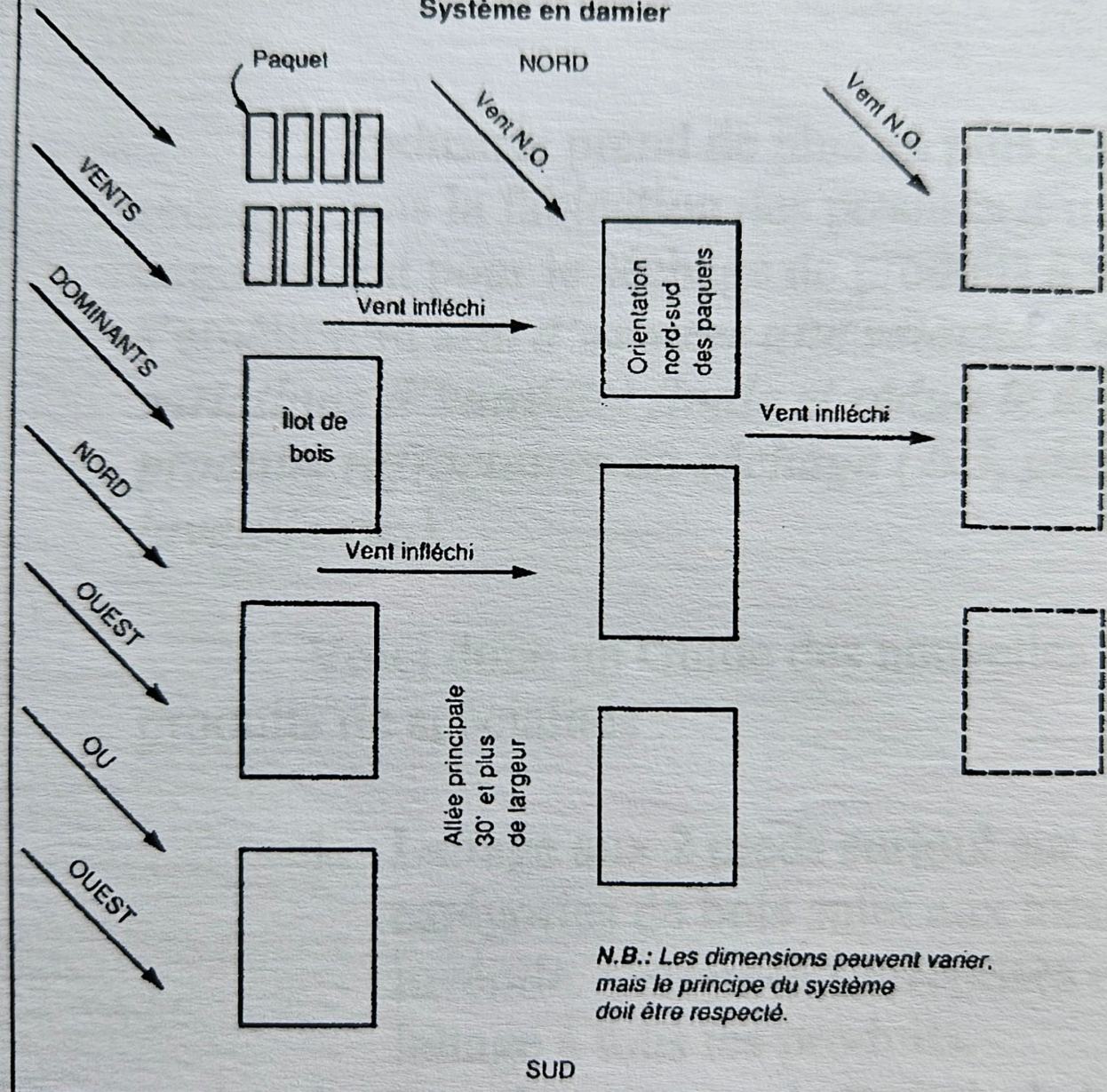
Séchoir grande capacité basse température





EXEMPLE DE PLAN DE COUR À BOIS POUR FAVORISER LE SÈCHAGE À L'AIR

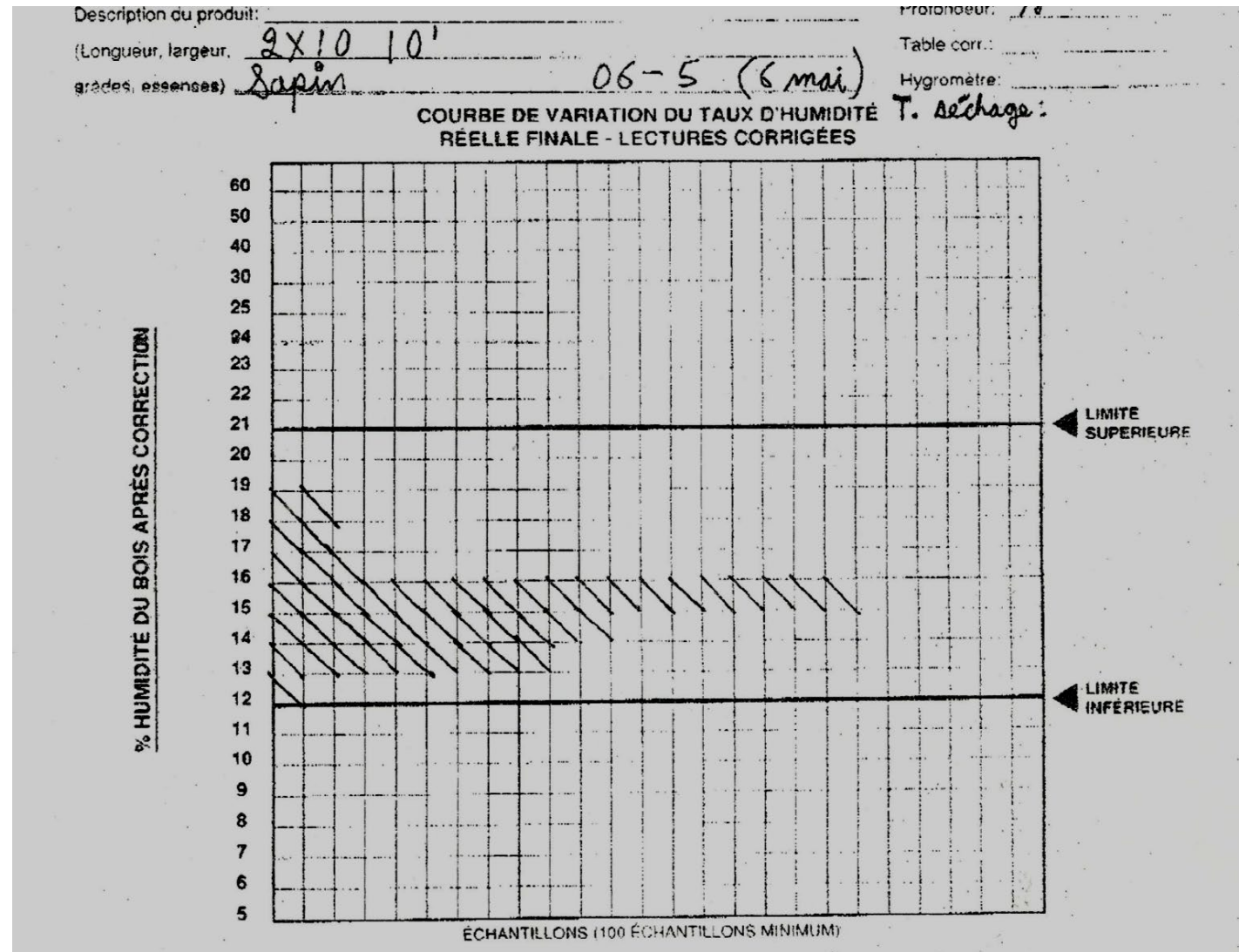
Système en damier







Résultat au séchoir avec sapin préséché à l'air



7	30 16	50 18	40 22
---	----------	----------	----------

Leige Baertels
Inspector AMBSO

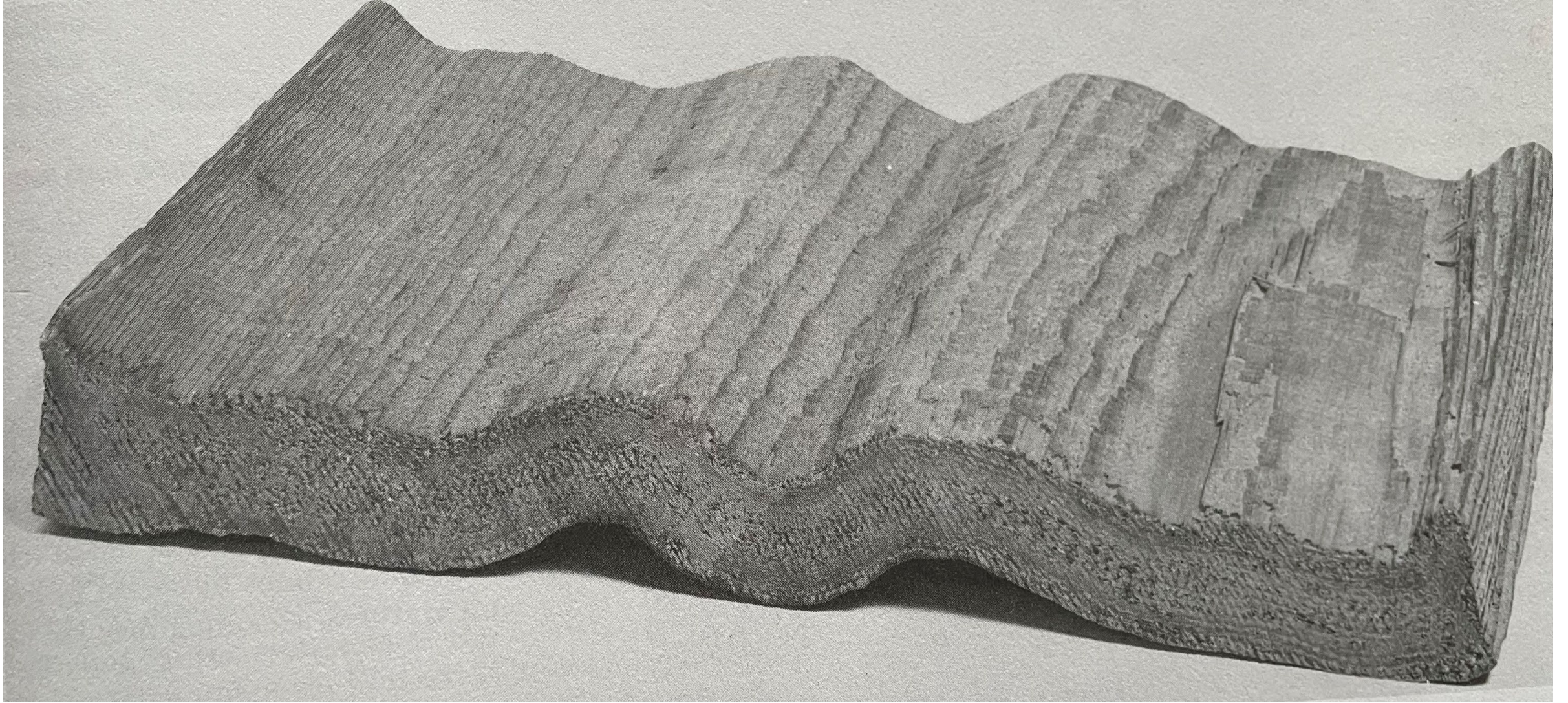
Systeme pompe à chaleur hybride



Séchage haute température = vitesse au détriment de la qualité



Affaissement des parois cellulaires par évaporation trop rapide



Affaissement des parois cellulaires par évaporation trop rapide

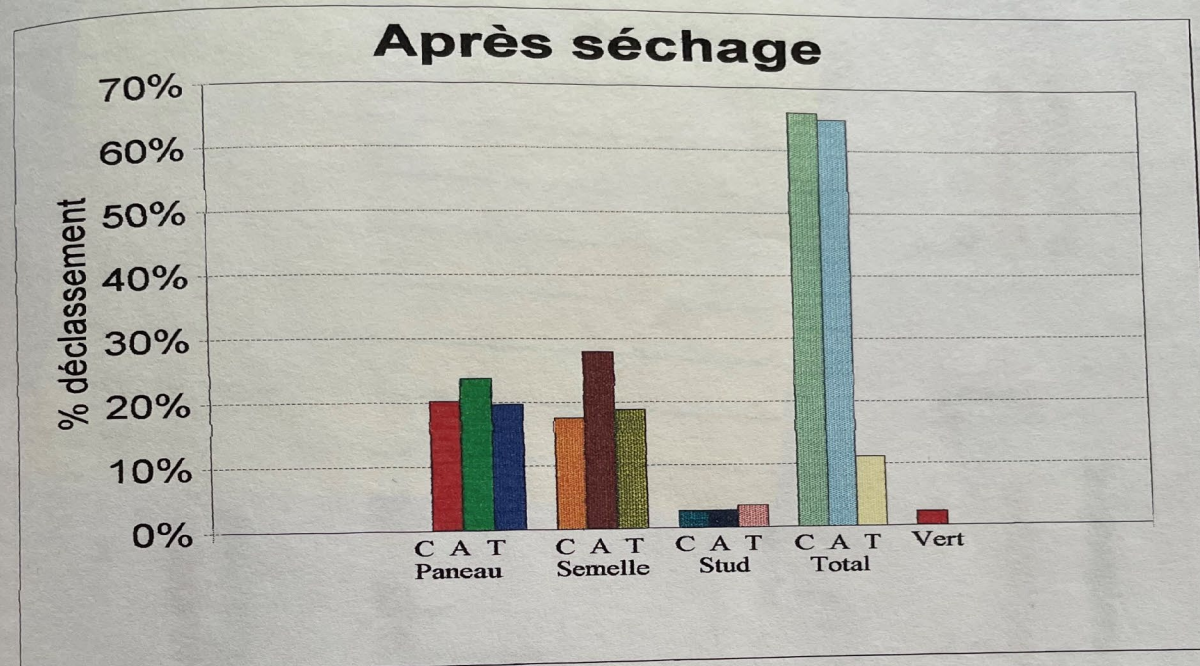
Vue au microscope



Programmes de séchage¹ pour sapin

Numéro du programme	Teneur en humidité du bois (%)	Température					
		Sèche		Humide		Baisse du thermomètre humide	
		°F	°C	°F	°C	F°	C°
2	Au dessus de 30	180	82.0	174	79.0	6	3.0
	30 à 25	190	88.0	180	82.0	10	6.0
	Au dessous de 25	200	93.5	150	65.5	50	28.0
	Conditionnement	200	93.5	192	89.0	8	4.5

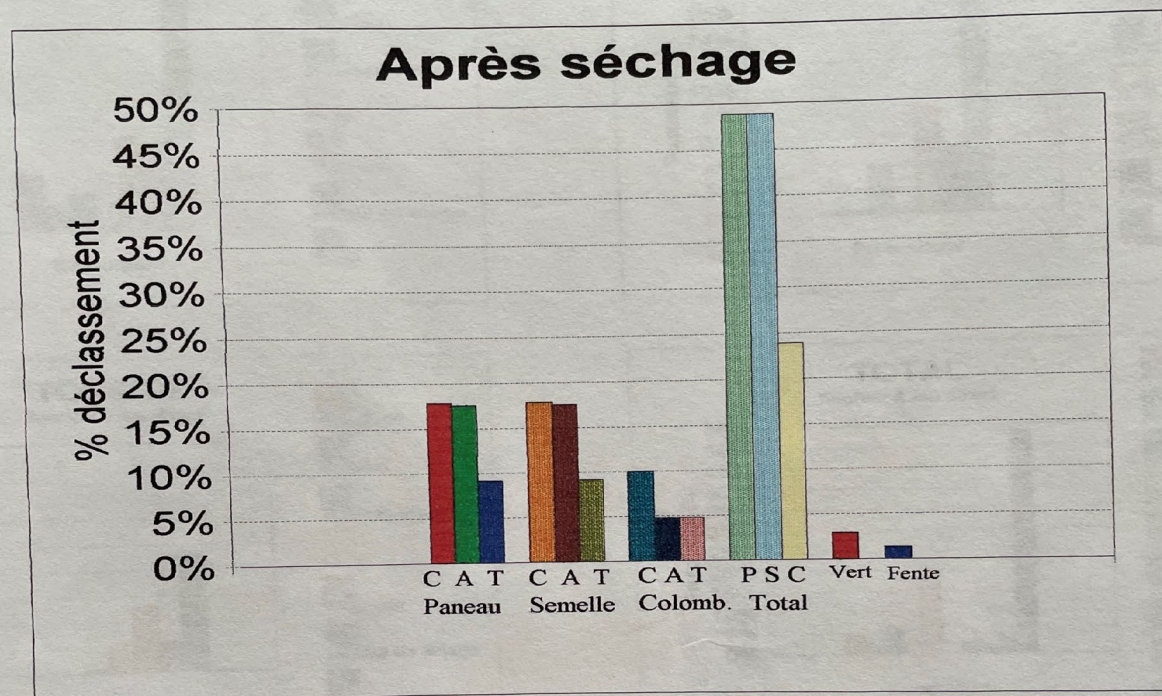
pourcentage de déclassement après séchage Pompe à chaleur



Toutes longueurs

Courbe	Panneau	Semelle	Colombage
Cambré	20,23%	17,55%	2,68%
Arqué	23,82%	27,98%	2,68%
Torsion	19,66%	18,86%	3,42%
Trop vert	2,28%	2,28%	2,28%
Fente	0,06%	0,06%	0,06%
Total	66,04%	64,96%	11,11%

Pourcentage de déclassement après séchage Séchoir à feu direct



Toutes longueurs

Courbe	Panneau	Semelle	Colombage
Cambré	17,84%	17,84%	9,98%
Arqué	17,56%	17,56%	4,82%
Torsion	9,18%	9,18%	4,76%
Trop vert	2,93%	2,93%	2,93%
Fente	1,38%	1,38%	1,38%
Total	48,89%	48,89%	23,87%









Food Colour
Preparation

Préparation de
colorant alimentaire

Ⓢ 7.1 mL each/chaque



4 vials/fioles

Gestapo



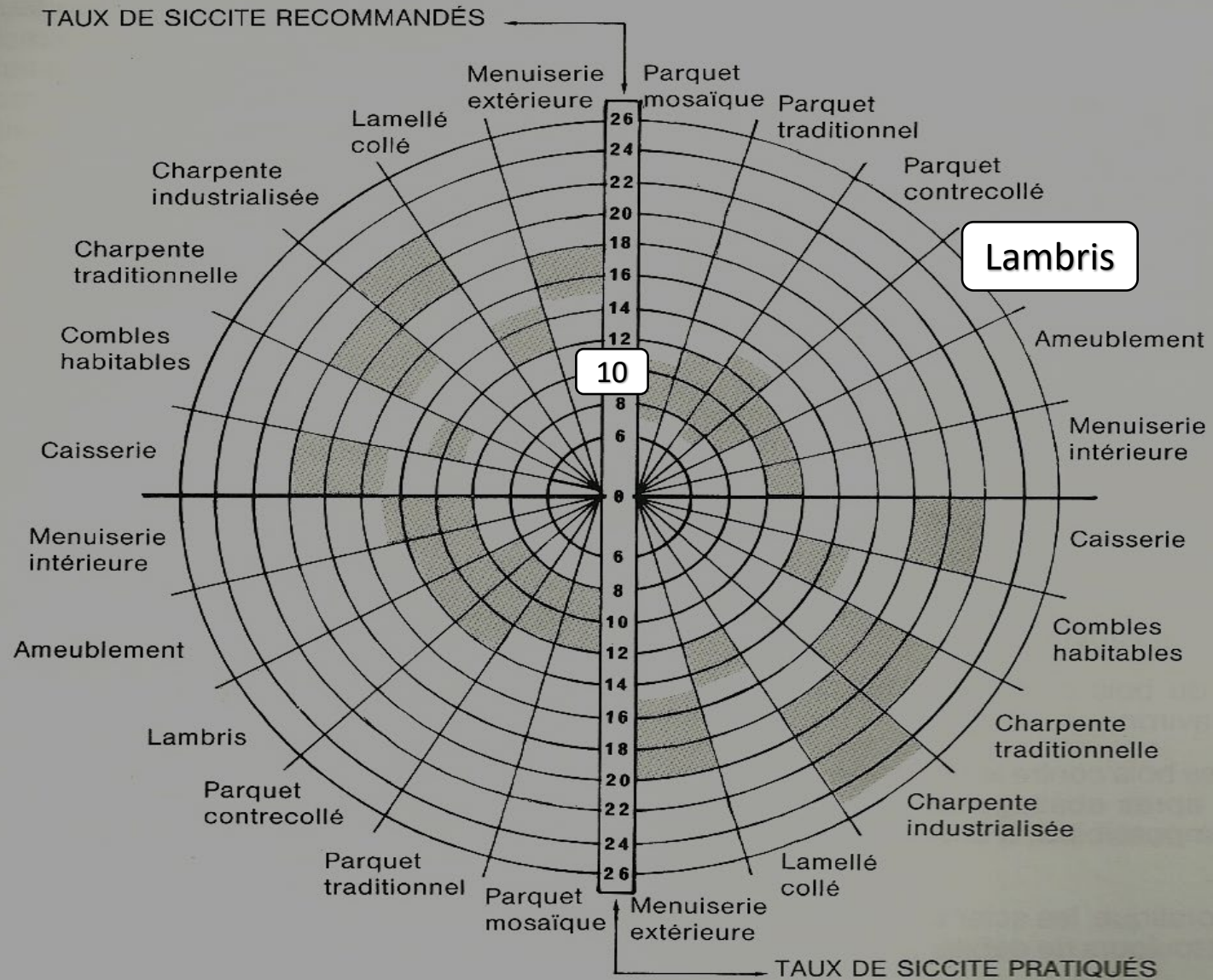
Ballantine's Illustrated
History of World War II **BB** weapons
book, No 8

01825

\$1



Taux d'humidité des bois en fonction de leurs emplois ou destinations.





À PROPOS DES SYSTÈMES DE SÉCHAGE PAR DÉSHUMIDIFICATION POUR LE SÉCHAGE DES ESSENCES TRÈS HUMIDES : PINS, TREMBLE, BOULEAU, SAPIN

Le sapin, le tremble et les pins ont souvent une haute teneur en humidité au départ (100 à 120 % HB). Ils sont difficiles à dégeler en hiver et sujets aux taches fongiques (bleues) si le temps de chauffage initial jusqu'à 90°F est de plus de 12 heures. **Les systèmes de pompe à chaleur hybrides avec gaz direct ou caloporteurs d'appoint à la vapeur constitueraient un concept prometteur pour augmenter le marché des systèmes par déshumidification considérant la simplicité d'opération de cette technologie.** Il est fort probable que le coût de séchage serait réduit avec l'utilisation d'une énergie alternative (système hybride vapeur ou feu direct) dans la phase de préchauffage et pour la fin du séchage (en bas de 25 % ou 20 % HB). Cette approche serait également intéressante pour compléter la capacité manquante d'un parc de séchage alors que les chaudières en place sont au maximum de leurs capacités.

En effet, une quantité considérable d'énergie est nécessaire dans la phase de préchauffage (surtout en hiver) afin d'éviter de développer des colorations fongiques bleues dans les premiers 12 heures après le démarrage et réduire considérablement le temps de préchauffage, avant la phase pompe à chaleur (90°F généralement). L'évaporation de l'eau libre se fait à basse température pour préserver la couleur naturelle du bois, mais la consommation d'énergie totale de cette phase est la plus importante de sorte que cette étape **doit logiquement se faire au moyen de la pompe** jusqu'à une humidité de 25 % (résineux) ou 20-15 % (feuillus et pins), **ce qui permet de récupérer environ les 2/3 de l'énergie d'évaporation de cette phase.**

Pour l'évaporation de l'eau liée, il est nécessaire d'élever la température afin de réaliser des temps de séchage acceptables (bris du lien chimique moléculaire), cristalliser les résines dans certains cas comme pour le pin rouge (190°F) et réduire le déclassement des essences réfractaires au séchage basse température renfermant du bois juvénile (bois de plantation, bois de compression, moelle sur la rive, déviation de fil, etc.) par exemple sur le pin rouge de plantation et l'épinette noire dense. **La fin du séchage au moyen d'énergie conventionnelle (vapeur, feu direct, etc.) est donc un concept intelligent déjà en application dans quelques entreprises au Québec et au Nouveau-Brunswick.** La rentabilité de ce concept a déjà été démontrée par les projets d'étude de systèmes hybrides que j'ai réalisés en collaboration avec l'Institut de recherche d'Hydro-Québec. Ces analyses indiquaient un retour sur l'investissement entre 1 à 3 ans et une baisse du coût de séchage de 20 % à 30 % en fonction des essences, des objectifs de séchage à atteindre et des coûts énergétiques d'opérations comparables.

Il est donc possible de sécher plus avantageusement ces essences avec les systèmes hybrides pompe à chaleur et énergie alternative si le concept du système répond aux critères suivants :

1. Puissance de préchauffage suffisante pour dégeler du bois à 120 % HB et monter T à 90°F en 12 heures environ (10 Kw/Mpmp minimum).
2. Pour un séchoir de 40 000 pmp, ceci est réalisable avec un brûleur à feu direct ou caloporteur vapeur de 2 000 M de BTU (coefficient d'efficacité et pertes thermiques incluses) de capacité (séchoir hybride) ou à l'aide d'éléments électriques de préchauffage de 400 Kw environ.
3. La pompe à chaleur doit être de 1,5 Hp/Mpmp de capacité ou plus, avec du bois à 120 % HB au départ.
4. Le séchoir doit comporter une grande capacité d'évacuation d'urgence au cas où l'humidité relative dépasserait 85 % à la sortie d'air des paquets et ceci en tout temps. Sur un séchoir conventionnel à pins ou tremble, la capacité d'évacuation correspond à 1 pi carré d'évent/ Mpmp de capacité des cellules **pour un système d'évacuation naturelle.**
5. Les séchoirs à case ne devraient pas avoir plus de 5 paquets de profond pour assurer une hygrométrie de l'air plus homogène.
6. La vitesse d'air doit être de 400 pi par minute **minimum** à la sortie des paquets.
7. Les séchoirs à rails procurent un séchage plus rapide avec une meilleure qualité (moins de colorations) et un coût de manutention moindre si votre opération permet l'utilisation de cellules de 90 000 pmp et plus **pour le pin et le tremble par exemple**, car les conditions climatiques y sont plus stables, mais l'investissement en capital plus élevée au départ.

Les problèmes de coloration fongique dont se plaint l'industrie sont souvent dus à une sous-capacité des pompes, vitesse d'air faible, capacité d'évacuation d'urgence faible ou inexistante et préchauffage faible. Par exemple, **24 à 48 heures pour le préchauffage initial de la charge à 90°F est inacceptable.** Dans d'autres cas, le séchoir est souvent surchargé de bois. Plus de 5 rangées est non acceptable et hors des normes de construction des séchoirs à case. Mieux vaut une chambre de compression trop large que trop étroite, mais de nombreux propriétaires croient que la chambre de compression est un espace de séchage perdu. La dimension de la chambre de compression a une fonction et devrait être de 60 pouces au minimum, mais jamais moins de 48 pouces dans tous les cas + déflecteurs de plafond et de bouts, **essentiels.**

Pierre Asselin, B.Sc.A.

Expert en optimisation des procédés de séchage du bois depuis plus de 45 ans

24 avril 2025 – Ateliers-conférences sur le séchage des bois du CIFQ

VÉRITÉS ET MENSONGES SUR LES MEILLEURES STRATÉGIES DE SÉCHAGE DU SAPIN

Pierre Asselin, B.Sc.A.

Expert en séchage et développement de produits du bois depuis 45 ans

Ateliers-séchage du CIFQ 2025 à Québec

Description de chaque diapo :

1. Ceux qui m'ont connu en entreprise me reconnaîtront mieux sur cette photo prise chez Daishowa au démarrage des séchoirs Secovac à feu direct.
2. Le sapin est une essence à perméabilité variable pour des raisons génétiques et pathologiques
3. Exemple de séchage du sapin non trié au séchoir
4. Problème génétique aléatoire. Ponctuations bouchées.
5. La roulure bloque la circulation capillaire à cause de l'espace créé par la rupture de la paroi cellulaire affaiblie par l'activité des bactéries et un taux d'évaporation trop rapide durant le séchage. Plus le taux d'évaporation est élevé, plus la T de séchage est élevée, plus la roulure s'ouvre, ce qui cloisonne la poche d'eau. Donc, tout séchage basse température avec dépression faible est favorable au séchage des poches d'eau car la roulure referme et l'eau liquide se remet à circuler. Une technique adoptée depuis plus de 50 ans aux É.U. pour sécher la roulure est de faire un arrêt complet du séchoir 12 à 15 hrs au point de saturation des fibres. Ceci provoquerait la diffusion de l'eau vers la surface. La procédure la plus courante est d'arrêter le séchoir vers 17h00 en fin de faction de jour et de repartir le séchoir à l'arrivée du personnel le matin suivant.
6. Roulure dans une bille de pin blanc. L'infection bactérienne (cœur rouge du sapin) part des racines donc, la roulure serait surtout dans la bille de pied ou première bille de l'arbre. Une stratégie serait de classer les billes de pied à part pour les sécher plus doucement et les autres billes avec peu de roulure pourrait être séché plus rapidement à T élevée (technique Scandinave).
7. Roulure = fentes multiples comme de la pâte feuilletée et toujours zone verte alors qu'une fente de séchage est unique dans une zone sèche.

8. Autre exemple de l'apparence de roulure dans le sapin. Fentes microscopiques multiples. Le bois est très humide dans la zone de roulure.
9. Les séchoirs grande capacité basse température (120 – 130 F) donnent les meilleurs résultats à cause du stress faible et temps de séchage long qui favorisent le séchage des poches d'eau. Exemple : Gestofor, Fraser, etc. Il y a eu un projet de séchoirs grande capacité basse température à St-Félicien dans les années 2010 pour tous les scieurs indépendants avec Résolu pour faire un centre de traitement spécialisé du sapin avec les surplus de vapeur de l'usine de pâtes et papiers. Résolu a décliné le projet, mais pas pour des raisons de rentabilité car la rentabilité était plus qu'évidente.
10. Le pré séchage à l'air du sapin est l'une des techniques les plus efficaces et utilisées dans l'est du Canada. Valide 8 mois par année et très efficace en avril, mai, juin car vent fort et climat sec. Ce n'est pas la chaleur qui sèche le bois. La vitesse de l'air est le facteur déterminant. Mais il y a des règles de disposition du bois à respecter, ce qui n'était pas le cas sur cette photo.
11. Plan de cours à bois orienté nord-sud pour maximiser la ventilation naturelle et assurer la sécheresse de la cour à bois.
12. Configuration trop serrée des paquets de bois favorise le déclassement car provoque un séchage non homogène des paquets.
13. Espacement de 4 pieds entre les paquets favorise un séchage uniforme et plus rapide jusqu'au PSF.
14. Exemple de résultats après séchage de sapin pré séché à l'air au PSF après 6 semaines. Les poches d'eau sont disparues.
15. Test de séchage à l'air complet du sapin après 2 mois. Moins de 5% de pièces vertes dans ce test, donc, passe l'inspection, mais non pasteurisé.
16. Pompe à chaleur très rentable pour le séchage du sapin car on récupère les 2/3 de l'énergie d'évaporation dans la phase de séchage de l'eau libre (au-dessus du PSF). Encore plus rentable si système hybride pour accélérer le séchage de l'eau liée. Voir résultats de recherche sur les systèmes hybrides pompe à chaleur sur un article technique séparée. J'ai suivi une formation sur l'optimisation des pompes à chaleur en 2014 à Bangor Maine avec Nyle. Je possède le seul manuel connu d'optimisation des pompes à chaleur. Je voulais développer un Programme

d'optimisation des pompes à chaleur au Québec avec Formabois. Ce projet sera relancé éventuellement si l'industrie concerné démontre un intérêt.

17. Le séchage haute température vise la vitesse de séchage au détriment de la qualité mais demeure la pire stratégie pour encaisser les poches d'eau et favoriser l'affaissement dans les zones de roulure en plus de perdre tous les nœuds noirs sur le sapin âgé, ou d'origine des bois de tordeuse et tous les cas de présence de roulure et d'infections bactériennes. Le Séchage HT du sapin est acceptable seulement pour les peuplements jeunes sans infections bactériennes et sans roulure. Cas de Irving Truro – 225 F en 85 heures sans pièces vertes après séchage.
18. Exemple d'affaissement due aux faiblesses des parois cellulaire dans les zones d'infection bactérienne du sapin avec roulure.
19. Vue microscopique de l'affaissement.
20. Bon Programme pour le sapin. Cédule no 2 du manuel de séchage de Forintek : Taux d'évaporation modérée au-dessus du PSF, que ce soit à Température basse ou élevée. T sec max 200 si roulure, maximum 225 pour sapin jeune sans roulure ou infections bactériennes. Technique d'arrêt complet des séchoirs au PSF durant 12 à 15 heures pour diminuer l'incidence des poches d'eau.
21. L'épinette noire affiche 15% de déclassement en plus avec les pompes à chaleur car la fibre de l'épinette noire est longue avec souvent du bois de compression ce qui favorise un retrait longitudinal élevé avec torsion car on n'atteint pas le fluage de la cellulose à basse température.
22. Le séchage à température élevée est meilleur pour l'épinette noire et le mélèze car la plasticité du bois chaud (fluage) minimise les torsions si le bois est bien latté (confirmé par les recherches du Dr. Yves fortin, Ph. D.).
23. Produits lamellés-collés épinette. Nécessite idéalement un séchage de précision à 12% HB plus ou moins 2 avec un gradient d'humidité de 2% maximum entre le cœur et la surface pour éviter l'explosion des joints de colle dans le séchage RF.
24. Poutres lamellés-collés de Art Massif Structure nécessite du MSR Premium équilibré à 12% HB idéalement donc, difficile de trouver des fournisseurs intéressés au Canada car la Norme NLGA n'a pas de grades pour l'apparence et la structure simultanément.

25. Sapin traité non accepté pour la Norme en contact avec le sol car la qualité du traitement est variable sur le sapin. L'imprégnation des pièces vertes et des poches d'eau est impossible donc souvent 15% des pièces de sapin traité sont non conformes.
26. Fraude occasionnelle et variabilité de qualité de traitement en fonction des producteurs même si la majorité des producteurs ont un produit de qualité.
27. Comme il n'y a pas de service d'inspection sur les bois traité, il suffit d'un seul producteur bas de gamme pour nuire au marché et perdre la confiance du public pour la qualité des bois traité.
28. Lambris intérieur et extérieur pour le sapin si bien séché car il est facile de sécher le sapin à basse teneur en humidité sans déclassement.
29. Le lambris extérieur doit être séché à 10 HB plus ou moins 2 selon la charte du CTBA à cause des pièces exposées au soleil sur la façade sud des maisons.
30. SPA en bois avec produit KEBONY en Norvège. Les bois KEBONY sont garanti 30 ans par le procédé scandinave de furfurylisation du bois et traitement à température modérée qui n'altère pas les propriétés du bois contrairement aux bois torréfiés.