

Quand l'Art de Sécher Devient Une Science.

Partie 1- 15 Vérités

Sécovac International
Pierre Gilbert, B.Ing.



OÙ L'ART DE SÉCHER DEVIENT UNE SCIENCE

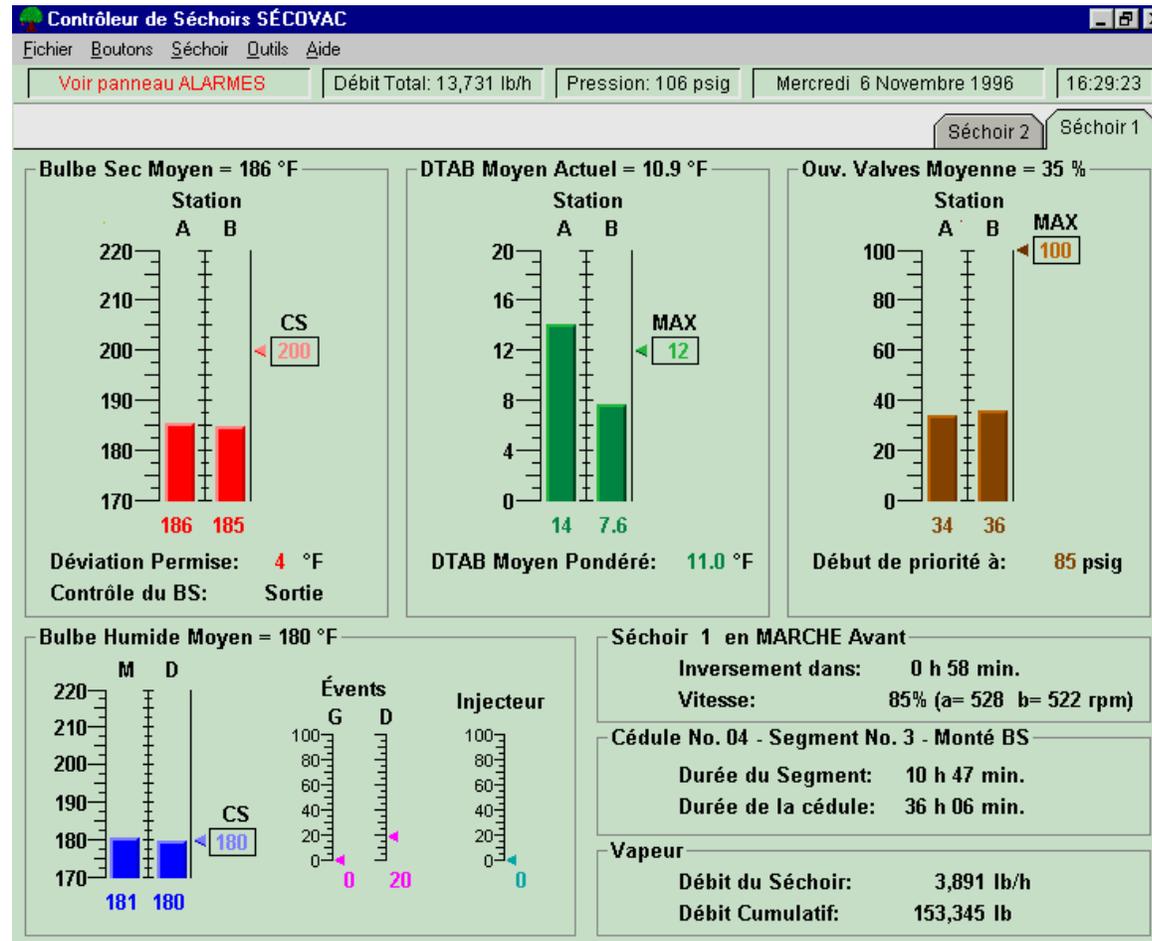
Contrôleurs pour Séchoirs à Bois



Nous sommes une entreprise canadienne spécialisée dans la conception, la fabrication et l'installation de systèmes de contrôle de séchoirs de bois d'œuvre.

We are a Canadian company specializing in the design, manufacture and installation of softwood lumber dry kiln control systems.

Logiciel de Contrôle de Séchoir Multizone pour Séchoir à Rail



Système de Mesure de l'Humidité du Bois avec Plaques pour Séchoir à Rail.



AccuStop™
The New Wave in Drying Technology



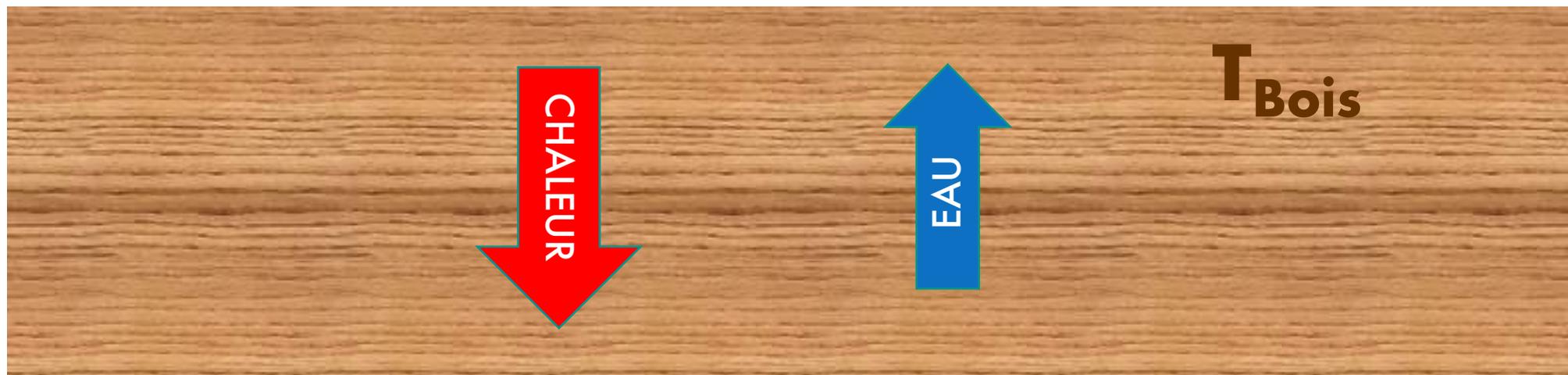


EchoStopTM

Systeme de mesure
de l'humidite du bois
sans contact pour les
sechoirs en continu



1. C'est principalement la température du bois qui affecte la **vitesse de migration de l'eau du cœur vers la surface**, ce qui détermine la vitesse de séchage.

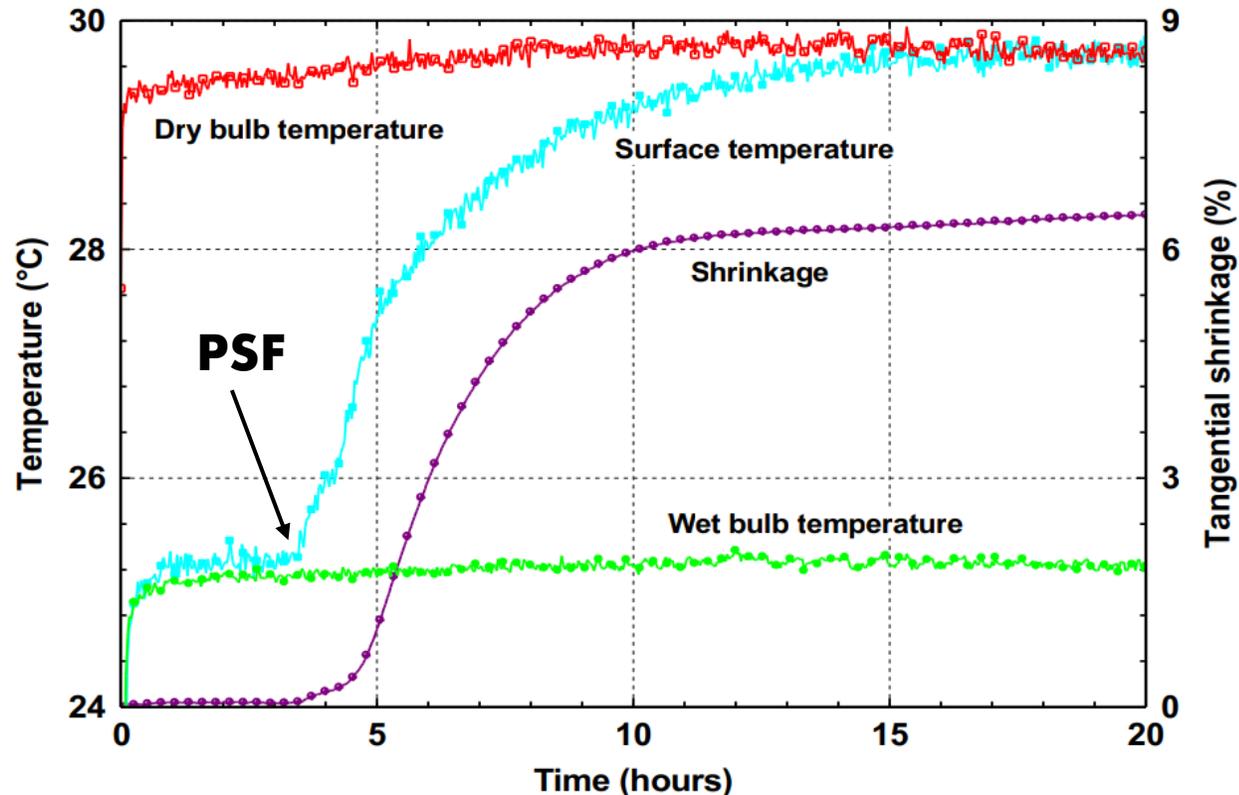


2a.

SÉCHAGE < 212 °F

De Vert à 30%: La température à la surface du bois sera égale au thermomètre humide.

De 30% à 0%: La température à la surface du bois sera entre le thermomètre sec et le thermomètre humide.



Ateliers de séchage de CIFQ, Québec, 11 avril 2019

L'observation du séchage du bois à l'échelle microscopique comme source d'explication des conduites du séchage industrielles

Prof. Patrick Perré
Directeur du LGPM
Titulaire de la Chaire de Biotechnologie



2b.

SÉCHAGE > 212°F

De Vert à 0%: La température à la surface du bois augmente graduellement.

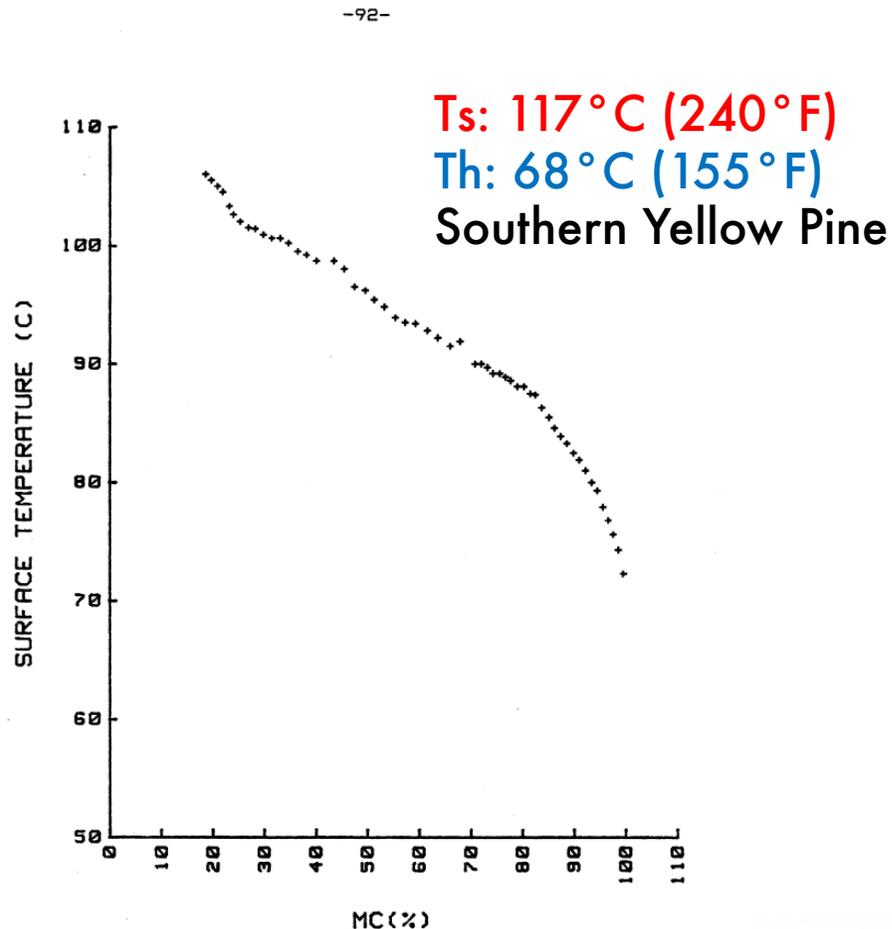


Fig.12 Temperature near the surface of the wood versus moisture content, Experiment 1.

MATHEMATICAL MODEL FOR CONTROL OF HIGH TEMPERATURE DRYING OF SOUTHERN YELLOW PINE DIMENSION LUMBER

by

Luiz Carlos de S. Oliveira

Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of

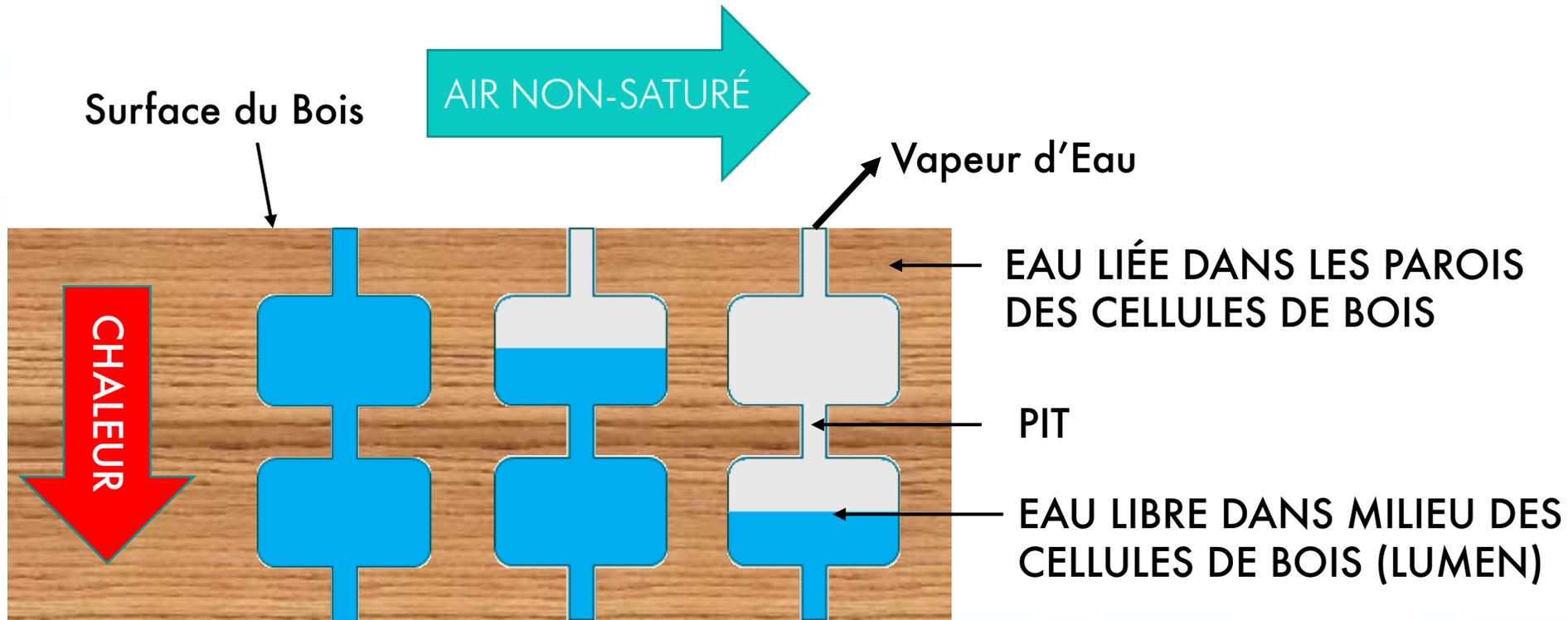
DOCTOR OF PHILOSOPHY

in

Forest Products

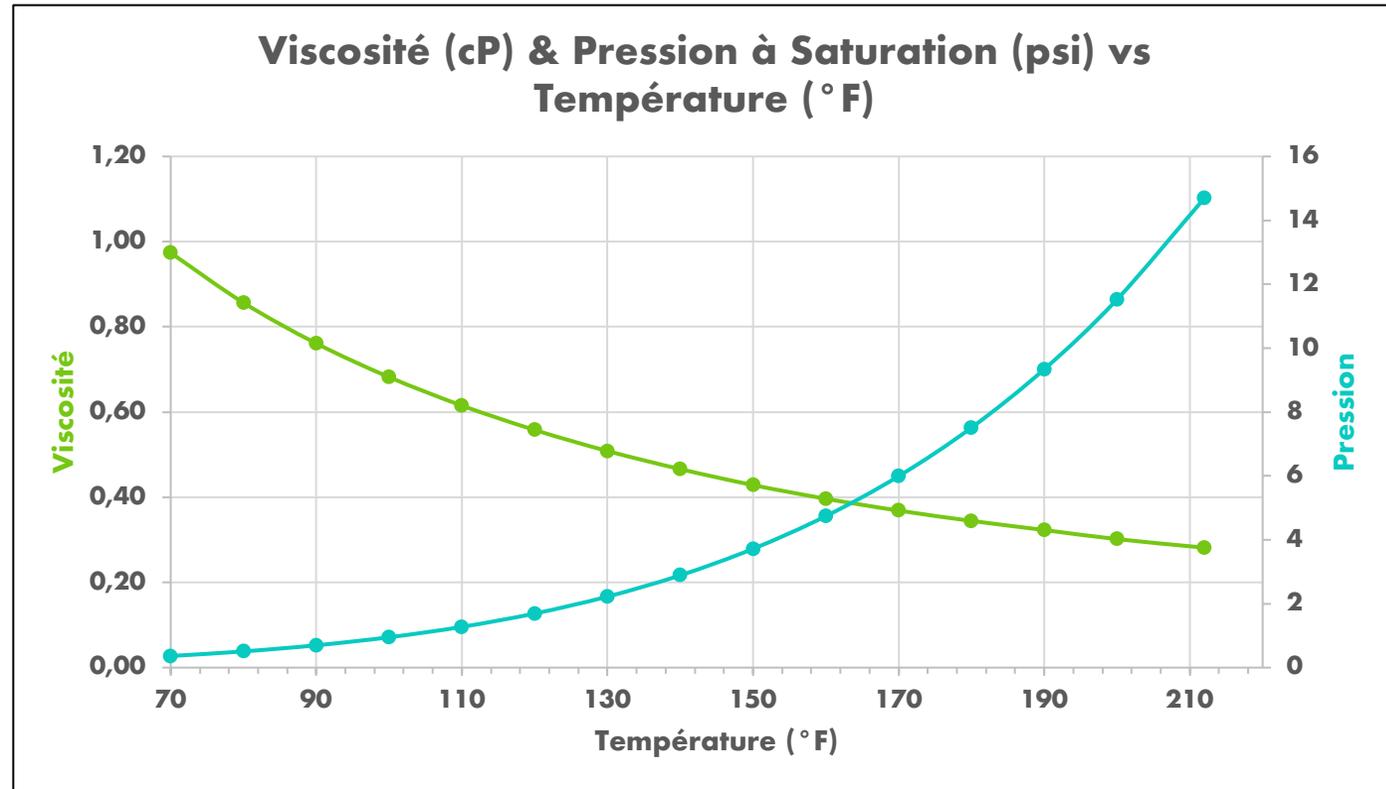
3. De Vert à 30%: Eau Libre à l'intérieur des cellules de bois
(Lumen)

De 30% à 0%: Eau Liée dans les parois des cellules de bois
La Vitesse de Séchage va être proportionnel à la différence des pressions partielles de l'eau dans l'air et de l'eau dans le bois et inversement proportionnelle à la viscosité de l'eau dans le bois.



- 4.** Il n'y a pas de cédule de séchage miraculeuse. La pression partielle de l'eau dans l'air à saturation et la viscosité changent graduellement avec la température. Plus que l'on sèche à bulbe humide élevé plus que l'on peut sécher vite.

| Température (°F) | Pression à Saturation (psi) | Viscosité (cP) |
|------------------|-----------------------------|----------------|
| 70 | 0.36 | 0.97 |
| 80 | 0.51 | 0.86 |
| 90 | 0.70 | 0.76 |
| 100 | 0.95 | 0.68 |
| 110 | 1.28 | 0.62 |
| 120 | 1.69 | 0.56 |
| 130 | 2.22 | 0.51 |
| 140 | 2.89 | 0.47 |
| 150 | 3.72 | 0.43 |
| 160 | 4.74 | 0.40 |
| 170 | 5.99 | 0.37 |
| 180 | 7.51 | 0.34 |
| 190 | 9.34 | 0.32 |
| 200 | 11.53 | 0.30 |
| 212 | 14.70 | 0.28 |



5. De Vert à 30% (Résineux):

Si on sèche trop vite (vitesse avec dépression trop grande) → Bois tort et cémente.

- **Pin gris:** 1,000 pieds par minute (résiste très bien à la cémentation).
- **Épinette noire, jaune:** 400 – 600 pieds par minute.
- **Sapin:** 400 pieds par minute maximum (cémente les poches d'eau facilement).

Des fois on sèche plus vite en diminuant la vitesse de séchage.

DTAB 8°F = 35 h

DTAB 10°F = 30 h

DTAB 12°F = 40 h

6. De 30% à 15% (Résineux):

- Le bois rétréci.
- Le bois est plus stable (cédule plus agressive permise).
- Contraire à la littérature ?

7. Écart-type d'humidité trop grande au planeur (Résineux):

- Augmenter la période d'égalisation de l'humidité en début du séchage.
- Faire un long refroidissement.

8. Les bois courts sèchent plus vite que les bois long (les bouts sèchent en premier).

- Sapin 8 pieds sèche plus vite que le même sapin 16 pieds.
- Faire des lots séparés de bois courts et de bois long dans le séchoir.

9.

Le bois sec prend plus de temps que l'on pense pour refroidir.

Il faut laisser le bois refroidir jusqu'au centre avant de le raboter.

- Faire test après 12 heures.
- Faire test après 24 heures.
- Faire test après 36 heures.
- etc.

10. Un changement de rotation fait perdre 15 minutes de temps de séchage.

Cédule de **90 heures** avec changements de rotation au **2 heures** = **45 changements**

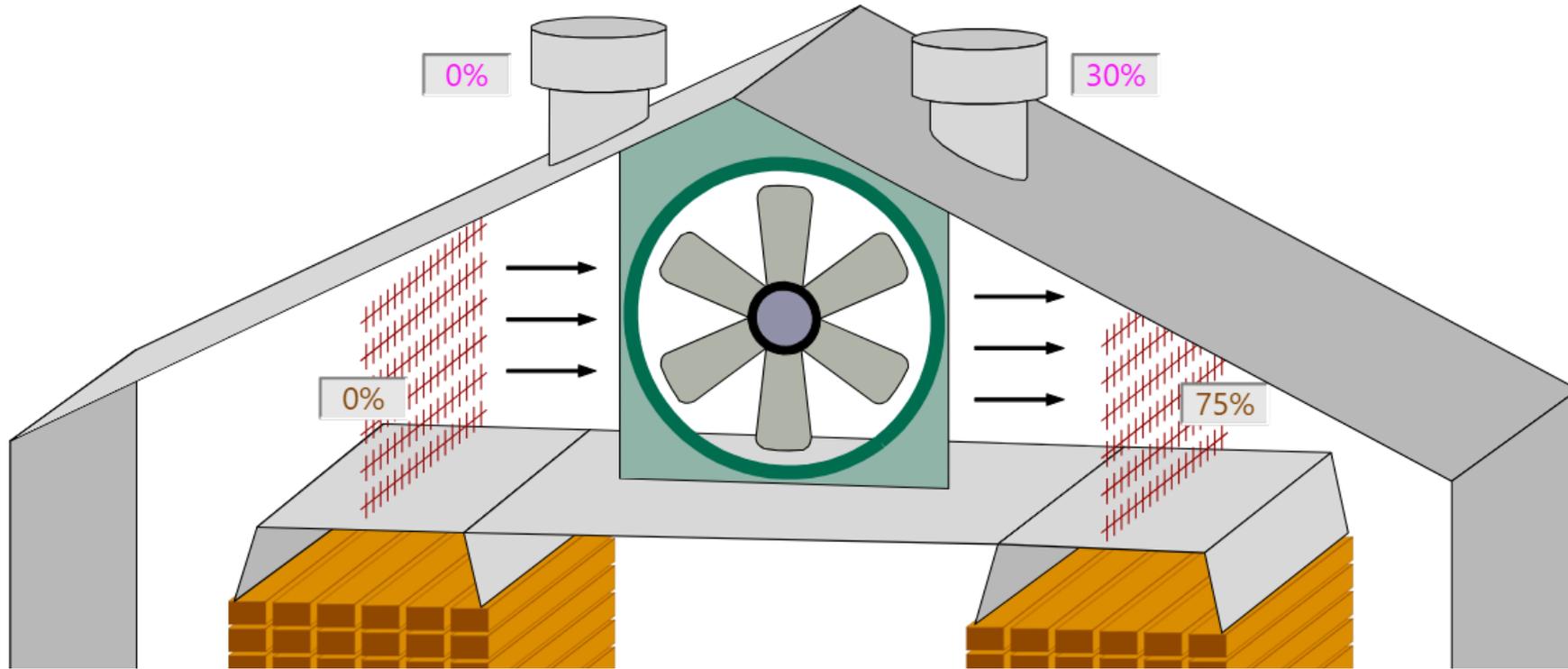
Cédule de **90 heures** avec changements de rotation au **3 heures** = **30 changements**

$45 \text{ changements} - 30 \text{ changements} = 15 \text{ changements} \times 15 \text{ minutes} = \mathbf{3 \text{ heures } 45 \text{ minutes}}$

11a.

Pour diminuer la consommation d'énergie:

- Séparer les événements positifs et les événements négatifs si possible (2 moteurs).
- Séparer les serpentins à vapeur de l'entretoît si possible (2

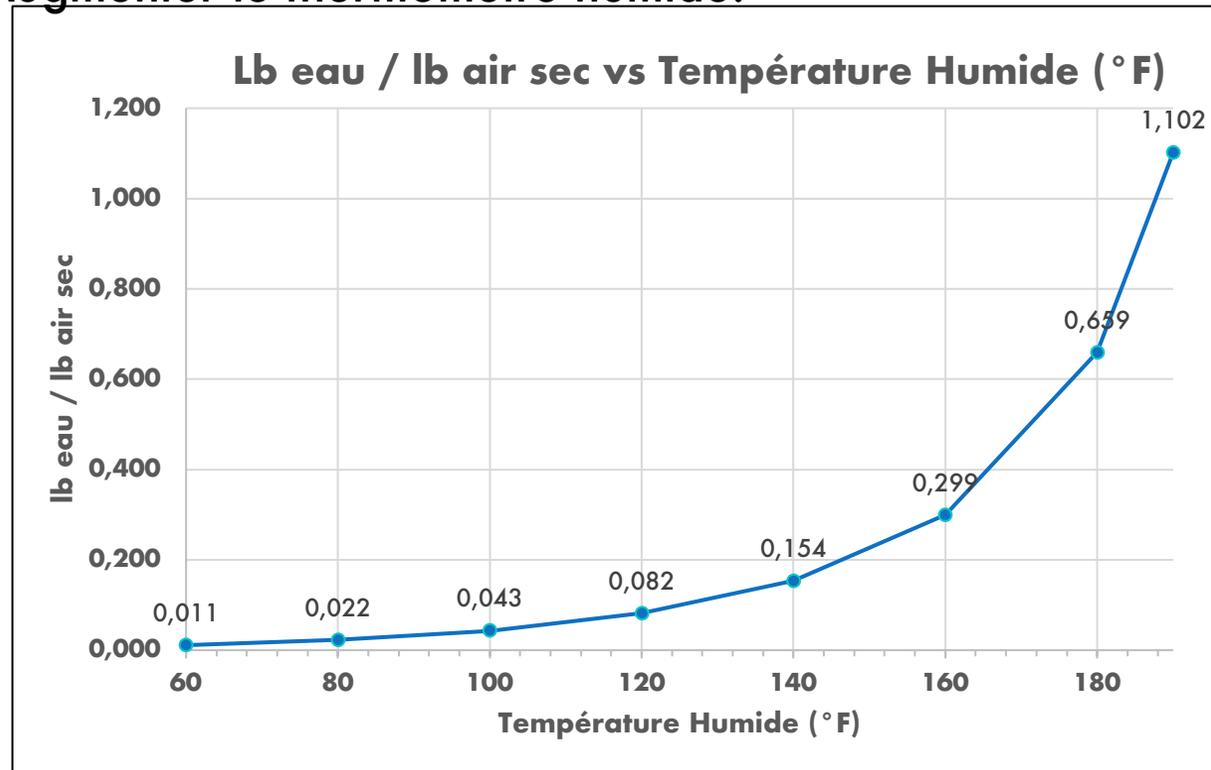


11b.

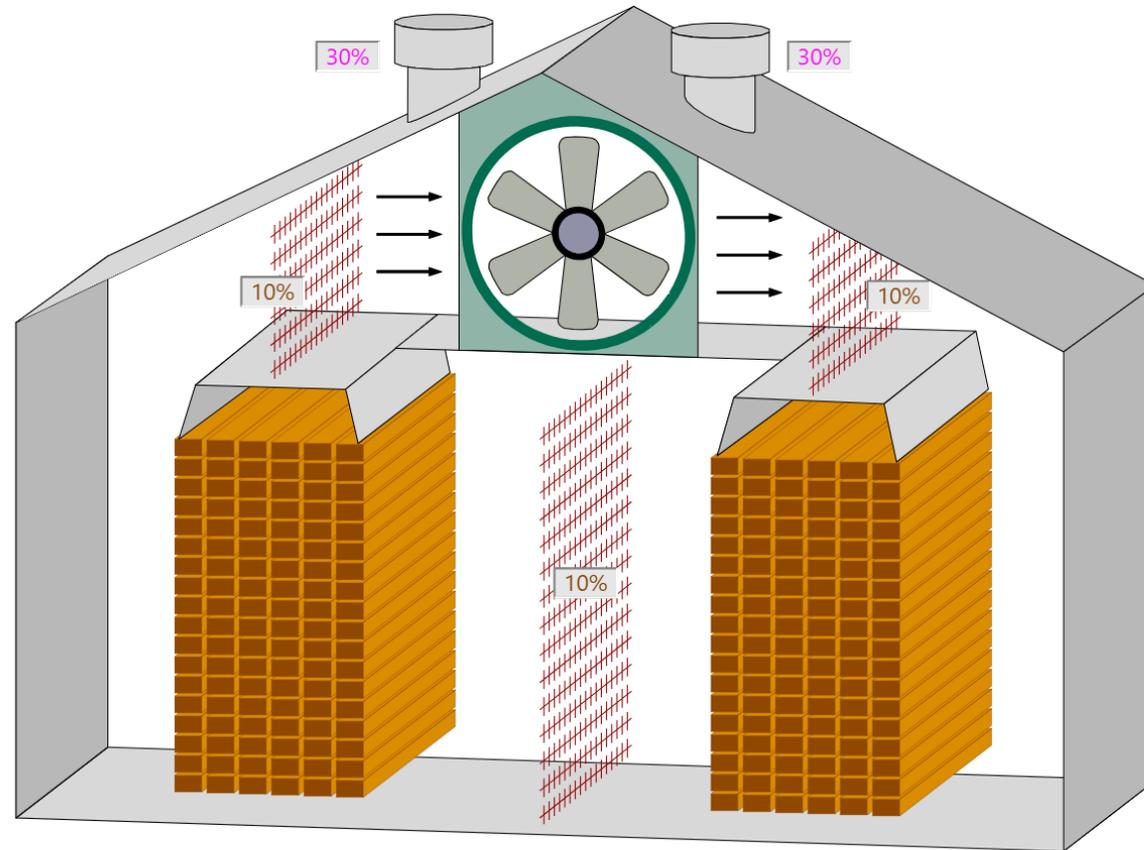
Pour diminuer la consommation d'énergie:

- Augmenter le thermomètre humide.

| Température Humide (°F) | Lb eau / Lb air sec à saturation |
|-------------------------|----------------------------------|
| 60 | 0.011 |
| 80 | 0.022 |
| 100 | 0.043 |
| 120 | 0.082 |
| 140 | 0.154 |
| 160 | 0.299 |
| 180 | 0.659 |
| 190 | 1.102 |



12. Un séchoir 2 passes avec serpentins de réchauffe sèche plus vite qu'un séchoir 2 passes sans serpentins de réchauffe pour une même vitesse d'air.



13. Un séchoir à moteurs intérieurs demande plus d'entretien qu'un séchoir à moteurs extérieurs s'il est opéré à $T_s > 200^\circ\text{F}$.

Truc:

- Installer un variateur de fréquence et diminuer la vitesse des moteurs lorsque $T_s > 200^\circ\text{F}$.
- Respecter les consignes de graissage du manufacturier.

14.

Un ventilateur de 6 pieds de diamètre déplace plus d'air qu'un ventilateur plus petit pour la même consommation d'énergie.

15. Le Bois ce comporte anormalement pour le séchage.

Brevet **US 3,404,464** le 8 Octobre 1968 par Weyerhaeuser

Le séchage en régime laminaire est plus vite que le séchage en régime turbulent ($T_s < 212^\circ\text{F}$).

- Sèche 50% plus vite.

AlentDynamic.se *Séchage en alternance de régime turbulent et arrêt de la ventilation.*

- Sèche 20% plus vite avec diminution d'énergie.

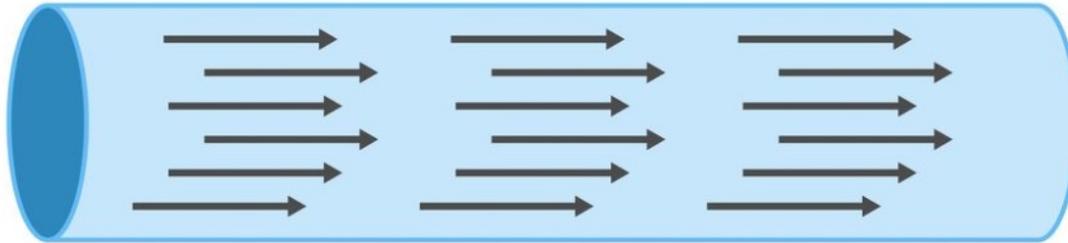
Séchoir en continu à contre-courant: Économie d'énergie de 50%

- Andy Pollard, Timber Processing Jan./Feb. 2024

15. Le Bois ce comporte anormalement pour le séchage.

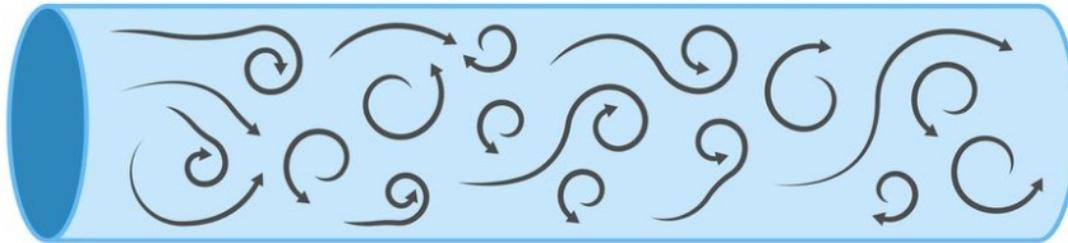
LAMINAR FLOW

Re < 2000



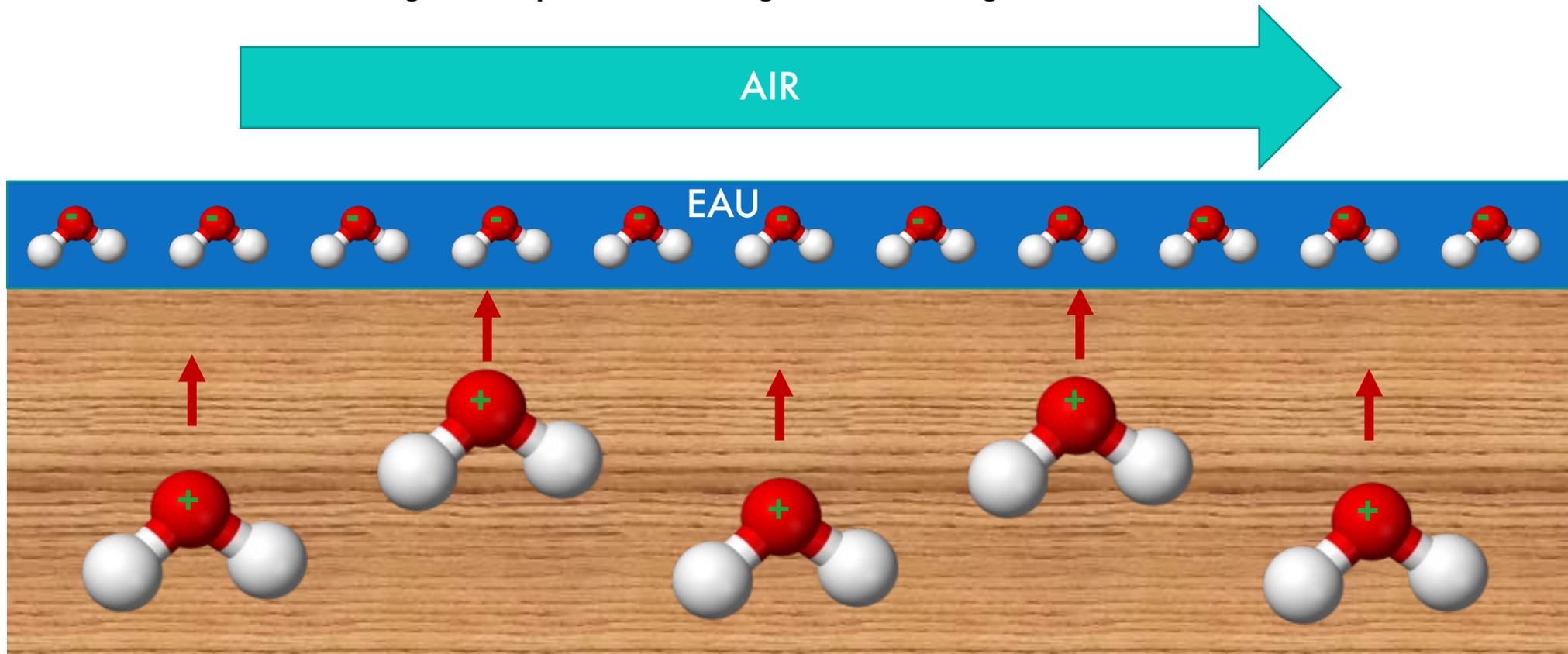
TURBULENT FLOW

Re > 4000



$$Re = \frac{\text{densité} \times \text{vitesse} \times \text{diamètre}}{\text{viscosité}}$$

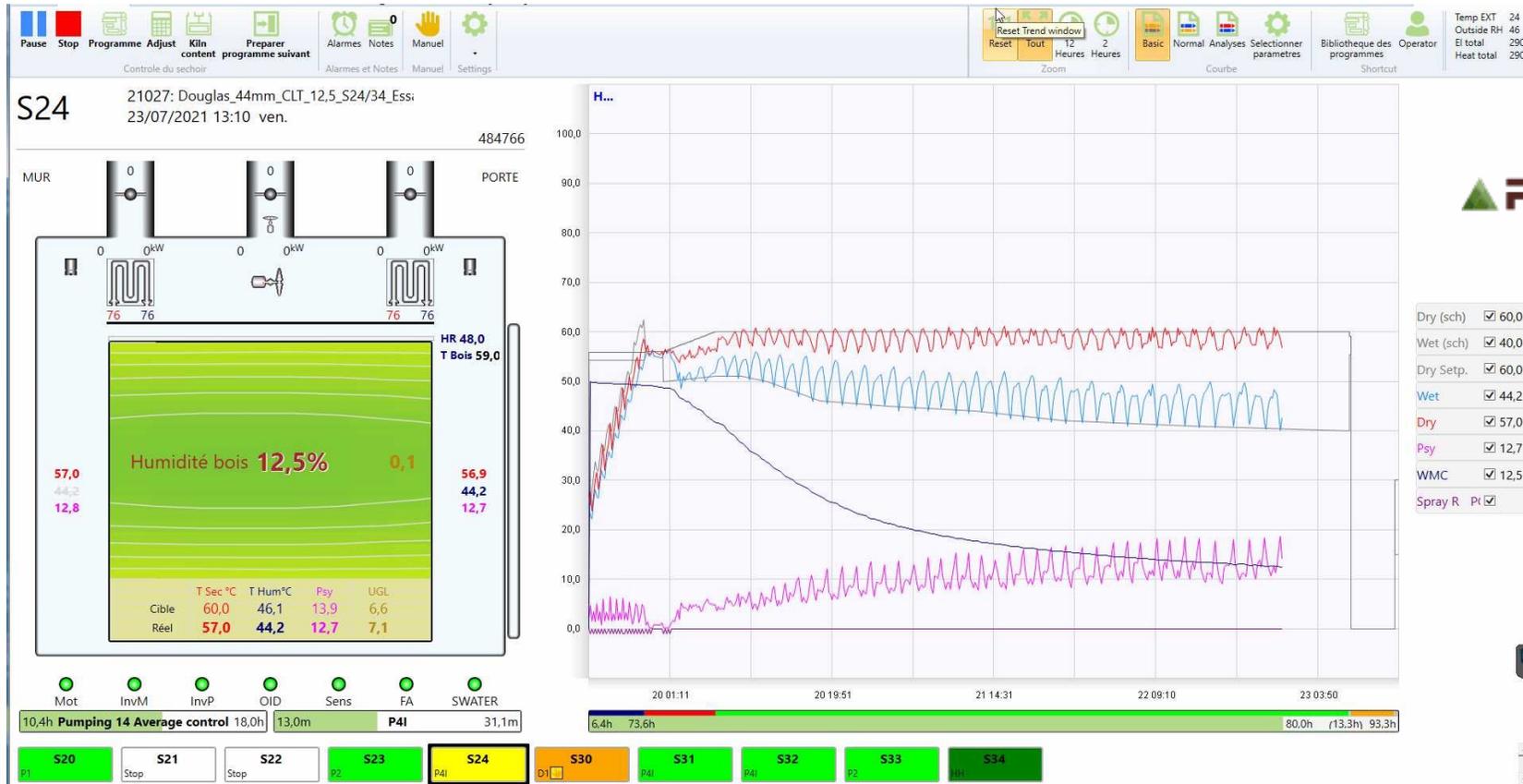
Hypothèse: En régime laminaire un film d'eau est présent à la surface du bois (Mécanique des fluides).
Ce film d'eau se charge négativement (Triboélectricité).
L'eau positive du bois est attiré par ce film chargé négativement.
- Augmenté par Infra-Rouge et Gel/Dégel.





| Étape | Action | Chauffage | Évacuation | Humidification | Ventilation |
|-------|------------------------|-----------|------------|----------------|-------------|
| P1 | Monté en Température | Auto | 0% | 0% | 100% |
| P2 | Séchage Rapide | Auto | Auto | 0% | 100% |
| P3 | Équilibrage | 0% | Auto | 0% | 0% |
| P4 | Migration + Relaxation | 0% | 0% | 0% | 0% |

P3 = Refroidit la surface
 P4 = Condensation sur la surface



PIVETEAUBOIS

Le séchage en régime laminaire (= légère pellicule d'eau en surface) permet d'égaliser l'humidité du bois plus rapidement parce que l'eau à la surface se charge négativement et attire l'eau positive du bois.

| | |
|----------------------------------|---|
| Pré-séchoir: | Parvient à sécher les poches d'eau dans le sapin. |
| Air libre: | Très bon pour égaliser l'humidité du bois. |
| Air libre avec gel/dégel: | Le meilleur du air libre. |
| Méthode Alent: | Séchage plus rapide avec régime laminaire. |

Séchoir à rail:

Injection de vapeur durant le réchauffement: Aide à égaliser l'humidité du bois.

Séchoir en continu avec rails à contre-courant (Certain séchoir en continu avec rail en parallèle):

Condensation sur le bois qui entre dans le séchoir.

Condensation sur le bois qui entre dans la section chaude du milieu.

Rayonnement infra-rouge du bois sec qui sort sur le bois vert qui entre.

Application possible pour le séchage du bois franc (à discuter).

Merci !

Questions ?