

**Yves
Fortin**

**Dany
Normand**



**CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES**



Rappel sur les besoins énergétiques du séchage: de la ressource aux produits finis

Ateliers-conférences sur le séchage du bois
21^e édition, 16-17 avril 2015

Retour sur le passé avec un angle nouveau ou avec un regard plus éclairé, on l'espère!!

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

Yves Fortin, Université Laval
et
Dany Normand, FPInnovations-Forintek

Ateliers-conférences sur le séchage du bois
13^e édition, 19-20 avril 2007



CALCUL DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE AU COURS DU SÉCHAGE DU BOIS

par

CHARLES CLÉMENT
et
YVES FORTIN

Étudiant de 1er cycle et professeur titulaire au Département des sciences
du bois et de la forêt, Université Laval, Sainte-Foy

DRYTEK: ESSAIS DE VALIDATION DANS DEUX USINES DE RÉSINEUX ET UNE USINE DE FEUILLUS

Yves Fortin
Centre de recherche sur le bois
Université Laval

Dany Normand
Séchage et énergie, FPInnovations

ATELIERS-CONFÉRENCES SUR LE SÉCHAGE DU BOIS,
18^e édition, Hôtel Plaza, Québec



Objectifs de la présentation

- ✓ Présenter quelques données types sur la consommation énergétique (calorifique et électrique) du séchage du bois
 - ✓ Essence
 - ✓ TH initiale/TH finale
 - ✓ Érable vs chêne
 - ✓ Produit bois de commodité vs bois d'ingénierie
- ✓ Montrer les composantes du bilan énergétique d'une opération de séchage
- ✓ Amener la réflexion sur la notion de PUISSANCE
- ✓ Proposer des moyens pour réduire les coûts énergétiques

Importance de l'énergie: coût

- ✓ Les coûts de séchage sont fortement liés aux coûts énergétiques:
 - ✓ Selon PEEIC le séchage représente approximativement 70 % de l'énergie totale pour la production de sciages résineux
 - ✓ Les coûts des différentes sources d'énergie sont variables

Quantité d'énergie calorifique requise pour un séchage de sapin

Sapin baumier 100% à 15%: 100 Mmp, 2"x4"x8'

56 000 kg H₂O → 1,09 kWh/kg H₂O

61 040 kWh
(20 600 000 BTU)
N.B. 1 kWh = 3 421 BTU

Besoin énergétique annuel



Importance de l'énergie: procédé

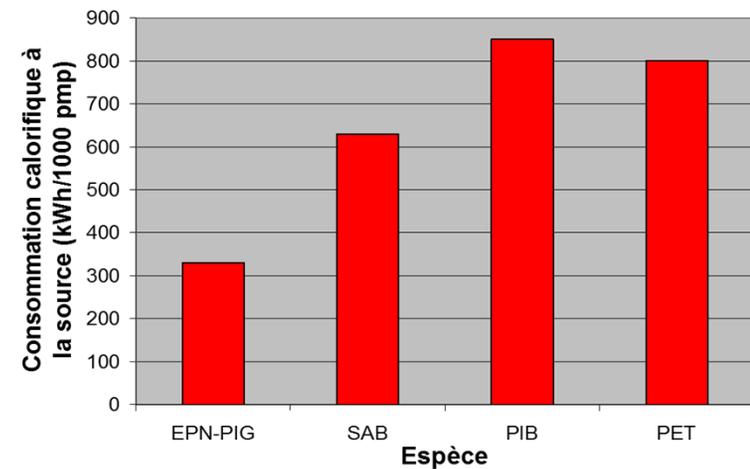
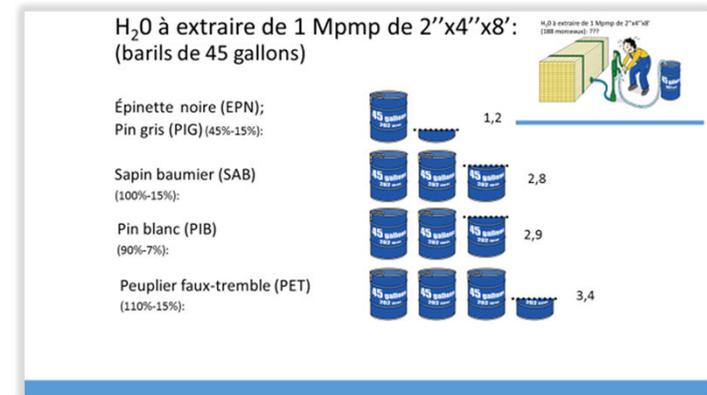
- ✓ La stabilité du procédé influence directement
 - ✓ La productivité
 - ✓ La planification manufacturière
 - ✓ La qualité



Influence la rentabilité de l'entreprise \$

Variabilité de la ressource

- Essences et provenances
- TH initiale et distribution
- Densité
- Perméabilité
- Sensibilité du bois aux colorations chimiques et fongiques



Spécifications requises vs produits finis

- TH finale
- TH variation (+/-)
- TH gradient
- Contraintes résiduelles
- Gauchissement
- Couleur
- Gerces

Exemple : Commodity vs bois d'ingénierie

- Spécifications de séchage différentes

Commodity	Bois d'ingénierie
TH 15% avec pour 95% pièces à 19% et – (SPF COFI)	TH 12% (+/- 2%)

Bilan énergétique des séchoirs

Tableur Excel: données initiales

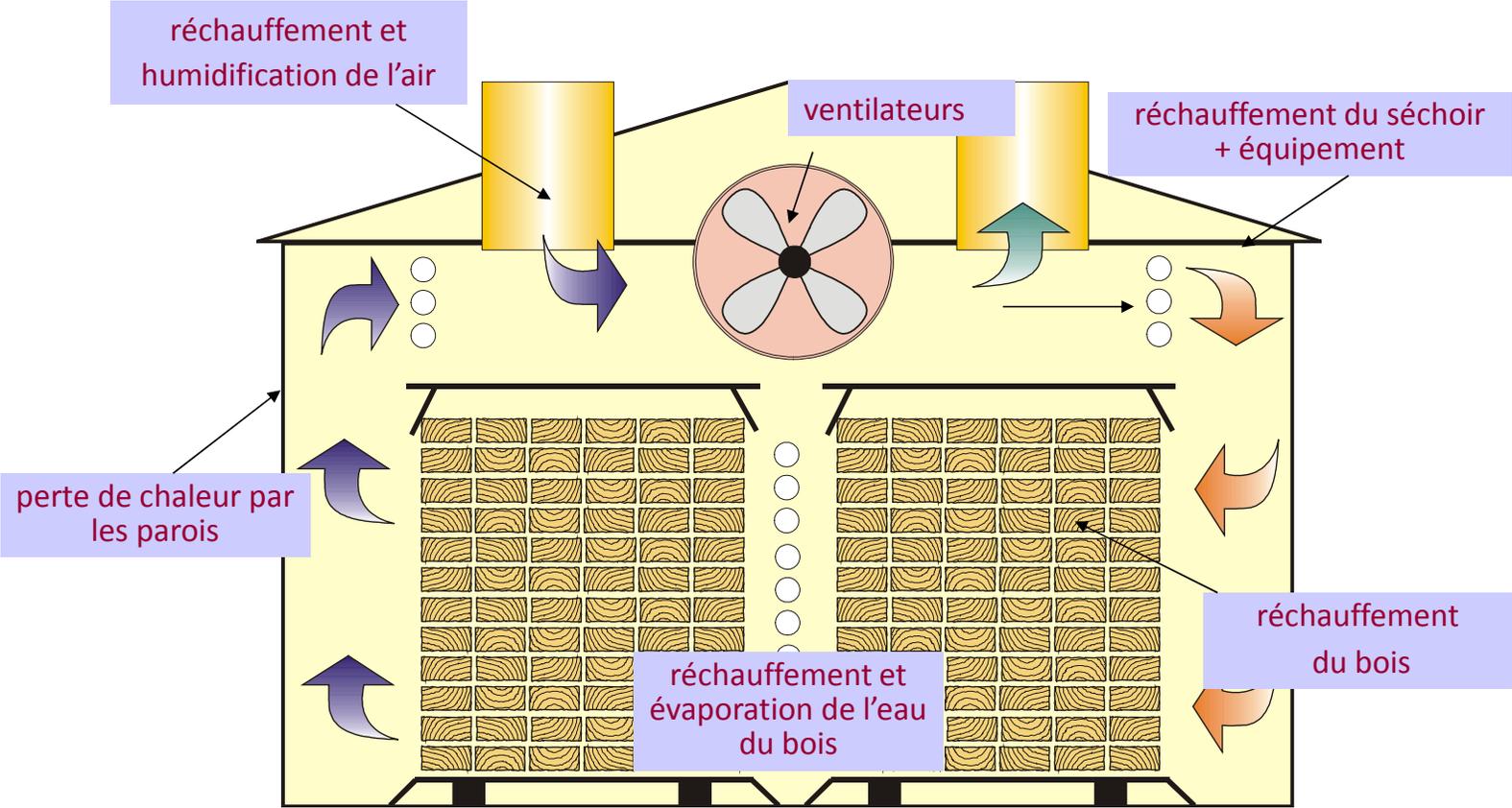
- ✓ Données de base du séchoir et du chargement
- ✓ Humidités initiale et finale
- ✓ Conditions de l'air extérieur
- ✓ Température initiale du bois
- ✓ Programme de séchage
- ✓ Courbe de séchage (perte d'eau par étape)

Sommaire des calculs (en tenant compte du coefficient de remplissage du séchoir)

Q _i	kJ		%		kJ/m ³ _{app} kWh/kg _{eau}	
	Calorifique + électrique		Calorifique seulement			
1	18 777 256	3,5	18 777 256	3,7	34 244	0,05
2	14 457 994	2,7	14 457 994	2,9	26 367	0,04
3	1 365 991	0,3	1 365 991	0,3	2 491	0,00
4	86 454 341	16,1	86 454 341	17,2	157 668	0,22
5	257 913 911	48,0	257 913 911	51,3	470 361	0,65
6	103 956 368	19,4	103 956 368	20,7	189 586	0,26
7	19 664 597	3,7	19 664 597	3,9	35 863	0,05
8	34 506 974	6,4	----			
Total	537 097 431	100,0	502 590 457	100	916 580	1,27
Consommation calorifique corrigée (récupération énergie électrique)						
866 235						
Efficacité apparente						
0,57						
Consommation à la chaudière:						
	MJ/m ³ _{app}	Btu/mpmp				
	1 155,0	2 583 653				
Légende						
Q ₁ = réchauffement du bois et des baguettes						
Q ₂ = réchauffement du séchoir et des équipements						
Q ₃ = décrochement de l'eau du bois (forces de rétention)						
Q ₄ = réchauffement de l'eau résiduelle dans le bois après le séchage						
Q ₅ = réchauffement et l'évaporation de l'eau extraite						
Q ₆ = réchauffement de l'air de séchage et son humidification						
Q ₇ = pertes thermiques à travers les parois du séchoir						
Q ₈ = fonctionnement des moteurs des ventilateurs, des évents ou des compresseurs						

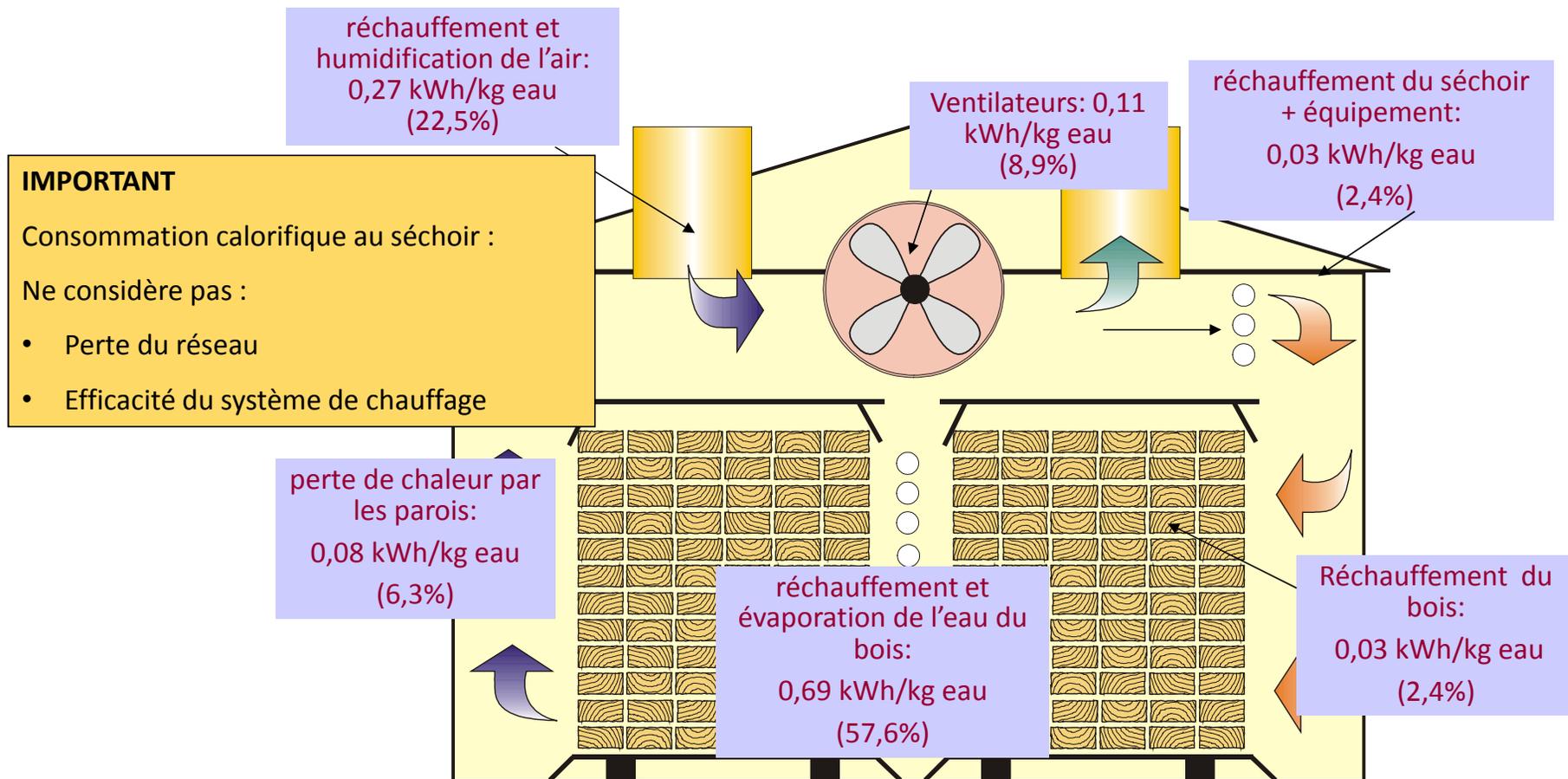
Bilan énergétique des séchoirs

Tableur Excel: méthode de calcul



Bilan énergétique: 2x4 sapin baumier en été

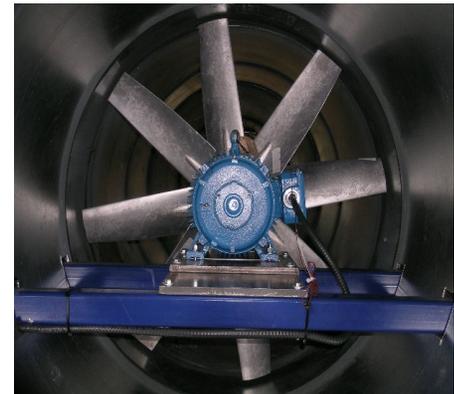
Calorifique: 1,09 kWh/kg H₂O Électrique: 0,11 kWh/kg H₂O



Récupération de l'énergie électrique de ventilation en énergie calorifique

L'énergie de ventilation est recyclée en totalité ou en partie en chaleur dans le séchoir par frottement et turbulence:

- ✓ Moteurs extérieurs: approx. 90%
- ✓ Moteurs intérieurs: approx. 100%

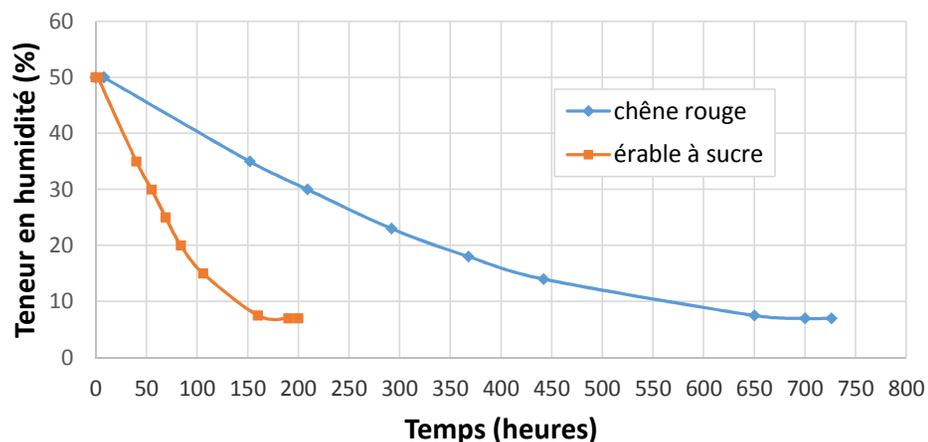


Consommation calorifique et électrique au séchoir: érable vs chêne rouge

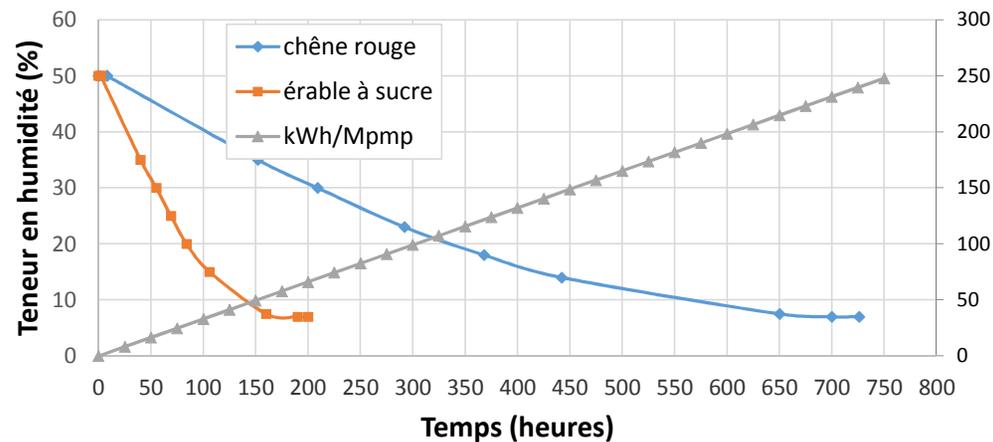
Besoins énergétiques planches 4/4 d'érable à sucre vs chêne rouge			
		Érable à sucre	Chêne rouge
Temps de séchage	h	200	726
Consommation calorifique ¹	MJ/m ³	1190	1385
	BTU/Mpmp	2 662 000	3 098 000
Consommation ventilateurs	kWh	4 700	17 080
	kWh/Mpmp	69	250

+16%
+263%

Courbes de séchage typiques



Courbes de séchage typiques



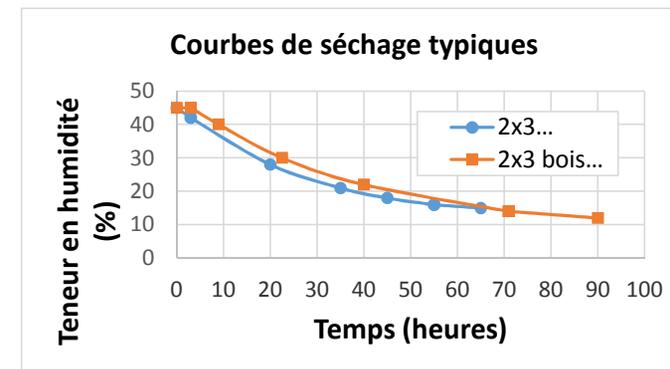
Consommation calorifique et électrique au séchoir: bois d'ingénierie vs commodité (2x3 épinette noire)

Besoins énergétiques bois d'ingénierie vs bois de commodité (2x3 épinette noire)			
		Bois de commodité	Bois d'ingénierie
Temps de séchage	h	65	90
Consommation calorifique ¹	MJ/m ³	368	405
	BTU/Mpmp	823 200	905 300
Consommation ventilateurs	kWh	6 120	8 470
	kWh/Mpmp	32,9	45,5

+10%

+38%

¹ Consommation au séchoir



Énergie vs Puissance

Énergie

- ✓ La capacité d'un système à produire un travail
- ✓ Pour le séchage, c'est la production de chaleur
- ✓ L'énergie s'exprime : BTU - kWh - MJ

Énergie conversion

kWh	BTU	MJ
1	3 412	3,6

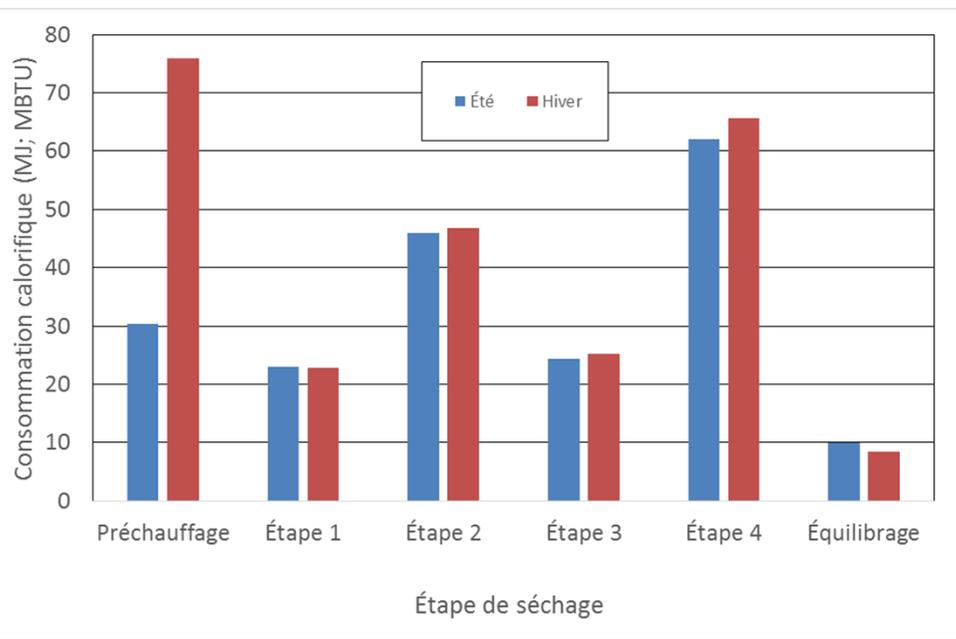
Énergie vs Puissance (suite)

Puissance

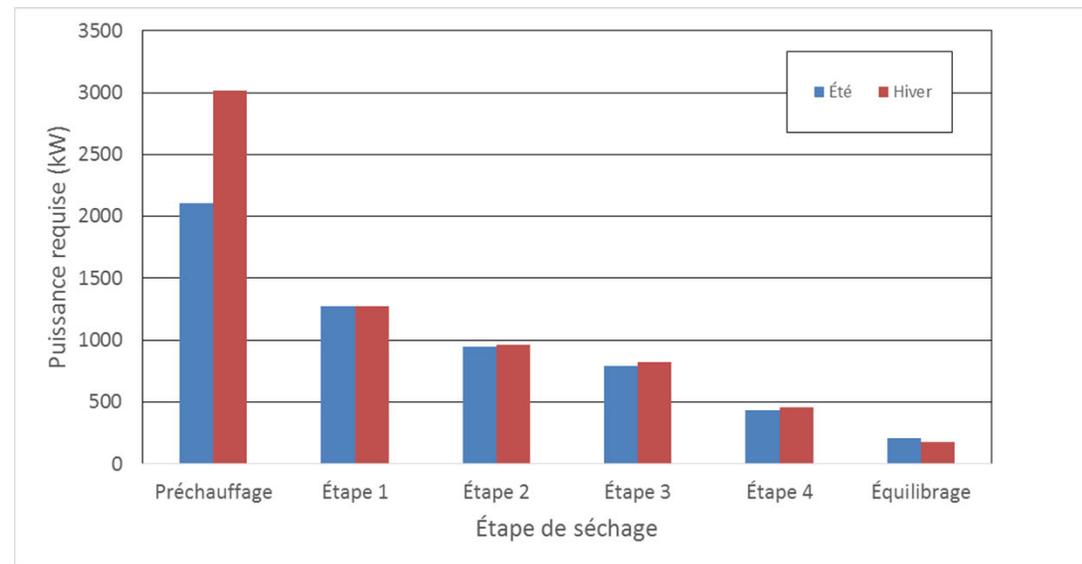
- ✓ La **puissance** est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre
- ✓ La puissance correspond donc à un débit d'énergie : si deux systèmes de puissances différentes fournissent la même énergie, le plus puissant est le plus rapide
- ✓ La puissance s'exprime : Boiler hp - kW - BTU/h

Puissance conversion boiler		
BTU/h	kW	hp
33 473	9,81	1

Consommation calorifique et puissance utile requise au séchoir: épinette noire été vs hiver



Consommation calorifique



Puissance requise au séchoir

Opportunités pour réduire la consommation énergétique au séchoir: principales options

- ✓ *Diminuer la quantité d'eau à évaporer:*
préséchage à l'air, éviter le surséchage
- ✓ *Diminuer l'énergie requise pour réchauffer l'air entrant:* échangeurs de chaleur, modulation indépendante des volets d'entrée et de sortie d'air
- ✓ *Diminuer les pertes thermiques:* étanchéité des joints de panneaux à la vapeur, étanchéité des joints de portes, isolant sous le plancher, construire cellules en tandem (N.B. une laine minérale mouillée peut augmenter la consommation calorifique du séchoir de plus de 10%)

Opportunités pour réduire la consommation énergétique au séchoir: principales options (suite)

- ✓ *Diminuer les temps de séchage*: programme de séchage optimisé (DRYTEK), prétriage, prérobotage
- ✓ *Diminuer l'énergie électrique*: ventilateurs à vitesse variable, meilleure aéraulique des séchoirs à l'aide de déflecteurs d'air, diminuer les temps de séchage

Opportunités pour réduire la consommation énergétique au séchoir: principales options (suite)

Cas de la réduction vitesse de ventilation:

Une réduction de 600 à 300 pi/min sous le PSF peut représenter une diminution de 40% de la consommation électrique

Toutefois, le gain net en coût énergétique en réduisant la vitesse sous le PSF correspond donc à:

la quantité
d'énergie sauvée
par la réduction
de la vitesse

X

différence de coût
entre l'électricité et
la source d'énergie
calorifique

Conclusions

- ✓ La consommation énergétique (calorifique et électrique) du séchage du bois est en relation directe avec :
 - ✓ La variabilité de la ressource
 - ✓ Les spécifications des produits finis
 - ✓ Les séchoirs et système de production et de distribution d'énergie
- ✓ Plus de 85% de énergie calorifique requise:
 - ✓ Réchauffement initial
 - ✓ Évaporation de l'eau
 - ✓ Réchauffement et humidification de l'air
- ✓ Bien Maîtriser les concepts d'énergie et puissance pour l'obtention d'un séchage optimal
- ✓ Personnaliser les calculs en fonction de chacun de vos séchoirs