

Chapitre 4

Exécution des essais

4.1. Sorption d'humidité

4.1.1. Méthode des solutions salines saturées

La sorption a été réalisée dans une seule étape, pour les deux espèces et pour les deux températures. Un total de trente deux cellules de sorption, soit trois bassins complets (10 cellules chacun) et deux cellules additionnelles placées dans un quatrième bassin ont été utilisées pour la sorption, dont l'équilibre de température avait été atteint depuis déjà quelque temps. Les solutions salines saturées avaient été préparées à l'avance et versées dans les cellules de sorption.

La température de l'eau, qui a été contrôlée quotidiennement, a resté en général constante à $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$ près pour l'essai à 25°C . Cette température a varié davantage lors de l'essai à 50°C , soit $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. La pesée des échantillons à intervalles réguliers a permis de suivre le progrès de la sorption et de contrôler la durée nécessaire pour atteindre l'équilibre hygroscopique.

4.1.2. Méthode de la membrane sous pression

La sorption a été réalisée dans quatre extracteurs placés dans une chambre dont la température était de l'ordre de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Avant de placer les échantillons dans

l'extracteur, ils ont été pesés et leurs dimensions dans les trois dimensions principales ont été mesurées. Ensuite, vingt échantillons ont été placés dans chaque extracteur avec la face transversale appuyée sur l'argile. La membrane avait été au préalable immergée dans l'eau distillée et saturée complètement dans un dessiccateur par un cycle de vide. Le matériel a ensuite été placé dans l'extracteur, lequel était par la suite fermé à l'aide des vis de serrage. Le système de contrôle de la température fut démarré à ce moment (autant à 25°C comme à 50°C). La pression a été ensuite appliquée en ouvrant les valves contrôlant l'entrée de l'azote. Le taux d'application de la pression a varié en fonction du niveau désiré. L'eau extraite commençait à couler par le tube de caoutchouc dans les burettes aussitôt que le gradient de pression était établi. Le contrôle de conditionnement était fait en mesurant la quantité d'eau écoulée dans la burette. L'équilibre a été considéré comme étant atteint lorsqu'il n'y avait plus d'écoulement dans les burettes durant sept jours. À ce moment, on procédait à l'ouverture de l'extracteur.

La durée de l'essai pour chaque extracteur a été entre neuf jours et trente quatre jours, dépendant de l'espèce et la condition de désorption utilisée. La durée de l'essai augmentait avec le niveau de pression utilisé. La vitesse de la sorption a varié aussi en fonction de l'espèce. Les temps requis pour toutes les conditions utilisées sont présentés au tableau 7.

4.1.3. Détermination de la teneur en humidité d'équilibre

La masse humide (M_H) des éprouvettes était mesurée après leur transfert, par groupes de vingt, dans la salle d'essais mécaniques. Une fois les vingt pesées prises, les échantillons ont été enveloppés et placés dans l'enceinte climatisée près de la machine à essai. Après l'essai mécanique, on a établi à nouveau la masse afin de vérifier l'efficacité de l'enceinte et celle du coton hydrophile et/ou polyéthylène, qui servaient à contrôler l'humidité avant et pendant l'essai. Les pertes de teneur en humidité durant l'essai mécanique ont varié entre 0,56% et 0,79% (H) à 25°C, et entre 0,85% et 2,59% (H) à 50°C (tableau 8).

Tableau 7. Temps final requis pour l'obtention de l'équilibre d'humidité pour les deux espèces étudiées.

Humidité relative		État de sorption	Bouleau jaune		Hêtre à grandes feuilles	
25°C	50°C		25°C	50°C	25°C	50°C
(%)			(jours)		(jours)	
58	50,93	désorption	113	97	125	98
76	74,43	désorption	140	99	140	100
86	80,40	désorption	154	104	187	106
90	81,20	désorption	254	102	309	103
96	95,82	désorption	531	106	530	109
96,43	96,70	désorption	34*	13*	21*	15*
98,56	98,67	désorption	17*	12*	16*	20*
99,49	99,53	désorption	10*	13*	9*	10*
99,78	99,80	désorption	28*	14*	13*	21*

* temps à partir duquel l'écoulement d'eau arrêta.

Une fois l'essai mécanique terminé, les échantillons ont été placés dans une étuve à 103°C pendant 24 heures. Ils ont ensuite été laissés dans un dessiccateur sur pentoxyde de phosphore durant vingt minutes pour y refroidir avant d'établir leur masse anhydre. Cette masse et la masse à la fin de la sorption ont servi pour déterminer la teneur en humidité d'équilibre H , définie comme suit:

$$H = \frac{M_H - M_o}{M_o} \times 100 \quad (\%)$$

où : H = teneur en humidité du bois
 M_H = masse de l'éprouvette à l'état humide
 M_0 = masse de l'éprouvette à l'état anhydre

Des mesures au milligramme près ont permis d'obtenir une précision de l'ordre 0,01% (H). Cette variation a été acceptable puisqu'elle était inférieure aux erreurs expérimentales, la véritable précision provenant des moyennes des groupes.

4.2. Compression tangentielle

Les échantillons ont été transférés à la salle d'essais mécaniques enveloppés par groupes de quatre dans des feuilles de polyéthylène. Une fois la pesée et la mesure des dimensions de tous les échantillons réalisées, l'essai de compression débutait avec la fixation de l'échantillon dans l'extensomètre à l'aide du gabarit, puis la pose soit du coton hydrophile autour de l'échantillon pour les essais à 25°C ou celle du polyéthylène pour ceux à 50°C. Enfin, le capteur de déformation (LVDT) était posé dans l'extensomètre. On vérifiait que la course initiale du LVDT soit dans la région de plus grande précision (environ -0,50 V). L'ensemble éprouvette-extensomètre était ensuite placé sur la base de la machine à essai à l'aide de l'anneau de centrage. Une charge initiale était appliquée afin d'assurer que toute la surface du bois soit en contact avec la base de la machine. Enfin, on réglait la vitesse de l'essai en fonction des conditions d'humidité de l'essai (tableau 6).

L'essai était terminé lorsque la charge à la limite de proportionnalité était dépassée en compression tangentielle. Cette charge ainsi que la vitesse de déplacement avaient été déterminées pour chaque espèce suite à des essais préliminaires.

Tableau 8. Changements de la teneur en humidité d'équilibre du bois pendant l'essai mécanique.

Humidité relative		État	Bouleau jaune		Hêtre à grandes feuilles	
25°C	50°C		25°C	50°C	25°C	50°C
(%)			(%)		(%)	
58	50,93	désorption	-	-1,11	-	-0,85
76	74,43	désorption	-	-1,93	-	-1,86
86	80,40	désorption	-	-2,39	-0,76	-2,49
90	81,20	désorption	-	-1,94	-0,60	-2,19
96	95,82	désorption	-	-2,52	-	-2,03
96,43	96,70	désorption	-0,71	-2,24	-0,74	-2,11
98,56	98,67	désorption	-0,78	-2,38	-0,76	-2,22
99,49	99,53	désorption	-0,79	-2,59	-0,73	-1,70
99,78	99,80	désorption	-0,56	-1,47	-0,62	-1,65
100	100	saturation intégrale	-0,57	-1,15	-0,69	-1,10

Les valeurs négatives indiquent une perte d'humidité

Ces essais ont servi à évaluer le coefficient de déformation tangentielle (s_{11}) du bois, l'inverse de ce paramètre étant par définition le module d'Young tangentiel (E_T), soit:

$$s_{11} = \frac{1}{E_T} = \frac{\Delta L}{\Delta P} \times \frac{A}{L} \quad (\text{MPa}^{-1})$$

où: $\Delta L / \Delta P$ = pente de la courbe effort-déformation, établie par régression simple sur la partie linéaire de la courbe.

L = longueur sur laquelle est faite la mesure de ΔL ou distance entre les pointes de l'extensomètre

A = aire de la section droite de l'éprouvette (plan radial-longitudinal)

À partir de la courbe sollicitation-déformation, la charge à la limite proportionnelle (P°_T) a été définie par convention comme étant celle où les mesures réelles s'éloignent de un pour cent de celles estimées par régression à partir des valeurs lues dans la partie linéaire de la courbe. Des détails à propos d'une telle limite ont été donnés par Goulet et Veer (1975). Le paramètre s_{11} a aussi été évalué pour les déformations mesurées sur toute la longueur (environ 60 mm) du barreau comprimé, et le calcul de ce paramètre a été réalisé à l'aide d'une macro-commande préparée sur le logiciel Microsoft Excel pour les déformations à 40 mm et 60 mm des échantillons (Michaud et Almeida 2004).

4.3. Détermination du retrait

Les dimensions saturées établies avant les essais de sorption et celles mesurées à l'équilibre hygroscopique avant l'essai de compression, ont servi à calculer les coefficients de retrait partiels du bois de la façon suivante:

$$\beta_{UH} = \frac{d_{US} - d_{UH}}{d_{US}} \times 100 \quad (\%)$$

où : β_{UH} = coefficient de retrait, de l'état saturé jusqu'à la teneur en humidité H , suivant la direction U

d_{US} = dimension de l'échantillon à l'état saturé, suivant la direction U

d_{UH} = dimension correspondante à la teneur en humidité H

En remplaçant dans l'équation précédente la direction U par les dimensions radiales et tangentielles, on obtient les formules de calcul des coefficients de retrait radial (β_{RH}) et

tangentiel (β_{TH}) respectivement. Quant au retrait en volume (β_{VH}), il a été établi par la formule suivante :

$$\beta_{VH} = [\beta_{TH} + \beta_{RH} - (\beta_{TH} \times \beta_{RH})] \times 100 \quad (\%)$$

Les mesures du volume saturé et de la masse anhydre ont également permis de calculer la masse volumique basale (D_b) de la manière suivante:

$$D_b = \frac{M_0}{d_{TS} \times d_{RS} \times d_{LS}} \quad (\text{kg/m}^3)$$

La masse volumique basale du bois est un paramètre de base de son comportement physique, donc de sa résistance mécanique et de son retrait.