CERIBOIS
VOS AMBITIONS, NOTRE EXPERTISE

Rapport de synthèse

Expérimentation sur la conservation par aspersion sur le sapin et l'épicéa

Date : 25/04/2025

Auteur : Pol Gobert – Chargé de projets

Financé par :

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Liberté
Égalité
Fraternité

La Région Auvergne-Rhône-Alpes

04 75 58 59 50
bienvenue@ceribois.com
Rovaltain 14 rue Brillat Savarin
CS 11168 Châteauneuf-sur-Isère – 26958 Valence cedex 9

GLOSSAIRE

Anaérobie : milieu dans lequel l'oxygène est absent.

Anisotrope : matériau dont les propriétés sont différentes selon la direction considérée.

Arrosage en continu : arrosage des bois sur des cycles de longues durées de plusieurs heures.

Arrosage par intermittence : arrosage des bois sur des cycles de courtes durées de plusieurs minutes.

Cavité : volume disponible dans un objet.

Conservation par aspersion : méthode de conservation des bois ronds qui consiste à les asperger d'eau pendant la période estivale et a pour effet d'éviter ou stopper l'activité des agents de dégradation du bois de type fongique et parasitaire.

Conservation par immersion : tout comme la méthode de conservation par aspersion, c'est une méthode qui vise à conserver les bois en les plongeant dans l'eau. La conservation est assurée si, au minimum, 2/3 de la section des grumes est immergée.

Diamètre gros bout : jargon forestier qui désigne le diamètre le plus important de la grume soit le pied de l'arbre avant la coupe.

Dicotylédones : plantes dont la germination laisse place à deux cotylédons. Elles ont la capacité de produire du « bois », autrement dit des tissus secondaires de xylème et phloème, contrairement aux monocotylédones.

Hétéroxylés : catégorie qui regroupe les bois dits « feuillus ».

Homoxylés : catégorie qui regroupe les bois dits « résineux ».

Hydrophile : traduit l'affinité d'un élément à l'eau.

Grume : terme commercial qui définit un arbre abattu et débarrassé de son houppier.

Méthode de dessication : consiste à obtenir la masse de l'eau contenue dans le bois en soustrayant la masse des échantillons secs et humides. Les échantillons sont préalablement pesés puis placés dans une étuve chauffée à 104 °C. Après un séjour de 24 heures, les échantillons sont pesés 2 fois à une heure d'intervalle, si la différence des deux masses est inférieure à 0.1 % alors le bois est à l'état anhydre.

Scolyte : insecte ravageur de la famille des coléoptères, la femelle creuse des galeries dans la région cambiale pour y déposer ses œufs. Après l'éclosion, les larves se nourrissent de la partie vivante de l'arbre, le cambium, entraînant la mortalité de l'hôte.

Teneur en eau : part d'eau contenue dans un bois par rapport à sa masse.

©CERIBOIS - 2025

CONTEXTE

Le bois est un matériau biosourcé créé essentiellement par les dicotylédones. Il est composé de trois biopolymères qui sont la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. Le matériau bois est décrit dans la littérature comme un matériau hydrophile et poreux. Les cavités sont naturellement occupées par de la sève lorsque le bois est à l'état vert, ou par de l'air lorsqu'il est à l'état sec.

De nature, le matériau bois est plus ou moins biodégradable. En fonction des essences de bois, la durabilité naturelle de la matière face aux agents de dégradations, est différente. Cette particularité est liée aux caractéristiques intrinsèques des essences comme la porosité, la teneur en eau ou encore les composés chimiques qui les composent.

L'Histoire nous a montré que des évènements climatiques tels que les tempêtes, les incendies ou encore les crises sanitaires, peuvent fortement impacter le stock de bois en forêt. Néanmoins, le matériau en lui-même conserve sa structure et peut être valorisé dans le process industriel traditionnel. Il devient alors intéressant de pouvoir conserver ces stocks pendant plusieurs mois pour lisser les flux et permettre une valorisation objective des ressources.

Les acteurs de la forêt et de la première transformation du bois ont donc mis au point plusieurs techniques qui permettent de conserver les bois comme l'usage de **produits phytosanitaires**. Ces derniers ont très vite été rejetés, d'une part à cause de leur faible tenue sur les grumes suite aux lessivages répétitifs du produit provoqués par les précipitations, et d'autre part à cause des dégâts environnementaux qu'ils peuvent occasionner.

D'autres techniques de conservation des bois reposent sur l'usage de l'eau. Il s'agit des **conservations par immersion et par aspersion**. Le principe repose sur le maintien d'une teneur en eau élevée des grumes qui priverait le milieu d'oxygène, nécessaire pour l'activité des agents de dégradation. Pour l'immersion, les 2/3 du volume de la grume doivent être plongés sous l'eau (BAYLOT , DIROL, & VAUTHERIN, 1987). Pour l'aspersion, les piles de grumes sont arrosées en continu par des arroseurs traditionnels que l'on retrouve en agriculture.

D'autres voies de conservation plus **marginales** existent comme la conservation sous des bâches hermétiques, la conservation des bois par le froid, la conservation par ensilage ou encore le séchage des grumes par empilement croisé. Elles sont décrites dans le rapport de préconisation[1] paru en juin 2023.

Le changement climatique du XXIe siècle va induire des sécheresses plus fréquentes et des périodes plus chaudes favorisant l'activité des pathogènes. Le temps est court pour espérer une parfaite adaptabilité des forêts. Il existe déjà des cas comme la crise des scolytes de l'épicéa, qui ont fortement augmenté la disponibilité des bois et fait chuter les prix du marché.

[1] Rapport intitulé « une gestion raisonnée de l'eau dans la méthode de conservation des bois ronds par aspersion », écrit par CERIBOIS à destination des scieurs français. Ce document vise à recenser les pratiques actuelles les plus économes en eau.

©CERIBOIS - 2025

La méthode de conservation des bois ronds par aspersion, sous aspersion ou encore sous arrosage, est la méthode privilégiée auprès d'un tiers des scieurs français, notamment grâce à son efficacité, son faible coût, et la disponibilité des grumes qu'elle offre tout au long du processus. Elle est principalement pratiquée sur l'épicéa, le sapin, le douglas et le pin, du côté des résineux, ainsi que sur le chêne et le hêtre du côté des feuillus. Cependant, la technique demande des volumes en eau conséquents (quelques centaines de milliers de m^3 d'eau pour une dizaine milliers de m^3 de bois stockés sous arrosage sur une année) qui peuvent être recyclés, mais dont en moyenne 10 % est perdu par évaporation (voir rapport de préconisation).

Cette méthode a été importée dans les années 70 des États-Unis et a été développée empiriquement en France et dans les pays de l'Union Européenne suite à des événements climatiques.

Les connaissances scientifiques au sujet de la méthode demeurent succinctes. L'hypothèse avancée dans la littérature s'étend sur une efficacité de la méthode lorsque la teneur en eau dans la matière est élevée, ce qui aurait pour incidence d'inhiber la prolifération des agents de dégradation en privant le milieu d'oxygène. Pour des bois hétéroxylés appelés communément feuillus, il s'agirait de maintenir une teneur en eau supérieure à 80 % et pour les bois homoxylés ou encore les bois de résineux, une valeur supérieure à 100 %.

Néanmoins, la teneur en eau dépend principalement de la porosité du bois qui peut être très différente entre les essences. Pour ainsi dire, maintenir une teneur en eau de 80 % pour certaines essences de feuillus ne correspond pas à maintenir des conditions d'anaérobies - milieu exempt d'oxygène - qui est l'hypothèse avancée pour ralentir ou stopper la dégradation de la matière. Par exemple, un peuplier à l'état vert possède une teneur en eau supérieure ou égale à 200 %. En outre, les protocoles scientifiques visant à saturer le bois en eau, préconisent la mise en place de cycles de pression et dépression dans une enceinte close. Il est donc difficilement concevable que par le simple arrosage de pile de bois, la méthode par aspersion permette la saturation en eau de la matière.

L'objectif de cette étude est donc de connaître l'impact de la quantité d'eau apportée dans le processus. Nous verrons dans une première partie, les variations de la teneur en eau des bois suivis au cours de l'expérimentation en fonction des conditions météorologiques et du volume d'eau apporté. Cette étape a fait l'office de prélèvements réguliers de la matière dans des zones pré-identifiées du mois de mai 2024 au mois d'octobre 2024. Nous reviendrons dans un second temps sur le protocole de ces prélèvements. Puis dans une seconde partie, nous étudierons la conservation de la matière une fois les bois sciés. Nous avons suivi le sciage des bois et décrit visuellement leur état de conservation. Par la même occasion nous avons pu prélever des pièces de charpente issues de ces bois et déterminer leur classe de résistance par classement visuel selon la norme NF B52-001-1 et par classement mécanique selon la norme NF EN 408. Ci-dessous, une frise chronologique récapitule les principales étapes du projet (Figure 1).

©CERIBOIS - 2025

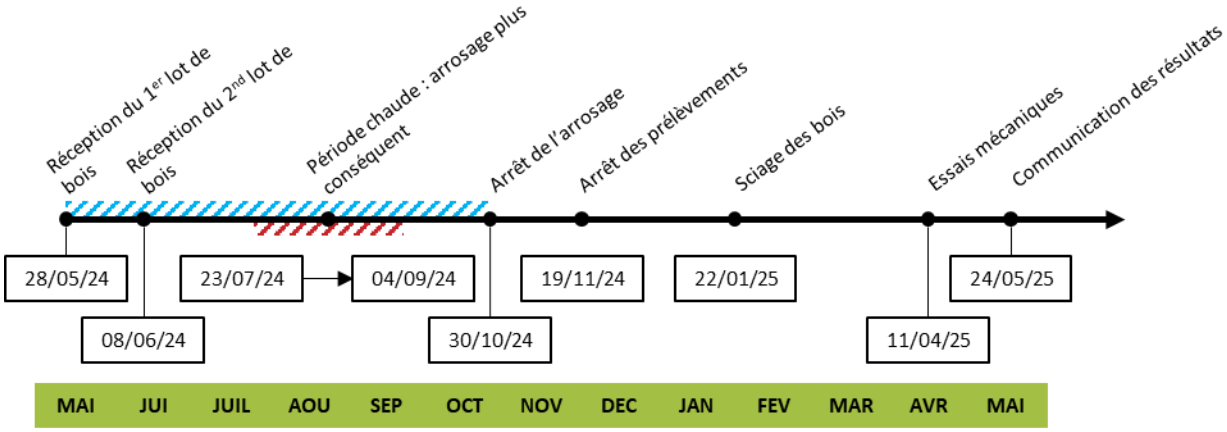

Figure 1 : frise chronologique des étapes du projet

CERIBOIS est un bureau d'études situé à Valence dans la Drôme qui a été créé en 2000. Son activité se définit par 3 métiers : essai, conseil et formation.

Un laboratoire d'essai est présent à CERIBOIS et s'adresse principalement aux produits de la construction. On y retrouve plusieurs bancs d'essais qui servent à définir les valeurs de résistances à rupture, d'acoustiques ou encore d'étanchéités à l'air des produits testés.

L'ingénierie de projet est le métier historique de CERIBOIS. L'objectif en 2000, lorsque CERIBOIS naît, est de créer une structure capable d'accompagner les acteurs de la filière bois sur diverses problématiques liées à la transformation de la matière, à la qualification de la ressource ou encore au développement de produits innovants.

CERIBOIS propose aussi des prestations de formation auprès d'entreprises, sur divers sujets : les certifications et labels des produits bois existants sur le marché, le marquage CE des bois de structure ou encore l'application des finitions sur des menuiseries.

©CERIBOIS - 2025

TABLE DES MATIERES

PARTIE 1 : SUIVI DE LA TENEUR EN EAU 6

MATERIELS ET METHODES 6
L'échantillonnage 6
L'instrumentation 7
La teneur en eau 7
Les données météorologiques 9
RESULTATS 9
La masse volumique pour déterminer l'aubier et le duramen 9
Les variations des profils hydriques des carottes 10
Les variations des profils hydriques des aubiers 11
Les variations des profils hydriques des duramens 11
Les données météorologiques 12
DISCUSSION 13
L'humidité interne du bois frais 13
L'écorce, une barrière isolante 13
La teneur en eau 13

PARTIE 2 : SCIAGE 15

MATERIELS ET METHODES 15
Le suivi du sciage 15
Le classement visuel et mécanique 15
La teneur en eau des grumes en janvier 2025 16
RESULTATS 17
La couleur 17
La présence de singularité 17
L'absence de critères marquant une dégradation apparue au cours du stockage sous arrosage 17
Le classement visuel et la résistance mécanique 19
La teneur en eau des tronçons 21
..... 22
..... 22
DISCUSSION 22

CONCLUSION 24

PARTIE 1 : SUIVI DE LA TENEUR EN EAU

L'expérimentation a débuté à la fin du mois de mai 2024 dans une parcelle attenante aux locaux de la société. Ce projet a bénéficié de la mise à disposition d'environ 60 grumes d'épicéa commun et de sapin pectiné de la **Scierie Blanc** installée à Marches dans la Drôme. Ces grumes proviennent du massif du Vercors et du massif Ardéchois. La livraison a nécessité 3 camions grumiers et a eu lieu le 28/05/2024 pour ¾ des grumes et le 08/06/2024 pour le quart restant. Les grumes ont été arrosées du 28/05/2024 jusqu'au 30/10/2024, soit au total 183 jours.

Cette première partie a pour objectif de suivre finement l'évolution de la masse d'eau contenue dans le bois, qui, rappelons-le, est définie dans la littérature comme le paramètre influent de la conservation par aspersion.

MATERIELS ET METHODES

L'échantillonnage

L'échantillonnage concerne 2 piles d'une quinzaine de grumes d'épicéa commun et 2 piles d'une quinzaine de grumes de sapin pectiné, ainsi que leurs surbilles. Les grumes mesurent 16 mètres de longueur et possèdent des diamètres allant de 40 cm à 90 cm. Les grumes sont orientées dans le même sens, du pied au nez. Les piles ont été distinguées en 2 lots. Chaque lot comprend une pile d'épicéa et une pile de sapin avec différents paramètres d'arrosage qui seront décrits ultérieurement.

Figure 2 : dispositif expérimental des piles d'épicéas et sapins : épicéa lot 1, sapin lot 1, épicéa lot 2, sapin lot 2 (de gauche à droite).

Les grumes sont arrosées par quatre arroseurs de type sprinkler. Deux d'entre eux arrosent les pieds à un débit de 1 500 L/h. Les deux autres, situés en face, arrosent les nez et possèdent un débit de 1 000 L/h.

Les arroseurs propulsent deux jets en simultanée et dans la même direction à un débit moindre pour le jet inférieur. La buse inférieure arrose à l'horizontal et permet le maintien de l'humidité des faces ; quant à la buse supérieure, elle arrose le dessus des grumes, voir Figure 3.

Ce système d'arrosage a été choisi suite aux recommandations présentes dans le rapport de préconisation paru le 19/07/2023.

©CERIBOIS - 2025

Figure 3 : arroseur de type sprinkler à deux buses, avec un jet dirigé à l'horizontal pour l'arrosage des faces, ainsi qu'un jet dirigé vers le haut qui est couplé à un système à impact pour disperser homogènement l'eau.

L'instrumentation

Le temps d'arrosage des piles est de 20min/h, adapté à 30 min/h pour les journées les plus chaudes soit du 23/07/2024 au 04/09/2024. L'arrosage a été appliqué selon deux modalités :

- Les cycles ont été appliqués sur 24 heures pour les piles du lot 1 d'épicéa et de sapin.
- Les cycles ont été appliqués sur la plage horaire de 6 h 00 à 22 h 00 pour les piles du lot 2 d'épicéa et sapin.

La présence de deux électrovannes couplées à un programmateur a permis d'automatiser les temps d'arrosage.

Le débit d'arrivée d'eau nécessaire pour permettre la mise en service des asperseurs est de 3 m^3/h. La ressource en eau utilisée provient du canal de La Bourne, créé historiquement pour l'arrosage des champs agricoles.

La teneur en eau

La première partie de cette expérimentation vise à rendre compte de l'évolution de la teneur en eau des grumes sur une saison de conservation avec des modalités d'arrosage différentes. Pour rappel, la teneur en eau est identifiée comme le paramètre clé de la réussite de cette méthode de conservation, en maintenant les valeurs supérieures à 100 % et 80 % respectivement pour les résineux et feuillus.

Pour ce faire, nous avons décidé de suivre la teneur en eau du 28/05/2024 au 19/11/2024, sur 8 tronçons mesurant un mètre de long comme le montre la Figure 4. Le Tableau 1 est un descriptif des caractéristiques des tronçons qui répertorient : la dénomination de l'échantillon, l'essence, le diamètre, le lieu de prélèvement dans la grume et le pourcentage d'écorce encore présente.

©CERIBOIS - 2025

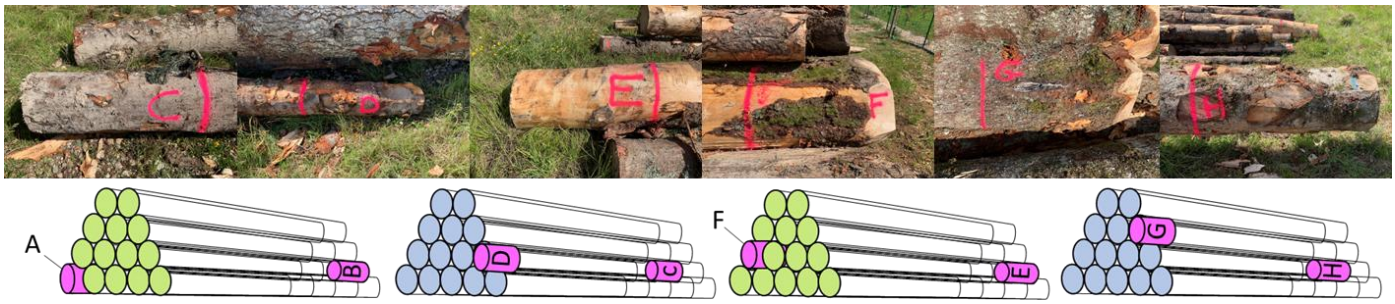

Figure 4 : zones de prélèvement délimitées au pied ou au bout des grumes. Les piles vertes concernent les épicéas et les piles bleue, les sapins.

DESCRIPTIF				
N° ÉCHANTILLON	**ESSENCE**	**DIAMÈTRE (cm)**	**LIEU DE PRÉLÈVEMENT**	**TAUX D'ÉCORCE**
A	ÉPICÉA	51	GROS BOUT	60%
B	ÉPICÉA	36.5	FIN BOUT	60%
C	SAPIN	42	GROS BOUT	95%
D	SAPIN	37	FIN BOUT	70%
E	ÉPICÉA	44	GROS BOUT	0%
F	ÉPICÉA	64.5	FIN BOUT	40%
G	SAPIN	50	GROS BOUT	90%
H	SAPIN	42.5	FIN BOUT	70%

Tableau 1 : descriptif des zones de prélèvements de l'échantillonnage de l'expérimentation.

Une fois par semaine, des carottes de bois de 30 cm de long ont été prélevées. Elles ont été réalisées sur ces tronçons à l'aide d'une tarière de Pressler. Les carottes sont prélevées dans le sens radial du bois puis disposées dans des sachets hermétiques pour éviter les transferts hydriques avec le milieu ambiant pendant les étapes de prélèvements. Elles sont orientées vers la moelle afin d'obtenir l'ensemble des caractéristiques des différents bois (aubier, duramen), puis sont découpées au laboratoire, en 10 échantillons de 3 cm de long (Figure 5).

Figure 5 : photographies de l'outil d'extraction des carottes de bois (tarière de Pressler) avec un sac hermétique utilisé pour limiter les transferts hydriques sur le terrain. Sur l'image de gauche, un échantillon B1 de 3 cm avec la coupelle en inox servant au passage à l'étuve à 105 °C.

Ces échantillons numérotés sont pesés à l'état vert, placés dans une étuve à 105 °C pendant deux heures - durée suffisante pour les rendre anhydre - puis sont de nouveau pesés. La teneur en eau est mesurée par le rapport de la masse d'eau contenue dans le bois et la masse de bois anhydre (Équation 1).

$$W\,\% = \frac{M_H - M_S}{M_S}$$

Équation 1 :
W % = teneur en eau en % ;
M_H = masse humide du bois en g ;
M_S = masse sèche du bois en g

Les données météorologiques

Les données météorologiques sont les paramètres de l'expérimentation non influençables. Nous retiendrons pour le cours de l'étude, les données de la pluviométrie et de la température moyenne journalière.

Elles ont été suivies grâce à la base de données de météo France en libre accès sur leur site. La station de référence prise pour les relevés de cette expérimentation est celle de Valence-Chabeuil située à 13 km à vol d'oiseau du lieu d'expérimentation.

Nous comparerons par la suite les données météorologiques et les variations d'humidité interne des grumes suivies dans l'expérimentation.

RESULTATS

La partie résultats vise à traiter l'évolution des profils hydriques des grumes suivies dans l'expérimentation. Dans un premier temps, nous avons étudié la masse volumique des échantillons de 3 centimètres pour différencier la nature de la matière présente dans la carotte. Nous avons ensuite déterminé la variation de 3 profils hydriques : la carotte, la partie aubieuse et la partie duraminisée. Pour finir, nous avons mis en relation les données météorologiques et les variations d'humidité interne des bois.

La masse volumique pour déterminer l'aubier et le duramen

La masse volumique est calculée dans l'objectif de définir 3 profils hydriques en fonction des caractéristiques des échantillons de 3 centimètres. La visée de cette démarche est de séquencer l'évolution de la teneur en eau des tronçons étudiés à l'échelle de la carotte entière, de l'aubier et du duramen qui composent la carotte. Elle a été mesurée en divisant le volume moyen des échantillons, par leur masse à l'état vert.

En effet, les masses volumiques dépendent en grande partie de la nature du bois. Les échantillons dont la masse volumique est proche de 1 000 $kg.m^{-3}$, représentent la partie aubieuse de l'arbre (Polge, 1964). La limite aubier/duramen est plus marquée chez l'épicéa que chez le sapin, à environ 9 centimètres de l'écorce. Ceci est due à une caractéristique propre du genre Abies qui possède un duramen plus humide que l'épicéa et rend la distinction

©CERIBOIS - 2025

aubier/duramen par mesure de masse volumique, plus difficile voire impossible. (Cochard , Badel, Herbette , & Martin, 2017-2021)

La Figure 6 montre par représentation graphique et histogramme, les valeurs des masses volumiques du 8e prélèvement entre les échantillons d'épicéa et de sapin. Les masses des échantillons d'épicéa sont proches de 1 000 kg.m^{-3} dans les 9 premiers centimètres du prélèvement puis tendent vers 500 kg.m^{-3} dans le reste de la carotte. Cette tendance est observable sur les prélèvements de sapin C et H. À l'inverse, les masses volumiques des échantillons de sapin D et G sont plutôt uniformes sur l'ensemble de la carotte.

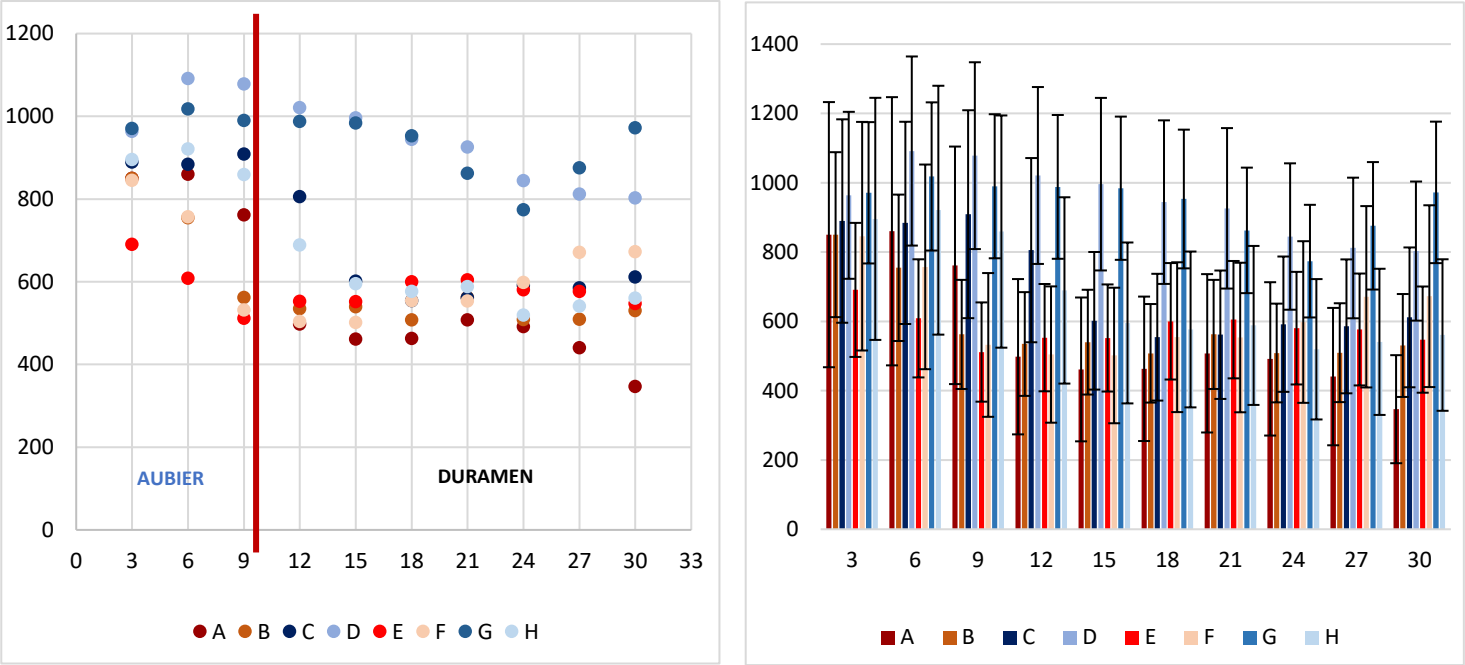

Figure 6 : graphique et histogramme de la moyenne des masses volumiques des échantillons durant l'expérimentation, avec en abscisse les centimètres du prélèvement de l'écorce vers le cœur et en ordonnée la masse volumique exprimée en kg.m^{-3}

Pour la suite de cette étude, il est retenu que la partie aubieuse de l'arbre correspond aux 9 premiers centimètres de la carotte et la partie duramen le reste de la carotte

Les 3 sous-parties suivantes traiteront de ces profils hydriques séquencés.

Les variations des profils hydriques des carottes

En début d'expérimentation, les teneurs en eau des carottes prélevées sur les grumes sont hétérogènes. Les valeurs sont éparses (Figure 7) avec une valeur minimale de 40 % et maximale de 110 %. Cet écart diminue au cours de l'expérimentation avec les valeurs minimale et maximale de 60 % et 100 %, respectivement.

Sur l'ensemble de l'expérimentation, les prélèvements réalisés sur les sapins sont majoritairement plus humides que ceux d'épicéa. Les valeurs varient de ± 20 % à la valeur initiale, mais restent sensiblement proches des valeurs du premier prélèvement. Une certaine tendance au maintien de la teneur en eau se dégage sur l'ensemble des grumes étudiées.

©CERIBOIS - 2025

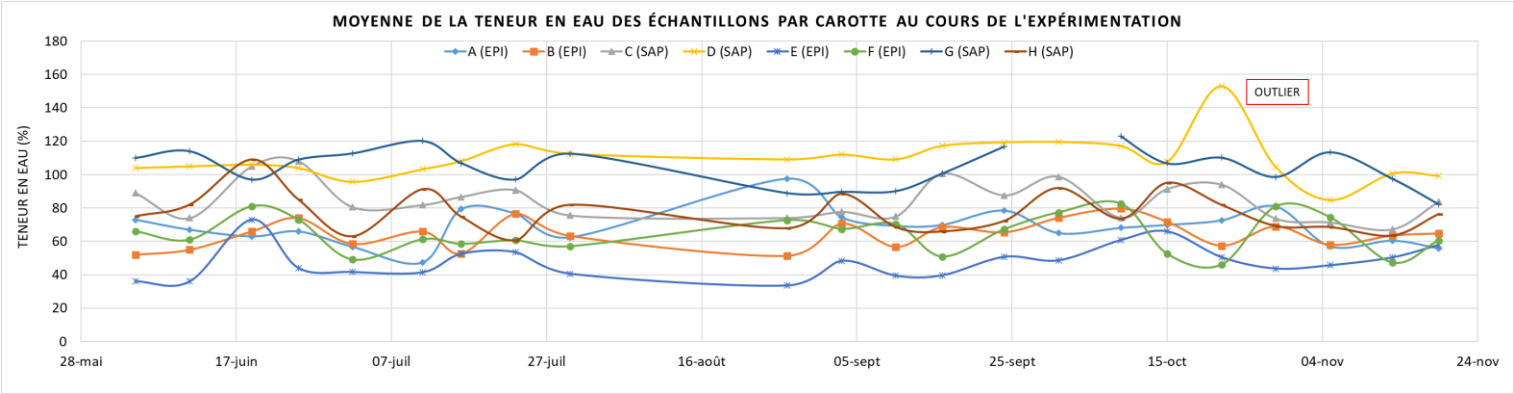

Figure 7 : graphique des moyennes de la teneur en eau des carottes prélevées hebdomadairement au cours de l'expérimentation

Les variations des profils hydriques des aubiers

La teneur en eau des échantillons est supérieure à 100 %, excepté pour deux zones de prélèvements : E et F. Ces deux zones sont dénuées d'écorce, ce qui montre l'importance de cette dernière dans le maintien de la teneur en eau. L'écorce agit comme un véritable isolant, retardant le transfert de l'humidité de la grume vers le milieu extérieur.

Les études précédentes évoquaient la nécessité de conserver la teneur en eau du bois supérieure à 100 % pour les résineux (BAYLOT , DIROL, & VAUTHERIN, 1987). Il semble que cette valeur de référence puisse être obtenue pour la partie aubieuse du sapin et de l'épicéa à conditions que ces derniers soient suffisamment humides au début du processus de conservation. Nous verrons dans le prochain paragraphe que les valeurs pour la partie duraminisée sont bien inférieures à celles de la partie aubieuse.

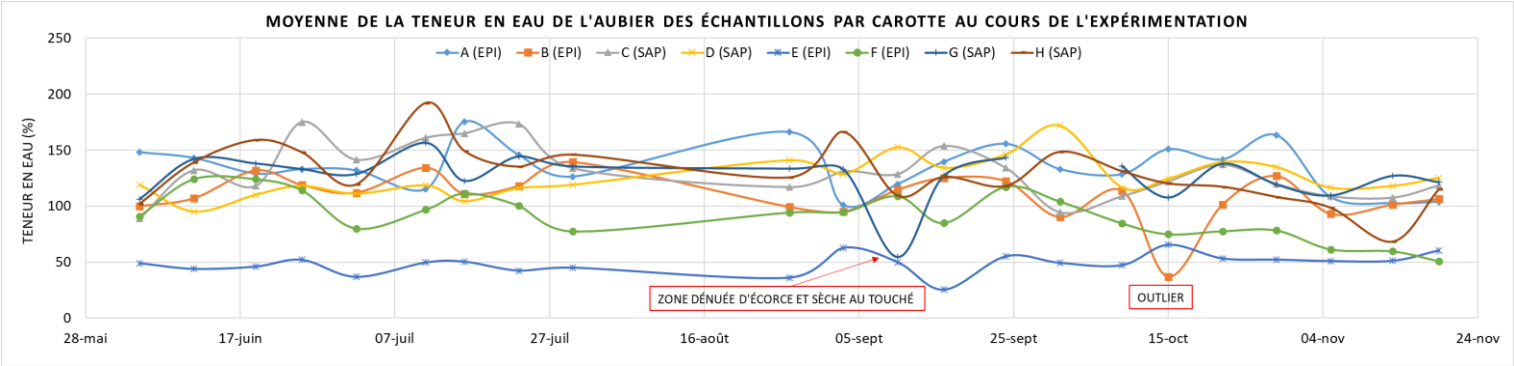

Figure 8 : graphique des moyennes de la teneur en eau des aubiers sur les carottes prélevées hebdomadairement au cours de l'expérimentation

Les variations des profils hydriques des duramens

Les échantillons correspondant aux duramens des carottes prélevées sont plus secs que ceux prélevé dans l'aubier. Exception faite pour les zones de sapin, D et G, dont les teneurs en eau se montrent à plusieurs reprises supérieures à 100 %. Les poches d'eau présentes chez le sapin pourraient être à l'origine de ces teneurs en eau supérieures à la normale pour du duramen.

©CERIBOIS - 2025

À contrario, les échantillons prélevés dans les duramens suivent la même tendance que celle observée dans l'aubier et la carotte : écart entre les valeurs initiales se réduisant au cours du temps.

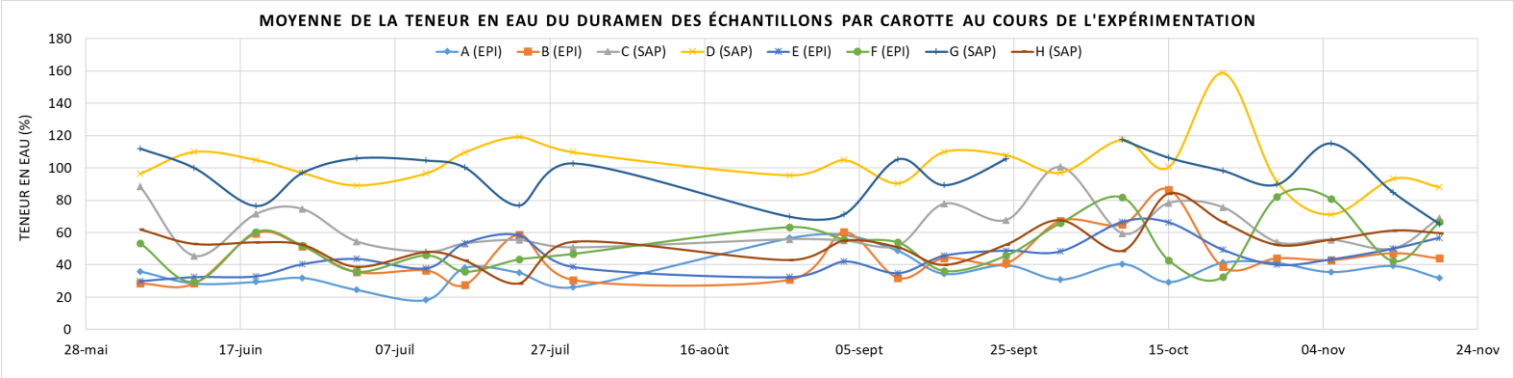

Figure 9 : graphique des moyennes de la teneur en eau des duramens sur les carottes prélevées hebdomadairement au cours de l'expérimentation

Les données météorologiques

Les données météorologiques ont été suivies, grâce à la base de données de la station météo de Chabeuil, pour établir un lien de causalité entre les variations météorologiques et les variations de teneur en eau.

À ce jour, sur l'ensemble des prélèvements, aucune relation entre la météo et les variations de teneur en eau des grumes, n'a pu précisément être déterminée comme le montre la Figure 10.

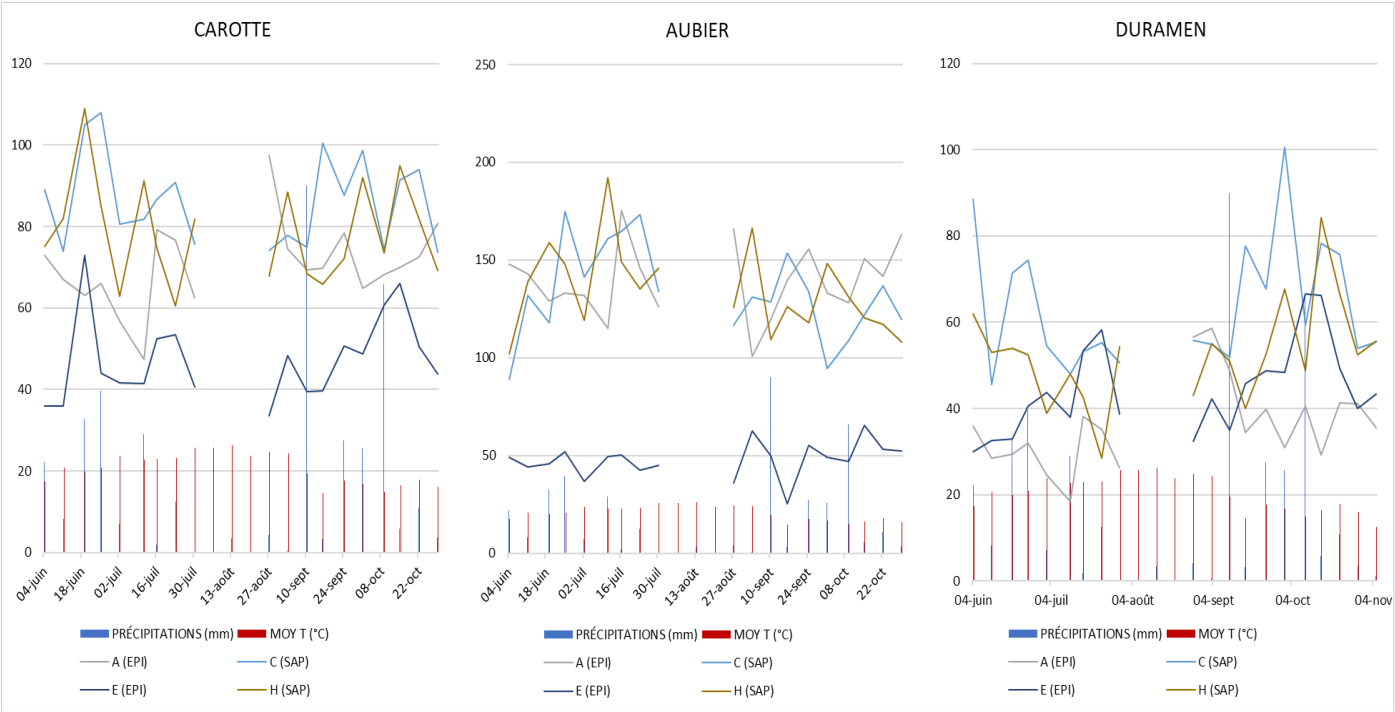

Figure 10 : graphiques présentant les conditions météorologiques et le suivi des teneurs en eau de la carotte entière, de l'aubier et du duramen - exprimées en % - sur 4 tronçons pendant l'expérimentation. Le manque de données entre le 30 juillet et le 27 août s'explique par la non-capacité de prélever la matière sur cette période.

©CERIBOIS - 2025

DISCUSSION

Les résultats obtenus ont permis d'apporter des précisions sur les principes de la conservation. Certaines ont pu être justifiées, précisées et découvertes. Ces constats définissent et affinent les observations faites par le passé dans la littérature. Les paragraphes, ci-dessous, reprennent point par point les avancées faites à ce sujet.

L'humidité interne du bois frais

Lorsqu'un bois arrive déjà plus ou moins sec sur la plateforme, son humidité interne ne pourra approcher la valeur de l'humidité interne d'un bois à l'état vert. Il est donc essentiel d'agir rapidement après la coupe, pour éviter l'exposition des billons aux conditions optimales de celles de la prolifération des agents de dégradation (teneur en eau proche de 30 à 50 %). Le processus d'acheminement vers une plateforme d'arrosage doit être rapide si l'on souhaite préserver l'humidité interne des bois.

Ainsi, le processus d'arrosage semblerait permettre le maintien de l'humidité interne des grumes fraîchement sciées.

L'écorce, une barrière isolante

Les sources bibliographiques affirment que l'écorce joue un rôle fondamental dans la préservation du bois. Elle agirait comme une barrière naturelle, protection physique et mécanique, contre les transferts d'humidité et les attaques de champignons et des insectes.

En effet, la Figure 8 témoigne de cette capacité qu'a l'écorce à influer sur la teneur en eau des bois. Lorsque le prélèvement hebdomadaire du tronçon G a été réalisé dans une zone dénuée d'écorce, la teneur en eau de la carotte était bien inférieure aux prélèvements précédents et suivants. Le tronçon F, lui aussi dénué d'écorce, est le seul à posséder une teneur en eau plus faible dans l'aubier qu'à l'état initial. Dans le même registre, le tronçon E qui ne possède pas d'écorce, s'est vu colonisé dans les premières semaines de l'arrosage par un bleuissement de surface. L'écorce est donc un paramètre non négligeable dans ce processus de conservation du bois.

La teneur en eau

Pour permettre la conservation par aspersion des bois, la valeur annoncée supérieure à 100 % dans la littérature est uniquement atteignable dans la partie aubieuse de l'arbre. Excepté pour deux tronçons de sapins qui possèdent un duramen très humide, les autres grumes ont en moyenne des humidités internes bien inférieures aux 100 % annoncés.

La littérature ne précise pas s'il s'agit de l'ensemble de la matière ou de la partie aubieuse de l'arbre. Nous verrons dans la deuxième partie de ce rapport, que cette condition n'a pas été respectée pour l'ensemble des bois, ce qui n'a pas pour autant entraîner une altération des bois.

©CERIBOIS - 2025

Dans la littérature, il est possible d'arrêter le processus en hiver en se basant sur une température moyenne journalière inférieure ou égale à 10 °C, sans que la qualité du bois en soit impactée. L'arrosage des bois dans le cadre de l'expérimentation a en effet été arrêté lorsque les températures moyennes journalières étaient descendues en dessous des 10 °C. Après 20 jours d'arrêt, l'humidité interne des bois est restée identique à celle du dernier prélèvement et l'état de la matière n'a pas plus été altéré.

©CERIBOIS - 2025

PARTIE 2 : SCIAGE

Cette seconde partie vise à tenir compte de la bonne conservation ou non des grumes stockées sous aspersion. Le sciage a eu lieu à la scierie Blanc, partenaire de l'étude pour :

- La mise à disposition des bois,
- Le temps et la main d'œuvre accordés pour trier les bois,
- La mise à disposition de pièces pour des essais mécaniques.

Les 8 grumes dont la teneur en eau a été suivie, ont été sciées sur une scie à ruban. Le process a été ralenti pour permettre un contrôle visuel de la qualité des pièces.

MATERIELS ET METHODES

Le suivi du sciage

Les 8 grumes, dont la teneur en eau a été suivie dans la partie 1, sont donc sciées à part. Elles sont débitées en 2 ou 3 billons qui sont identifiés et peints selon un code couleur défini. Lors de cette même étape, les longueurs et diamètres médians sont mesurés.

Le sciage au ruban consiste à scier les billons de l'extérieur vers l'intérieur, dans le sens longitudinal. L'opérateur réalise des plateaux qui sont ensuite délignés selon les dimensions que souhaite le marché. La qualité des produits est généralement moyenne. Puis, il réalise des produits à plus fortes valeurs ajoutés dans le bois de qualité supérieure. Dans le cadre de nos sciages, les plateaux sont réalisés en une épaisseur de 6 centimètres, et les produits à forte valeur ajoutée sont standardisés aux sections de 60x180 millimètres.

Figure 11 : photographies des billons marqués pour permettre le suivi dans le processus de sciage comme le montre la photographie à droite

Le classement visuel et mécanique

Après le sciage, un échantillonnage de produits (60x180 mm) est réquisitionné et palettisé pour être séché, en mélange à d'autres essences. Ce processus n'est pas optimal dans le sens où les conditions de séchages entre essences ne sont pas les mêmes. Pour contrer cet effet, nous avons donc pris soin de vérifier la teneur en eau des échantillons à l'issu des essais mécaniques cités ci-dessous.

©CERIBOIS - 2025

Dans un premier temps, les bois sont décrits visuellement selon la norme NF B52-001-1 puis testés mécaniquement sur un banc de rupture en flexion 4 points selon la norme NF EN 408 dans les locaux de CERIBOIS. L'objectif est de pouvoir comparer par deux méthodes d'analyses et normatives, la résistance des bois arrosés par rapport aux caractéristiques habituelles des bois frais de sciages.

L'échantillonnage ne comprend pas l'ensemble des billons sciés puisque certains, de par leur diamètre trop petit, n'ont pas permis de scier des produits de dimensions 60*180 millimètres. Ils n'ont donc pas été testés mécaniquement dans nos locaux.

La teneur en eau des grumes en janvier 2025

Après plusieurs mois sans être arrosées - puisque selon la littérature, en dessous de 10 °C de moyenne journalière, l'arrosage devient inutile - il était judicieux de connaître la teneur en eau des bois. Du fait que les tronçons, qui servaient aux relevés des carottes de bois, ont été coupés ; des rondelles ont été prélevées et des bandes comprenant le diamètre et le centre de l'arbre ont été débitées (Figure 12). La teneur en eau a été calculée avec la même méthode et le même outillage indiqués dans la première partie.

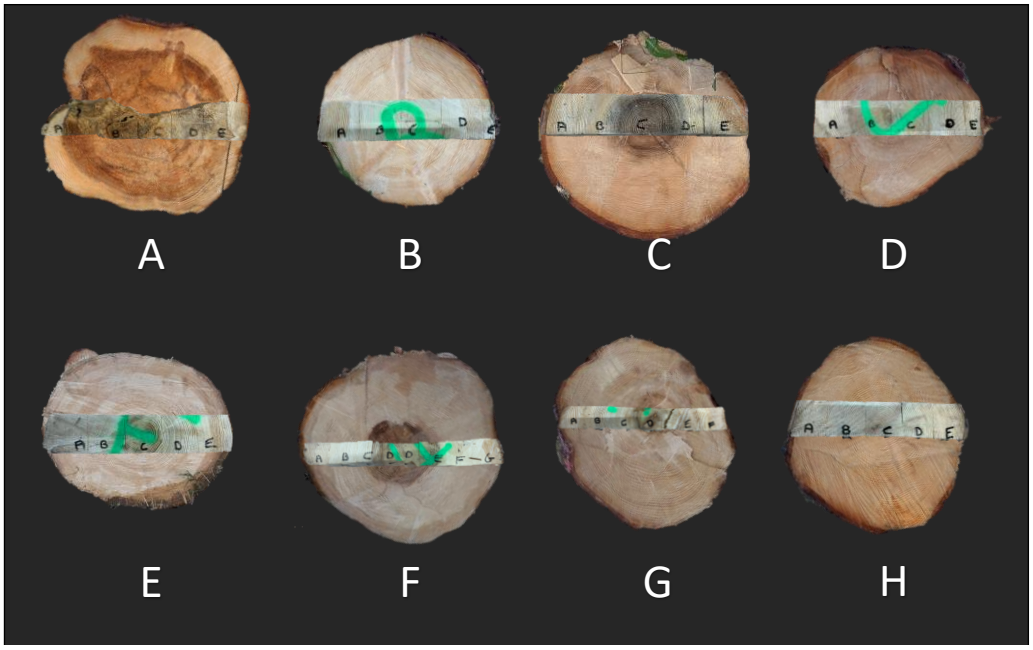

Figure 12 : photographie des tronçons prélevés et des bandes superposées sur la surface des tronçons pour représenter le débit réalisé. Les lettres A, B, E et F représentent les grumes d'épicéas. Tandis que les lettres C, D, G et H représentent les grumes de sapin

La teneur en eau ne dépend pas du volume ou de la masse de l'échantillon. Par conséquent, nous pourrons comparer les résultats entre les teneurs en eau obtenues sur les carottes de prélèvements de la première partie et ces échantillons.

©CERIBOIS - 2025

RESULTATS

L'ensemble des billons ont été analysés visuellement sur le poste de sciage et de délignage. La couleur, la présence ou l'absence de singularité sont détaillées ci-dessous et illustrés par deux maquettes de photos numérotées qui suivent le descriptif.

La couleur

L'épicéa se distingue du sapin par sa couleur nettement plus blanche (cf. photos : 3 – 5 – 6 – 12). Le sapin possède quant à lui un veinage plus foncé (cf. photos : 7 – 14 – 15).

Ces caractéristiques sont vraies pour les bois qui ne possèdent pas d'altération physique. Dans le lot, il y avait deux sujets qui possédaient « un cœur pourri ». Il s'agit des billons de la série A et de la série F. Ils sont représentés respectivement sur les photos 1 et 6.

On ne peut affirmer avec certitude que ces singularités soient apparues au cours de l'expérimentation. Il se peut que l'agent fongique à l'origine de cette altération ait colonisé le sujet lorsqu'il était encore sur pied. Cependant, nous pouvons dire que le processus d'arrosage n'a pas permis de stopper le processus de dégradation. En effet, la prolifération du champignon a continué au cours de l'expérimentation, rendant les derniers prélèvements plus difficiles. La matière délitée empêchait la progression du filetage de la tarière et a rendu la pesée des masses contraignante.

La présence de singularité

Les bois qui ont présenté des singularités sont visibles sur les photographies 4 – 8 – 13. Elles sont dues par des blessures qu'a pu subir l'arbre durant sa vie, ou sont causés par un débit proche des bords du billon en ayant provoqués ces courbes à la place d'arêtes vives.

L'absence de critères marquant une dégradation apparue au cours du stockage sous arrosage

Les défauts esthétiques observables suite à une mauvaise conservation de la matière sous arrosage sont : les piqûres d'insectes, le bleuissement et dans des cas plus rares et sur un temps long, la pourriture de la matière.

Le plus à craindre chez l'épicéa et le sapin, sains de base et conservés sous arrosage, concerne la piqûre d'insecte pouvant parfois creuser jusqu'à 15 centimètres dans l'aubier du bois. Ces défauts ne sont pas apparus au cours de l'expérimentation. Les conditions de l'étude ont permis une bonne conservation des billons.

©CERIBOIS - 2025

Figure 13 : maquettes des photographies réalisées le jour du sciage des bois.

Le classement visuel et la résistance mécanique

Pendant la période qui a suivi le sciage et précédé le séchage des bois réquisitionnés pour réaliser des essais mécaniques, il s'est écoulé un mois durant lequel les bois ont été stockés à l'abri de la pluie dans un entrepôt ventilé. En une quinzaine de jours, les pièces de sapins ont été colonisées par des agents fongiques de bleuissement dont leur mycélium recouvrait les faces transversales des pièces. Le bleuissement est très déprécié dans le marché de la construction. Cependant, il n'altère en rien les qualités mécaniques des pièces de bois. En comparaison et aux dires des scieurs, ce phénomène n'est pas observable avec des bois fraîchement sciés et stockés plusieurs semaines dans des conditions similaires. De fait, il est possible que les extractibles contenus dans les grumes, aux propriétés antioxydantes, aient été lessivés pendant l'expérimentation, entraînant ainsi la colonisation de bleuissement. (Kebbi-Benkeder, 2016), (Kelsey, 1989).

La pourriture a pu être observée sur des pièces de sapin pendant le classement visuel. Ce développement fongique, visible uniquement sur le sapin et non l'épicéa, peut s'expliquer par la tendance du genre Abies à sécher moins vite que l'épicéa. En effet, les pièces sciées ont été séchées selon le cycle de séchage pour les épicéas, entraînant ainsi un séchage non-optimal et des taux d'humidité supérieurs à 12 % pour les sapins après essais (Tableau 2).

Le classement visuel des bois et les essais mécaniques sont satisfaisants pour le module de rupture et la masse volumique.

Pour le module d'élasticité local, l'ensemble des bois ont été déclassés (Tableau 2). Le module d'élasticité peut être influencé par cinq paramètres intrinsèques à la matière : la température, l'humidité, la densité, le bois de compression ou la modification de la structure du bois à l'échelle cellulaire.

L'essai a été réalisé dans les conditions définis dans la norme NF EN 408 soit une température ambiante de 20°C ± 2°C. L'humidité interne des pièces varie de 12% à 36% avec 2 pièces sur les 16, supérieures à 20 % d'humidité. Néanmoins, l'ensemble des pièces, mêmes celles qui présentent des taux d'humidité satisfaisants, possèdent des modules d'élasticités médiocres.

La présence de bois de compression sur l'ensemble des pièces caractérisées semble exagérée, dans le sens où le bois de compression ne forme pas l'ensemble de la matière d'un arbre et reste marginal par rapport au bois normalement constitué.

Des recherches affirment qu'à long terme, l'activité de bactéries pourrait affecter les parois cellulaires, notamment la couche S2 responsable des caractéristiques mécaniques du bois. Auquel cas, le module de rupture en serait aussi impacté.

Nous avons comparé nos données mécaniques à des essais vibratoires permettant de définir le module d'élasticité par la mesure de la vitesse de propagation de l'onde et de sa fréquence. Ces essais ont été réalisés sur des éprouvettes d'environ 50 centimètres de long, grâce à un appareil développé pour l'industrie de la marque Innodura TB (Figure 14). Cet appareil est plutôt destiné à des pièces de grandes longueurs, environ 3 à 5 mètres. Ces essais sont donc une première approche du module d'élasticité par mode vibratoire, mais ne constituent en rien une méthode normative comme la flexion 4 points définie précédemment.

©CERIBOIS - 2025

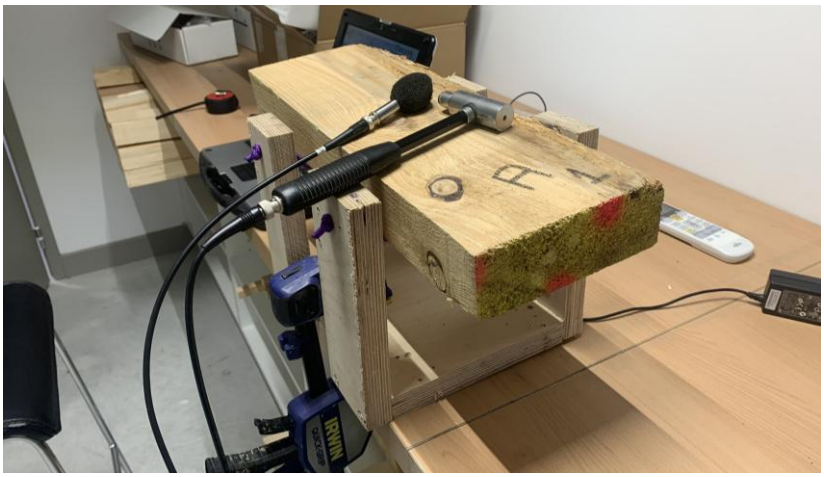

Figure 14 : montage sur lequel repose une éprouvette qui sera frappée sur sa face transversale avec le marteau visible sur la photographie. Le micro sera quant à lui positionné proche de cette même face transversale pour faire l'acquisition de l'onde.

Cependant, les valeurs obtenues à la suite de ces essais sont très proches des valeurs obtenues sur l'essai de flexion 4 points, déclassant ainsi la majorité des pièces testées, malgré le fait que l'échantillon représente uniquement l'extrémité des pièces et non toute leur longueur.

Eprouvette	Masse (g)	Hauteur (cm)	Largeur (cm)	Epaisseur (cm)	Teneur en eau	Masse volumique (kg.m^{-3})	Module à rupture (Mpa)	Module élastique - flexion 4 points (Mpa)	Module élastique - essais vibratoire (Mpa)	Classement Visuel	Classement Masse volumique	Classement module à rupture	Classement module d'élasticité - flexion 4 points	Classement module d'élasticité - essais vibratoire	Classement final (sans MOE)
A1	377,17	6,3	11,3	11,6	15%	484	20	3 060	5 272	Exclus	C30	C18	Exclus	Exclus	**C18**
A2	125,39	6,2	5,9	8	12%	454	22	4 818	7 351	C18	C24	C18	Exclus	Exclus	**C18**
B1	171,43	6,3	7	10	13%	412	42	6 142	9 002	C18	C18	C30	Exclus	C18	**C18**
B2	484,92	6,2	13,6	14,5	13%	420	36	4 968	3 977	C18	C24	C30	Exclus	Exclus	**C24**
C1	348,38	5,3	6,4	17,2	29%	632	18	2 416	5 460	Exclus	C30	C16	Exclus	Exclus	**C16**
C2	276,32	6,3	8	12	16%	484	24	5 153	11 062	Exclus	C30	C18	Exclus	C30	**C18**
C3	405,74	6,4	10,8	11,9	20%	522	32	4 853	5 668	C24	C30	C30	Exclus	Exclus	**C30**
D1	567,79	6	10,7	16,8	14%	558	32	6 065	8 257	Exclus	C30	C30	Exclus	Exclus	**C30**
F1	154,76	5,6	6,1	11,5	12%	417	27	5 442	8 470	C18	C18	C24	Exclus	Exclus	**C18**
F2	301,29	6	6,4	16,9	18%	492	21	5 447	2 776	C18	C30	C18	Exclus	Exclus	**C18**
F3	118,08	5,5	5,2	6,1	12%	717	6	3 560	5 386	Exclus	C30	Exclus	Exclus	Exclus	**Exclus**
G1	259,71	6,2	7,4	11,2	15%	535	36	4 850	17 521	C24	C30	C30	Exclus	C30	**C30**
G2	220,08	5,7	6,3	13,6	14%	477	43	6 338	4 296	C30	C30	C30	Exclus	Exclus	**C30**
H1	216,96	5,1	6,4	10,4	36%	676	26	3 418	5 471	C18	C30	C24	Exclus	Exclus	**C24**
H2	136,59	5,3	6,2	9,9	15%	445	21	5 294	-	C18	C24	C18	Exclus	-	**C18**
H3	219,13	6,2	6,8	12,7	12%	434	18	2 467	7 343	Exclus	C24	C18	Exclus	Exclus	**C18**

Tableau 2 : résultats par éprouvette des classements visuels, des essais vibratoire et mécaniques en flexion 4 points.

Il serait intéressant de pouvoir classer mécaniquement et par analyse vibratoire, des bois issus d'une même parcelle, frais de sciage, et stockés sous arrosage pendant une saison de conservation, afin de comparer leur module d'élasticité.

©CERIBOIS - 2025

La teneur en eau des tronçons

Les valeurs de la teneur en eau des morceaux prélevés dans la longueur des billons corroborent la véracité des valeurs obtenues dans la première partie de l'expérimentation. Cependant, il est important de garder à l'esprit que les prélèvements de carottes étaient uniquement réalisés sur les 30 premiers centimètres des billons. Les figures 12 et 13 représentent, quant à elle, l'ensemble du diamètre des billons variant de 36 cm à 65 cm.

La distinction aubier/duramen pour les différentes valeurs de teneur en eau apparaissent clairement sur le graphique qui concerne les sapins. Elle est moins évidente pour l'épicéa, même si une tendance se dégage à la hausse ou à la baisse de la teneur en eau, en fonction de la distance au centre de la grume. Pour une majorité d'échantillons, on observe une courbe en U avec au point le plus bas, le centre de l'arbre (la moelle), excepté pour les épicéas E et F, qui possèdent en leur centre une teneur en eau élevée. Nous noterons par ailleurs que ces tronçons sont ceux qui possédaient le moins d'écorce et dont le cœur présentait des signes d'altérations fongiques.

Nous pouvons affirmer que la répartition des teneurs en eau des tronçons de sapins, sur leur longueur, est plus homogène que ceux des épicéas. Leur duramen présente des teneurs en eau légèrement supérieures à 50%. À contrario, les valeurs de teneur en eau des duramens des épicéas sont de 35 %, 115 % et 187 %. L'écart-type entre les valeurs minimales et maximales dans l'aubier du sapin est de 75 %, avec des valeurs essentiellement supérieures à 100 %. Ce même écart est de 140 % pour l'épicéa, avec une valeur minimale de 38 % et maximale de 177 %.

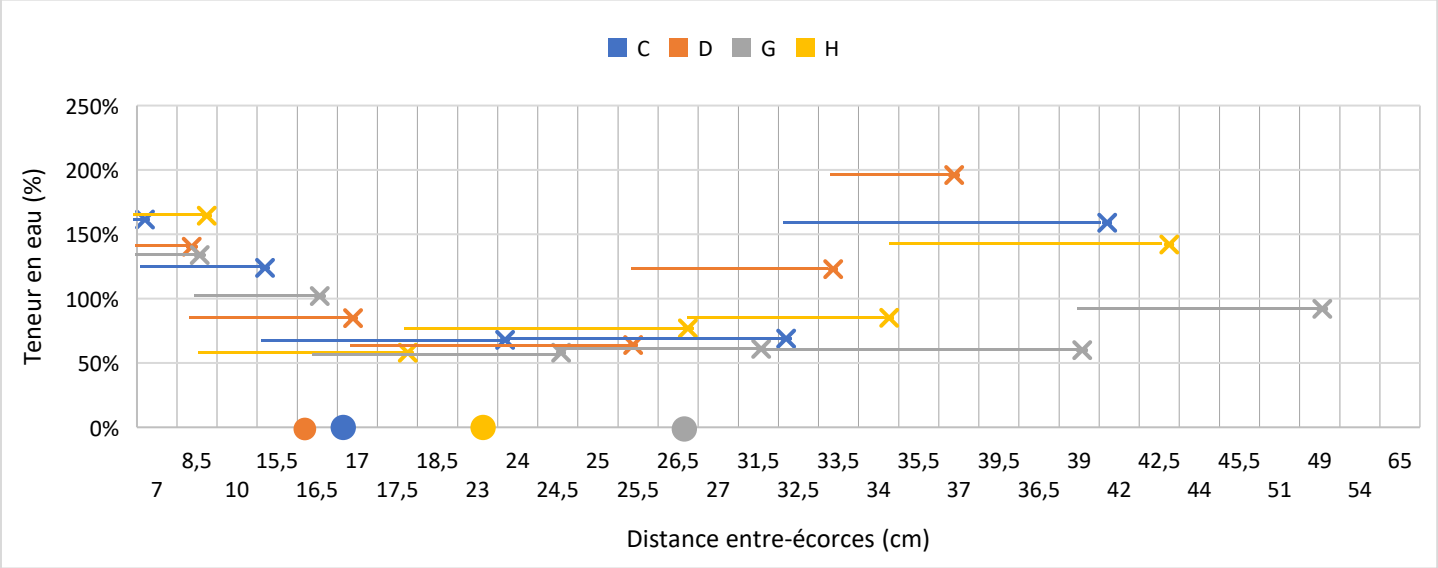

Figure 15 : teneur en eau des tronçons de sapin d'une écorce à l'autre en passant par le centre représenté par un rond, sur l'axe des abscisses, de la couleur de sa série respective. Les barres matérialisent la teneur en eau de l'échantillon sur sa longueur

©CERIBOIS - 2025

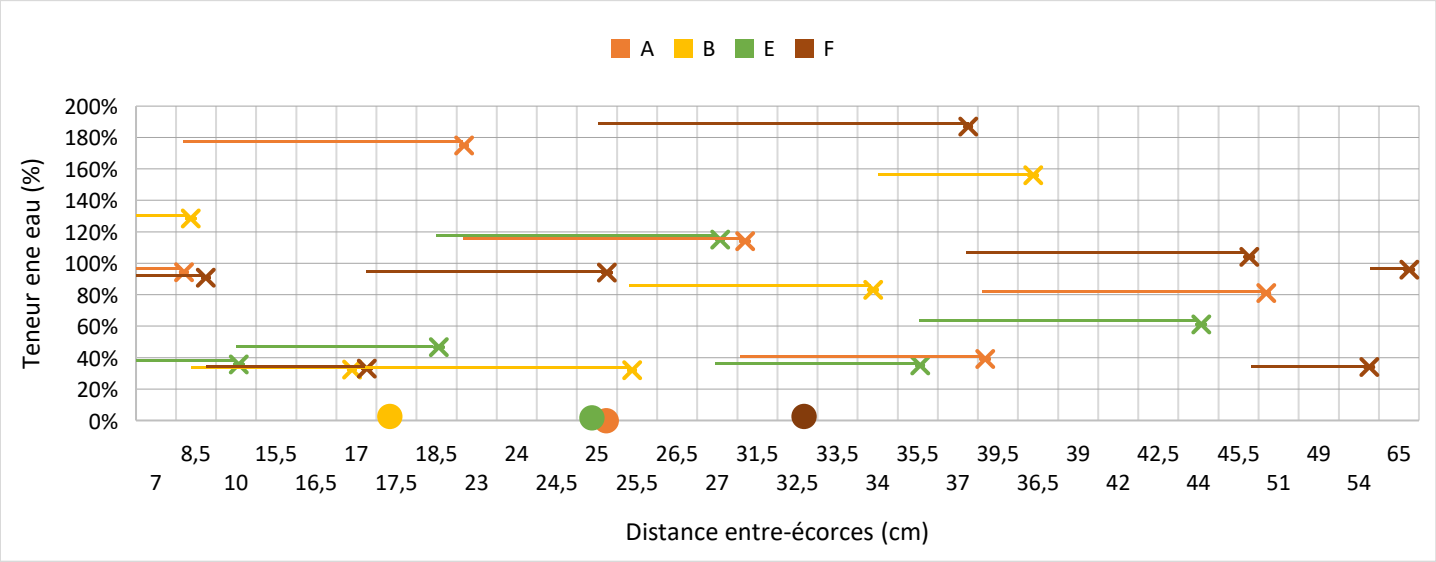

Figure 16 : teneur en eau des tronçons d'épicéas d'une écorce à l'autre en passant par le centre représenté par un rond, sur l'axe des abscisses, de la couleur de sa série respective. Les barres matérialisent la teneur en eau de l'échantillon sur sa longueur

DISCUSSION

Au cours de cette expérimentation, l'objectif est de montrer que la réduction de la quantité d'eau apportée dans le processus est possible, de valider scientifiquement les propos établis dans la littérature et de comprendre en partie le processus qui permet de conserver les bois. Nous avons donc paramétré des conditions d'arrosages différentes entre chaque lot comprenant respectivement deux piles d'épicéa commun et de sapin pectiné et dont deux témoins par pile ont permis le suivi de l'humidité interne de la matière.

Nous pouvons affirmer qu'il n'existe aucune différence de conservation entre les bois qui ont été arrosés et pas arrosés, la nuit. Ce premier constat est assez encourageant pour les économies d'eau.

Lorsque les températures moyennes journalières baissent en dessous des 10 °C, vers la fin du mois d'octobre, les transferts hydriques entre les grumes et le milieu ambiant semblent être à l'état d'équilibre et n'entraîne pas une diminution de l'humidité interne. Les tronçons débités possèdent des valeurs d'humidité interne proche de ceux des carottes.

Néanmoins, une teneur en eau élevée ne justifie pas une conservation parfaite de la matière. Si l'on prend l'exemple des témoins F et A, on se rend compte que malgré une teneur en eau élevée en leur centre, la matière au cœur de ces tronçons était en état de décomposition avancée. Nous avons aisément pu déliter la matière entre nos mains, signe qu'un agent fongique et plus précisément de la famille des pourritures, a colonisé la matière. Par ailleurs, le tronçon E présentait une teneur en eau bien inférieure, mais n'a montré aucun signe de dégradation lié à une mauvaise conservation.

©CERIBOIS - 2025

Autre constat, après sciage, les bois ont été stockés dans un entrepôt ventilé, et plusieurs d'entre eux ont très vite été colonisés par des agents fongiques (bleuissement et pourriture). Comparés aux sciages de bois frais, il semblerait que les bois arrosés ont tendance à être plus vulnérables face aux agents fongiques dû au lessivage des extractibles dans le bois arrosé.

En ce qui concerne les valeurs de résistance mécanique des pièces prélevées au cours du sciage, elles sont :

- Corrélées avec les valeurs déterminées par le classement visuel selon la norme NF B 52001
- Correctes aux vues de la qualité des bois pour le module de rupture et la masse volumique.

Les modules d'élasticité sont quant à eux, tous inférieures aux valeurs normatives, excluant du classement l'ensemble des pièces testées en flexion 4 points.

Dans le cadre de nos essais, la présence de bois de compression pourrait répondre en partie aux valeurs basses des modules d'élasticité obtenus. Néanmoins, des essais supplémentaires seront nécessaires pour vérifier ces hypothèses.

©CERIBOIS - 2025

CONCLUSION

L'expérimentation s'est composée de plusieurs essais représentés par la frise chronologique ci-dessous :

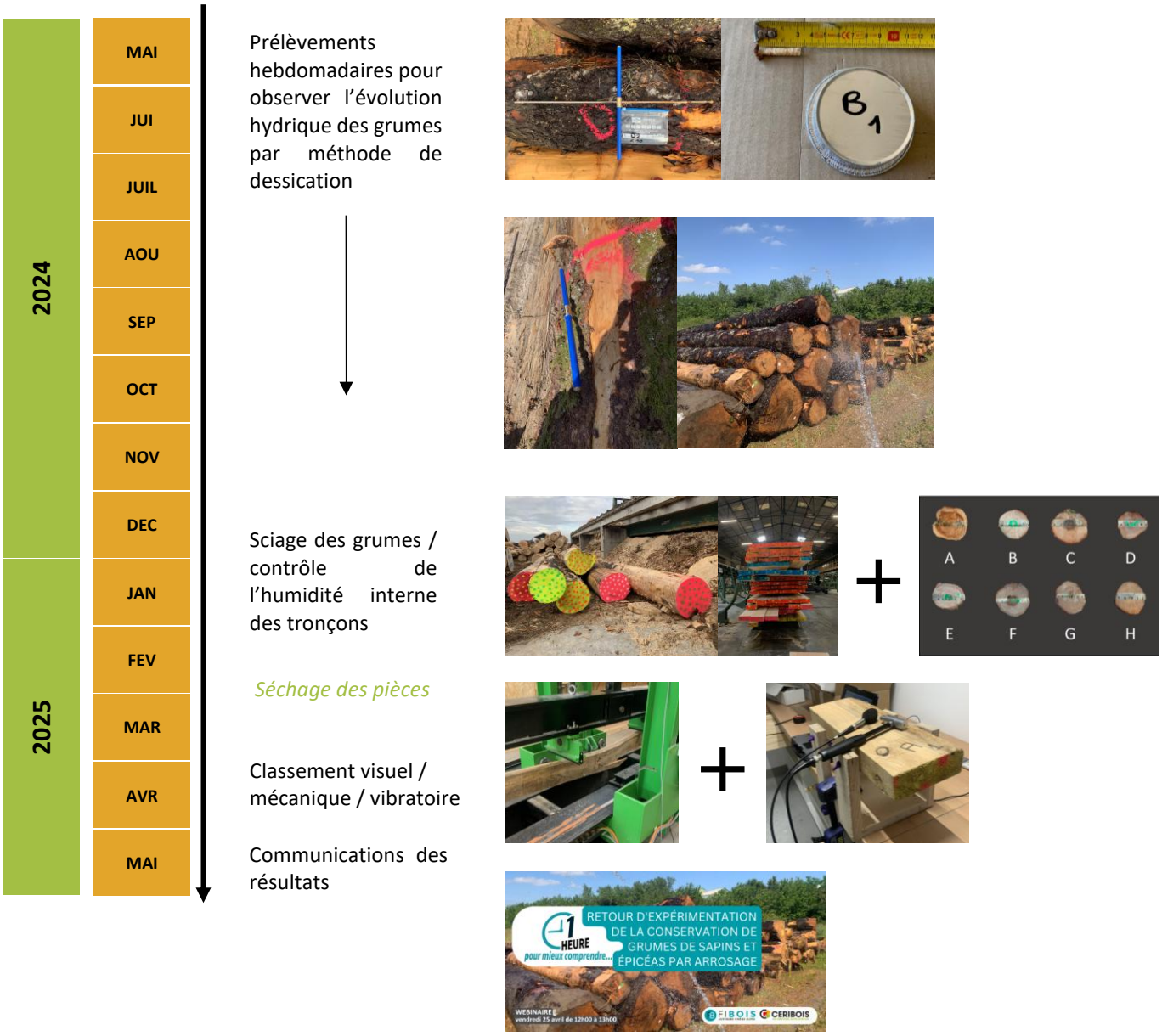

Figure 17 : échelle temporelle des étapes clés réalisées dans le cadre de l'expérimentation et illustrées par des photographies

Elle a permis de mettre en évidence des pratiques connues mais non expérimentées scientifiquement à ce jour telles que les cycles d'arrosage en alternance. Néanmoins, elle montre aussi que l'humidité interne n'est pas le seul facteur à prendre en compte dans la méthode.

Dans l'objectif d'améliorer la méthode, il serait nécessaire de mener une phase de recherches complémentaires où est étudiée l'influence qu'à la conservation par aspersion sur l'activité des agents pathogènes.

Nous conclurons donc cette étude par une fiche pratique qui pourra dès demain faire évoluer les pratiques vers une conservation par aspersion plus sobre.

- Les bois plus ou moins secs, conservés sous arrosage, auront toujours des humidités plus faibles que les bois verts. La méthode semble agir sur le maintien de la teneur en eau des grumes.
- Travailler en cycles à conditions que les jets se croisent au milieu des grumes et que les faces soient arrosées.
- Il est possible d'envisager l'arrosage des grumes selon des cycles et d'arrêter l'arrosage la nuit comme le présente l'étude.
- La conservation de l'écorce sur la grume permet un meilleur maintien de l'humidité interne du bois.
- Pour éviter la contamination en forêt des bois et la baisse de la teneur en eau, il est important d'évacuer rapidement les bois de la coupe (Elowsson , Torbjorn, Liukko, & Kari, 1995)
- Les bois déjà contaminés par un agent fongique ne doivent pas être conservés sous arrosage. Il y a aussi en risque de diffusion de l'agent fongique en cas de recyclage de l'eau.
- Les prélèvements de la matière par tarière de Pressler permettent de connaître l'état du bois et la teneur en eau du bois par méthode de dessication. Ils peuvent être réalisés en cas de doute et permettre un pilotage plus fin de l'arrosage.
- Arrêter l'arrosage en dessous de 10 °C de moyenne journalière.
- Les bois arrosés, surtout les sapins, peuvent être sensibles à la colonisation d'agents fongiques après le sciage. Ne pas tarder à les sécher.

NB : L'expérimentation a été réalisée à l'échelle réduite. Il est donc nécessaire de prévoir un arrosage plus conséquent, en termes de temps d'arrosage ou de volume d'eau apporté, en fonction du volume de bois à conserver.

©CERIBOIS - 2025

BIBLIOGRAPHIE

BAYLOT , J., DIROL, D., & VAUTHERIN, P. (1987). La conservation des bois ronds par voie humide. R .F .F. (XXXIX - 4), 347-358.

Bontemps, A. (2023). Comportement mécanique des éléments de structure en bois de sapin pectiné soumis à un environnement variable. Thèse, 52-61. Clermont-ferrand. doi:NNT : 2023UCFA0016 . tel-04151652

Cochard , H., Badel, E., Herbette , S., & Martin, L. (2017-2021). Projet Sap-In. Comprendre les mécanismes de la formation des "poches d'eau" du bois et des dépérissements du Sapin pectiné pour mieux utiliser et pérenniser la ressource forestière en Région ARA.

Elowsson , Torbjorn, Liukko, & Kari. (1995). How to achieve effective wet storage of pine logs (Pinus sylvestris) with a minimum amount of water.

GRANIER, A., TROUY-JACQUEMET, M.-C., & CRUIZIAT, P. (2024). Anatomie des éléments du système vasculaire des plantes. Récupéré sur Les Plantes & l'eau: https://www.plantes-et-eau.fr/documentation/etats-et-transferts-hydriques-dans-et-a-travers-la-plante/19-anatomie-des-voies-de-transfert-de-l-eau-dans-la-plante/113-anatomie-des-elements-du-systeme-vasculaire-des-plantes#nbdp25

Kebbi-Benkeder, Z. D. (2016). Les noeuds : un bois méconnu et une source importante de composés extractibles. Revue forestière française. doi:https://doi.org/10.4267/2042/61591

Kelsey, R. a. (1989). Distribution and variation of extractable total phenols and tannins in the logs of 4 conifers after 1 year on the ground.

Polge, H. (1964). Délimitation de l'aubier et du bois de coeur par analyse densitométrique de clichés radiographiques. Annales des sciences forestières.

Riguelle , S., Lésire , C., Hébert , J., & Jourez, B. (2015). Etude de la qualité du bois d'épicéa conservé sous bâches hermétiques. Forêt Wallonne(137), 61-68.

Ceribois, (2023). OUVRAGE DE PRÉCONISATION : une gestion raisonnée de l’eau dans la méthode de conservation des bois ronds par aspersion. https://www.ceribois.com/aspersion

©CERIBOIS - 2025

TABLES DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : FRISE CHRONOLOGIQUE DES ETAPES DU PROJET 4
FIGURE 2 : DISPOSITIF EXPERIMENTAL DES PILES D'EPICEAS ET SAPINS : EPICEA LOT 1, SAPIN LOT 1, EPICEA LOT 2, SAPIN LOT 2 (DE GAUCHE A DROITE)..... 6
FIGURE 3 : ARROSEUR DE TYPE SPRINKLER A DEUX BUSES, AVEC UN JET DIRIGE A L'HORIZONTAL POUR L'ARROSAGE DES FACES, AINSI QU'UN JET DIRIGE VERS LE HAUT QUI EST COUPLE A UN SYSTEME A IMPACT POUR DISPERSER HOMOGENEMENT L'EAU. 7
FIGURE 4 : ZONES DE PRELEVEMENT DELIMITEES AU PIED OU AU BOUT DES GRUMES. LES PILES VERTES CONCERNENT LES EPICEAS ET LES PILES BLEUE, LES SAPINS. 8
FIGURE 5 : PHOTOGRAPHIES DE L'OUTIL D'EXTRACTION DES CAROTTES DE BOIS (TARIERE DE PRESSLER) AVEC UN SAC HERMETIQUE UTILISE POUR LIMITER LES TRANSFERTS HYDRIQUES SUR LE TERRAIN. SUR L'IMAGE DE GAUCHE, UN ECHANTILLON B1 DE 3 CM AVEC LA COUPELLE EN INOX SERVANT AU PASSAGE A L'ETUVE A 105 °C. 8
FIGURE 6 : GRAPHIQUE ET HISTOGRAMME DE LA MOYENNE DES MASSES VOLUMIQUES DES ECHANTILLONS DURANT L'EXPERIMENTATION, AVEC EN ABSCISSE LES CENTIMETRES DU PRELEVEMENT DE L'ECORCE VERS LE CŒUR ET EN ORDONNEE LA MASSE VOLUMIQUE EXPRIMEE EN KG.M^{-3} 10
FIGURE 7 : GRAPHIQUE DES MOYENNES DE LA TENEUR EN EAU DES CAROTTES PRELEVEES HEBDOMADAIREMENT AU COURS DE L'EXPERIMENTATION..... 11
FIGURE 8 : GRAPHIQUE DES MOYENNES DE LA TENEUR EN EAU DES AUBIERS SUR LES CAROTTES PRELEVEES HEBDOMADAIREMENT AU COURS DE L'EXPERIMENTATION..... 11
FIGURE 9 : GRAPHIQUE DES MOYENNES DE LA TENEUR EN EAU DES DURAMENS SUR LES CAROTTES PRELEVEES HEBDOMADAIREMENT AU COURS DE L'EXPERIMENTATION..... 12
FIGURE 10 : GRAPHIQUES PRESENTANT LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET LE SUIVI DES TENEURS EN EAU DE LA CAROTTE ENTIERE, DE L'AUBIER ET DU DURAMEN - EXPRIMEES EN % - SUR 4 TRONÇONS PENDANT L'EXPERIMENTATION. LE MANQUE DE DONNEES ENTRE LE 30 JUILLET ET LE 27 AOUT S'EXPLIQUE PAR LA NON-CAPACITE DE PRELEVER LA MATIERE SUR CETTE PERIODE. 12
FIGURE 11 : PHOTOGRAPHIES DES BILLONS MARQUES POUR PERMETTRE LE SUIVI DANS LE PROCESSUS DE SCIAGE COMME LE MONTRE LA PHOTOGRAPHIE A DROITE 15
FIGURE 12 : PHOTOGRAPHIE DES TRONÇONS PRELEVES ET DES BANDES SUPERPOSEES SUR LA SURFACE DES TRONÇONS POUR REPRESENTER LE DEBIT REALISE. LES LETTRES A, B, E ET F REPRESENTENT LES GRUMES D'EPICEAS. TANDIS QUE LES LETTRES C, D, G ET H REPRESENTENT LES GRUMES DE SAPIN..... 16
FIGURE 13 : MAQUETTES DES PHOTOGRAPHIES REALISEES LE JOUR DU SCIAGE DES BOIS..... 18
FIGURE 14 : MONTAGE SUR LEQUEL REPOSE UNE EPROUVETTE QUI SERA FRAPPEE SUR SA FACE TRANSVERSALE AVEC LE MARTEAU VISIBLE SUR LA PHOTOGRAPHIE. LE MICRO SERA QUANT A LUI POSITIONNE PROCHE DE CETTE MEME FACE TRANSVERSALE POUR FAIRE L'ACQUISITION DE L'ONDE. 20
FIGURE 15 : TENEUR EN EAU DES TRONÇONS DE SAPIN D'UNE ECORCE A L'AUTRE EN PASSANT PAR LE CENTRE REPRESENTE PAR UN ROND, SUR L'AXE DES ABSCISSES, DE LA COULEUR DE SA SERIE RESPECTIVE. LES BARRES MATERIALISENT LA TENEUR EN EAU DE L'ECHANTILLON SUR SA LONGUEUR..... 21
FIGURE 16 : TENEUR EN EAU DES TRONÇONS D'EPICEAS D'UNE ECORCE A L'AUTRE EN PASSANT PAR LE CENTRE REPRESENTE PAR UN ROND, SUR L'AXE DES ABSCISSES, DE LA COULEUR DE SA SERIE RESPECTIVE. LES BARRES MATERIALISENT LA TENEUR EN EAU DE L'ECHANTILLON SUR SA LONGUEUR..... 22
FIGURE 17 : ECHELLE TEMPORELLE DES ETAPES CLES REALISEES DANS LE CADRE DE L'EXPERIMENTATION ET ILLUSTREES PAR DES PHOTOGRAPHIES 24

©CERIBOIS - 2025