COOLWOOD®

Procédé innovant de stockage et de conservation des bois bruts et semi-transformés par maîtrise de la température et de l'humidité

UNE CONSERVATION DES BOIS OPTIMALE, UNE CONSOMMATION D'EAU MINIMALE !

Visitez notre site Web : www.coolwood.fr

Gardez vos bois au frais
et retrouvez-les intacts.

—

De la grume au sciage,
le froid stoppe le temps !

COOLWOOD® EN BREF

Concept Technique

Basse température
Stoppe les bactéries, champignons, insectes

Hygrométrie élevée
Evite le séchage, les fentes et les gerces

Conservation parfaite
Très peu d'eau, aucun produit chimique

Proposition de valeur

Maintien intégral
Les bois restent dans leur état frais d'origine

Logistique sécurisée
Pas de boue, des grumes non-alourdies

Valorisation maximale
Pour les essences nobles et pour les bois blancs

Maturité technologique

Validation scientifique
Programme ANR (2013-2017, 48 mois)

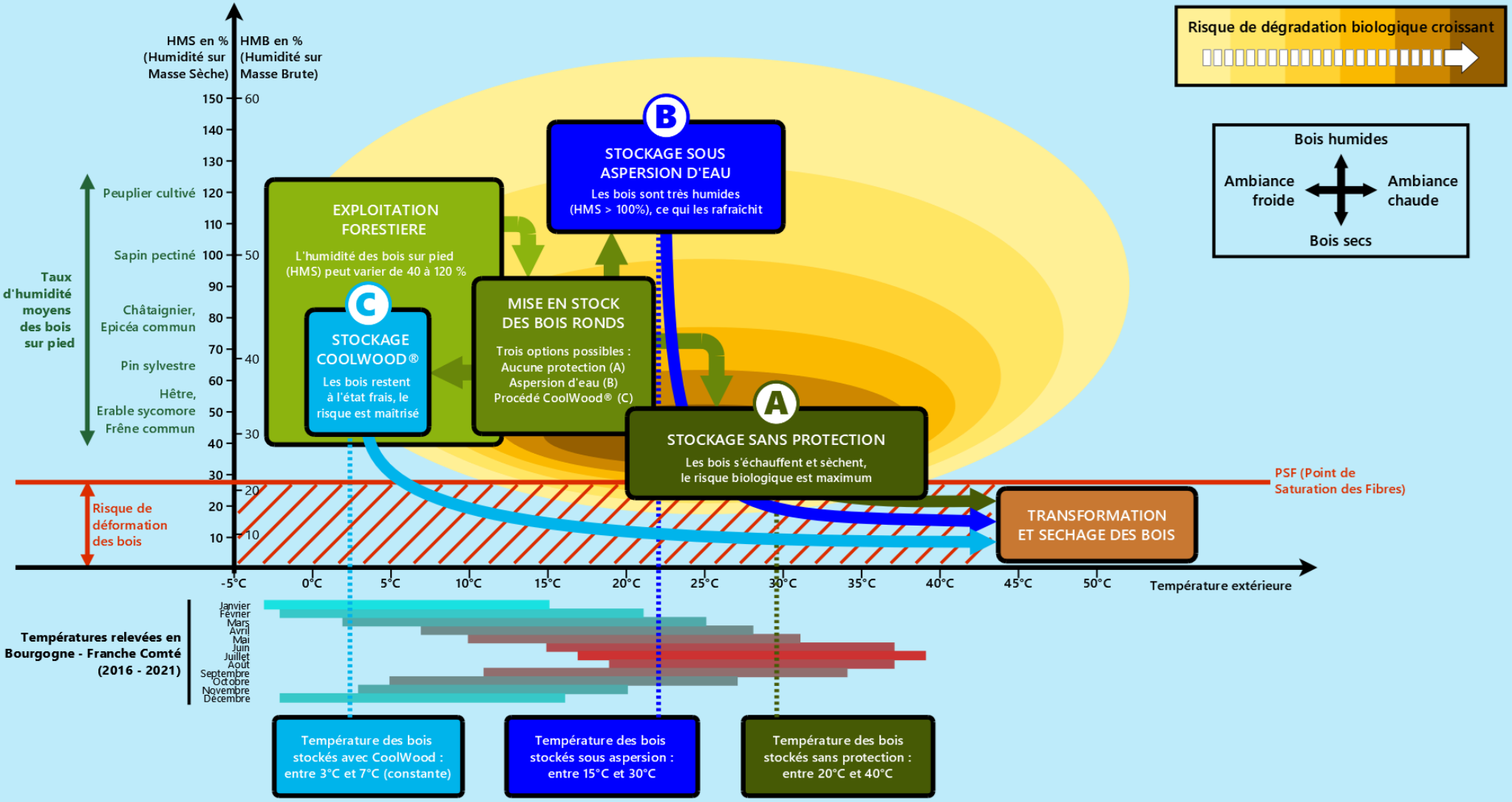
Validation industrielle
Programme PEI-AGRI (2022-2024, 36 mois)

Niveau TRL 8 à 9 *
Système éprouvé en conditions réelles (scierie)

* **TRL** : Technology Readiness Level (niveau de maturité technologique). **TRL 8** : système complet et qualifié. **TRL 9** : système réel éprouvé dans un environnement opérationnel.

COOLWOOD®, LE FONCTIONNEMENT DU PROCÉDÉ

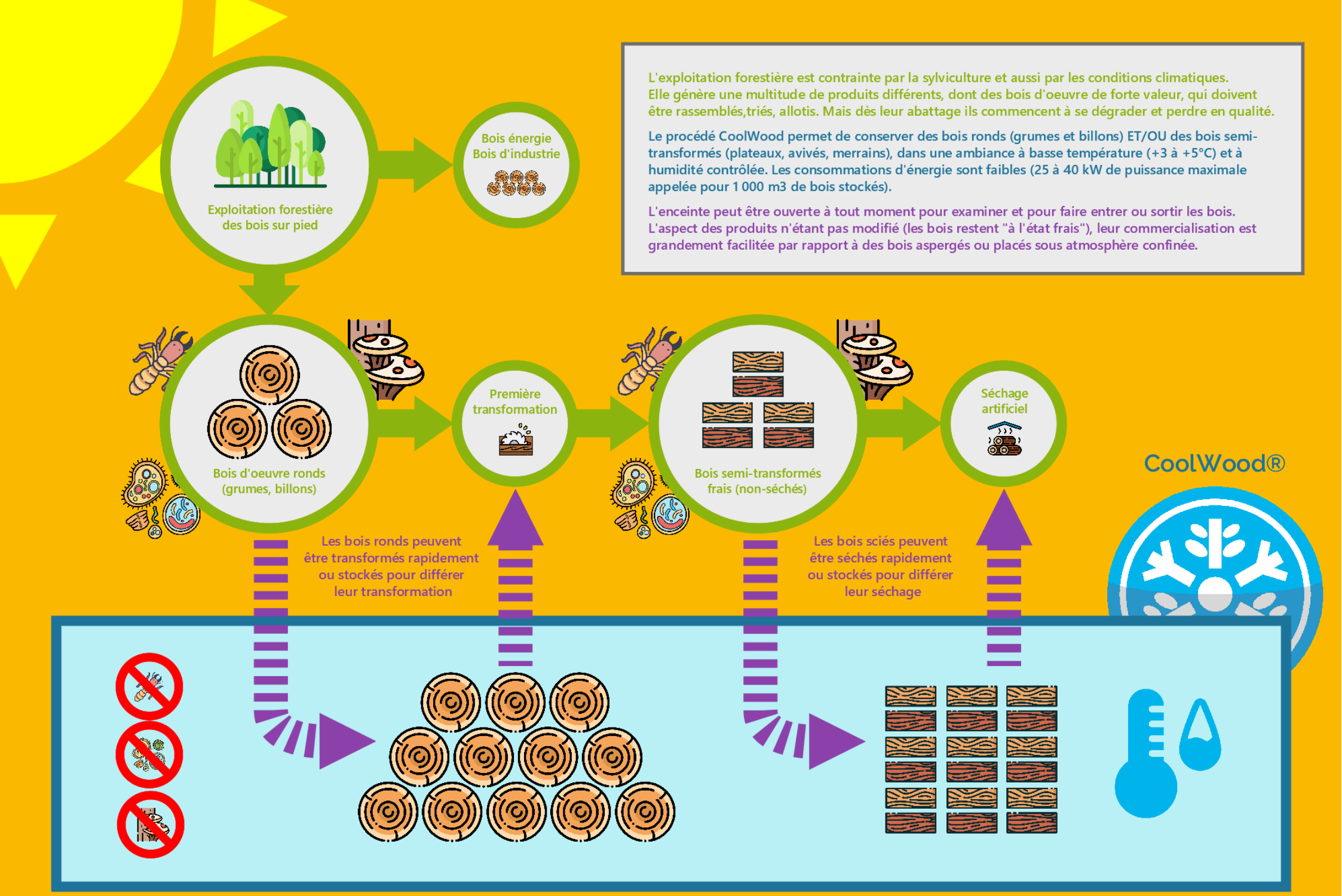
Méthodes de stockage des bois ronds : sans protection (A), aspersion d'eau (B), CoolWood® (C)



L'exploitation forestière est contrainte par la sylviculture et aussi par les conditions climatiques. Elle génère une multitude de produits différents, dont des bois d'oeuvre de forte valeur, qui doivent être rassemblés,triés, allotis. Mais dès leur abattage ils commencent à se dégrader et perdre en qualité.

Le procédé CoolWood permet de conserver des bois ronds (grumes et billons) ET/OU des bois semi-transformés (plateaux, avivés, merrains), dans une ambiance à basse température (+3 à +5°C) et à humidité contrôlée. Les consommations d'énergie sont faibles (25 à 40 kW de puissance maximale appelée pour 1 000 m3 de bois stockés).

L'enceinte peut être ouverte à tout moment pour examiner et pour faire entrer ou sortir les bois. L'aspect des produits n'étant pas modifié (les bois restent "à l'état frais"), leur commercialisation est grandement facilitée par rapport à des bois aspergés ou placés sous atmosphère confinée.



Les produits bois sont conservés "à l'état frais" dans une enceinte maintenue à basse température et à humidité contrôlée

COOLWOOD®, SES APPLICATIONS (1/2)

1. Découplage de l'exploitation et du sciage

Suppression des ruptures d'approvisionnement dues aux contraintes météorologiques.

Maintien de la fraîcheur des grumes d'une saison à l'autre ou d'une année à l'autre.

Amortissement optimal des outils de production grâce aux bois frais disponibles toute l'année.

2. Allotissement et valorisation commerciale

Regroupement spatial et temporel des bois rares et précieux dispersés dans les coupes.

Valorisation des bois exceptionnels qui sont souvent "noyés" au milieu des autres produits.

Constitution de lots homogènes avec des volumes suffisants pour intéresser les acheteurs.

COOLWOOD®, SES APPLICATIONS (2/2)

3. Gestion des crises forestières (tempêtes, épidémies...)

Arme opérationnelle pour stocker d'urgence après des tempêtes ou épidémies.

Lissage de l'apport de bois sur le marché pour éviter l'effondrement des cours.

Conservation de longue durée sans obligation de brader rapidement la ressource.

4. Spéculation et contrats d'approvisionnement

Achat des grumes au meilleur moment, quand les cours sont au plus bas dans l'année.

Différé de vente sur les essences volatiles lors des hausses de marché.

Garantie d'approvisionnement (quantité, qualité) pour les contrats annuels.

COOLWOOD®, SON EFFICACITÉ TECHNIQUE (1/4)

RÉSULTATS ISSUS DES TRAVAUX DES LABORATOIRES LERMAB ET LERFOB

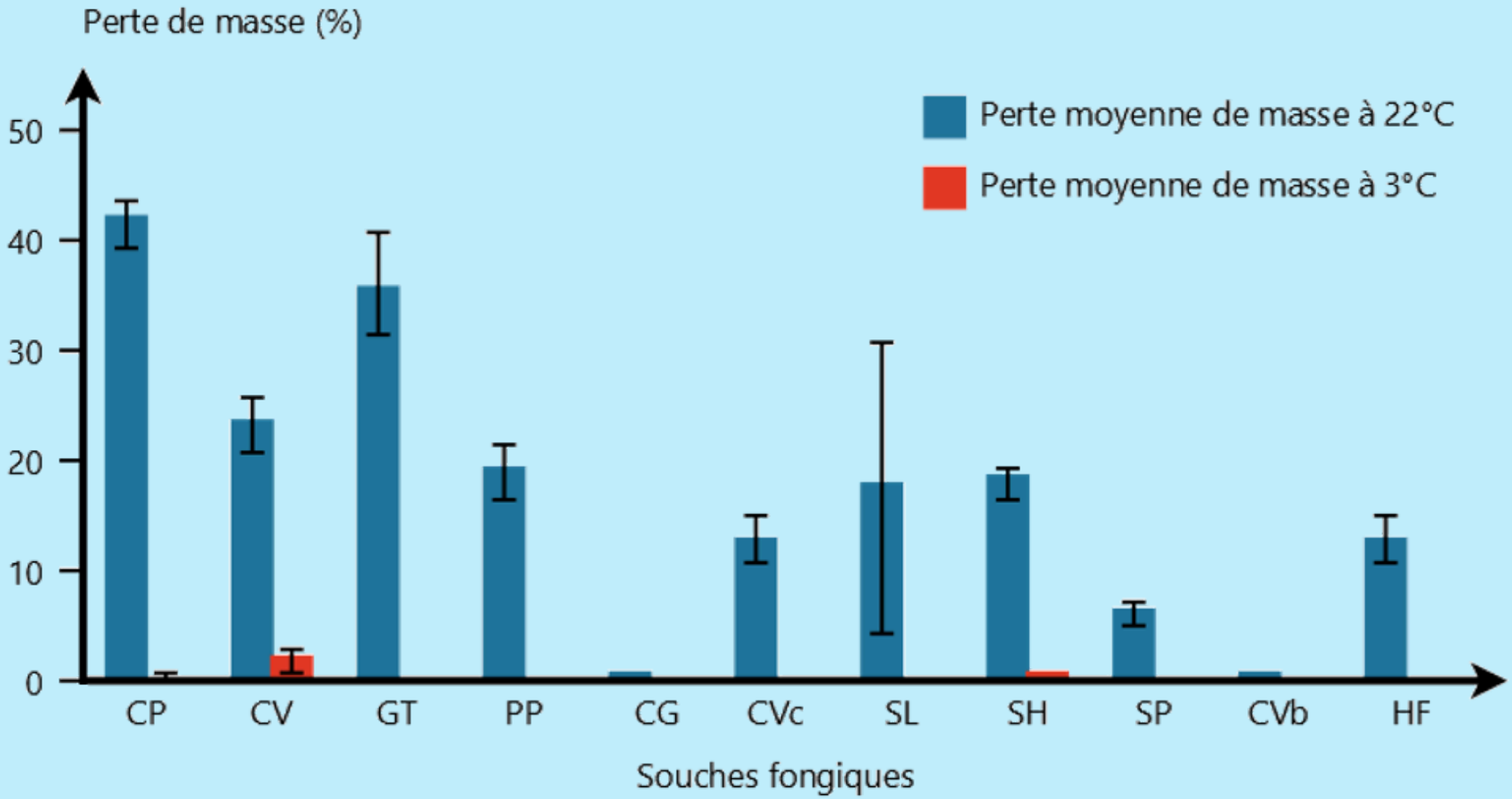
Inhibition fongique : le LERMAB a montré que la dégradation du hêtre (essence fragile) est quasi-nulle à 3°C tandis qu'elle peut atteindre jusque 40% à 22°C (voir graphe ci-après). Le LERFOB a confirmé ces résultats grâce à plusieurs rotations longues (un an et plus) de stockage de billons de différentes essences dans des enceintes climatiques.

Propriétés mécaniques : l'intégrité mécanique et dimensionnelle des bois est préservée. Les tests menés par le LERFOB en sortie de stockage CoolWood® ont notamment montré un maintien intégral de la résistance des bois en flexion.

Slicing test : les bois stockés avec CoolWood® voient leur humidité interne homogénéisée, ce qui réduit les tensions internes susceptibles de provoquer des déformations, gerces ou fentes, après séchage (résultats vérifiés par le LERFOB au cours de tests).

COOLWOOD®, SON EFFICACITÉ TECHNIQUE (2/4)

Perte de masse d'échantillons de hêtre soumis à dégradation par différents champignons, à 3°C ou 22°C (LERMAB, 2017)



COOLWOOD®, SON EFFICACITÉ TECHNIQUE (3/4)

Bois ronds (grumes et billons)

CoolWood® permet un **stockage des grumes et billons frais** en sortie d'exploitation ou sur parc, **sans aspersion d'eau ni produits chimiques**.

La couleur des bois et leurs tanins sont totalement préservés (résultats mesurés par le LERMAB avant et après sciage de hêtre blanc).

Les tests du LERMAB et du LERFOB ont montré que **le procédé bloque efficacement le bleuissement, l'échauffure et les attaques des xylophages**, y compris sur de longues durées.

Le LERMAB et le LERFOB ont montré que l'hygrométrie élevée de l'atmosphère de stockage conserve les produits dans un état de fraîcheur et que **l'humidité interne des bois reste au-dessus du PSF** (Point de Saturation des Fibres), évitant les retraits et déformations des bois ronds (grumes et billons).

COOLWOOD®, SON EFFICACITÉ TECHNIQUE (4/4)

Bois semi-transformés (plots, avivés, merrains...)

Contrairement à l'aspersion d'eau qui ne concerne que les bois ronds, **CoolWood® permet un stockage des débits (plots, avivés, placages...)** en attente de leur passage au séchoir. Cette application a été mise en oeuvre à l'échelle industrielle par la Scierie Margaritelli (Fontaines, 71).

Le procédé bloque efficacement le développement des champignons qui provoquent notamment l'échauffure et le bleuissement sur les débits frais (pertes esthétiques).

Les propriétés organoleptiques des merrains sont conservées intactes car les tanins et autres extractibles sont totalement préservés.

Le stockage des produits semi-transformés avec CoolWood® provoque une **homogénéisation de l'humidité interne des bois** qui empêche les déformations lors du séchage ultérieur.

COOLWOOD® ET LES BESOINS EN EAU

Les besoins en eau de CoolWood® sont quasiment nuls, c'est ce qui lui a valu d'être labellisé par le Pôle de Compétitivité Hydreos dès 2013, élément important dans le cadre des critères ESG (Environnement, Social et Gouvernance) et RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises).

Zéro rejet et zéro pollution des eaux : CoolWood® ne produit aucun rejet d'eau usée et évite le délavage des tanins et extractibles (contrairement à l'aspersion qui génère une forte DBO).

Simplicité réglementaire : sans prélèvements d'eau, CoolWood® s'affranchit des arrêtés sécheresse et relève du régime ICPE 1532 (bois sec).

Simplfication du suivi : CoolWood® facilite la surveillance des sites par rapport à l'aspersion qui nécessite un suivi permanent à cause du vent, des gicleurs qui peuvent se boucher... Si les bois sont mal arrosés, on crée les conditions idéales de développement des agents dégradateurs.

Logistique à sec : CoolWood® évite les parcs à grumes boueux (les sols restent secs et sûrs) ainsi que l'alourdissement des grumes (jusqu'à 150 % du poids des bois frais avec l'aspersion).

COOLWOOD® ET LES BESOINS EN ÉNERGIE

Les besoins en énergie du procédé CoolWood® restent modérés : pour 1 000 m^3 de bois stockés, la puissance moyenne s'établit entre 8 et 15 kW électriques d'avril / mai à octobre, soit 15 à 25 kW de puissance froid (consommation d'environ 80 MWhé/an). La puissance électrique maximale appelée est de 25 à 40 kW (entrée des grumes en stock et mise en température).

L'énergie biomasse contenue dans les produits connexes issus du sciage de 100 m^3 de grumes fournit assez d'énergie pour stocker 1 000 à 2 000 m^3 de bois sur une année entière. Il y a aussi **adéquation parfaite entre les pics de besoins de froid en été et l'autoconsommation en solaire photovoltaïque**.

La méthode d'aspersion d'eau génère une surconsommation d'énergie pour le séchage ultérieur des bois. **CoolWood® évite une saturation en eau inutile et permet une réduction drastique du temps de séchage** qui devient aussi **moins énergivore**.

COOLWOOD® ET L'ENVIRONNEMENT

Le procédé CoolWood® affiche une consommation d'eau quasi nulle, cette sobriété lui a valu d'être labellisé dès 2013 par le Pôle de Compétitivité Hydreos.

Les bois n'étant soumis à aucun ruissellement d'eau, **l'intégralité de leurs extractibles naturels est conservée** et **leur durabilité naturelle** est préservée, ce qui **évite toute contamination des écosystèmes aquatiques** et **réduit la dépendance aux traitements chimiques ultérieurs**.

Le procédé CoolWood® est frugal en énergie et par rapport à l'aspersion il **réduit les besoins en énergie du séchage aval**. Son impact carbone dépend de l'origine du mix électrique utilisé.

Il s'applique aux bois ronds comme aux débits frais et **permet d'économiser 5 à 10% de matière première par rapport à l'aspersion**, évitant le gaspillage des bois précieux récoltés en forêt.

Il garantit **une logistique "au sec" sur un sol propre et préservé**, ainsi que **des autorisations d'implantation rapides et sans aléa réglementaire (ICPE, IOTA)**.

COMPARATIF : COOLWOOD® VS ASPERSION D'EAU (1/2)

Caractéristiques	CoolWood®	Aspersion
Produits bois	Bois ronds + bois transformés	Bois ronds uniquement
Essences	Efficace pour toutes essences	Exclut bois blancs et bois nobles
Maintien de la qualité	Optimal (mécanique et esthétique)	Colorations, lessivage
Examen des bois	Toujours possible (idem bois frais)	Limité (les bois changent d'aspect)
Besoins en eau	Quasi-nuls (zéro rejet)	Importants (+ rejets polluants)
Besoins en électricité	8 à 15 kWé / 1000 m^3 (froid)	2 à 5 kWé / 1000 m^3 (pompes...)
Flexibilité	Implantation possible hors réseaux	Nécessité d'un appro. en eau
Logistique	Sol sec, poids des bois "normal"	Boue, bois alourdis et glissants
Suivi et surveillance	Réduits (régulation automatique)	Permanents (vent, colmatages...)

COMPARATIF : COOLWOOD® VS ASPERSION D'EAU (2/2)

Caractéristiques	CoolWood®	Aspersion
Séchage des débits	Séchage de débits frais	Séchage de débits saturés en eau
Imprégnation des bois	Equivalente à des bois frais	Surconsommation de produits
Autorisations	ICPE 1532 (dépôt bois sec)	Contraintes ICPE 1531 + IOTA*
Coût (sur 20 ans)**	40 à 58 € HT/m^3/an pour 1000 m^3	6 à 32 € HT/m^3/an pour 1000 m^3
Surcoût (valeur)	Néant (conservation optimale)	Pertes mécaniques et esthétiques
Surcoût (séchage)	Néant (séchage idem bois frais)	+20 à +50% en durée et énergie
Surcoût (traitement)	Néant (tanins préservés)	+25% en produits de traitement

* **La réglementation IOTA** (Installations, Ouvrages, Travaux et Activités) encadre les projets non domestiques ayant un impact sur l'eau et les milieux aquatiques.

** **Coût indicatif** : chaque projet doit faire l'objet d'une étude technique et économique précise.

TEMPÊTES, ÉPIDÉMIES ET DÉPÉRISSEMENTS

Les tempêtes, des catastrophes forestières

Vents violents et tempêtes : chaque année, plusieurs tempêtes touchent la France. Certaines sont particulièrement violentes (Lothar et Martin, 1999, plus de 130 millions de m^3 de chablis ; Klaus, 2009, 42 millions de m^3 de chablis) et provoquent des effondrements des marchés.

Les indicateurs de gestion durable (IGN, 2026)

Accélération des dépérissements : la mortalité des arbres est en forte hausse (+125% en 10 ans) et on assiste à une explosion des attaques sanitaires (+175% de surfaces touchées depuis 2015). On constate aussi une généralisation des sécheresses (92% des forêts françaises affectées, déficits foliaires x 3 en 30 ans). L'accumulation de bois sur pied en forêt ralentit.

Impacts sur la filière et les marchés : la multiplication des coupes sanitaires forcées apporte de grands volumes de bois sur les marchés, ce qui génère un risque de dépréciation majeur.

COOLWOOD®, QUELQUES CHIFFRES (1/2)

CoolWood® en remplacement de l'aspersion existante

1/3 des scieries stockent, sous aspersion, environ 20% du volume qu'elles scient sur une année, avec un volume stocké de 2 500 m^3 à 5 000 m^3 par site (ICPE 1531 contraignante sur les prélèvements d'eau et les effluents).

En 2025, la France comptait une centaine d'installations de stockage par aspersion (ICPE 1531) pour un volume stocké d'environ 700 000 m^3. Ce chiffre est en baisse continuelle d'année en année à cause des restrictions liées à la ressource en eau.

L'aspersion est inadaptée aux bois nobles / précieux (alisier, cormier, orme...) **et aux bois blancs** (hêtre, érable, frêne...) car elle génère des colorations et ne parvient pas à éviter toutes les dégradations (champignons, bactéries...), **pour ces essences CoolWood® est la seule solution vraiment fiable**.

COOLWOOD®, QUELQUES CHIFFRES (2/2)

CoolWood® pour des applications nouvelles

Stockage en bord de route, hors réseaux, de bois façonnés triés et allottis : le volume concerné en France est de 5 à 6 millions de m^3/an.

Stockage de bois semi-transformés (avant séchage), pour éviter les goulets d'étranglement entre sciage et séchage : en France, environ 80 000 m^3/an. Aucun autre procédé de stockage sans traitement chimique ne permet cette application.

Stockage d'urgence (tempêtes, scolytes) : en Europe de l'Ouest et Centrale, au moins 3 millions de m^3/an de bois précieux mériteraient une protection.

Spéculation financière : un stockage efficace permet d'acheter quand les cours sont au plus bas et de vendre ou transformer quand ils sont au plus haut. La variabilité moyenne des prix des grumes est de 15 à 20% sur une année et les variations annuelles peuvent dépasser 10%.

Qui êtes-vous et quelles sont vos problématiques ?

—

Qu'est-ce que CoolWood® peut faire pour vous ?

GESTIONNAIRES ET EXPLOITANTS FORESTIERS

Vous gérez l'exploitation et la commercialisation des bois pour votre compte ou pour le compte de propriétaires forestiers, vous êtes concernés par le stockage en sortie d'exploitation forestière et aussi par le stockage d'urgence.

Stockez vos bois façonnés et regroupez en lots les produits d'exploitations de forte valeur qui sont dispersés (dans le temps et dans l'espace) pour les commercialiser.

Proposez à vos acheteurs des lots homogènes et de qualité constante pour valoriser vos produits de manière optimale lors de la commercialisation.

Conservez vos essences sensibles à l'état frais, maintenez leur couleur (en particulier pour les bois blancs) et préservez leurs tanins pour maintenir leur durabilité (et autres propriétés).

Après une tempête ou une épidémie, stockez rapidement et proprement les bois, n'importe où (y compris hors réseaux), sans autorisations complexes ni rejets.

SCIERIES DE BOIS BLANCS (HÊTRE, FRÊNE, ÉRABLE...)

L'aspersion provoque des colorations et des pertes de valeur irréversibles sur ces essences et vous pouvez être contraints d'arrêter votre production en été faute de pouvoir conserver vos bois dans un état de fraîcheur suffisante durant cette période.

Préservez la couleur naturelle et la qualité de vos bois de valeur, tout en maintenant l'humidité des bois au-dessus du PSF (Point de Saturation des Fibres) pour éviter fentes et gerces.

Bloquez le bleuissement, l'échauffure et les attaques d'insectes xylophages sur les bois ronds comme sur les débits frais (entre leur sciage et leur passage au séchoir).

Maintenez votre travail en été : les bois récoltés au printemps restent valorisables jusqu'à l'automne, vous pouvez découpler sciage et séchage.

Réduisez les déformations après séchage (slicing test validé en industrie).

SCIERIES DE BOIS NOBLES (CHÊNE, NOYER...)

Pour vous le stockage soigné des bois ronds et des sciages frais est une étape cruciale car des dégradations même légères se traduisent par des pertes financières importantes.

Préservez les extractibles naturels, la durabilité et la valeur de vos bois nobles.

Evitez les altérations de couleur, cet élément étant primordial pour les bois destinés à rester apparents (menuiserie, ébénisterie...).

Cardez vos bois à l'état frais pendant plusieurs mois voire pendant plusieurs années, avec une traçabilité totale des lots.

Maintenez votre travail en été : les bois récoltés au printemps restent valorisables jusqu'à l'automne, vous pouvez découpler sciage et séchage.

Réduisez les déformations après séchage (slicing test validé en industrie).

MERRANDIERS ET TONNELLIERS

Vous intervenez sur des marchés de très haute valeur ajoutée où la qualité de la matière première est critique car la moindre altération rend les merrains inutilisables. Le stockage des billons avant la fente est une étape sensible.

Préservez la couleur et les tanins, c'est essentiel pour la qualité des vins et spiritueux élevés en tonneaux et barriques (l'aspersion dégrade ces propriétés).

Gardez vos billons à l'état frais, sans fentes ni gerces, et garantissez-vous ainsi un rendement matière optimal au fendage.

Grâce à un pré-séchage lent et maîtrisé des merrains, homogénéisez leur humidité avant le séchage final pour éviter les déformations des douelles.

Valorisez vos bois en merrains sans défaut qui vous permettront de fabriquer des tonneaux et des barriques de meilleure qualité.

DÉROULEURS ET TRANCHEURS (PLACAGES)

Vous transformez des grumes de qualité en placages par déroulage ou par tranchage et, pour vous, le rendement matière est un indicateur critique car une grume qui se fend ou se colore perd une grande partie de sa valeur.

Eliminez les gerces et fentes, les colorations et les dégradations biologiques pour maximiser votre rendement au déroulage / tranchage.

Maintenez l'état frais des billons et rendez homogène leur humidité, ce qui facilite le tranchage et améliore la qualité des feuilles obtenues.

Augmentez votre flexibilité et votre réactivité en stockant des billons de différentes essences et qualités, puis en les transformant en fonction de la demande.

Séchez vos placages de manière contrôlée avec un pré-séchage lent en amont du séchage final, afin d'éviter les déformations (tuilage et fentes).

INDUSTRIELS DE LA PÂTE À PAPIER

Les usines de pâte mécanique et thermomécanique (CTMP) utilisent des résineux blancs dont la bonne fraîcheur améliore le rendement de production, or l'aspersion consomme beaucoup d'eau et génère des rejets.

Maintenez l'humidité de vos bois au-dessus du PSF (Point de Saturation des Fibres) pour obtenir un rendement de défibrage optimal.

Réduisez drastiquement vos prélèvements et vos consommations d'eau, le pompage, les rejets associés ainsi que la surveillance et la maintenance des installations.

Obtenez plus facilement vos autorisations ICPE : CoolWood® relève de la rubrique ICPE 1532 (dépôts de bois sec), beaucoup moins contraignante que l'ICPE 1531 (stockages par voie humide).

Qui sommes-nous ?

—

Que proposons-nous ?

CoolWood®, développé par Biomasse Conseil

Notre société Biomasse Conseil (www.biomasse-conseil.fr) est propriétaire exclusive du procédé CoolWood®

Son gérant (Luc EVRARD) est l'inventeur du procédé et Biomasse Conseil a dirigé l'ensemble des opérations de R&D menées pour son développement depuis l'émergence de l'idée.

Biomasse Conseil et ses partenaires techniques accompagnent les acteurs de la filière forêt / bois (gestionnaires et exploitants forestiers, scieurs, trancheurs, dérouleurs, merrandiers...) **dans leurs projets de stockage frigorifique des bois**, en France et à l'international.

NOTRE OFFRE GLOBALE "CLÉ EN MAIN"

Biomasse Conseil et ses partenaires proposent les services suivants aux maîtres d'ouvrages d'installations de stockage

1. Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO)

Conseil et cadrage stratégique du projet de stockage, analyse précise des flux.

Interface technique avec les maîtres d'œuvre et les collectivités.

2. Maîtrise d'Œuvre (MOE)

Conception technique et dimensionnement sur mesure des enceintes froides.

Garantie du respect strict des coûts et des délais de chantier.

3. Location et AMO d'exploitation

Location de modules, aucun investissement lourd au démarrage.

AMO d'exploitation et contractualisation avec les prestataires locaux.

CONTACTEZ-NOUS !

BIOMASSE CONSEIL (SIREN : 518 345 996)

Luc EVRARD, Gérant (Ingénieur ENSTIB)

4 rue Pierre Curie 88110 RAON-L'ETAPE

Tél : +33 (0)7 82 24 84 22 / +33 (0)9 84 28 92 90

Mail : contact@biomasse-conseil.fr

Web : www.biomasse-conseil.fr

SOUTIENS ET PARTENAIRES COOLWOOD® (1/4)





























SOUTIENS ET PARTENAIRES COOLWOOD® (2/4)

Financeurs de la recherche sur le procédé CoolWood®

L'ANR (Agence Nationale de la Recherche) est une agence qui finance la recherche publique et la recherche partenariale en France. Elle a financé le programme MATETPRO "CoolWood®" qui s'est déroulé de 2013 à 2017.

L'UE (Union Européenne) soutient le PEI-AGRI (Partenariat européen pour l'innovation) qui finance des projets d'innovation collaborative en agriculture via la PAC (fonds FEADER) et le programme R&DI Horizon 2020.

La Région Lorraine, remplacée depuis par la **Région Grand Est** a cofinancé le programme ANR 2013-2017 puis elle a identifié en 2020 le stockage des bois comme une "priorité régionale".

La Région Bourgogne - Franche Comté a cofinancé le programme PEI-AGRI "CoolWood®" 2022-2024 dans le cadre du PDR régional (Programme de Développement Rural).

SOUTIENS ET PARTENAIRES COOLWOOD® (3/4)

Partenaires techniques CoolWood® et leurs compétences

Biomasse Conseil, bureau d'études biomasse, a coordonné les programmes ANR (2013-2017) et PEI-AGRI (2022-2024). Son gérant (Luc EVRARD) est l'inventeur du procédé CoolWood®.

F&BE (Forêts et Bois de l'Est), devenue **Forêt D'Ici** en 2023 par fusion avec d'autres coopératives, gérait 75 000 ha de forêts privées sur le Grand Est.

Inddigo est une société de conseil et d'ingénierie (bois énergie et bâtiments performants).

La SFCDC (Société Forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations), premier gestionnaire de forêts privées, gère 270 000 ha de forêt en France.

Cebi 45 est un bureau d'études thermique / fluides implanté à ORLEANS (45).

La Scierie Genet scie du hêtre et pratique l'aspersion pour conserver ses bois.

SOUTIENS ET PARTENAIRES COOLWOOD® (4/4)

Laboratoires de recherche (Université de Lorraine) et leurs travaux sur CoolWood®

Le LERFOB (Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt / Bois), devenu depuis l'UMR SYLVA est une Unité Mixte de Recherche de l'INRA et d'AGROPARISTECH → Tests comparatifs sur billons avant et après sciage (CoolWood® + aspersion + témoins) : conservation, propriétés des bois.

Le LERMAB (Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur le Matériau Bois) développe des recherches en relation avec le bois et les fibres naturelles → Tests comparatifs sur micro-échantillons puis sur grumes : conservation, couleur, humidité, propriétés mécaniques.

Le LEMTA (Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée) est une Unité Mixte de Recherche de l'Université de Lorraine et du CNRS → Production d'énergie et de froid.

Le LRGP (Laboratoire Réactions et Génie des Procédés) est une unité propre du CNRS (UPR 3349), il a notamment dirigé l'ACV (Analyse du Cycle de Vie) du procédé → Besoins comparés des procédés de stockage en énergie, en eau et en matériaux, rejets polluants (eau, CO_2).