



LE CÈDRE

DE LA GRAINE AUX PRODUITS FINIS

LE CÈDRE DE L'ATLAS, DE LA GRAINE AUX PRODUITS FINIS

Synthèse des résultats du projet

ÉDITO

Trois années se sont écoulées depuis le lancement du projet «Le Cèdre de l'Atlas, de la graine aux produits finis ». Ce projet, co-porté par FIBOIS SUD, FIBOIS Occitanie, France Forêt PACA et la FNB Provence-Alpes, a été initié avec une ambition claire : certifier le Cèdre de l'Atlas et l'intégrer dans la norme « bois d'œuvre », à l'image de ce qui a été accompli pour le pin d'Alep. Cette démarche répond non seulement aux défis posés par le changement climatique, mais aussi à la volonté de valoriser le potentiel du Cèdre de l'Atlas, une essence prometteuse pour l'avenir de nos forêts et de l'industrie du bois.

Les impacts du changement climatique se font de plus en plus ressentir, notamment sur les écosystèmes forestiers, ce qui met en lumière la nécessité d'accompagner la forêt dans cette période de transition. Le Cèdre de l'Atlas, implanté en France depuis près de 300 ans, semble être une essence capable de s'adapter aux nouvelles conditions climatiques et est ainsi de plus en plus sollicité pour des projets de reboisement à travers la France.

Ce projet a permis d'anticiper et d'organiser la filière, de la graine aux produits finis. Un programme d'actions complet a été mis en œuvre, non seulement pour étudier la ressource actuelle et future, mais aussi pour certifier le bois d'œuvre, valoriser les coproduits issus du sciage, et explorer les usages du bois dans la construction et dans l'industrie de la chimie.

Les résultats de ce travail, que nous sommes heureux de vous présenter, permettent de mieux comprendre et appréhender cette essence pour mieux maîtriser ses usages futurs. Ce document est la synthèse de notre travail et des connaissances acquises. Nous espérons qu'il servira de base pour le développement futur de la filière Cèdre et pour l'adaptation de nos forêts face aux défis climatiques à venir.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux financeurs qui ont rendu ce projet possible : les Régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Occitanie, le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, ainsi que France Bois Forêt.

Nous souhaitons également remercier tous les acteurs de la filière qui ont pris part à la réussite de ce projet.

Gérard Gautier, *Président de FIBOIS SUD et de France Forêt PACA*

Sylvain Fourel, *Président de FIBOIS Occitanie*

Nathalie Triboulet, *Présidente de FNB Provence-Alpes*

SOMMAIRE

INTRODUCTION	04
FICHE D'IDENTITÉ DU CÈDRE DE L'ATLAS	05
VOLET 1 : LE CÈDRE DE L'ATLAS DANS LES FORÊTS FRANÇAISES	06
La ressource disponible aujourd'hui et demain	06
Sylviculture et plantation du Cèdre de l'Atlas	08
Le Cèdre de l'Atlas face au changement climatique	10
VOLET 2 : PERFORMANCES TECHNIQUES DU BOIS DE CÈDRE DE L'ATLAS	11
Performance mécanique	12
Réaction au feu	14
Durabilité naturelle	15
Stabilité au séchage	16
Imprégnabilité	17
Composition en extractibles	18

INTRODUCTION

Le projet « Le Cèdre de l'Atlas, de la graine aux produits finis » est une initiative conduite par FIBOIS SUD, FIBOIS Occitanie, France Forêt PACA et la FNB Provence-Alpes de 2022 à 2024.

CONTEXTE

Le changement climatique repousse les limites des essences forestières traditionnellement adaptées à leur environnement et conduit à des taux de mortalité inquiétants chez certaines essences pourtant bien implantées. La crise des scolytes affectant les épicéas, exacerbée par le changement climatique, en est un exemple frappant. Face à cette situation, il est crucial de diversifier les essences forestières et de trouver des alternatives résilientes. Le Cèdre de l'Atlas, originaire du bassin méditerranéen et implanté en France depuis près de 300 ans, se distingue par sa résistance aux sécheresses estivales et sa capacité d'adaptation aux nouvelles conditions climatiques. Principalement présent dans les régions Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur, le Cèdre de l'Atlas semble constituer une essence d'avenir pour le reboisement et la gestion durable des forêts françaises.

OBJECTIFS

L'objectif général du projet est de caractériser le Cèdre de l'Atlas dans son ensemble, depuis la graine jusqu'aux produits finis, afin de mieux comprendre son fonctionnement, ses usages potentiels et d'anticiper les besoins futurs.

MÉTHODOLOGIE

Le projet s'articule autour de trois axes de travail, incluant :

Un axe dédié à la ressource pour

- Évaluer la ressource actuelle et future de Cèdre en France
- Recueillir les bonnes pratiques pour la plantation et la sylviculture du Cèdre
- Mettre à jour les tables de production pour le Cèdre
- Analyser le besoin éventuel de renforcement du matériel forestier de reproduction

Un axe dédié aux caractéristiques techniques pour

- Caractériser le bois de Cèdre en termes de résistance mécanique, durabilité naturelle, imprégnabilité, composition en extractibles, et résistance au feu
- Normaliser le Cèdre de l'Atlas français

Un axe dédié à la communication des résultats pour

- Diffuser les travaux menés autour du Cèdre de l'Atlas
- Permettre aux acteurs de la filière de mieux comprendre et appréhender cette essence afin de mieux maîtriser ses usages futurs
- Sensibiliser les propriétaires forestiers à la sylviculture du Cèdre
- Promouvoir le Cèdre auprès des acteurs de la construction



Ce document de synthèse présente en détail les travaux effectués dans le cadre du projet, les résultats obtenus et les perspectives pour le développement futur de la filière Cèdre en France. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux financeurs pour leur soutien essentiel à la conduite de ce projet. Nous vous invitons à découvrir les résultats de ce travail et à participer à la construction d'un avenir durable pour nos forêts.

**CLIQUEZ ICI POUR ACCÉDER
AUX RAPPORTS COMPLETS**



FICHE D'IDENTITÉ DU CÈDRE DE L'ATLAS

Le Cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica*, est un conifère qui fait partie de la famille des Pinacées et plus précisément du genre *Cedrus*. Il existe d'autres espèces du genre *Cedrus* telles que *Cedrus deodara* (le Cèdre de l'Himalaya) et *Cedrus libani* (le Cèdre du Liban). Les travaux menés dans le cadre de ce projet ne concernent que le Cèdre de l'Atlas.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ARBRE

Le Cèdre de l'Atlas est un arbre imposant pouvant atteindre 30 à 40 mètres de haut. Il a un port pyramidal qui tend à s'étaler avec l'âge. Comme la majorité des résineux, c'est une essence sempervirente qui ne perd pas ses aiguilles de manière saisonnière. Les aiguilles sont courtes, d'un vert bleuté caractéristique et sont regroupées en touffes sur des rameaux courts. Son tronc est droit avec une écorce grisâtre qui se fissure avec le temps.



CARACTÉRISTIQUES DU BOIS

Le bois du Cèdre de l'Atlas est apprécié pour ses qualités techniques et esthétiques. Sa couleur varie du rose pâle au brun rougeâtre et il est doté d'une odeur agréable. Le bois est réputé durable, naturellement résistant aux insectes et aux champignons, ce qui le rend idéal pour la menuiserie intérieure et extérieure. Cependant, ces observations sont basées sur l'expérience pratique de l'utilisation du Cèdre de l'Atlas et non sur des normes officielles.



LOCALISATION DES FORÊTS DE CÈDRES EN FRANCE

En France, les forêts de Cèdres de l'Atlas sont principalement localisées dans les régions Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur. On compte environ 20 000 hectares en France, principalement dans le massif du Luberon, du Mont Ventoux et des Pyrénées audoises. On retrouve également le Cèdre de l'Atlas ponctuellement dans le reste de la France. La plupart du temps, il s'agit de tests de plantation réalisés par l'ONF afin d'évaluer son potentiel d'adaptation et de croissance en dehors de son aire principale de répartition.

VOLET 1 › LE CÈDRE DE L'ATLAS DANS LES FORÊTS FRANÇAISES

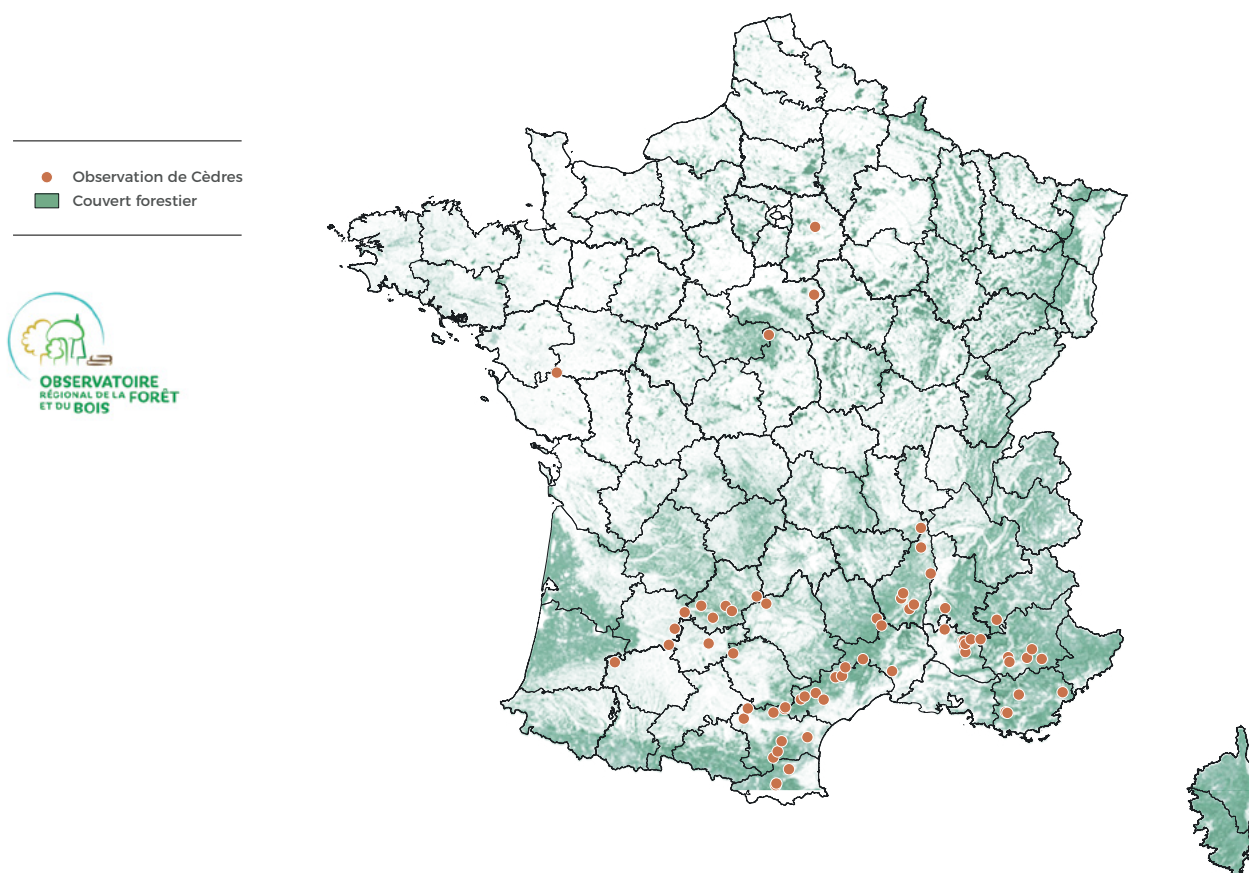
Ce 1^{er} volet a été piloté par l'ONF, avec la contribution du CNPF pour les données concernant les forêts privées, venues compléter les données relatives aux forêts publiques. Ainsi, les deux entités ont collaboré pour offrir une vue d'ensemble plus complète des forêts en France avec un zoom sur les régions Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur.

LA RESSOURCE DISPONIBLE AUJOURD'HUI ET DEMAIN

D'après les données IGN comportant un très fort taux d'incertitude, le territoire français compte 20 000ha de Cèdre de l'Atlas. Cette incertitude est due au fait que le Cèdre est présent ponctuellement dans des peuplements et n'est pas une essence prédominante des forêts françaises.

Suite à l'étude réalisée par l'ONF dans le cadre du projet, on peut affirmer qu'au niveau national, on compte 15 500ha de Cèdre de l'Atlas en forêt publique.

Il est tentant de combiner ces 2 valeurs pour obtenir la surface de Cèdre en forêt privée. Néanmoins elles ne sont pas comparables.



Pilote du Volet 1



Partenaire du Volet 1



Sources : BD Topo® - © IGN, PFAR PACA n°8410, IFN Carto Cycle V (Bd Forêt V2) - Strona, Giovanni, MAURI, ACHILLE, San-Miguel-Ayanz, Jesús (2017).

Tree occurrences at species level. figshare. Dataset. Réalisation: Communes forestières PACA, 08/2024 - www.ofme.org

ZOOM SUR LES RÉGIONS OCCITANIE ET PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

La grande majorité des surfaces forestières de Cèdre se trouvent dans les régions Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Voici les surfaces (en hectare) de Cèdre de l'Atlas identifiées suite à l'étude :

	Forêt publique *	Forêt privée **
Occitanie	9 000	Non communiqué
PACA	4 500	1 600

* données ONF

** Surface de forêt privée disposant d'un document de gestion durable

EXPLOITATION DU CÈDRE EN OCCITANIE ET PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR EN FORÊT PUBLIQUE

L'exploitation moyenne annuelle de Cèdre de l'Atlas en forêt publique sur la période 2012-2022 est la suivante :

	PACA	Occitanie	Total
Volume moyen annuel (m ³)	850	4 650	5 500

Sur cette période de dix ans, la récolte tend à augmenter.

Les prévisions de récoltes sur la période 2022-2031 sont d'ailleurs d'environ 11 600m³ en moyenne par an.



Le Cèdre est pour l'instant un bois peu disponible mais qui pourrait tendre à l'être si des plantations sont réalisées dans les années à venir. Cela laisse le temps à la filière bois de se préparer à la transformation de cette essence.

SYLVICULTURE ET PLANTATION DU CÈDRE DE L'ATLAS

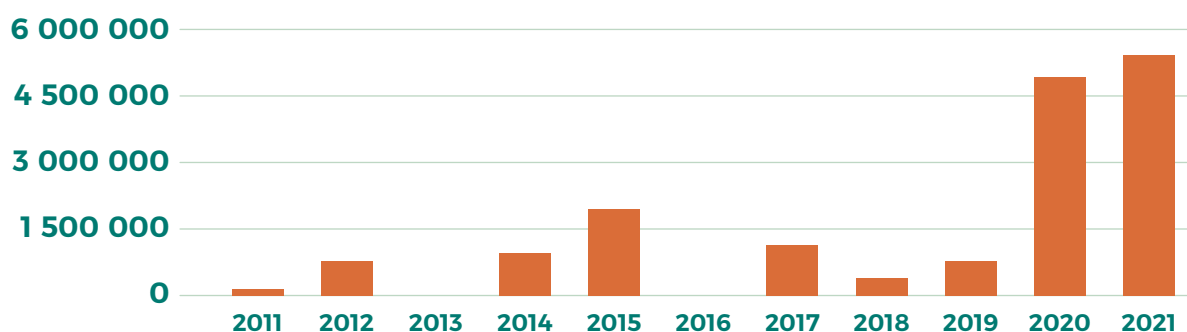
Le Cèdre de l'Atlas s'est récemment affirmé comme une essence majeure dans les reboisements français, se classant parmi les espèces les plus plantées en forêts publiques et privées. Bien qu'il soit la quatrième essence la plus utilisée en plantation, il joue un rôle essentiel aux côtés du chêne sessile, du pin maritime et du douglas pour la diversification et la résilience des forêts face au changement climatique.

LA RÉCOLTE EN GRAINES

- Le Cèdre de l'Atlas est une espèce réglementée, ses graines peuvent être récoltées et commercialisées uniquement si elles proviennent de peuplements sélectionnés en fonction de leur qualité génétique. Les peuplements les plus qualifiés sont nommés «peuplements classés».
- Le classement des peuplements permet de garantir aux pépiniéristes et aux forestiers l'origine des graines et des plants.
- Actuellement, il existe trois peuplements testés en France : Ménerbes (84), Mont Ventoux (84), Saumon (04).

Suite à la mise en place du plan de relance en 2020, la demande de plants de Cèdre a fortement augmenté. La récolte de graines a donc suivi cette tendance pour couvrir les besoins :

ÉVOLUTION DU NOMBRE DE PLANTS POTENTIELLEMENT PRODUITS EN FONCTION DE LA QUANTITÉ DE GRAINES RÉCOLTÉES



Données : ONF « Les freins et leviers au développement d'une filière Cèdre de l'Atlas », 2022

■ Nombre de plants potentiellement produits

	Récolte annuelle (kg)	Nombre de plants potentiellement produits
2011	32	96 000
2012	259	777 000
2013	1,5	4 500
2014	328	984 000
2015	676	2 028 000
2016	0,6	1 800
2017	395	1 185 000
2018	134	402 000
2019	249	747 000
2020	1 675	5 025 000
2021	1 830	5 490 000

Dans le cadre de cette étude, **une enquête a été réalisée auprès des pépiniéristes qui confirment être en capacité de s'adapter à une forte demande s'ils disposent d'une quantité suffisante de graines.**

La limite réside donc dans la quantité de graines disponible chaque année et une incertitude réside dans le fait que la fructification des Cèdres est aléatoire d'une année sur l'autre mais aussi que ses graines ne se conservent pas plus de deux à trois ans. Cette étude a permis d'identifier les moyens actuellement mis en place pour pallier à cette situation : le classement de nouveaux peuplements répartis sur tout le territoire français, le stockage de graines, l'optimisation de la production de graines par les pépiniéristes, la création de nouveaux vergers à graines.

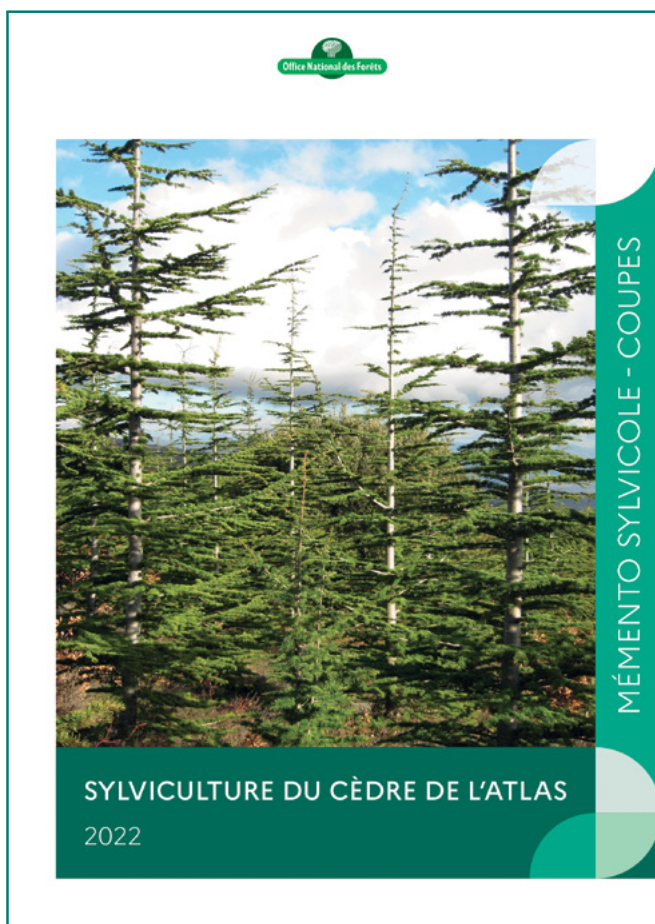
1kg de graines de Cèdre = 3 000 plants potentiels = 1hl de cônes

LA MISE À JOUR DES TABLES DE PRODUCTION

Une **table de production** est un outil utilisé en sylviculture pour estimer la croissance et la production de bois d'une forêt en fonction de paramètres comme l'âge, l'essence, la densité de peuplement et les conditions locales. Elle permet de prévoir les volumes de bois exploitables à différentes étapes de la vie du peuplement, optimisant ainsi la gestion forestière en fonction des objectifs de production (bois d'œuvre, énergie, etc.) et des pratiques durables. Elle se présente généralement sous la forme de tableaux ou de graphiques.

L'ONF a mis à jour les tables de production du Cèdre de l'Atlas pour trois méthodes de sylviculture :

- Amélioration en futaies régulière
- Conduite du renouvellement en futaie régulière
- Conduite en forêt irrégulière



Le document complet présentant les tables de production mises à jour est le « Mémento sylvicole de conduite des peuplements - Sylviculture du Cèdre de l'Atlas » publié en 2022 par l'ONF.

CLIQUEZ ICI POUR ACCÉDER
AU DOCUMENT COMPLET



LE CÈDRE DE L'ATLAS FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique est une réalité en France dont les impacts sont déjà visibles sur nos forêts. Les forestiers observent ainsi une hausse du volume d'arbres morts en forêt de près de 80% entre les périodes 2005-2013 et 2013-2021 soit 13,1 millions de m³ par an (Source IGN).

Il est primordial de connaître la réaction du Cèdre de l'Atlas vis-à-vis du changement climatique pour anticiper au mieux sa place dans les forêts de demain.

MÉTHODE

La méthode *BioClimSol* a été utilisée pour réaliser cette étude. Il s'agit d'un outil de diagnostic sylvo-climatique qui aide les forestiers à gérer les forêts et à choisir les essences lors d'un renouvellement de peuplement forestier. Le diagnostic d'un peuplement est couplé à la base de données de l'outil qui référence aujourd'hui 48 essences et préconise des recommandations sylvicoles.

85 placettes représentatives des forêts du territoire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ont été sélectionnées. Le contexte topographique, la pédologie, la dendrométrie, l'historique des opérations sylvicoles, la mortalité des branches et le manque de ramification y ont été mesurés. De nombreuses données climatiques et topographiques ont aussi été calculées.

BIOCLIMSOL 

Plus d'informations
sur l'outil BioClimSol ›

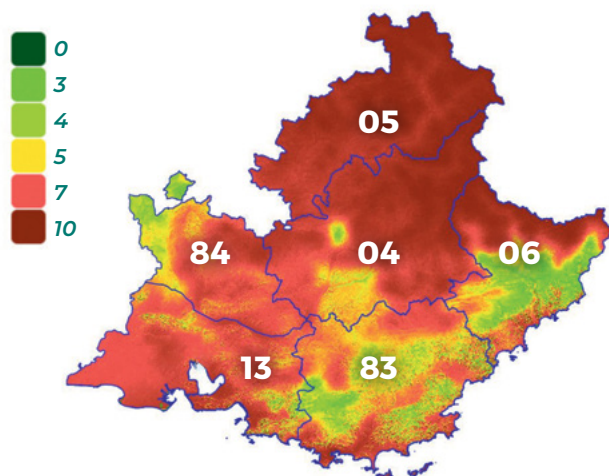
www.cnpf.fr/decouvrez-bioclimsol

RÉSULTATS

L'analyse statistique menée a permis d'expliquer le pourcentage de tiges de Cèdres de l'Atlas dégradées en PACA. 42% des arbres observés sont dégradés et 45% des placettes étudiées comptent plus de 50% d'arbres dégradés. Deux facteurs principaux expliquent cette dégradation : les effets du froid et les effets du chaud et du sec. Les températures annuelles moyennes et le déficit hydrique de la période 1981-2010 affectent négativement l'état sanitaire des Cèdres de l'Atlas (dégradation des houppiers et nécroses). Le facteur froid a aussi un impact, cependant on peut encore se poser la question de quel phénomène est à l'œuvre.

Le Cèdre de l'Atlas ne supporte pas les froids au-delà de -25°C et est sensible au gel tardif.

Les peuplements de Cèdre de l'Atlas en PACA subissent un effet « ciseau », c'est-à-dire la combinaison des deux facteurs climatiques chaud et froid, les restreignant à des zones favorables limitées. Ces zones pourraient correspondre à des régions où la température moyenne annuelle se situe entre 10 et 12°C, avec des facteurs topographiques compensatoires.



Bien que le Cèdre de l'Atlas soit généralement perçu comme adapté aux climats méditerranéens, ces résultats remettent en question cette idée. Toutefois, des signes de dégradation ne sont pas liés à la mortalité donc ne sont pas irréversibles. La sylviculture pratiquée pourrait également jouer un rôle important pour mieux préparer l'adaptation des peuplements dans l'avenir et leur résilience face au changement climatique.

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Probabilité de rencontrer une placette dégradée au seuil de 50% en Provence-Alpes-Côte d'Azur (0=0% de probabilité, 10=100%) - Source : CNPF PACA

VOLET 2 › PERFORMANCES TECHNIQUES DU BOIS DE CÈDRE DE L'ATLAS

OBJECTIFS

- Caractériser le bois de Cèdre en termes de résistance mécanique, durabilité naturelle, imprégnabilité, composition en extractibles et résistance au feu
- Normaliser le Cèdre de l'Atlas français

Le laboratoire FCBA a été missionné pour la réalisation de ces travaux.

MÉTHODOLOGIE

Afin d'obtenir des résultats valables sur le territoire français, 45 Cèdres issus de cinq stations différentes ont été testés :

- Forêt Départementale de **Saoû (26)** - CF I *
- Forêt Communale de **Bédoin (84)** - CF III *
- Forêt Domaniale des **Soulanes de Nore, Citou (11)** - CF I *
- Forêt privée, **Terroles (11)** - CF II *
- Forêt privée, **Balaguier-sur-Rance (12)** - CF I *

* CF : classe de fertilité

Les bois sciés ont ensuite été envoyés au laboratoire pour la réalisation des différents tests. En fonction du protocole indiqué dans chaque norme, une à cinq provenances de Cèdre ont été testées.

Les résultats des tests exposés ci-après seront présentés aux comités normatifs. Ils ne constituent pas en eux-mêmes un certificat d'homologation.



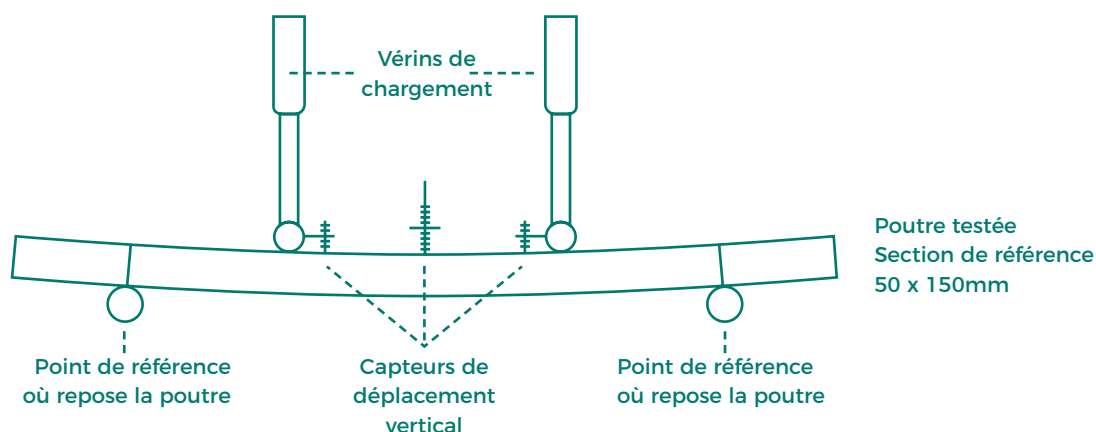
Les classes de fertilité sont des catégories utilisées pour évaluer et comparer la capacité d'un site forestier à produire du bois. Ces classes sont basées sur des indicateurs de croissance des arbres, tels que la hauteur dominante ou la productivité en volume de bois qui reflètent la qualité du sol, le climat, et d'autres facteurs écologiques influençant la croissance des arbres. Les classes vont de I (très fertile) à IV (très faiblement fertile).

PERFORMANCES MÉCANIQUES

Connaître les performances mécaniques du Cèdre permet de dimensionner au mieux les éléments structuraux lorsqu'il est utilisé dans la construction. L'objectif est d'inscrire le Cèdre de l'Atlas dans la norme NF B52 001 afin que son utilisation fasse partie de la « technique courante en construction ».

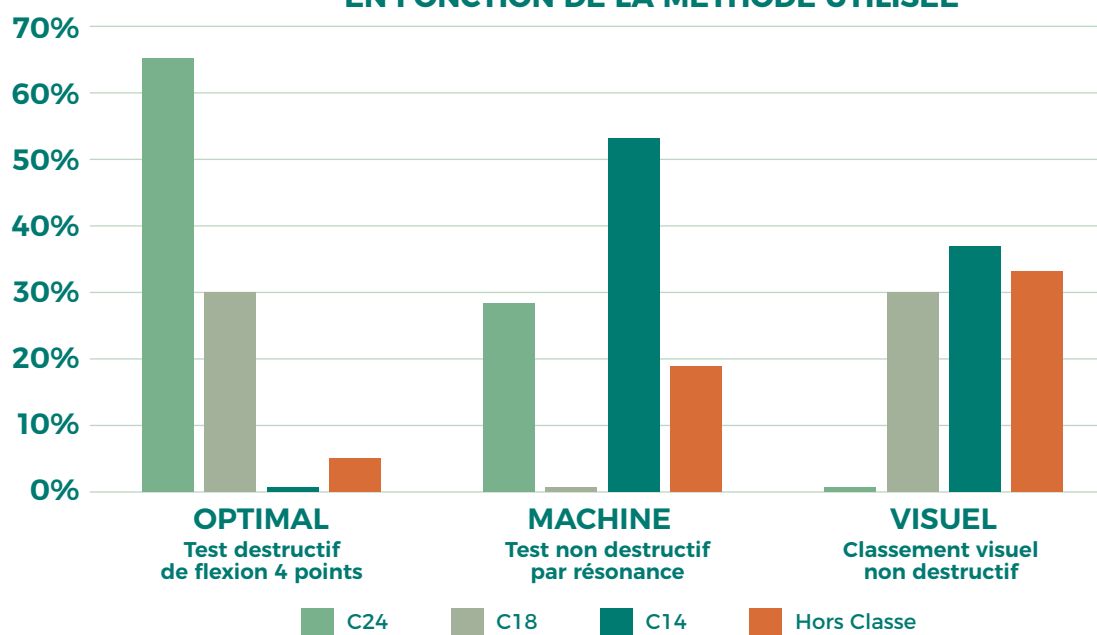
Plus de 700 sciages ont été soumis à un test de flexion 4 points qui permet d'évaluer :

- Le module d'élasticité en GPa. Il indique la rigidité d'un matériau et sa capacité à résister à la déformation sous charge.
- La contrainte à la rupture en flexion en MPa. Elle représente la capacité d'une planche à résister à une charge.
- La masse volumique en kg/m³. Elle permet d'anticiper les problèmes de poinçonnement et de portance des connecteurs.



Le test de flexion 4 points, bien qu'optimal pour évaluer la résistance des échantillons de bois, n'est pas réalisable en conditions réelles en entreprise en raison de sa nature destructrice. Ainsi, les résultats obtenus sur plus de 700 sciages ont permis de généraliser les critères de classement des poutres, en s'appuyant soit sur des critères visuels (nœuds, pente de fil, largeur des cernes...), soit sur des mesures que la machine de classement portable MTG peut effectuer. Cette machine utilise des techniques de vibration pour mesurer le module d'élasticité, permettant de prédire la contrainte à la rupture sans endommager le bois. Ce matériel fait partie des machines de classement pour la résistance et est reconnu en Europe.

SYNTHÈSE DU CLASSEMENT MÉCANIQUE DES ÉCHANTILLONS EN FONCTION DE LA MÉTHODE UTILISÉE



TEST DE FLEXION 4 POINTS

	Module d'élasticité (GPa)	Contrainte à la rupture en flexion (MPa)	Masse volumique (kg/m ³)
Saoû (26)	12,215	42,2	530
Bédoïn (84)	9,826	37	548
Soulanes de Nore (11)	8,047	27,8	513
Terroles (11)	8,750	31,7	500
Balaguier-sur-Rance (12)	7,594	31,1	511
Moyennes pondérées	9,420	34,13	520
	Humidité : 12%	Hauteur de référence : 150mm	Humidité : 12%

Les mesures physiques effectuées sur les planches de Cèdre de l'Atlas ont permis de définir les **critères visuels** qui seront utilisés pour classer l'ensemble des pièces au sein de deux classes visuelles à destination d'un emploi structurel : STIII et STIV. **Ces deux classes visuelles ont été affectées à la classe de résistance C18 et à la classe C14.** Une fois que ces critères auront été présentés et validés par le comité normatif, le Cèdre de l'Atlas rejoindra les autres essences résineuses déjà présentes dans la **norme de classement NF B 52 001** et utilisable dans la construction.

RÉSULTAT › Il sera possible de classer le Cèdre de l'Atlas visuellement dans les classes de résistance **C18 et C14.**

Si les fabricants de machines de classement par résonance intègrent les valeurs obtenues lors de ces essais dans leur base de données, il sera également possible de classer le Cèdre dans la classe C24 à l'aide de ces machines.

DURETÉ BRINELL

La dureté Brinell est une méthode d'évaluation de la résistance d'un matériau à la pénétration par un poinçon en acier trempé. Elle est mesurée en fonction de l'empreinte résiduelle laissée par le poinçon sur la surface du matériau, indiquant sa résistance au poinçonnement.

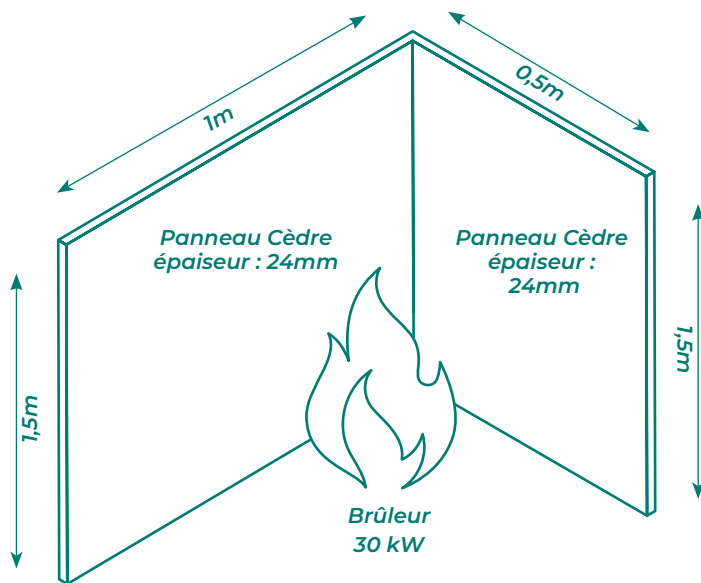
Les bois sont classés en quatre catégories selon la dureté Brinell :

- **Classe A** : dureté élevée
- **Classe B** : dureté modérée
- **Classe C** : dureté faible
- **Classe D** : bois très tendre

RÉSULTAT › Pour le Cèdre de l'Atlas, la classe B obtenue signifie qu'il est adapté pour un usage domestique modéré à élevé (épaisseur > 2,5mm) ou commercial modéré (épaisseur >7 mm)

RÉACTION AU FEU

L'objectif des essais SBI (Single Burning Item - NF EN 13823+A1 2022) est de définir le classement au feu (EUROCLASSE) d'un produit défini. Ici, il s'agit d'un profil de bardage en Cèdre rainure et languette d'épaisseur 24mm.



Cet essai consiste en l'exposition du produit à un brûleur de puissance 30 kW pendant 20 minutes. Les parois de bardage à tester sont disposées de manière à former un angle, dans lequel se situe le brûleur. Les éprouvettes sont constituées d'une grande aile de 1m de large par 1,5m de haut et d'une petite aile de 0,5m de large par 1,5m de haut.

RÉSULTAT › Suite aux 3 tests SBI réalisés avec le même profil de bardage, le classement composé de trois indicateurs est le suivant : **D - s1 - d0**

LE CLASSEMENT AU FEU SE COMPOSE DE TROIS INDICATEURS : D - sx - dx

« x » étant le chiffre déterminant la valeur de l'indicateur

LA CONTRIBUTION ÉNERGÉTIQUE › ici D

Elle est représentée par une lettre de **A à F**, A étant non combustible, E très inflammable et F non classé (le bois est généralement D). Elle est obtenue grâce au :

- **FIGRA (Fire Growth Rate)** en W/s, la vitesse de développement du feu
- **THR (Total Heat Release)** en MJ, la quantité totale d'énergie dégagée lors des 600 premières secondes d'essais

LA CONTRIBUTION FUMIGÈNE › ici s1

Elle est représentée par la lettre **s** suivie d'un chiffre de 1 à 3, 3 étant la plus contribution la plus importante. Elle est obtenue grâce au :

- **Smogra (SMOke Growth Rate)** en m^2/s^2 qui est la vitesse de développement des fumées
- **TSP (m^2)** : production totale de fumées lors des 600 premières secondes d'essais

LA QUANTITÉ DE GOUTTELETTES ET DÉBRIS ENFLAMMÉS › ici d0

Elle est représentée par la lettre **d** suivie d'un chiffre de 0 à 2, 0 étant l'absence de débris / gouttelettes enflammés.

Parallèlement, deux autres maquettes ont été testées : une avec des planches de duramen, l'autre avec des planches d'aubier (séchage naturel - Forêt de Terroles) :

- **La maquette en duramen** donne un classement de type **D - s1- d0**
- **La maquette en aubier** donne un classement de type **C - s1- d0**

L'aubier de Cèdre présenterait donc une meilleure classification que les autres essences de bois mais il est à noter que le test n'a été effectué que sur une réplique pour chacune des configurations.

DURABILITÉ NATURELLE DU CÈDRE DE L'ATLAS

La durabilité naturelle est la capacité intrinsèque d'une essence (hors aubier) à résister aux agents biologiques de dégradation du bois. La norme NF EN 350 fixe la durabilité d'une sélection d'essences vis-à-vis de chaque agent biologique en définissant plusieurs classes de durabilité :

Classification de la durabilité naturelle du bois hors aubier vis-à-vis des champignons lignivores	
DC 1	Très durable
DC 2	Durable
DC 3	Moyennement durable
DC 4	Faiblement durable
DC 5	Non durable
Classification de la durabilité naturelle du bois vis-à-vis des coléoptères (insectes de bois sec)	
D	Durable
S	Sensible
Durabilité naturelle du bois hors aubier vis-à-vis des termites et des térébrants marins	
D	Durable
M	Moyennement durable
S	Sensible

Classe d'imprégnabilité	
1	Imprégnable
2	Moyennement imprégnable
3	Peu imprégnable
4	Non imprégnable



Connaître la classe de durabilité d'un bois est essentiel pour garantir son utilisation optimale dans des conditions adaptées à sa résistance naturelle, assurant ainsi sa longévité et réduisant les risques de dégradation prématurée.

Des échantillons de Cèdre provenant de trois forêts différentes (Bédoin (84), Saoû (26), Terroles (11)) ont été exposés à des insectes et des champignons pour tester leur résistance. Pour valider l'essai, des échantillons fabriqués en bois non durable ont également été testés.

Les échantillons ont été exposés à :

- Des insectes coléoptères
 - Capricorne des maisons, *Hylotrupes bajulus*
 - Petite vrillette, *Anobium punctatum*
- Des termites souterrains
 - Reticulitermes flavipes (pourriture cubique)
- Des champignons lignivores
 - Coniophore des caves, *Coniophora puteana*
 - Polypore placenta, *Rhodonia placenta*

RÉSULTAT

Champignons lignivores	Capricorne des maisons	Petite vrillette	Termites souterrains
Très durable	Durable	En attente	Moyennement durable

Le Cèdre de l'Atlas n'étant pas encore inscrit dans cette norme, les résultats des essais réalisés ne constituent pas un certificat d'homologation.

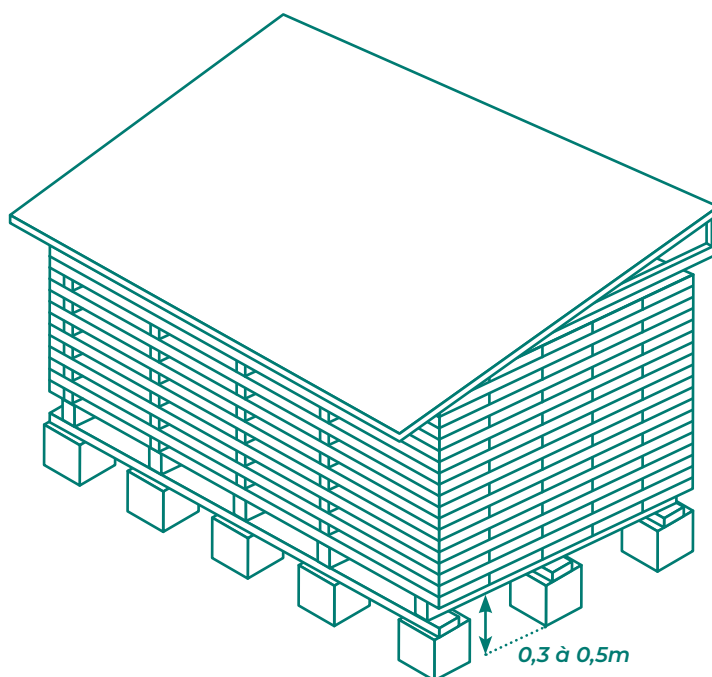
STABILITÉ AU SÉCHAGE

Le séchage est une étape importante pour une bonne utilisation du bois dans la construction. La teneur en eau lors de sa mise en œuvre doit être inférieure à 18%, voire moins en fonction des emplois. Les défauts comme les fentes et les déformations doivent être limités. Il est important d'établir des tables de séchage du Cèdre de l'Atlas permettant d'optimiser le temps et les consommations électriques tout en conservant les qualités des bois en sortie de séchoir.

Trois types de séchage ont ainsi été testés sur un échantillon de 192 planches pour une humidité cible de 14% :

- Un cycle de **séchage sous vide**. Cette technologie propose des temps de séchage courts mais les coûts d'investissement sont supérieurs à ceux des autres technologies.
- Un cycle de **séchage à air chaud climatisé (ACC)**. Ce type de séchage industriel est de loin le plus employé et permet une grande souplesse d'utilisation. Il peut sécher tous types d'essences à partir de différentes sources d'énergies thermiques.
- Un cycle de **séchage « à l'air libre »**. Solution peu coûteuse et largement utilisée pour le Cèdre. Elle présente des durées de séchage largement supérieures à celles des autres cycles avec une teneur en humidité finale relativement élevée. La non maîtrise des conditions hygrothermiques peut engendrer une diminution de la qualité. En outre, il ne permet pas le traitement NIMP15, requis pour les marchés de l'emballage.

Les résultats mettent en avant que la provenance des bois est un paramètre d'influence plus important que le mode de séchage sur l'apparition de déformations. En conséquence, il sera nécessaire de privilégier l'emploi de bois ronds de qualité ayant bénéficié d'une sylviculture limitant les déformations et d'une transformation adaptée (limitation du bois de cœur, des nœuds) pour limiter l'apparition des déformations.



PILE DE PLANCHES SÉCHANT «À L'AIR LIBRE»

Le séchage « à l'air libre » est la méthode qui a été la moins génératrice de déformations lors de l'étude. Il est fondamental de noter que les conditions d'essai pour ce mode de séchage étaient idéales : bois couverts avec un débord important, lattage adapté, pile de dimension réduite,...

Il n'en demeure pas moins qu'une mesure de la teneur en eau est nécessaire tout au long du processus.

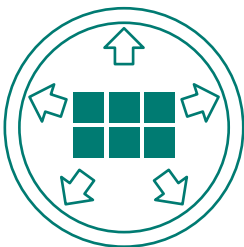
IMPRÉGNABILITÉ

L'imprégnabilité du bois est sa capacité à absorber des agents de préservation ou des traitements chimiques, tels que des produits anti-insectes, anti-champignons, ou des retardateurs de flamme. Cette propriété dépend de la structure cellulaire du bois, de la porosité de ses tissus et de la présence de résines naturelles qui peuvent empêcher l'absorption.

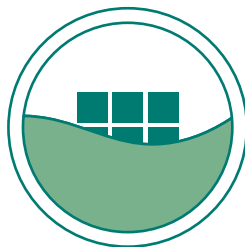


Connaître l'imprégnabilité du Cèdre de l'Atlas permet d'optimiser son utilisation dans des applications de construction, en particulier dans des conditions où la durabilité est une préoccupation majeure.

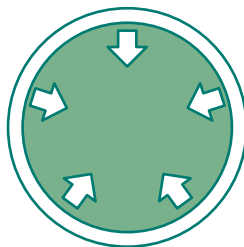
CARACTÉRISATION DE L'IMPRÉGNATION DU BOIS PAR AUTOCLAVE VIDE-PRESSION (3 HEURES)



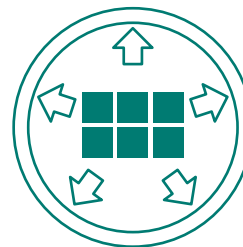
Les éprouvettes de bois sont chargées dans une enceinte autoclave puis soumises à l'application d'un vide initial de -0,9 bars pendant 15 minutes (air expulsé des cellules du bois). Ce vide est maintenu 45 minutes.



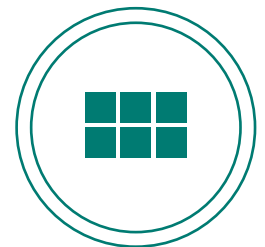
L'autoclave se remplit, sous vide, du produit de préservation à tester (solution aqueuse à 5% m/m de sulfate de cuivre pentahydraté).



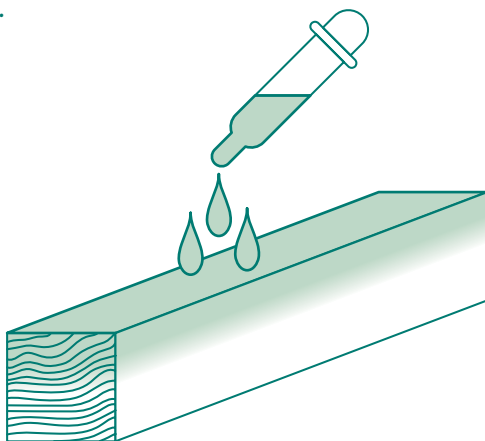
Une pression hydrolique de 8 bars est appliquée, forçant le produit de préservation à pénétrer en profondeur dans le bois pendant 120 minutes.



Le vide final de -0,9 bars pendant 15 minutes permet d'extraire l'excès de produit de préservation, lequel est renvoyé vers la cuve de stockage.



Retour à la pression atmosphérique pour favoriser le ressuyage superficiel du bois traité.



On applique un réactif Chrome Azurol S sur les éprouvettes afin de révéler une couleur bleue si le bois est imprégnable. Plus la couleur se propage dans l'éprouvette, plus le bois est imprégnable.

RÉSULTAT

Imprégnabilité du Cèdre	
Duramen	Aubier
4 Non imprégnable	1-2 Imprégnable à moyennement imprégnable

COMPOSITION EN EXTRACTIBLES

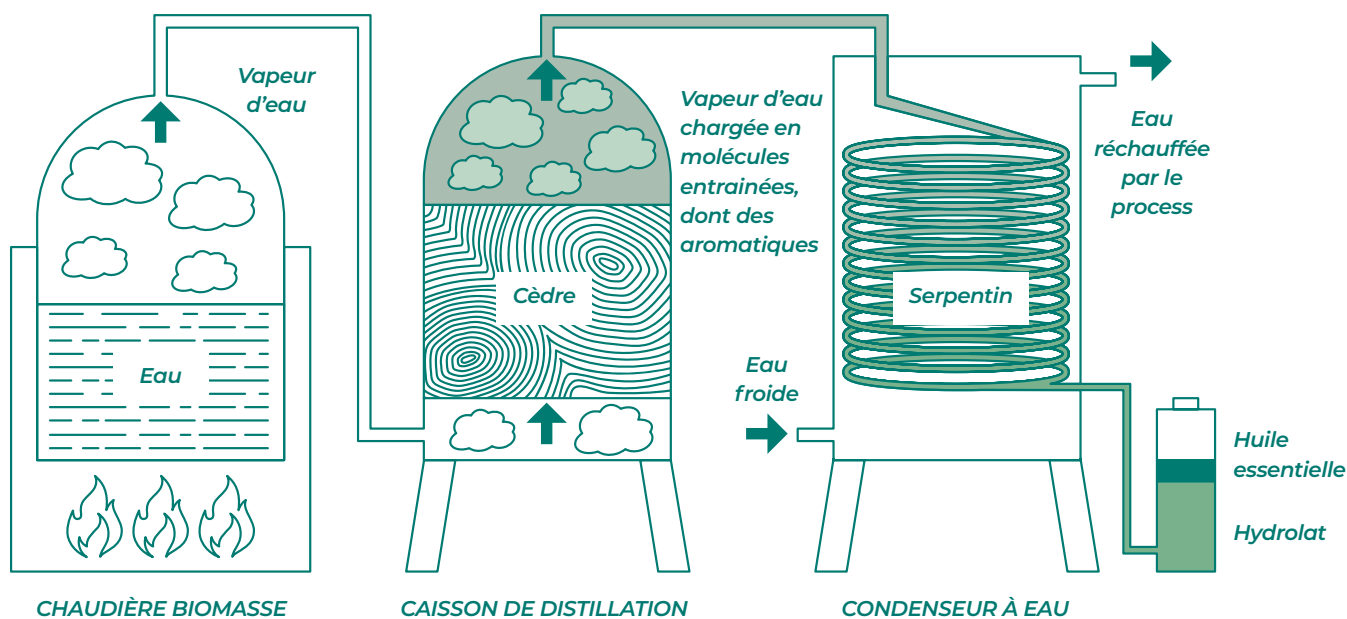
Les extractibles sont des composés non structuraux qui peuvent être collectés grâce à des solvants. Ce sont des composés chimiques du bois qui influencent la durabilité, l'apparence et l'usage de chaque essence. Parmi eux, on trouve les résines, les tanins et les huiles.

Les extractibles sont utilisés pour produire des bioproduits de grande valeur tels que des huiles essentielles, des colorants naturels ou des produits pharmaceutiques.

Connaître la composition en extractibles d'une essence permet d'identifier son potentiel économique dans le domaine de la chimie. S'il est élevé, l'industrie de la chimie sera intéressée pour consommer les co-produits issus du sciage.

L'extractibilité du Cèdre a été caractérisée. 10 terpènes volatils ont été identifiés et quantifiés dans le tronc, les branches et les aiguilles grâce à deux processus :

- L'entraînement à la vapeur : réalisation d'huiles essentielles (HE)
- L'extraction accélérée par solvant (ASE) pour les extraits organiques (EO)



RÉSULTAT › L'analyse des extractibles a révélé une variété de molécules connues dans la « littérature des analyses du Cèdre de l'Atlas », notamment des sesquiterpènes, des monoterpènes, des diterpènes ainsi que leurs dérivés. Le duramen est riche en β -himachalène et en atlantones, tandis que les aiguilles contiennent davantage de terpènes comme l' α -pinène. L'écorce et l'aubier partagent des composés similaires au duramen mais en quantités plus faibles. Ces molécules offrent un potentiel de valorisation, bien qu'une purification des extraits soit nécessaire pour isoler ces composés complexes et en tirer un usage optimal. Des techniques de purification doivent donc être développées pour améliorer la qualité des extraits.

PRESENTATION DES CO-ORTEURS DU PROJET

FIBOIS SUD

FIBOIS SUD est l'interprofession de la filière forêt-bois sur le territoire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

A ce titre, elle rassemble et représente l'ensemble des organismes publics et professionnels de la filière régionale.

FIBOIS SUD s'engage aux côtés de ces acteurs afin de dynamiser l'activité forestière et promouvoir l'usage du matériau bois sur le territoire régional, à travers des projets multi-partenariaux et des actions collectives.

www.fibois-paca.fr

FIBOIS OCCITANIE

Fibois Occitanie, née de la fusion entre Arfobois Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées Bois, rassemble et représente l'ensemble des professionnels de la filière bois en Occitanie auprès des instances locales, régionales et nationales. L'interprofession mène des actions collectives concertées qui favorisent le développement économique et technique de la filière et assure la promotion du matériau bois sous toutes ses formes.

www.fibois-occitanie.com/fibois-occitanie

FRANCE FORÊT PACA

France Forêt PACA est une déclinaison de l'organisation nationale France Forêt. Elle regroupe l'ensemble des propriétaires et gestionnaires des forêts de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur depuis 2007. Elle est composée des Communes forestières Provence-Alpes-Côte d'Azur, de l'Office National des Forêts, de l'Union Régionale des Syndicats de propriétaires sylviculteurs, du Centre Régional de la Propriété Forestière et de la Coopérative Provence Forêt.

FNB PROVENCE ALPES

La Fédération Nationale du Bois Provence-Alpes est l'un des deux syndicats en région Provence-Alpes-Côte d'Azur affiliés à la Fédération Nationale du Bois, qui regroupe les entreprises d'exploitation forestière et les scieries des départements 04, 05, 13, 83 et 84. Ses principales missions sont la défense et la représentation de ses adhérents auprès des pouvoirs publics régionaux.

<https://www.facebook.com/fnb.provencealpes>

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des partenaires qui ont permis le bon déroulement de ce projet durant ces 3 années et en particulier :

Le Département de la Drôme pour la mise à disposition gracieuse des Cèdres sur pied en forêt Domaniale de Saoû.

L'ONF pour la mise à disposition gracieuse des Cèdres sur pied en forêt domaniale de Soulanes de Nore ainsi que pour son implication dans la recherche de parcelles correspondant aux besoins de l'étude.

FIBOIS 07-26 pour la prise en charge financière des prestations inhérentes à la fourniture, la fabrication et aux transports des échantillons de la forêt de Saoû ainsi qu'à son soutien technique tout au long de l'étude.

La Famille Roche, propriétaire du Groupement forestier du Cros (Balaguier-sur-Rance,12) pour la mise à disposition gracieuse de Cèdres sur pied.

L'entreprise **SIAT** pour les prestations de transport de billons et de sciage effectuées gracieusement.

L'entreprise **Triboulet** pour ses prestations d'abattage et de débardage réalisées au pied levé.

L'entreprise **Soprobois** pour sa prestation de transport de grumes.

Les scieries Val Durance, Maugard, Provence Sciage, SIAT et Galonnier pour leur flexibilité et leur engagement dans ce projet. Malgré la prestation sortant du cadre habituel, elles se sont adaptées en permettant la présence des techniciens du FCBA afin de réaliser des mesures précises et d'assurer la traçabilité des avivés fabriqués.

L'INRAE pour sa participation à certains comités techniques.

L'ensemble des techniciens du laboratoire **FCBA** qui a participé à la réussite de ce projet.

Les coopératives et les experts forestiers qui nous ont aidés dans la recherche et nous ont conseillés sur les coupes de Cèdres : **la Coopérative Cosylva 11, le cabinet Forêt Evolution, Nicolas Luigi du cabinet Avisilva.**

Le CNPF pour la mise en relation avec des propriétaires forestiers privés.

Le Syndicat Mixte du Pays des Cévennes et le Syndicat des Forestiers du Gard qui se sont mobilisés dans la recherche d'une parcelle dans le Gard.

L'entreprise **SAS Fabrice Lepain** pour sa prestation d'abattage des Cèdres de la parcelle de Missègre (11).

Bastien Bernardeau qui a ajusté son planning à la dernière minute pour réaliser la prestation d'abattage des Cèdres de Balaguier-sur-Rance (12).

Josian Senegas pour sa prestation de transport des grumes.

L'association Forêt Méditerranéenne pour son implication du début à la fin du projet.

Le master Sciences du bois de l'Université de Montpellier pour le partage des résultats obtenus par la Promotion Cèdre dans le cadre de leur cursus scolaire.

Directrice de la publication › Léane Quernec
Conception et réalisation › Thierry Milhaud
© Crédits photos › Milhaud - DR
Impression Septembre 2024 par Impremium

Projet soutenu financièrement par



Projet porté par

