

Le cèdre de l'Atlas

Cedrus atlantica

Synthèse et résultats des essais menés en Nouvelle-Aquitaine

Décembre 2023



Qualités esthétiques

Résistance à la sécheresse

Peu inflammable

Alain Csakvary © CNPF

Ce document est issu d'une **synthèse bibliographique** sur le cèdre de l'Atlas et des **essais expérimentaux de Nouvelle-Aquitaine**. Les études menées ont permis de confirmer les connaissances que nous avons sur cette espèce mais aussi **de préciser son autécologie** et les **méthodes de gestion** à mettre en œuvre dans la région.

Sommaire

- P.1** Histoire et origine du cèdre de l'Atlas
- P.2** Caractéristiques de l'essence
- P.4** Pathogènes connus
- P.5** Les essais concernant le cèdre de l'Atlas en Nouvelle-Aquitaine
- P.6** Niche climatique du cèdre de l'Atlas
- P.9** Besoins vis-à-vis du sol
- P.13** Conduite en futaie régulière
- P.20** Conduite en mélange
- P.21** Comparaison avec d'autres espèces de cèdre



à vos côtés, agir pour les forêts privées de demain

nouvelle-aquitaine.cnpf.fr



I - Histoire et origine du cèdre de l'Atlas

Répartition du cèdre de l'Atlas dans son milieu d'origine

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) est une espèce originaire des **régions montagneuses d'Afrique du Nord** (Maroc et Algérie). Il a été identifié en 1826 par Webb (botaniste britannique) dans le Rif Marocain. Selon les massifs, les peuplements sont situés à des altitudes variant entre 1400 et 2400 mètres. Son aire de répartition est assez restreinte et morcelée (**Figure 1**), particulièrement en Algérie. La répartition actuelle du cèdre de l'Atlas ne correspond pas à l'aire naturelle de l'essence. En Algérie, près des trois quarts des surfaces occupées historiquement par le cèdre ont disparu. Cette réduction drastique est associée à des facteurs climatiques (sècheresse) et anthropiques (coupes, incendies, surexploitation) et a conduit le cèdre de l'Atlas à être classé comme « en danger », sur la liste rouge de l'IUCN (échelle mondiale). Les cédraies sont connues pour accueillir un cortège floristique et faunistique remarquable.

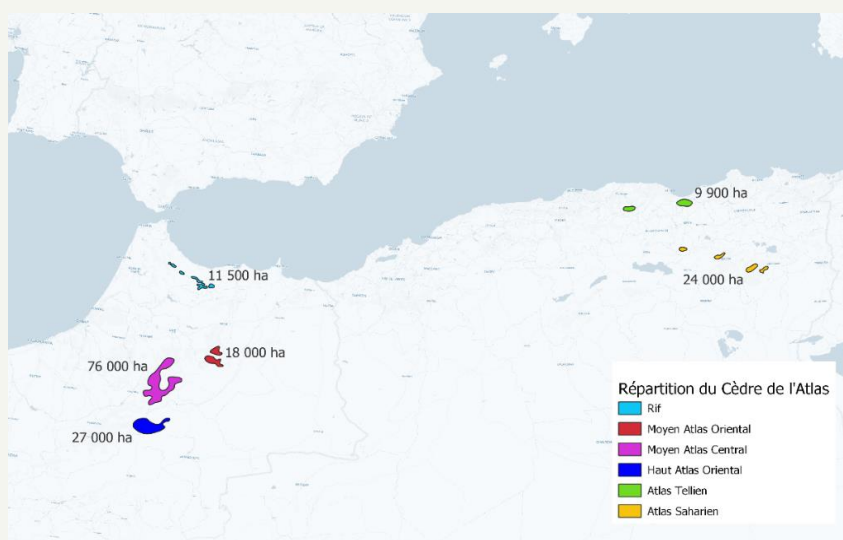


Figure 1. Répartition du cèdre de l'Atlas dans son aire naturelle actuelle (Forêt méditerranéenne, tome XLII, n°2, 2021).

Introduction du cèdre de l'Atlas en France

Les premières plantations de cèdre en France ont été initiées par certains précurseurs dans les années 1840 (en Vienne, Côte-d'Or, Plateau de Millevaches). Cette introduction, directement liée à la colonisation de l'Algérie, reste très anecdotique. Elle est réalisée dans des propriétés privées sous forme de petits bosquets. C'est ensuite au milieu du XIXe siècle que le cèdre de l'Atlas est employé en reboisement dans les pays riverains de la Méditerranée. **En 1860, de grandes quantités de cônes furent importées en France, permettant de boiser le flanc sud du mont Ventoux** où le cèdre de l'Atlas est rapidement considéré comme une essence forestière prometteuse. L'espèce est introduite dans les basses et moyennes montagnes méridionales (600 à 1 100 m d'altitude) pour **reboiser des forêts sinistrées et participer à la restauration des terrains en montagne**. On le retrouve ensuite dans toute la vallée du Rhône et dans les départements limitrophes en Ardèche, dans la Drome, mais également dans le sud de la Loire et du Rhône. Plus récemment, le cèdre de l'Atlas a fait son apparition dans de nouveaux secteurs (Midi-Pyrénées, Lot-et-Garonne, Dordogne, Poitou-Charentes, Rhône-Alpes et même Normandie et Sud-Bretagne).

À l'heure actuelle, il reste principalement utilisé dans les forêts du quart sud-est. Les cédraies françaises les plus remarquables sont situées dans le **mont Ventoux, le Luberon et l'Aude** (forêt du Riassesse). On estime aujourd'hui à 20 000 ha la surface des peuplements de cèdre de l'Atlas en France. En Nouvelle-Aquitaine les forêts de cèdres sont rares (environ 3 500 ha) et sont constituées de peuplements jeunes avec un volume sur pied total d'environ 140 000 m³ (IGN, campagne d'inventaire forestier 2018-2022).

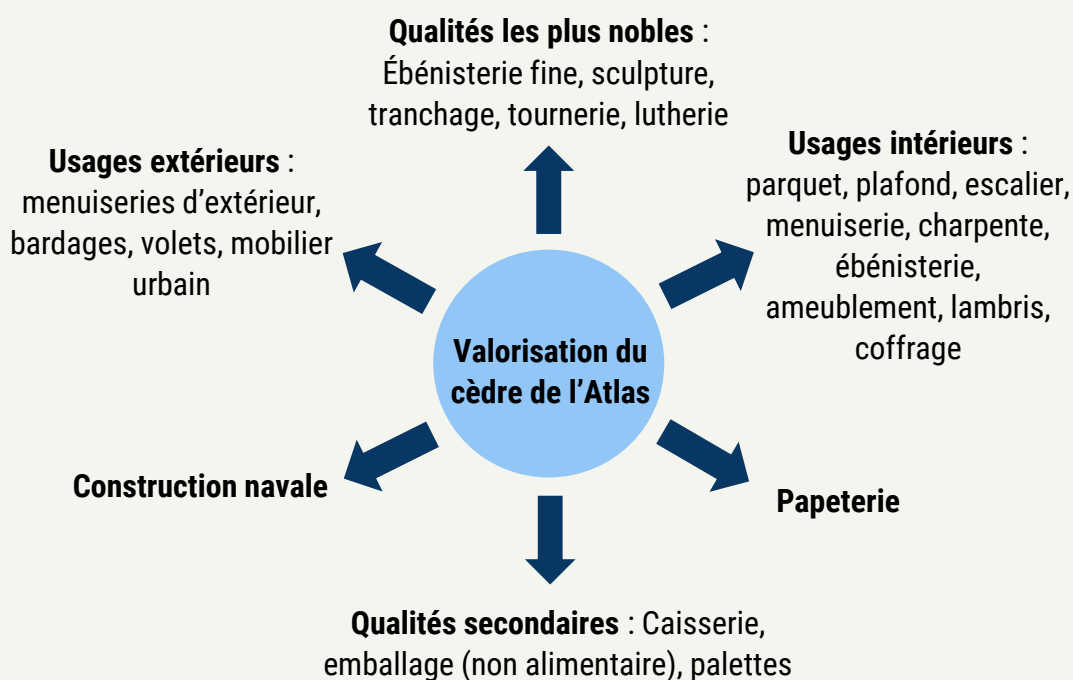
II – Caractéristiques de l'essence

Caractéristiques de croissance

Le cèdre de l'Atlas est une **essence à croissance assez rapide**. Il a souvent été installé sur des sols calcaires superficiels très contraignants alors **qu'il peut montrer d'excellents résultats** dans un contexte plus favorable. Sa productivité potentielle varie de **5 à 13 m³/ha/an** (pour des peuplements de 2 à 18 ans dans le quart sud-est). Par ailleurs, son installation plus récente en zone tempérée permet de constater que l'essence a, en moyenne, une meilleure croissance qu'en zone méditerranéenne. Il présente d'abord une **croissance initiale faible** (temps d'ancrage en profondeur des racines), puis dans un second temps, un **développement aérien soutenu**. Il peut atteindre 40 mètres de hauteur sur de bonnes stations. C'est un arbre très longévif (il peut vivre plusieurs centaines d'années).

Qualité et usages du bois

Le cèdre de l'Atlas produit du bois au cœur rouge et odorant (partie duraminisée du tronc, facteur de grande importance économique), réputé imputrescible. Il est caractérisé par une **forte densité**. Cette caractéristique est peu affectée par la vitesse de croissance de l'arbre et la largeur des cernes. Le bois du cèdre est également sujet à un faible retrait : il se déforme peu au séchage. Il est **stable, durable en extérieur** et résistant aux attaques de champignons et d'insectes (en libérant des composés volatils répulsifs). Il présente de **bonnes qualités mécaniques** (excepté la résistance aux chocs). Il répond à de nombreux usages. Toutefois, il est assez cassant et souvent noueux. En France, le marché de ce bois est limité bien qu'il soit apprécié localement (marché de niche). On s'attend à ce qu'il se développe avec l'augmentation de la production.



Reconnaissance



15 à 25 mm



Philippe Gaudry © CNPF

Aiguilles groupées en touffes sur les rameaux courts

Fissurations sur le tronc avec l'âge



Sylvain Gaudin © CNPF

Écorce gris clair chez les jeunes individus

Aiguilles courtes et persistantes
Raides et piquantes



Sylvain Gaudin © CNPF

Vertes ou glauques (caractère très variable)

Cônes femelles immatures et matures



Didier Joud © CNPF



Mireille Mouas - IDF © CNPF

Cônes mâles immatures et matures



Frédérique Chazal © CNPF

Attention à ne pas confondre le cèdre de l'Atlas avec le cèdre du Liban. Ce dernier a une silhouette plus élancée, des cônes plus gros (8 à 10 cm) et des aiguilles plus longues et généralement vert plus foncé.



Mireille Mouas - IDF © CNPF

Cônes dressés
Ovoïdes cylindriques

Les cônes se désarticulent sur l'arbre.



Mireille Mouas - IDF © CNPF

5-7 cm

III – Pathogènes observés en France

Pathogène	Diagnostic	Dégâts
Insectes		
Processionnaire du pin	Chenilles grégaires de 5 cm roussâtres avec des soies latérales blanches. Aiguilles consommées avec un aspect brun paille frisé.	Perte de croissance, défoliation hivernale. Individus affaiblis et moins résistants au scolytes et au Pissode.
Tordeuse du cèdre	Chenilles marron-verdâtre à tête brune. Houppier jaune brun avec un aspect desséché.	Aiguilles attaquées jaunissent et sont rassemblées par des fils de soie (affaiblissement sans mort de l'arbre)
Tordeuse des pousses de pin	Chenilles brunes de 15 à 22 mm. Aiguilles consommées sur les pousses terminales de l'hôte.	Les larves détruisent les bourgeons terminaux à l'automne. Courbures en baïonnette et reprise de dominance d'un bourgeon latéral.
Pucerons du cèdre de l'Atlas	Insectes gris de petites tailles, établis en colonies à l'extrémité des branches et des rameaux. Brunissement et chutes d'aiguilles.	Dessèchement des branches et cimes. Perte de croissance, dépérissements, voir mort de l'arbre dans les cas extrêmes.
Scolytes	Attaques principalement dans les peuplements dépérissants de son aire d'origine.	Ils se nourrissent du bois de l'hôte.
Cochenilles	Plusieurs espèces observées, principalement <i>Dynaspidotus regnieri</i> . On observe la femelle adulte sur les aiguilles.	Peut entraîner la mort très occasionnellement.
Champignons		
Fomès	Attaque les plantations surtout après coupe d'un boisement de conifères précédemment infecté ou lors d'éclaircies. Jaunissement des aiguilles. Présence de carpophores au pied de l'arbre.	Dépérissement des arbres en taches circulaires.
Armilaire	Attaque les plantations surtout après coupe d'un conifère précédemment infecté. Mycellium en peau de chamois sous l'écorce au niveau des racines et du collet. Fructification visible à l'automne.	Dépérissement des arbres en taches circulaires. Entraîne la pourriture des racines et perturbe l'alimentation en eau. Dessèchement complet des sujets atteints.
Sphaeropsis des pins	Infecte l'arbre au niveau des jeunes pousses. Pousses enveloppées de résine et avec des aiguilles courtes et brunâtres. Dessèchement de la cime des sujets adultes.	Dessèchement des pousses surtout en plantation. Les peuplements adultes doivent être exploités d'urgence (si attaque du houppier > 50%).





IV – Les essais concernant le cèdre de l'Atlas en Nouvelle-Aquitaine

Placettes expérimentales

Le CNPF Nouvelle-Aquitaine a mis en place **94 essais forestiers concernant le cèdre de l'Atlas** (Figure 2). Les essais présentent une grande variété de contextes stationnels ainsi que des protocoles d'installation et des objectifs différents. Pour la plupart des placettes, nous disposons d'informations sur la station (diagnostic pédologique, topographie, exposition) ainsi que sur les itinéraires sylvicoles mis en œuvre. Sur chaque placette, des mesures de hauteur et/ou de circonférence ont été réalisées (Tableau 1).

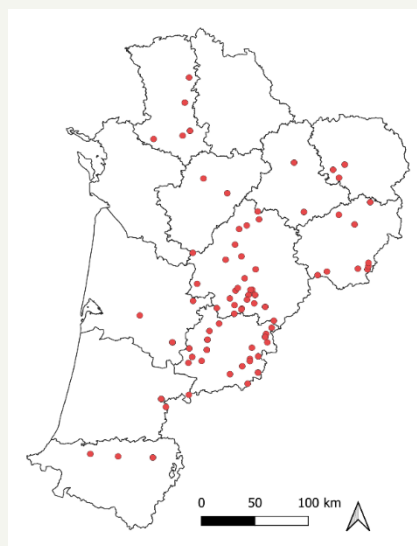


Figure 2. Localisation des essais de cèdre de l'Atlas en Nouvelle-Aquitaine.

Répartition spatiale

Territoire	Nombre de placettes	Nombre de mesures en hauteur	Nombre de mesures en circonférence
Poitou-Charentes	10	2 022	1 456
Limousin	14	6 215	1 499
Aquitaine	69	2 739	13 055
Total	93	10 877	16 010

Tableau 1. Nombre de placettes et de mesures réalisées (en hauteur et circonférence) en Nouvelle-Aquitaine sur le cèdre de l'Atlas.

Le réseau de placettes couvre une bonne partie du territoire (Figure 2). Il reste toutefois quelques départements qui ne sont pas représentés (Charente-Maritime et Vienne). On constate également que la Dordogne et le Lot-et-Garonne concentrent une majorité des mesures réalisées (Tableau 1). Ceci est dû à un plus grand nombre de placettes et à un suivi plus régulier et étendu dans le temps.

Répartition temporelle

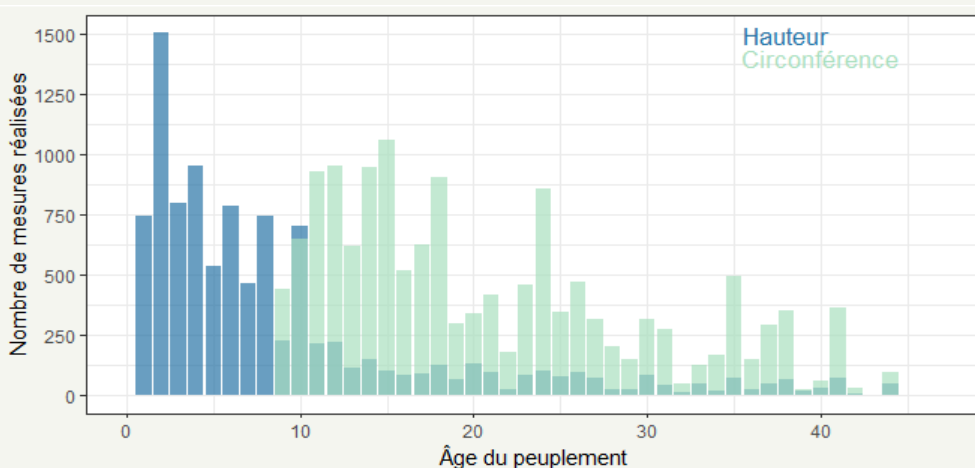


Figure 3. Répartition temporelle des mesures en hauteur et circonférence de cèdre de l'Atlas.

Les mesures concernent **des peuplements allant de 1 à 45 ans**. Les mesures de hauteurs sont particulièrement concentrées entre 1 et 13 ans. Les mesures de circonférences ont une répartition temporelle plus homogène et sont réalisées à partir de 9 ans (en cohérence avec le protocole appliqué sur le réseau expérimental du CNPF). Les figures suivantes sont issues des données récoltées sur les différentes placettes expérimentales (Figure 3).

V – Niche climatique du cèdre de l'Atlas

Milieu

Le cèdre de l'Atlas est une essence initialement **montagnarde**. En milieu méditerranéen, il est quasi exclu en dessous de 400 m d'altitude (variations selon les versants et les compensations topo-édaphiques). En milieu tempéré (moins contraignant), on observe un abaissement des limites altitudinales avec des **introductions envisageables en zones de plaine** et de moyenne montagne (**Figure 4**).

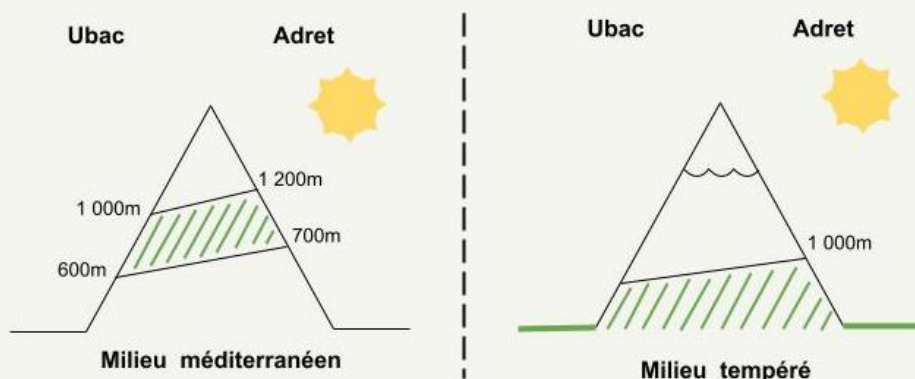


Figure 4. Étage bioclimatique favorable au cèdre de l'Atlas.

L'augmentation des températures moyennes et de la fréquence des sécheresses estivales devraient relever ses limites altitudinales et conduire à une extension vers l'intérieur des terres à l'avenir. La niche climatique du cèdre est semblable à celle du chêne pubescent. Tous deux ont leur optimum climatique dans l'étage supra-méditerranéen. En France, les résultats montrent que **les performances du cèdre sont meilleures sous climat à tendance humide et moins chaud que dans le climat méditerranéen** (par exemple dans l'arrière-pays provençal ou languedocien).



Joël Lefèvre © CNPF

Exigences climatiques

Méthodologie

Cette partie fait l'objet d'une **synthèse bibliographique** concernant la niche climatique du cèdre de l'Atlas. En parallèle, nous présentons **les résultats obtenus grâce au réseau expérimental à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine**. Afin d'étudier l'effet du climat sur la croissance du cèdre dans la région, nous avons éliminé du jeu de données initial les placettes inadéquates selon certains critères :

- La pédologie : Nous avons sélectionné les placettes avec des textures équilibrées.
- La gestion : Nous avons retiré les peuplements à densité de plantations extrêmes.
- Les « cas particuliers » : Nous avons retiré les reboisements de terres agricoles, les placettes en mélanges et les tests de provenances.

Cette sélection a permis de **conserver les données de 45 placettes dont les protocoles sont relativement comparables**.





Température

Diagramme ombrothermique Ifrane

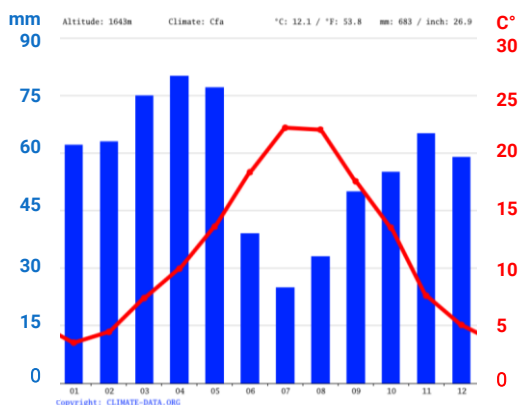


Diagramme ombrothermique Bordeaux

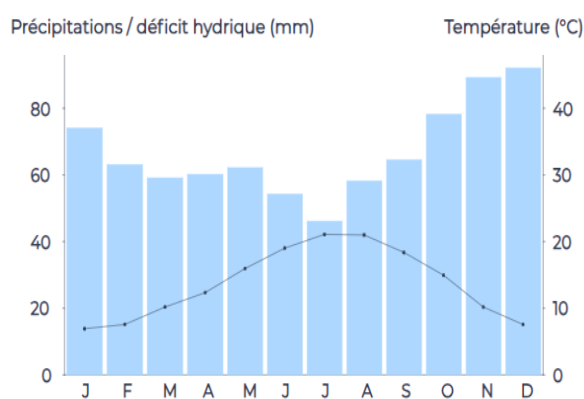


Figure 5. Répartition annuelle des températures moyennes et précipitations à Ifrane (Moyen Atlas central) et à Bordeaux (Nouvelle-Aquitaine). Source : Climate-data (Ifrane) et Climesence (Bordeaux).

Dans son aire d'origine, le cèdre de l'Atlas connaît des températures annuelles moyennes variant de 7,5 à 15°C, avec des températures estivales très élevées (moyenne des maximales du mois le plus chaud de 41°C) (Figure 5).

Les conditions climatiques du sud-ouest de la France paraissent donc propices à l'accueil de cette essence (Figure 6).

Selon notre étude en Nouvelle-Aquitaine, la **température moyenne annuelle est ressortie comme étant le facteur ayant le plus d'impact** avec un effet très positif sur l'accroissement en circonférence¹ (Figure 7) et en hauteur².

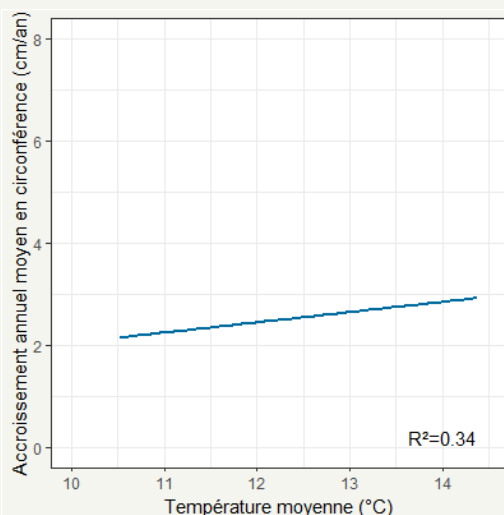


Figure 7. Effet de la température annuelle sur la croissance en circonférence du cèdre de l'Atlas en Nouvelle-Aquitaine.

Pluviométrie

Le cèdre de l'Atlas est **très tolérant vis-à-vis de la sécheresse estivale**. Il demande toutefois une certaine quantité d'eau durant sa phase d'installation, lui permettant de bien développer son système racinaire. Dans son milieu d'origine, le climat présente toujours 2 à 4 mois secs, associés à une forte luminosité et une atmosphère sèche (figure 5). À titre comparatif, la répartition annuelle des pluies dans le Moyen Atlas (Ifrane) diffère grandement de notre climat aquitain. À Bordeaux, par exemple, l'aridité estivale est nettement moins contraignante et les pluies hivernales (novembre à janvier) sont plus élevées. Chez nous, le cèdre est en situation favorable lorsque la pluviométrie est comprise entre 800 et 1 500 mm annuels. Ceci correspond aux gammes de variation de la Nouvelle-Aquitaine (figure 6), **excepté quelques régions trop humides** comme certains secteurs du Pays basque. En Nouvelle-Aquitaine, les analyses réalisées montrent que les précipitations n'ont pas eu d'effet sur la croissance du cèdre. Le climat de Nouvelle-Aquitaine est assez alimenté en eau et les précipitations sont bien réparties sur l'année. La pluviométrie annuelle ne constitue donc pas, à elle seule, un facteur limitant pour la croissance du cèdre.

Par ailleurs, le cèdre n'est pas une espèce océanique et **des incertitudes persistent sur son adaptation à l'humidité atmosphérique**. La bibliographie évoque une certaine sensibilité aux brouillards fréquents. Dans les cas où l'humidité est trop élevée, des problèmes d'ordre sanitaire pourraient apparaître avec notamment une incidence sur le développement de certains pathogènes comme le fomès et l'armillaire.

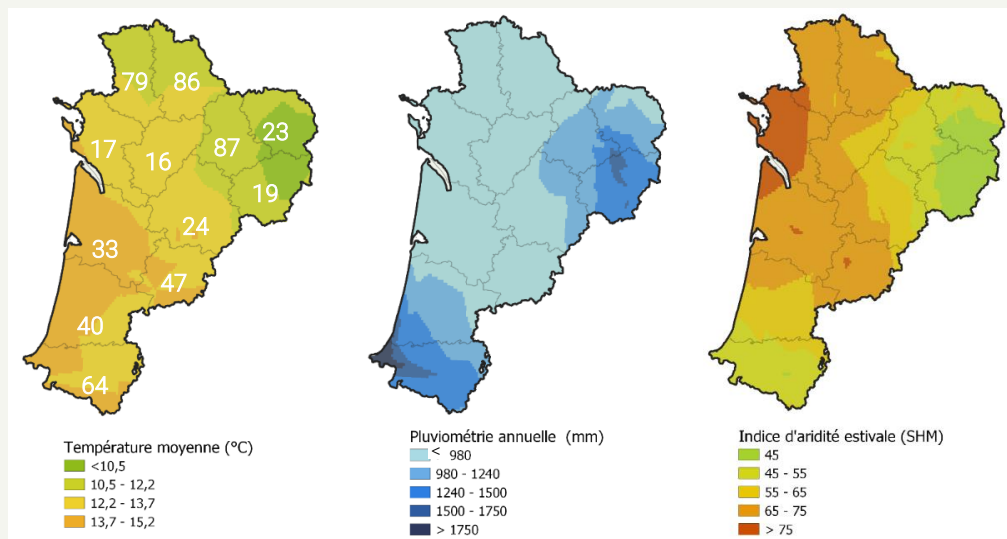


Figure 6. Le Climat en Nouvelle-Aquitaine : température moyenne, pluviométrie annuelle et indice d'aridité estivale (Summer Heat Moisture – construit à partir des précipitations de mai à septembre et la température du mois le plus chaud de l'année). Données issues de Climate-DT (moyennes sur la période 1993-2023). Interpolation réalisée à partir de 150 points avec la méthode TIN (Triangulation de Delaunay).

Tolérance à la sécheresse

Le cèdre est réputé « **tolérant** » au **stress hydrique**. La **figure 8** présente les adaptations et les réactions du cèdre dans ces situations. Toutefois, **comme toutes les essences forestières, lorsque les restrictions en eau dépassent un certain seuil, la sécheresse impacte la vigueur des arbres (voir figure 8)**. On note par exemple un dessèchement de la cime et une perte de dominance apicale. Dans son aire d'origine, on remarque que les peuplements sujets à des sécheresses sévères montrent des signes de dépérissement.

Ce phénomène est accentué dans les peuplements présentant un défaut de sylviculture (cas de densités très élevées conduisant à un fort niveau de concurrence pour l'eau).

Certains peuplements situés en Provence-Alpes-Côte d'Azur ont déjà montré des signes de dépérissement et font l'objet d'une surveillance accrue par les forestiers de cette région.

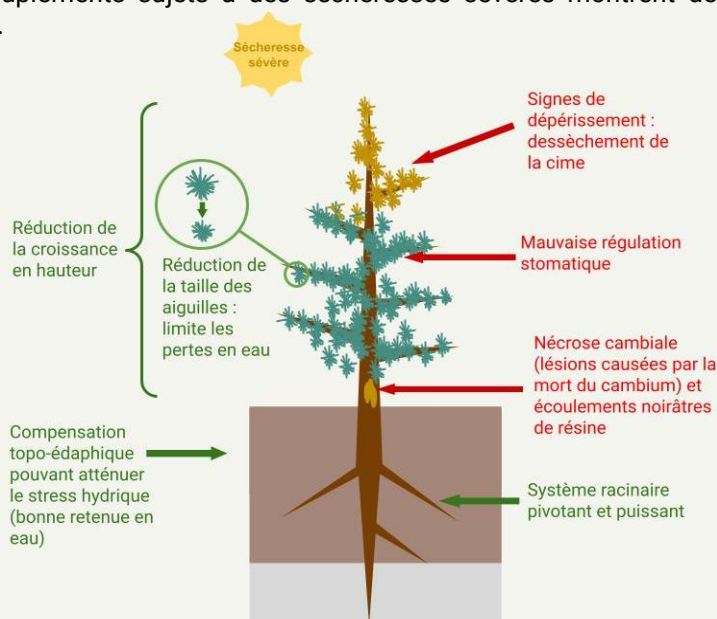


Figure 8. Le cèdre de l'Atlas face au stress hydrique.

De même que pour l'effet observé de la pluviométrie, l'aridité estivale ne paraît pas être un facteur limitant à l'échelle de notre région (pour les croissances en circonférence¹ et en hauteur²). Le cèdre préférera les zones les plus sèches.

Il est important de rappeler qu'il s'agit ici d'un effet global et que l'impact de l'aridité estivale dépend également de nombreux facteurs. La durée et l'intensité des épisodes de sécheresse et la compensation hydrique apportée par le sol sont aussi des facteurs à prendre en compte. Ils n'ont pas été testés ici.

¹ Régression linéaire, p.value ***

² Corrélation de Kendall, p.value***





Tolérance au froid

Cette essence est confrontée à des hivers rigoureux dans son aire de répartition naturelle (moyenne des minimales du mois le plus froid de l'année variant de -1 à -8°C) de même façon qu'en milieu méditerranéen français. Elle **supporte les grands froids** (jusqu'à -20°C), mais **craint les gels tardifs**. Cette sensibilité est assez variable selon les provenances de cèdre (différences importantes dans la période de débourrement). Les arbres sont sensibles à la neige lourde.

Tolérance au vent

Le bois du cèdre est cassant, ce qui le rend vulnérable aux grands vents (bris de branches récurrents). Le risque de chablis est faible lorsque l'enracinement est bon.

À retenir : à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, la croissance du cèdre de l'Atlas est optimale dans les zones les plus chaudes et sèches. Ces résultats sont cohérents avec la bibliographie. Toutefois, nous manquons de données sur les zones les plus océaniques de la région (et donc les zones les plus humides).

VI – Besoins vis-à-vis des sols

Roche mère

Le potentiel du cèdre réside dans sa capacité à s'accommoder d'une **importante gamme de stations**.

La roche mère est un élément important dans les choix d'implantation du cèdre. Il faut favoriser les roches siliceuses (schistes et micaschistes). Le cèdre donne également de bons résultats sur grès, gneiss (notamment dans le Limousin), basalte et dolérite. Sur les substrats granitiques, les résultats sont assez contrastés, voire mauvais, lorsque les conditions hydriques sont limitantes.

Nature chimique

Le cèdre est généralement assez **peu sensible au pH du sol** (il supporte les variations de 4 à 7). Il peut également supporter les sols pauvres, mais il est déconseillé sur sols trop acides (par exemple sur les sols podzoliques dont le pH est inférieur à 4 présents dans les Landes de Gascogne). Il convient d'éviter son installation sur substrats riches en magnésium (dolomie) qui sont souvent associés à des sols peu aérés ou trop pauvres. Le cèdre peut pousser sur sol calcaire. Toutefois, **la présence de calcaire actif lorsqu'il est abondant dans la terre fine à faible profondeur a un effet dépressif**.

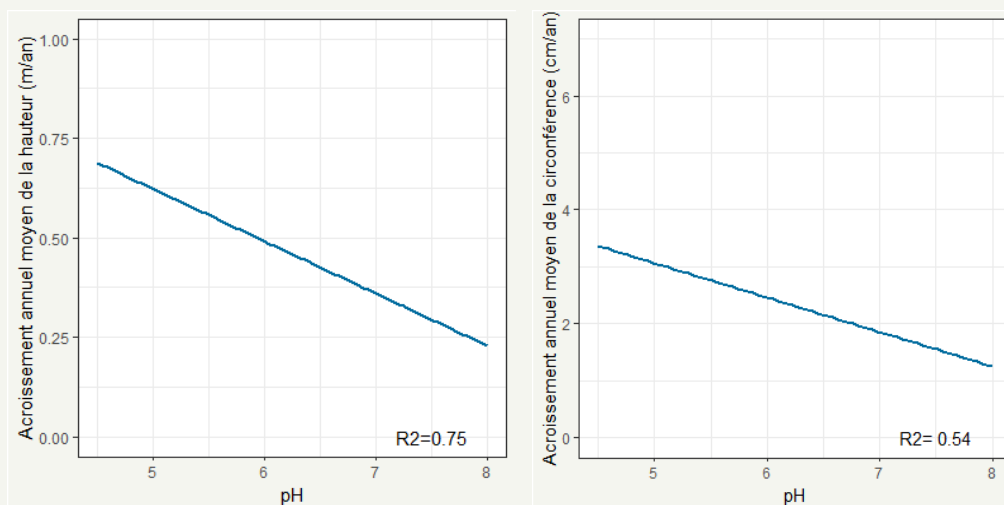


Figure 9. Accroissement annuel moyen de la hauteur moyenne (a) et de la circonférence (b) selon le pH du sol en Nouvelle-Aquitaine.

Les graphiques ci-dessus (figure 9) illustrent nos résultats concernant la relation entre l'accroissement des arbres (hauteur et circonférence) et le pH du sol en Nouvelle-Aquitaine. L'effet est significatif et clairement négatif¹ sur la croissance. La croissance est meilleure sur des sols acides à neutre. Au sein de notre réseau expérimental, la plupart des placettes ayant un pH supérieur à 6,5 présentent également une quantité importante de calcaire actif. C'est la présence de ce calcaire qui pourrait impacter aussi négativement la croissance du cèdre (figure 10). L'étude plus précise de la présence du calcaire actif confirme effectivement un effet défavorable significatif sur la croissance des peuplements (Ancova, p^{***}) :

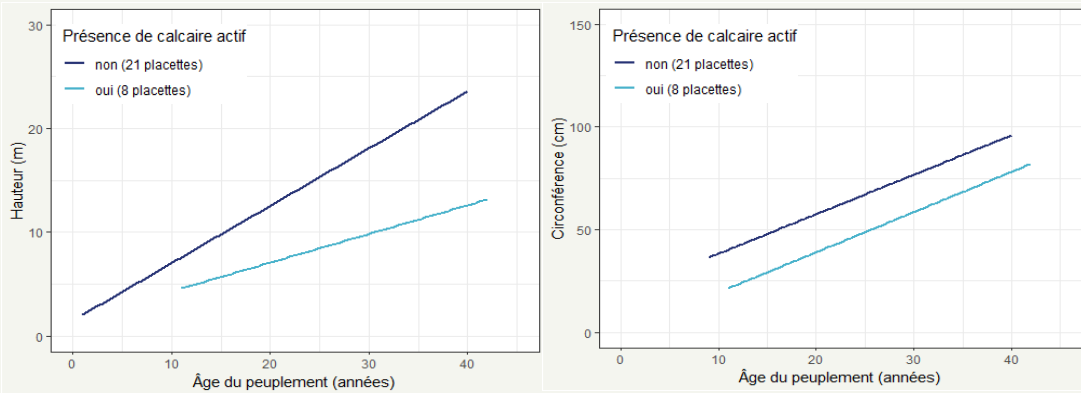


Figure 10. Croissance en hauteur totale (a) et en circonférence (b) en fonction de la présence de calcaire actif dans le sol en Nouvelle-Aquitaine.

Le cèdre est régulièrement **sujet à des carences en bore** lorsqu'il est sur des stations particulièrement contraignantes, et surtout sur granite. Cette carence se manifeste après plantation avec un assèchement des pousses terminales puis des pousses latérales. Le cèdre adopte alors un port buissonnant en boule. La Nouvelle-Aquitaine n'est pas spécialement sujette à ce problème, mais le nord-est de notre région peut parfois montrer des carences (figure 12).

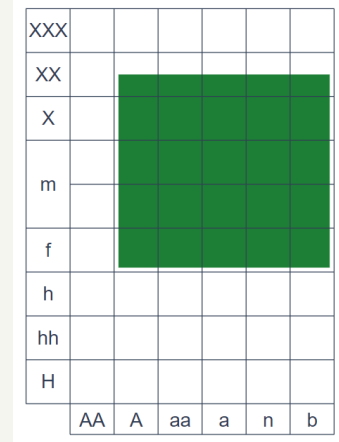


Figure 11. Ecogramme du cèdre de l'Atlas (Flore Forestière Française. Dumé et al, 2018).

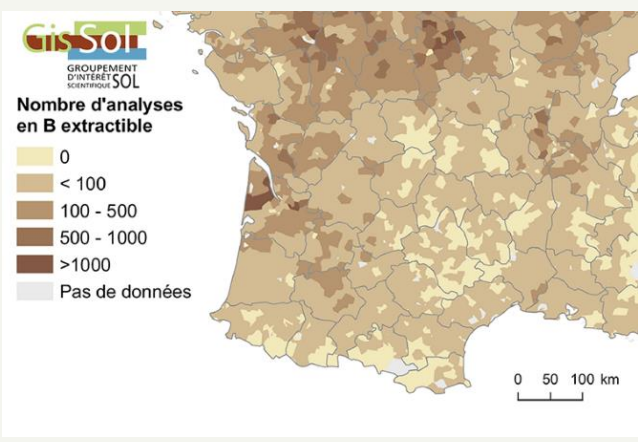


Figure 12. Nombre total d'analyses du bore extractible réalisées pour la période 1990-2004 par canton (Gis Sol, BDTA, 2011 ; IGN, Geofla, 2006).

Profondeur du sol

Le cèdre **apprécie les sols profonds (> 60 cm) avec une bonne réserve en eau** (Réserve utile entre 80 et 100 mm). Il permet également de **mettre en valeur les sols superficiels (< 40 cm) à condition que la prospection racinaire puisse se faire en profondeur** : fissuration et diaclases dans la roche, matériaux terreux et meubles (alluvions, colluvions, éboulis) et absence d'horizon induré (très défavorables). Cet élément est primordial car la résistance à la sécheresse du cèdre réside dans sa capacité à infiltrer ses racines dans la roche.

¹ Régression linéaire, p.value ***

² Ancova, p.value***





Texture du sol

La littérature décrit le cèdre comme une essence pouvant tolérer une **importante gamme de textures**. Toutefois, on **préconise son installation sur des textures assez filtrantes** : les sols lourds et compacts (notamment très argileux) ne lui conviennent pas. Les textures équilibrées et **notamment limono-sableuses** lui sont les plus favorables. Les sols sableux ne sont pas un handicap pourvu que la réserve utile soit convenable.

Nos résultats régionaux sont en accord avec la bibliographie. Le détail de la croissance en hauteur moyenne et en circonférence (**figure 13**) révèle une **bonne croissance sur la plupart des textures**. On remarque une croissance globalement plus faible pour les sols avec une dominante argileuse. Les meilleures performances sont observées sur des sols équilibrés avec une bonne proportion en limons. Sur sols à dominante sableuse, la croissance est moyenne. Sur la **figure 13.b** la texture limono-sablo-argileuse montre des résultats assez mauvais (uniquement pour la circonférence) ce qui est étonnant au vu de la bibliographie et des autres résultats. Un problème de gestion sylvicole concernant les placettes en question pourrait expliquer ce résultat.

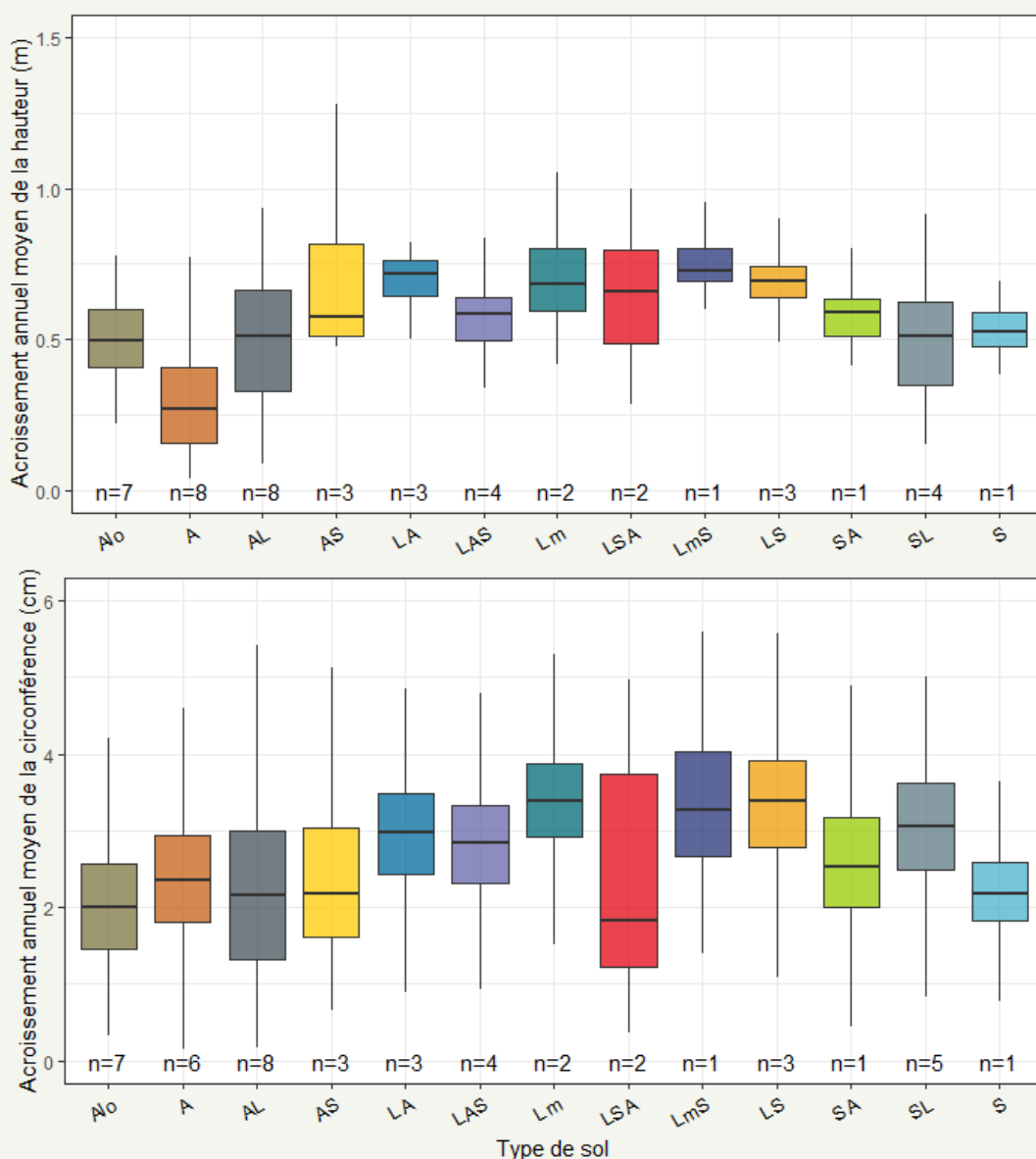


Figure 13. Accroissement annuel moyen en hauteur (a) et en circonférence (b) du cèdre de l'Atlas en fonction de différentes textures de sol. N = nombre de placettes contribuant à la construction des boxplots.

Hydromorphie

Le cèdre est **intolérant à l'engorgement** superficiel et ne s'enracine pas dans des horizons trop hydromorphes. Cette caractéristique peut être à l'origine de problèmes sanitaires et provoquer des dépérissements.

Compensation topo-édaphique

La **figure 14** présente les résultats de croissance d'un peuplement de cèdre de l'Atlas en Lot-et-Garonne. **La croissance des arbres est affectée par leur position topographique¹**. En effet, les individus placés en bas de versant ont une croissance légèrement supérieure à ceux placés en haut de versant. Ceci illustre le phénomène de compensation topo-édaphique, avec des conditions stationnelles plus favorables en bas de versant (apports en eau plus importants, sols plus profonds du fait des colluvions). La topographie est donc un facteur qui doit être considéré lors d'un diagnostic d'implantation, pour le cèdre comme d'autres essences.

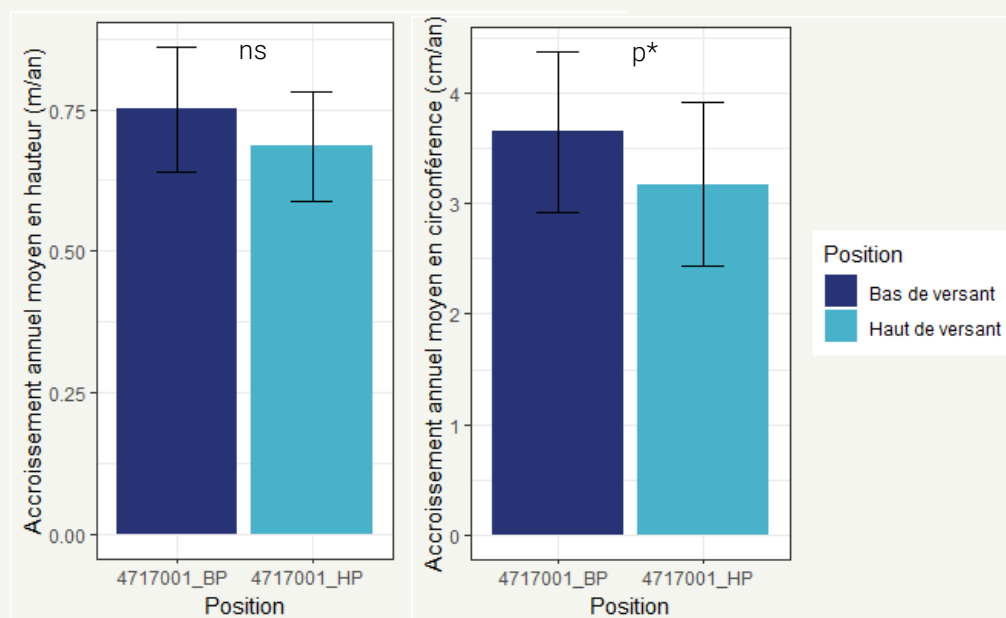


Figure 14. Effet de la topographie sur la croissance en hauteur et circonférence (moyenne + écart-type) d'un peuplement en Lot-et-Garonne.

À retenir : le cèdre de l'Atlas est une essence assez polyvalente vis-à-vis des conditions pédologiques. Il permet de valoriser des sols assez contraignants tant que son enracinement peut être profond. Il convient donc **d'éviter son installation sur sols lourds** (à dominante argileuse), **très superficiels** ou **présentant des horizons compactés**. Il faut également **éviter les sols granitiques, les sols hydromorphes et les stations à calcaire actif**.

Hauteurs dominantes observées en Nouvelle-Aquitaine

La **figure 15** atteste d'une bonne acclimatation du cèdre de l'Atlas en Nouvelle-Aquitaine. Lorsque l'on compare les hauteurs dominantes de notre réseau expérimental avec les classes de fertilité établies pour le sud de la France, **les valeurs calculées sont majoritairement situées au-delà de la meilleure classe de fertilité (classe 1)**. Toutefois, les peuplements présents en Nouvelle-Aquitaine sont jeunes (la plupart ont moins de 40 ans) et les classes de fertilité restent très approximatives en dessous de 25 ans. Des problèmes de croissance et de dépérissement peuvent éventuellement apparaître sur des peuplements plus anciens, comme on le constate aujourd'hui dans le Sud-Est.

¹Kruskal Wallis, p.value*



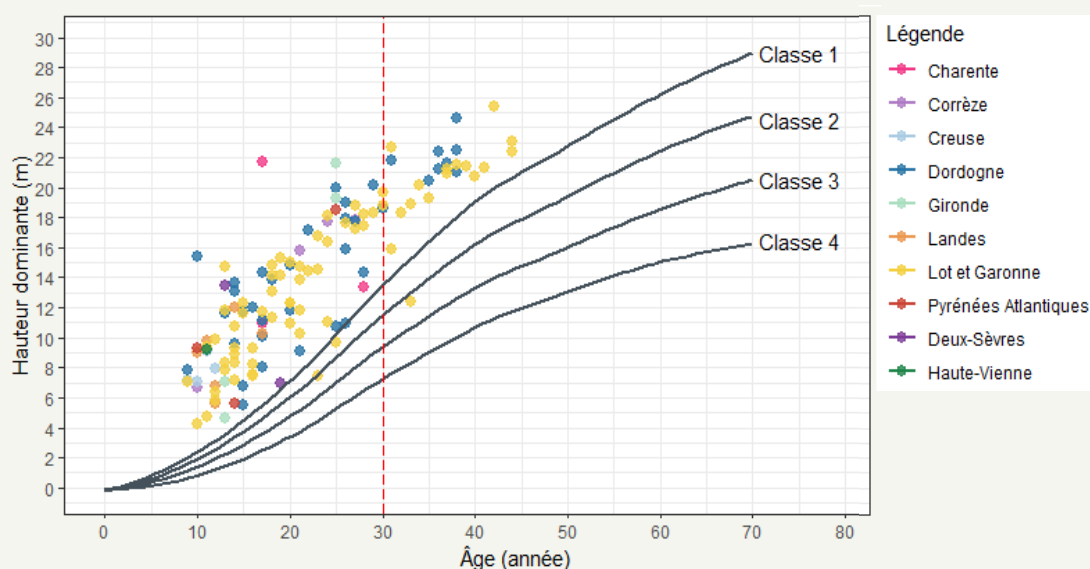


Figure 15. Comparaison des hauteurs dominantes des placettes expérimentales en Nouvelle-Aquitaine (un point = une placette à un âge donné) avec le modèle de croissance en hauteur dominante établi par analyse de tiges pour les Alpes du Sud (Dreyfus et Sardin (2021)).

À titre de comparaison, les hauteurs dominantes de nos peuplements sont du même ordre (voir légèrement supérieures pour les meilleurs points de mesures) que celles observées en Midi-Pyrénées (relevés sur 10 peuplements et réseau de référence CNPF Nouvelle-Aquitaine), ou dans d'autres régions comme le Grand-Est et les Hauts de France.

VII – Conduite en futaie régulière du cèdre de l'Atlas

Installation

Semis artificiel

Cette option a montré des résultats non convaincants. Elle est coûteuse et très consommatrice en graines.

Semis naturel / régénération naturelle

Le succès de la régénération naturelle dépend de la réceptivité du milieu et du contrôle de la concurrence. Sur station fertile, les premiers cônes apparaissent à 15-20 ans, mais ne sont produits en quantité suffisante qu'à partir **de 40 ans pour assurer une régénération**. La production de graines est particulièrement abondante tous les 3 à 5 ans sur quelques arbres (phénomène de masting). Les cônes sont matures en 2 ans ce qui permet d'évaluer en amont la quantité de graines produites (notamment les années de forte production). L'éclatement des cônes est provoqué par une alternance de gel et de dégel. **Les semis sont très sensibles à la concurrence végétale et à la sécheresse en phase d'installation**. Il faudra entretenir un cloisonnement sylvicole de 2 mètres tous les 6 mètres et réaliser des dégagements localisés si besoin (il ne supporte pas les traitements chimiques). La régénération est particulièrement avantageuse pour les peuplements installés sur roche mère calcaire. Le nombre important de semis permet d'exploiter la moindre situation favorable (fissures dans la roche par exemple).

Si la régénération est très abondante (>1 600 tiges/ha, à 2,3 m) on réalisera un dépressage unique pour redescendre la densité à 1 100 tiges/ha. Même si le cèdre supporte un abri latéral léger il faut rapidement le dégager pour qu'il puisse exprimer son plein potentiel.

Plantation

Préparation du terrain

Le sol présente un obstacle à l'installation

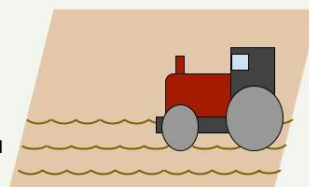
Oui
Non

Blocs ; horizons compactés ; sol calcaire superficiel ; Roche mère non fissurée naturellement

Sous-solage
(minimum 60 à 80 cm de profondeur)

Autres situations → **Labour** (en plein ou en bandes)

Si possible durant l'été qui précède l'installation



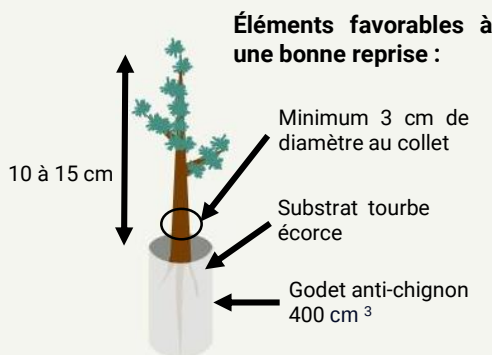
Méthode et qualité de la plantation



Favoriser une plantation au printemps



Éviter les plants en racine nue



Éléments favorables à une bonne reprise :

Minimum 3 cm de diamètre au collet

Substrat tourbe écorce

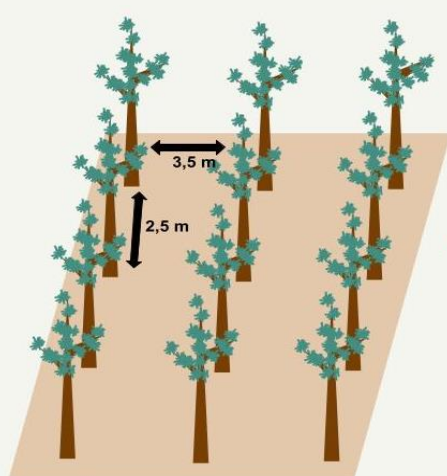
Godet anti-chignon 400 cm³

Provenance CAT900
CAT-PP-001 / CAT-PP-002 / CAT-PP-003

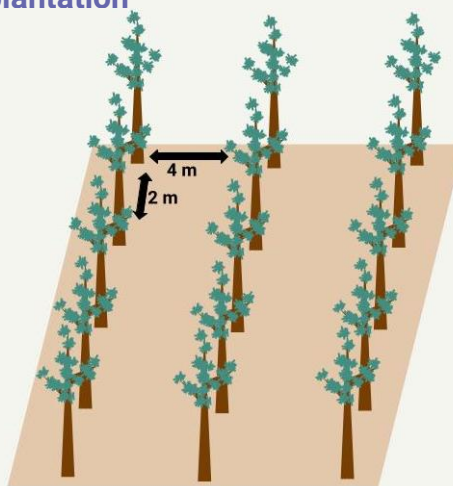
À retenir : le choix de plants vigoureux est primordial. Il impacte directement le taux de reprise de la plantation. Les plants de cèdre sont assez onéreux (environ 1,50 € à 2 € le plant). Il est également impératif de limiter la crise de transplantation grâce à différentes pratiques :

- Fraicheur des plants préservée durant le transport et l'attente sur le chantier
- Plants stockés dans un endroit frais ombragé et à l'abri du vent
- Humidifier les godets avant plantation
- Plantation si la température ambiante est > à 0°C

Schéma de plantation



Environ 1 100 tiges/ha



Environ 1 300 tiges/ha

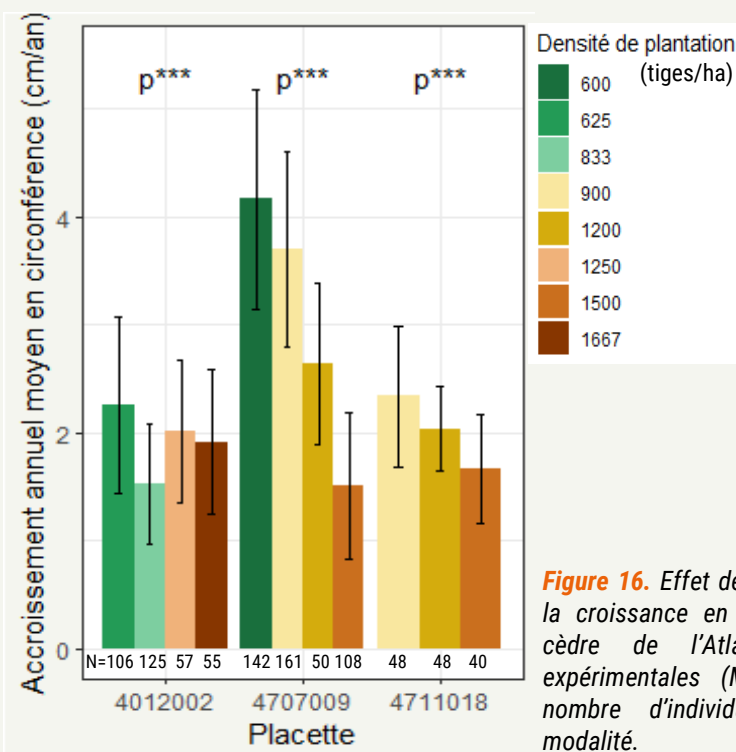
Un minimum de 3,5 m entre les lignes permet la délimitation de cloisonnements sylvicoles essentiels à la réalisation des travaux mécaniques (certains entretiens comme le gyrobroyage sont nécessaires pour limiter la concurrence hydrique des herbacées).

Une plus forte densité de plantation permet de limiter la branchaison latérale. Elle peut également être avantageuse en cas de forte pression du gibier. Toutefois, une plantation trop dense risque d'augmenter le stress hydrique des plants.





Effet de la densité de plantation sur la croissance des plants



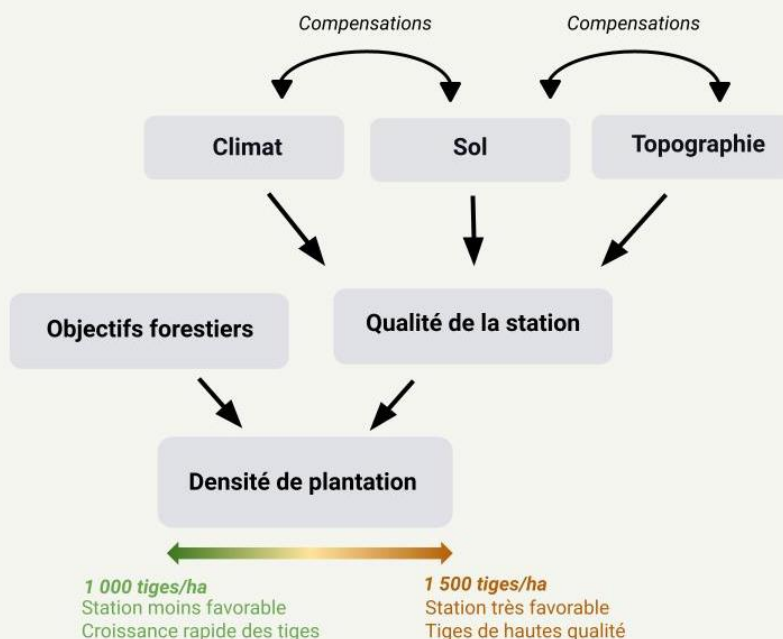
Pierre Gonin - IDF © CNPF

Figure 16. Effet de la densité de plantation sur la croissance en circonférence des tiges de cèdre de l'Atlas pour trois placettes expérimentales (Moyenne + Écart-type). N= nombre d'individus mesuré pour chaque modalité.

La **figure 16** présente les résultats de 3 essais forestiers ayant pour objectifs d'évaluer l'effet de la densité de plantation sur la croissance en circonférence des jeunes plants (Landes et Lot-et-Garonne). Ici, les mesures ont été réalisées sur des arbres de 13 ans.

Les résultats montrent très nettement **l'effet de la concurrence entre les cèdres lorsque la densité est élevée**¹. Cette concurrence a un effet drastiquement négatif sur la croissance en circonférence pour les trois placettes.

À l'heure actuelle les densités préconisées vont de 1 000 à 1 500 tiges/ha. La densité de plantation doit être choisie en se basant sur plusieurs critères :



À retenir : l'installation est **une étape délicate** pour le cèdre. Le choix de la densité de plantation repose sur les objectifs forestiers et la qualité de la station. Le démarrage est souvent irrégulier (développement du pivot racinaire). Une fois le peuplement bien installé, on observe une reprise de croissance importante.

Sensibilité au gibier

Le cèdre est confronté à de **sérieux problèmes de dégâts de gibier**. L'appétence du gibier pour le cèdre peut rendre son installation périlleuse. En présence de rongeurs (lapins et lièvres par exemple) et de sangliers (très attirés par les plants et les éléments nutritifs du godet), l'installation du cèdre nécessite de protéger les plants et/ou d'utiliser des répulsifs. Cette recommandation est encore plus importante dans les peuplements peu denses. Les cèdres sont aussi sensibles aux frottis de chevreuil et écorçages de cerfs. **La pose des piquets au pied de chaque plant permet également d'avoir un repérage** qui facilitera le dégagement par la suite (**les plants sont très petits et difficilement repérables les premières années**).

Entretien du jeune peuplement

Lors de ses premières années de vie, le cèdre de l'Atlas est **très sensible au stress hydrique et à la concurrence herbacée**. La présence de graminées ou de ronces concurrence radicalement les plants. Lors de son installation, **un entretien est indispensable** (entretien manuel ou broyage mécanique) et permettra d'améliorer la croissance juvénile et la reprise des plants. Le broyage permettra aussi de laisser des débris végétaux qui contribueront à la qualité de l'humus. Il est également recommandé d'installer un paillage qui permettra de :

- Limiter la concurrence hydrique avec la végétation spontanée.
- Limiter l'évaporation de l'eau du sol.
- Favoriser l'accès à la lumière des plants.

L'installation de paillage reste optionnelle, car c'est une option assez coûteuse.



Mireille Mouas © CNPF

Paillage en BRF (Bois Rameal Fragmenté utilisé en paillis)

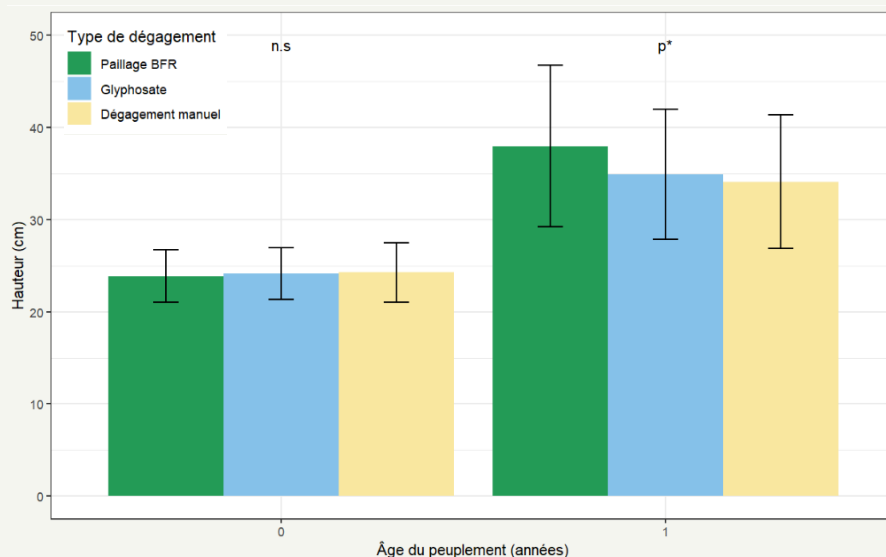


Figure 17. Comparaison de différents traitements de dégagements (Hauteur moyenne + écart type) sur des plants de cèdre de l'Atlas dans les Pyrénées-Atlantiques.





La **figure 17** présente les résultats comparants différents types de dégagements : Paillage BRF, glyphosate et intervention manuelle. On voit qu'un an après la plantation les plants ayant montré la meilleure croissance sont ceux traités avec un paillage BRF. Cet effet reste relativement faible, mais il est toutefois significatif¹. De manière générale, le cèdre est très sensible à la plupart des traitements chimiques.

Itinéraires sylvicoles

Élagage

Le cèdre de l'Atlas est une essence caractérisée par sa **forte branchaison**. La sylviculture doit intégrer ce paramètre en réalisant des élagages soutenus sur les arbres d'avenir (voir **table 2**). **L'élagage artificiel est indispensable**, car les branches sèches ont tendance à rester sur l'arbre. Leur chute intervient tardivement. Le problème de la branchaison est aussi influencé par le type de sylviculture pratiquée. Une sylviculture à haute densité limite ce problème.



Joël Perrin - CRPF PACA © CNPF



Gilles Bossuet - CRPF PACA © CNPF

Éclaircies

La première éclaircie est généralement **déclenchée lorsque la hauteur dominante du peuplement atteint les 15 m**. Les éclaircies sont ensuite réalisées avec des **rotations de 10 ans**. L'intensité de ces éclaircies dépend de la densité du peuplement.

Nous présentons ici deux itinéraires techniques (Source : RMT aforce - Le cèdre en France face au changement) qui visent différents objectifs sylvicoles (**Table 2**) :

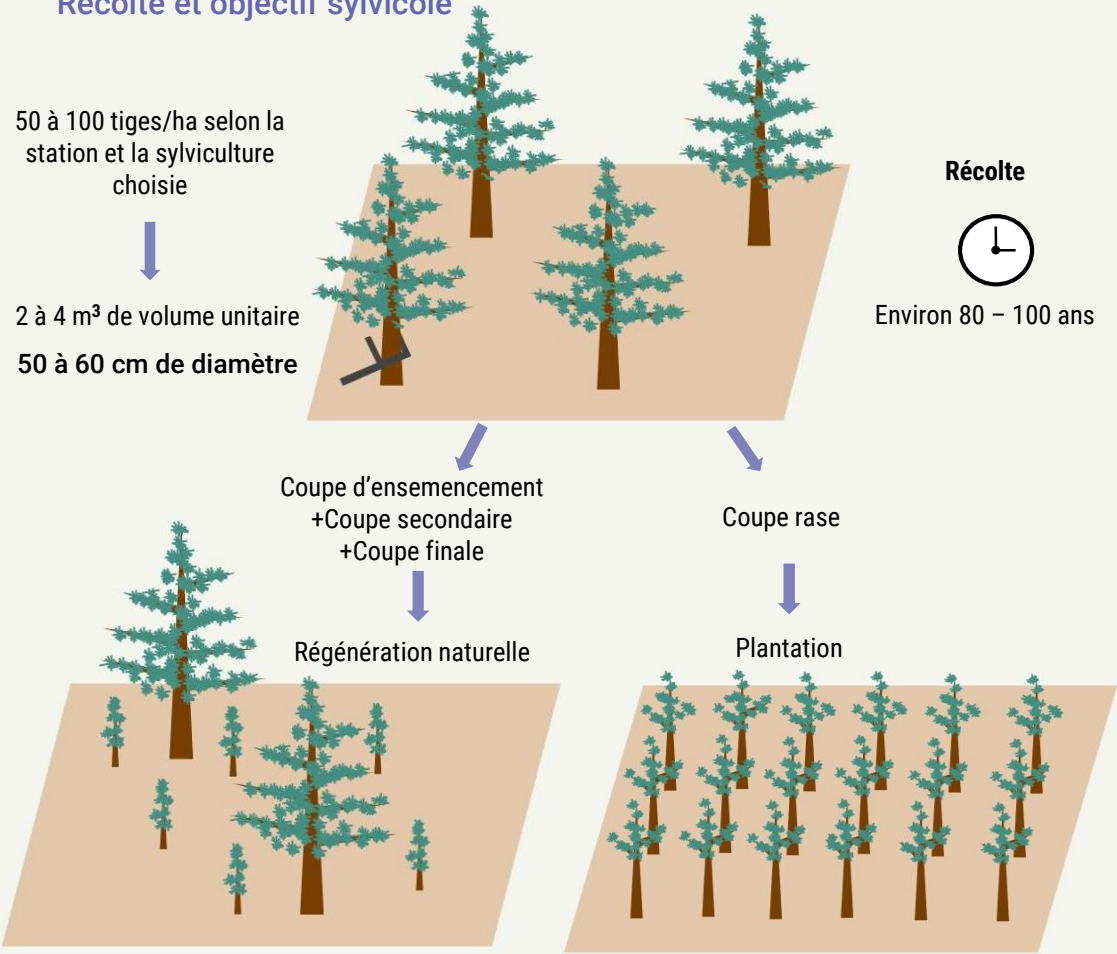
- Le premier présente **une sylviculture de précision** avec une densité initiale plus élevée et plus d'interventions. Cet itinéraire a été développé dans l'optique d'obtenir un bois de qualité supérieure (branchaison plus faible, élagage plus efficace, rectitude importante, forte proportion de duramen).
- Le second porte sur **une sylviculture avec une densité initiale plus faible** et un nombre d'interventions plus restreints. Cet itinéraire a été conçu dans l'optique d'obtenir du bois d'œuvre plus rapidement et de façon moins onéreuse (diamètre d'exploitabilité atteint plus rapidement).

Les recommandations doivent être adaptées à la hauteur dominante du peuplement. L'âge proposé ici n'est qu'indicatif et dépend de la classe de fertilité.

Hauteur dominante (H0)	Age (environ)	Intervention	Densité élevée	Densité Classique
		Plantation	1 600 tiges/ha	1 100 tiges/ha
6-8 m	8-13 ans	Elagage à 3m	250 à 300 tiges/ha	250 à 300 tiges/ha
		Dépressage	→ 950 tiges/ha	
12-15 m	20-25 ans	Elagage à 6m	150 à 200 tiges/ha	150 à 200 tiges/ha
		1 ^{er} éclaircie	→ 500 tiges/ha	→ 500 tiges/ha
16-19 m	27-32 ans	2 ^{ème} éclaircie	→ 370 tiges/ha	→ 350 tiges/ha
20-23 m	37-42 ans	3 ^{ème} éclaircie	→ 280 tiges/ha	→ 250 tiges/ha
24-27 m	47-52 ans	4 ^{ème} éclaircie	→ 210 tiges/ha	
27 m	≈ 50 ans	4 ^{ème} éclaircie		→ 170 tiges/ha
28-31 m	55-65 ans	5 ^{ème} éclaircie	→ 160 tiges/ha	
31 m	≈ 70 ans			60-100 tiges/ha
35 m	≈ 100 ans	Coupe finale	50-90 tiges/ha	

Table 2. Itinéraires sylvicoles recommandés pour le cèdre de l'Atlas.

Récolte et objectif sylvicole



En Provence-Alpes-Côte d'Azur, on observe **d'excellentes régénérations naturelles** lors de **l'ouverture du couvert** dans les peuplements réguliers ainsi que dans les **peuplements mélangés** lorsqu'il y a plus de lumière en sous-étage.





Comparaison d'itinéraires sylvicoles

En Lot-et-Garonne, un essai a été réalisé dans le but de tester l'effet de différents types d'éclaircies sur la croissance des peuplements. La station est homogène sur tout l'essai.

La **figure 18.a** présente les différents scénarios sylvicoles testés. La densité initiale de plantation est de 1 150 tiges/ha. C'est ensuite l'âge, l'intensité et le type d'éclaircie qui varient d'un itinéraire à l'autre.

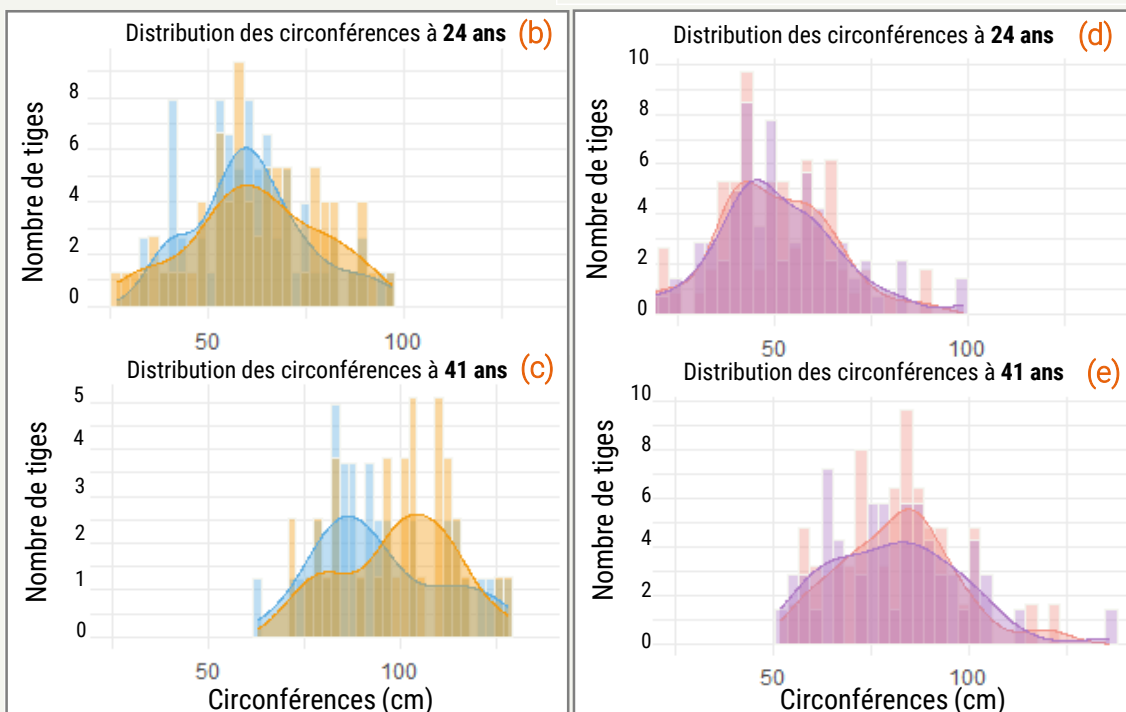
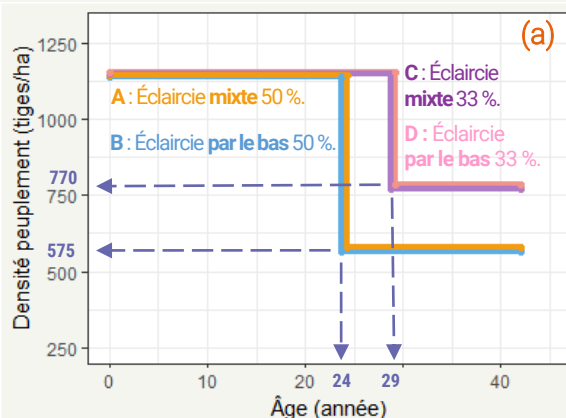


Figure 18. Comparaison de différents itinéraires sylvicoles (a) sur la distribution des circonférences (b), (c), (d), (e). Les courbes représentent les distributions lissées.

Les figures **18.b** et **18.c** comparent la distribution des circonférences à 24 ans (juste après la première éclaircie) et à 41 ans pour les itinéraires **A** et **B**. La figure **18.b** montre des distributions initiales très proches. Les courbes se superposent en grande partie. On remarque toutefois que la **courbe B** présente une proportion inférieure en individus de très faibles circonférences (conséquence directe d'une éclaircie par le bas).

À 41 ans (**18.c**), les circonférences se sont largement décalées vers des valeurs plus élevées. Ceci résulte de la croissance naturelle des arbres et du bénéfice d'une éclaircie à 50% (à 24 ans). Ce décalage est significativement¹ plus fort pour les arbres ayant reçu une **éclaircie mixte** (par le haut et par le bas). Des analyses complémentaires (non présentées ici) révèlent que **l'éclaircie mixte** a principalement favorisé les arbres initialement dominés (avec de petites circonférences à 24 ans).

Dans le cas des itinéraires **D** et **C**, la distribution des circonférences est également similaire à 24 ans (avant la première éclaircie). À la différence des résultats précédents, les éclaircies ont été réalisées plus tardivement et avec un prélèvement de 33%. On remarque une augmentation générale des circonférences du même ordre que celui de l'itinéraire **A**. Cette fois il n'y a pas de différence entre **l'éclaircie mixte (C)** et **l'éclaircie par le bas (D)**.

En conclusion, l'itinéraire ayant eu le plus d'effet sur la croissance est le **A**. **L'éclaircie mixte** a très nettement favorisé la croissance des arbres. Toutefois, ce résultat n'est pas vérifié par l'itinéraire **C**. Ceci peut être expliqué par les différences d'intensités et de temporalités entre les deux.



Marie-Laure Gaduel © CNPF



Marie-Laure Gaduel © CNPF

À retenir : l'installation du cèdre mérite une **attention particulière les premières années**. Le gibier a une très forte appétence pour cette essence. Elle est aussi très **sensible à la concurrence herbacée**. Ce caractère peut être géré par la mise en place d'un **paillage** et la réalisation de **dégagements**. Des travaux **d'élagages** sont à prévoir en raison de sa branchaison importante et de son **élagage naturel tardif**. La **première éclaircie est déclenchée aux alentours de 15 ans puis avec des rotations de 10 ans**. Une **attention particulière doit être portée sur le moment choisi pour l'éclaircie**. La révolution du peuplement varie de 80 à 100 ans et permettra la récolte de 50 à 100 tiges/ha. Le volume à la récolte finale est assez variable (environ 225 m³/ha).

VIII – Conduite en mélange

La conduite du cèdre peut aussi être réalisée en mélange avec **d'autres essences présentant des similitudes autoécologiques et de croissance**. Des mélanges de cèdre et pin (pin laricio de Calabre et de Corse, pin noir d'Autriche) ont déjà été testés en Lot-et-Garonne et en Dordogne. Les résultats sont concluants et les essences ont montré des croissances similaires. Le mélange avec du pin maritime est à proscrire en raison de sa croissance supérieure et surtout de sa révolution bien plus courte (40 ans). Le mélange du cèdre avec d'autres essences est intéressant d'un point de vue environnemental et économique. Les plants de pins étant nettement moins onéreux que les plants de cèdre, le mélange avec ces espèces permet de réduire les coûts d'installation d'une plantation et de s'adapter à une disponibilité réduite de plants de cèdres.

Voici différents motifs de mélange :

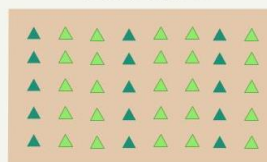


Patrick Castano © CNPF

1/2 Cèdre 1/2 Pin



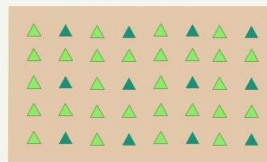
1/3 Cèdre 2/3 Pin



2/3 Cèdre 1/3 Pin



1/4 Cèdre 3/4 Pin



Cèdre de l'Atlas en mélange avec le pin laricio de Corse en Poitou-Charentes

▲ Cèdre de l'Atlas
▲ Pin





IX – Comparaison avec d'autres espèces de cèdre

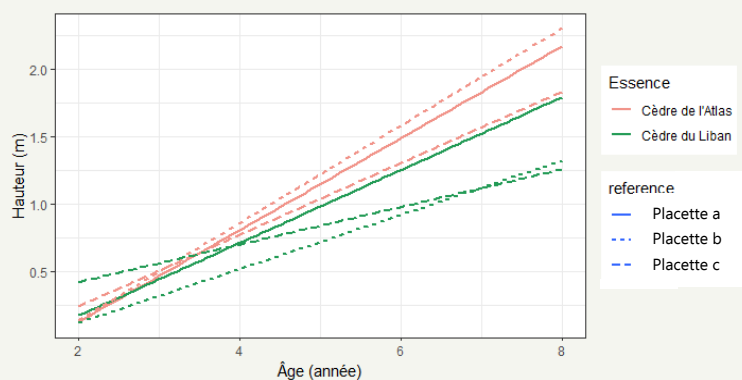


Figure 19. Comparaison des croissances entre cèdre de l'Atlas et cèdre du Liban sur 3 sites expérimentaux.

La **figure 19** présente 3 sites expérimentaux sur lesquels ont été installés du cèdre du Liban et du cèdre de l'Atlas. Les trois placettes présentent des stations plutôt optimales :

- Placette a : Texture équilibrée (LSA) et sol assez profond avec un pH 5.
- Placette b : Texture limono-argileuse (LA) et sol assez profond avec un pH de 4,7.
- Placette c : Texture Limono-Sableuse (ImS) et sol profond avec un pH de 5.

La différence de croissance entre le cèdre de l'Atlas et le cèdre du Liban est nette (**figure 19**). **Le cèdre de l'Atlas montre une meilleure croissance en hauteur sur les trois placettes** (effet statistiquement significatif¹). On remarque également que les peuplements ont des croissances différentes d'une placette à l'autre². La croissance du cèdre de l'Atlas est la meilleure sur sol limono-argileux tandis que le cèdre du Liban est plus performant sur la station limono-sablo-argileuse. Attention toutefois à ne pas tirer de généralités de ces expérimentations qui présentent des peuplements jeunes (mesures uniquement jusqu'à huit ans). Les résultats sont également cantonnés à deux départements (Charente et Lot-et-Garonne), mais des observations similaires ont été faites en Dordogne et en Pyrénées-Atlantiques.

Essence

- Cèdre de l'Atlas
- Cèdre du Liban
- Cèdre de Turquie
- Cèdre de Chypre

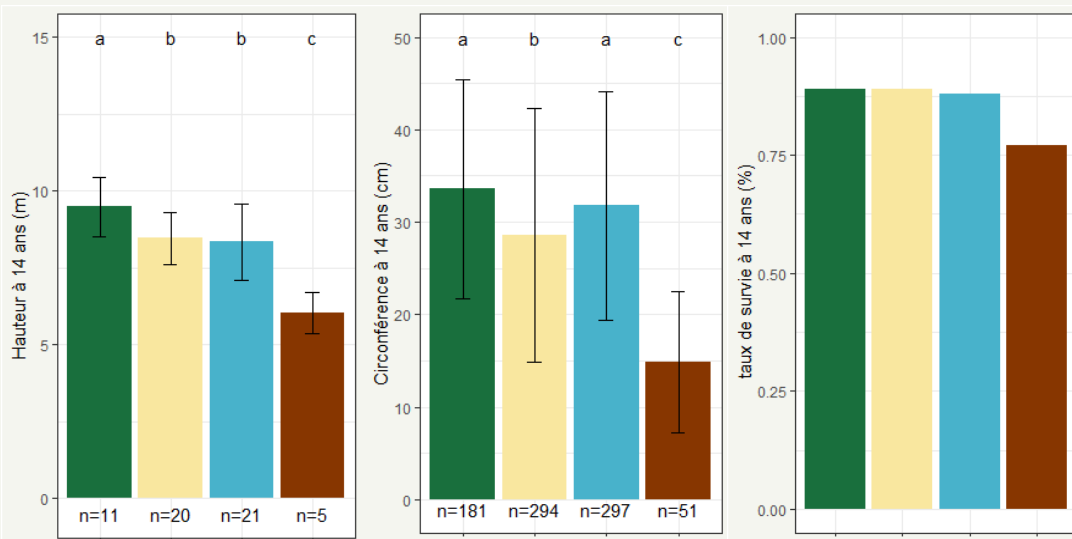


Figure 20. Comparaison des performances de 4 espèces de cèdres.

¹Anova, p***

²Anova, p***

La **figure 20** présente les résultats d'une comparaison de 4 espèces de cèdres (Atlas, Liban, Turquie, Chypre) mesurés à 14 ans. La placette expérimentale est située en Lot-et-Garonne. Il s'agit d'une station plutôt contraignante pour le cèdre située en haut de versant. Le sol présente une très forte proportion d'argile ainsi qu'un horizon compacté. Les résultats sont globalement corrects sauf **pour le cèdre de Chypre qui présente une croissance très faible. Les meilleurs résultats de croissance sont ceux du cèdre de l'Atlas, suivis par les cèdres du Liban et de Turquie.** Concernant la survie, ces trois essences ont également les meilleurs taux (environ 85 à 90 %) comparés aux cèdres de Chypre qui présente un taux de survie de 75 %. Le cèdre de Chypre s'avère être une essence non pertinente vis-à-vis de la production de bois en raison de sa faible croissance et de sa plus grande sensibilité aux gelées tardives.

À retenir : le cèdre de l'Atlas est l'espèce qui présente les meilleures performances (en croissance et survie) par rapport aux cèdres du Liban, de Turquie et de Chypre.



Olivier Martineau © CNPF



X – Bibliographie

Publications

Centre régional de la propriété forestière (CRPF) Aquitaine, 2010. Étude sur le potentiel du cèdre de l'Atlas dans le massif Dordogne / Garonne.

Centre régional de la propriété forestière (CRPF) Bretagne, 2009. Bilan des introductions et perspectives d'utilisation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) en Bretagne.

Centre régional de la propriété forestière (CRPF) Hauts-de-France, 2022. Autécologie et expérimentation, réalisés par le CRPF Hauts-de-France.

Centre régional de la propriété forestière (CRPF) Hauts-de-France. Le cèdre de l'Atlas.

Centre régional de la propriété forestière (CRPF) Midi-Pyrénées, 2008. Le cèdre de l'Atlas-Sud Massif central.

Centre régional de la propriété forestière (CRPF) Nouvelle-Aquitaine, 2010. Douglas ou cèdre en Limousin, l'expérimentation pour répondre aux défis du changement climatique.

Centre régional de la propriété forestière (CRPF) Nouvelle-Aquitaine. Cèdre de l'Atlas - Aide à la diversification des renouvellements de plantation de pins maritimes.

Centre régional de la propriété forestière (CRPF) Rhône-Alpes, 2008. Un résineux Méditerranéen.

Centre national de la propriété forestière (CNPF), 2020. Itinéraire technique de *Cedrus atlantica*, Fiches nationales.

Forêt Méditerranéenne, 1998, Tome XIX (1), pp.11-33, K. El Azzouzi, R. Keller. Propriétés technologiques du bois de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* manetti).

Forêt Méditerranéenne, 2021, XLII (3), pp.259-262. E. Rigolot. La cédraie face au feu.

Forêt méditerranéenne, juin 2021. Tome XLII numéro 1, spécial cèdre.

Forêt méditerranéenne, juin 2021. Tome XLII numéro 2, spécial cèdre.

Forêt méditerranéenne, juin 2021. Tome XLII numéro 3, spécial cèdre.

Forêt entreprise, mai 2007. No174, climat propice pour le cèdre.

Bilan DSF, 2013. J-F. Germain, B. Boutte, T. Boivin, A. Chalon. Un nouveau parasite dans les forêts de cèdres de l'Atlas : la cochenille des aiguilles *Dynaspidotus regnieri*.

Ministère de l'Agriculture, fiche essence. *Cedrus atlantica* Manetti, cèdre de l'Atlas.

Office national des forêts (ONF), 2022. T. Sardin, P. Dreyfus, J. Ladier. Sylviculture du cèdre de l'Atlas.

Revue forestière française, n° 12, pp. 850-856, 1956.

J. Parde - Une notion pleine d'intérêt la hauteur dominante des peuplements forestiers.

Flore forestière française. 1- Plaines et collines. Eds IDF; Paris, France, 1785p, 2003. JC. Rameau, D. Mansion, G. Dumé. Guide écologique illustré.

RMT Aforce, 2012 - F. Courbet, M. Lagacherie, P. Marty, J. Ladier, C. Ripert, P. Riou-Nivert, F. Huard, L. Amandier, É. Paillassa. Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations.

Sites consultables

Climessences, Fiche essence - Le cèdre de l'Atlas.

<https://climessences.fr/quercus-rubra-l-chene-rouge-damerique>

CNPF : <https://www.cnpf.fr/>

E-Phytia, Pathogènes du cèdre de l'Atlas.

<http://ephytia.inra.fr/fr/Home/index>

Fichier écologique des essences. Le cèdre de l'Atlas, Fiche essence. <https://fichierecologique.be/#/>

Données externes

ClimateDT - Données climatiques en Nouvelle-Aquitaine.

Climate - data - Données climatiques Bordeaux et France.

Euforgen - Aire de répartition du cèdre de l'Atlas.

GIS SOL - Carte : Le nombre total d'analyses du bore extractible réalisées pour la période 1990-2004 par canton

IGN - Données issues de l'inventaire forestier national (2017 - 2021).

Projet SPNA-Diff :

Rédaction : Fany Baillou, Julie Pargade

Relectures :

Haimad Baudriller-Cacaud, Vincent Coquillas, Aymeric Gabriel, Jean-Paul Gayot, Dominique Merzeau, Ludivine Page, Alex Pousse, David Provost.