

Bilan et croissance des reboisements de cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, en Algérie : cas du Djurdjura et de l'Atlas blidéen

Khellaf RABHI¹
Amel AKLI²
Ahlem DJOUHRI³
Nassima YAHY³
Salem BOUDEDJA⁴
Mahand MESSAOUDENE^{4*}

¹ Université Batna 1
Département des sciences
agronomiques
Rue Chahid Boukhelouf
05000 Batna
Algérie

² Université Mouloud Mammeri
Département d'agronomie
Tizi Ouzou
Algérie

³ Université des sciences et de la
technologie Houari Boumediene
Département de biologie
Alger
Algérie

⁴ Institut national de recherche forestière
BP 37, Chéraga, Alger
Algérie

* Dir. de recherche à l'Institut National
de Recherche Forestière,
station d'Azazga (Algérie).
Décédé le 18 novembre 2016.

Auteur correspondant /
Corresponding author:
Khellaf Rabhi – khellafrabhi@gmail.com



Photo 1.
Vue générale du reboisement du col de Tirourda.
Photo K. Rabhi.

Doi : 10.19182/bft2018.337.a31627 Droit d'auteur © 2018, Bois et Forêts des Tropiques © Cirad – Date de soumission : 25 septembre 2017 ; date d'acceptation : 13 février 2018 ; date de publication : 1^{er} juillet 2018.



Licence Creative Commons :
Attribution - Pas de Modification 4.0 International.
Attribution-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-ND 4.0)

Citer l'article / Cite the article

Rabhi K., Akli A., Djouhri A., Yahy N., Boudedja S., Messaoudene M., 2018. Bilan et croissance des reboisements de cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, en Algérie : cas du Djurdjura et de l'Atlas blidéen. Bois et Forêts des Tropiques, 337 : 3-15. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2018.337.a31627>

RÉSUMÉ

Bilan et croissance des reboisements de cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, en Algérie : cas du Djurdjura et de l'Atlas blidéen

L'étude a été menée sur trois plantations de cèdre de l'Atlas réalisées au Djurdjura, et quatre autres dans l'Atlas blidéen, en Algérie. Celles-ci se caractérisent par un contraste écologique et par des différences liées aux méthodes de préparation et de mise en place de chaque plantation. L'objectif était de comparer, en mettant en évidence l'influence de ces conditions, la croissance en hauteur, en diamètre et radiale de ces plantations, avec quelques cédraies naturelles et artificielles d'Algérie, du Maroc et de France. L'analyse descriptive des paramètres dendrométriques a confirmé les potentialités productives du cèdre de l'Atlas et sa faculté à coloniser les zones de montagne. Cette constatation découle du taux de réussite exceptionnel déduit des inventaires. En effet, quelle que soit la plantation, le taux de réussite dépasse 80 %. L'accroissement radial annuel atteint 5,6 mm. À 34 ans, le diamètre moyen avoisine 40 cm et la hauteur dominante 16 m. Bien que les parties préservées des plantations soient une réussite, les volumes initialement reboisés sont réduits de moitié en raison du pacage. Les résultats montrent l'effet positif des cépées de chêne vert sur la reprise et la croissance des jeunes plants, ainsi que l'importance des travaux préparatifs visant à stabiliser les terrains en forte pente et à améliorer le comportement hydrique du sol (banquettes et terrasses). Bien que le cèdre croisse de manière satisfaisante en zones sèches, il apparaît plus productif en dehors de son aire de répartition naturelle, par exemple en Bretagne. Cette essence pourrait constituer une espèce d'avenir pour les reboisements et l'amélioration des peuplements en Algérie, en raison de son adaptation aux conditions de milieu difficiles (sécheresse) et de sa productivité.

Mots-clés : *Cedrus atlantica*, cèdre de l'Atlas, reboisement, croissance, Djurdjura, Atlas blidéen, Algérie.

ABSTRACT

Assessment and growth of Atlas cedar plantations, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, in Algeria: study in the Djurdjura and Blida Atlas ranges

This study was conducted in three Atlas cedar plantations in Algeria's Djurdjura range and four others in the Blida Atlas range. They differ in their ecology and in the methods used to prepare and establish each plantation. By showing the influence of these different conditions, the study aimed to compare the vertical, radial and diameter growth of these plantations with other natural and artificially established cedar woods in Algeria, Morocco and France. A descriptive analysis of the dendrometric parameters confirmed the productive potential of Atlas cedars and their ability to colonise mountain areas. This conclusion is based on the exceptionally high success rate deduced from the inventories, which is higher than 80% in every plantation, with radial growth of up to 5.6 mm annually. At 34 years, the trees have an average diameter of around 40 cm and a dominant height of 16 m. Although the parts of the plantations that have been maintained are successful, the initial reforestation volume has been halved due to livestock grazing. The study results show the positive effect of holm oak coppices on the establishment and growth of cedar saplings, and the importance of preparatory work to stabilise the steeply sloping terrain and improve water circulation in the soil (banks and terraces). Although the cedars grow satisfactorily in dry zones, they seem to be more productive outside their natural range of distribution, in Brittany for example. Thanks to its adaptability to difficult conditions (drought) and its productiveness, this could be a promising species for reforestation and woodland improvement in Algeria.

Keywords: *Cedrus atlantica*, Atlas cedar, reforestation, growth, Djurdjura, Blida Atlas, Algeria.

RESUMEN

Evaluación y crecimiento de las reforestaciones de cedro del Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, en Argelia, caso del Djurdjura y del Atlas Blidéen

El estudio se ha llevado a cabo en tres plantaciones de cedro del Atlas realizadas en el Djurdjura, y otras cuatro en el Atlas Blidéen, en Argelia. Estas plantaciones se caracterizan por un contraste ecológico y por diferencias relacionadas con los métodos de preparación y de aplicación de cada plantación. El objetivo era comparar, poniendo en evidencia la influencia de las condiciones, el crecimiento en altura, en diámetro y radial de estas plantaciones, con algunos bosques de cedros naturales y artificiales de Argelia, de Marruecos y de Francia. El análisis descriptivo de los parámetros dendrométricos confirmó las potencialidades productivas del cedro del Atlas y su capacidad para colonizar las zonas de montaña. Esta comprobación deriva de la tasa de éxito excepcional deducida de los inventarios. En efecto, sea cual sea la plantación, la tasa de éxito supera el 80 %. El crecimiento radial anual alcanza 5,6 mm. Con 34 años, el diámetro medio se acerca a 40 cm y la altura dominante a 16 m. Aunque las zonas preservadas de las plantaciones fuesen un éxito, los volúmenes inicialmente reforestados se redujeron a la mitad para crear pastizales. Los resultados muestran el efecto positivo de los vástagos de encina en la reanudación del crecimiento de las plantas jóvenes, así como la importancia de los trabajos de preparación con el objetivo de estabilizar los terrenos con fuerte pendiente y de mejorar el comportamiento hidráulico del suelo (bermas y terrazas). Aunque el crecimiento del cedro fuese apreciable en zonas secas, parece más productivo fuera de su zona de distribución natural, por ejemplo, en Bretaña. Gracias a su adaptabilidad a condiciones difíciles (sequía) y a su productividad, podría ser una especie de futuro para las reforestaciones y la mejora de las poblaciones en Argelia.

Palabras clave: *Cedrus atlantica*, cedro del Atlas, reforestación, crecimiento, Djurdjura, Atlas blidéen, Argelia.

Introduction

Le cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, est une essence qui a toujours suscité un grand intérêt en raison de ses nombreuses qualités forestières telles que son intérêt écologique, sa faible inflammabilité, sa production de bois de qualité, sa croissance juvénile appréciable, sa tolérance face aux stress climatiques et son intérêt paysager (Toth, 1978 ; M'Hirit, 1994 ; Nedjahi, 1987 ; Yahi, 2007 ; Messaoudene *et al.*, 2004). Cette essence est particulièrement recherchée pour son bois noble, facile à travailler, résistant aux adversités, au parfum doux, chaud et gardant son empreinte durant des millénaires. Ce sont autant de qualités qui expliquent l'emploi du cèdre de l'Antiquité à nos jours dans les édifices les plus majestueux (M'Hirit et Benziane, 2006). C'est un bois d'œuvre de première qualité, très propre à la construction, et capable de rivaliser avec d'autres bois nobles tel le sapin, avec lequel il est très comparable pour plusieurs propriétés physiques. Cette essence présente des potentialités écologiques et de production qui nécessitent d'être précisées afin de développer son utilisation et de l'étendre dans son aire potentielle. Ces qualités lui confèrent une place de choix dans les projets de reconstitution, de création et de revalorisation des peuplements forestiers, particulièrement en régions méditerranéennes.

En Algérie où l'espèce couvre naturellement 33 000 hectares répartis en plusieurs massifs, l'aménagement des bassins versants, la lutte antiérosive, la protection et la reconstitution des sols et, par extension, l'augmentation des surfaces forestières, sont parmi les objectifs à assigner à tout programme de reboisement. Dans ce sens, la priorité est donnée à l'installation, sur les terrains dénudés, d'une végétation adaptée. À travers les chantiers populaires de reboisement (CPR, 1962-1967), les différents plans triennaux, quadriennaux et quinquennaux (1967-1990) et le plan national de reboisement (1996), des surfaces considérables ont été reboisées, essentiellement avec le pin d'Alep, même dans des zones où d'autres essences plus valorisables sont également adaptées (Letreuch-Belarouci, 1991). Bien que la production du cèdre, sur substrat cristallin, soit le double de celle du pin d'Alep, les surfaces reboisées avec ce résineux noble, dont la qualité du bois est excellente, restent modestes et se concentrent autour de l'aire naturelle de l'espèce (Belezma, Chélia, Atlas blidéen et Djurdjura). D'après Boudy (1950), la réussite d'un reboisement exige foi et ténacité. L'opération doit, sous peine d'échec, reposer sur des bases scientifiques et une étude détaillée des facteurs physiques (exposition, végétation spontanée, sol) du périmètre à restaurer par le reboisement. Elle suppose la maîtrise des techniques de sylviculture et de reboisement susceptibles de constituer un peuplement plus satisfaisant dans un temps plus court. Présentement, les constats et les bilans établis montrent que ces affirmations demeurent d'actualité. En raison des conditions édapho-climatiques difficiles (sécheresse et sols squelettiques et superficiels), plusieurs plantations de cèdre dans les Aurès ont enregistré des taux d'échec très élevés ; celles de l'Atlas blidéen et du Djurdjura sont plus satisfaisantes. Des prospections

approfondies pourraient révéler d'autres causes liées à la qualité des plants produits en pépinière et aux techniques de plantation.

Les plantations ont pour objectifs la restauration et la réhabilitation des peuplements de cèdre de l'Atlas dans son aire de répartition en Algérie. Les plantations effectuées avec succès dans l'Atlas tellien témoignent de l'aptitude de cette espèce à coloniser des espaces et milieux nouveaux. À ce titre, le cèdre se présente comme une essence de reboisement majeure dans les étages de végétation supra-méditerranéen et montagnard méditerranéen. Cependant, la réponse du cèdre aux conditions de milieu, au matériel végétal et aux techniques d'installation et de conduite du peuplement conditionne la réussite du reboisement (Courbet *et al.*, 2012). Dans cette optique portant sur les interactions entre les potentialités de croissance des reboisements et les descripteurs du milieu, l'état des lieux et le bilan des plantations réalisées dans le Djurdjura et dans l'Atlas blidéen (Chréa) sont exposés dans la présente étude. Il y est question de trois plantations au Djurdjura, réalisées respectivement en 1978, 1987 et 1990 (col de Tirourda, col de Chellata et Tizi Oujaboub), et de quatre autres plantations dans l'Atlas blidéen, réalisées en 1935, 1958, 1970 et 1998.

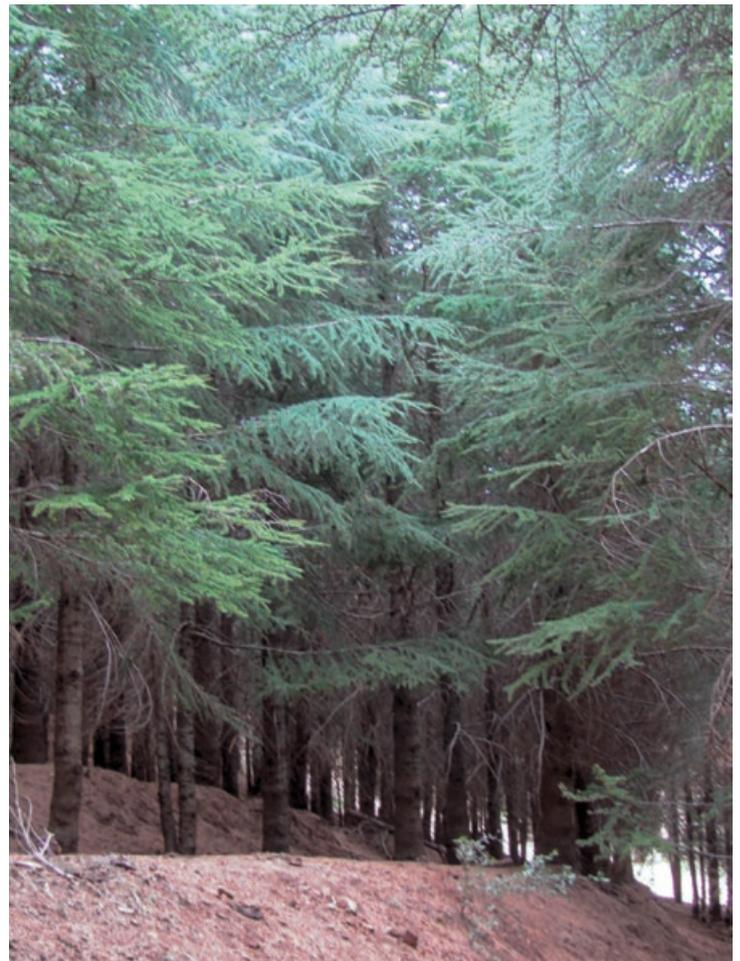


Photo 2.
Plantation sur terrasses antiérosives (col de Tirourda).
Photo K. Rabhi.

Matériel et méthodes

Milieux d'étude

La région du Djurdjura se situe dans les bioclimats humide et perhumide, pour une altitude oscillant entre 1 300 et 1 700 m (Derridj, 1990) (figure 1). Sa constitution géologique est complexe. Le Djurdjura relève d'une puissante formation calcaire très épaisse originaire du Lias inférieur et de l'Éocène, désignée sous le nom de « calcaire massif » (Abdesselam *et al.*, 2000). Des gneiss et des granits ont été observés en alternance avec des calcaires ou des couches épaisses de grès en plusieurs points. Entre les grands revêtements calcaires, on observe également des couches de schistes. Au col de Tirourda, les grès rouges du Trias supérieur et inférieur et les calcaires (massifs, dolomités, et à silex) dominant. Par contre, au col de Chellata, les substrats sont les grès fins homométriques, les micaschistes sériciteux bleutés et les gneiss œillés. Il en est de même pour Tizi Oudjaboub (Gélard, 1978). Les sols peu évolués sont fréquents, les sols bruns forestiers caractérisent surtout le versant sud, et particulièrement les zones de Tikjda et de Tala Guilef. Bien que la plus grande partie de la zone du cèdre soit constituée de calcaires du Lias, c'est sur grès et poudingues que les cédraies les mieux conservées sont observées, en l'occurrence les cédraies des Ait Ouabane, Tigounatine, Draâ Inguel et Tala Guilef (Benmouffok, 1994 ; Mestar, 1995 ; Krouchi, 2010). Au niveau des pelouses, des sols argileux à engorgement temporaire sont présents.

L'inventaire forestier a été réalisé dans les reboisements du col de Tirourda, du col de Chellata et de Tizi Oudjaboub, parties orientale et occidentale du parc national du Djurdjura. La surface totale de ces reboisements s'élève à 527 ha pour le col de Tirourda, 40 ha pour le col de Chellata et 37 ha pour Tizi Oudjaboub. Les reboisements ont été introduits dans le milieu de l'yeuseraie (taillis de chêne vert) très dégradée, ce qui est le cas d'une partie du col de Tirourda (zones appelées Tiliwa et Lazayev). Les autres espaces de plantation sont des anciennes pelouses de montagne ou zones de parcours, comme au col de Chellata, à Tizi Oudjaboub et sur tout le versant sud-est du col de Tirourda (Rabhi *et al.*, 2016).

Le parc national de Chréa, situé dans l'Atlas blidéen, est localisé à 50 km au sud-ouest d'Alger. Il s'étend sur 26 587 ha le long des parties centrales de l'Atlas tellien où il chevauche les départements de Blida, Médéa et Ain Defla (figure 1). Il domine vers le nord la plaine de la Mitidja, les collines de Sahel, les monts de Chenoua et la mer Méditerranée. Vers le sud, la vue s'étend sur le plateau de Médéa, le versant de Takiount et les talwegs des oueds Meurdja et Mektaâ. Vers l'ouest, les reliefs montagneux de la terminaison orientale de l'Ouarsenis, et enfin, vers l'est, les hauteurs de la chaîne du Djurdjura (Abdou et Oukhaf, 2002). Le parc national entoure le village de Chréa et s'étend sur une longueur de 39,5 km environ d'est en ouest et sur une largeur de 7 à 14 km.

En ce qui concerne le substrat géologique, la partie de l'Atlas blidéen sur laquelle s'étend le parc national de Chréa (PNC) est homogène et constituée de schistes du crétaé

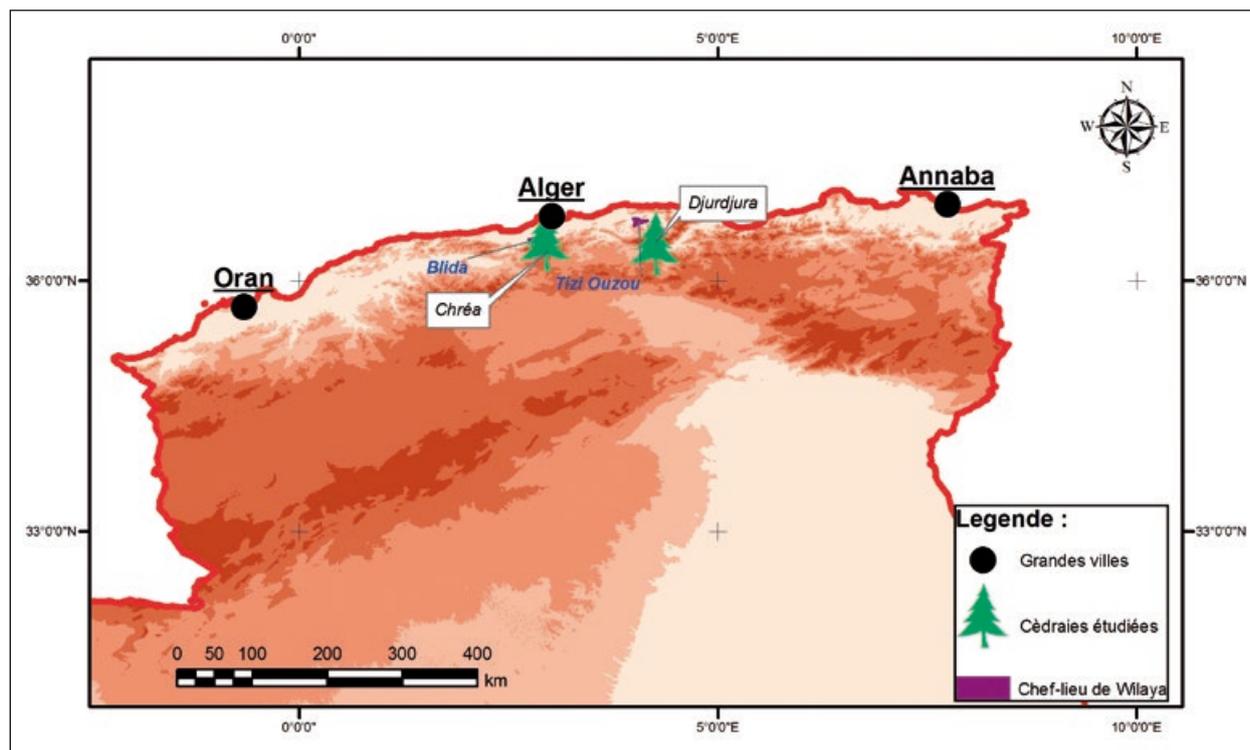


Figure 1. Localisation géographique du Djurdjura et de l'Atlas blidéen, en Algérie.

supérieur et d'éboulis de pente de même origine (Halimi, 1980). Les sols sont constitués de schistes marneux en alternance avec des plaquettes de quartzite (Boudani, 1989). Sur les pentes fortes, les sols sont dominés par des éléments grossiers, tels que les cailloux et les graviers. Les argiles et les limons sont présents en faibles proportions. Dans les poches de ravins, les sols sont très pauvres en phosphore, en calcaire et en chlore (Halimi, 1980). Le relief du PNC englobe le Djebel Gueroumene, le Djebel Ferroukha et le Djebel Mouzaia à Tamesguida. Il se répartit sur les versants nord et sud de l'Atlas blidéen, région montagneuse dont les points culminants sont le Koudiat de Chréa (1 500 m), le Djebel Mouzaia (1 600 m) et le pic de Sidi Abdelkader à 1 629 m (Chekchak, 1985). Le massif forestier se présente comme une barrière d'aspect mouvementé à fortes pentes. L'allure générale du relief de l'Atlas blidéen forme une limite entre les influences maritimes du nord et les influences continentales du sud, influençant ainsi le climat régnant dans cette région. Durant la période hivernale, les températures varient de 4,6 à 5 °C (Morsli, 2008 ; station de Médéa, 1 030 m d'altitude). Pour la période estivale, les moyennes des températures sont comprises entre 20,5 °C et 24,1 °C. Les précipitations annuelles varient entre 600 et 800 mm. Leur cumul peut dépasser 1 000 mm, comme en 2003. Mais des années très sèches adviennent également, comme en 2000, année pendant laquelle seulement 323 mm de précipitations ont été enregistrés. Le régime saisonnier, par ordre croissant de cumul de précipitation, est de type « hiver, printemps, automne, été ». Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen montre que la période sèche s'étale de la mi-mai à la mi-septembre. La zone se confie dans le bioclimat subhumide à hivers tempérés.

Le territoire du parc national de Chréa renferme plusieurs plantations de cèdre de différents âges. Il existe quelques reliques d'un reboisement ancien datant de 1890 qui ne pourra pas faire l'objet d'une étude dendrométrique puisque l'effectif restant est faible. L'étude comparative a concerné quatre reboisements réalisés en 1935, 1958, 1970 et 1998 dans la localité d'El-Hawdh et sur la route menant vers Ghellay.

Acquisition et analyse des données

Afin de procéder aux mesures dendrométriques, 65 placettes d'échantillonnage ont été établies de façon aléatoire dans le Djurdjura et 58 dans l'Atlas blidéen. Ces placettes étaient circulaires, d'une surface de 200 m², tous les individus présents étant recensés. Pour chaque arbre, la circonférence à 1,30 m (C) et la hauteur totale (H) ont été mesurées. Le taux de réussite de chaque plantation a été noté lorsque les archives étaient disponibles ou quand des traces de plantation restaient apparentes sur le terrain. L'étude quantitative s'est basée sur l'analyse descriptive détaillée de la croissance en faisant intervenir plusieurs paramètres dendrométriques (âge, hauteur dominante, hauteur totale, circonférence à 1,30 m) et le seul paramètre sylvicole accessible (densité à l'hectare). Une comparaison de la croissance de ces reboisements avec les peuplements naturels de la même zone géographique et ceux du Maroc et de la France

a été également entreprise. La hauteur dominante (Hd) est estimée à différents âges pour permettre une comparaison entre les plantations. Pour cela, les modèles de Hd en fonction de l'âge, repris de la bibliographie, ont été utilisés.

Étant donné la surface considérable du reboisement du col de Tirourda (450 ha ; photo 1), il a été procédé à une stratification visant à définir des surfaces plus réduites et homogènes et à les inventorier séparément. Ceci implique une analyse plus détaillée de cette plantation.

Le matériel végétal destiné à l'analyse dendrochronologique était composé de 49 arbres. L'ensemble a été sélectionné conformément aux critères établis par Fritts (1976), s'agissant d'arbres sains et sans déformation ni attaques parasitaires. Le prélèvement de carottes a été réalisé à l'aide d'une tarière de Presler à 1,30 m du sol selon trois directions espacées d'un angle de 120°. Les carottes extraites ont ensuite été préparées pour la lecture et les mesures de cernes sur chacune des directions (Messaoudene et Tessier, 1997). L'interdatation, opération qui consiste à attribuer au cerne l'année exacte de sa formation, et les mesures des largeurs des cernes ont été effectuées à l'aide de la machine Lintab5 à 1/1 000 mm dotée d'une loupe binoculaire à fort grossissement et du logiciel TsapWin pour l'acquisition et l'enregistrement des données.

À partir des séries de mesures réalisées sur chacun des arbres (séries individuelles), les séries de données maîtresses ou de synthèse ont été établies pour chaque plantation, en calculant, année par année, la moyenne des épaisseurs brutes des cernes correspondants. Les paramètres dendrochronologiques classiques ont été calculés pour chaque plantation : la sensibilité moyenne (SM), le coefficient d'interdatation (CI) et les largeurs moyenne, minimale et maximale du cerne. La plantation de 1998 de l'Atlas blidéen a été exclue de cette analyse, sa chronologie étant très courte.

Le tableau I présente les caractéristiques stationnelles de chaque plantation.

Résultats et discussion

Comparaison de la croissance en hauteur et en circonférence

Au col de Tirourda, la quasi-totalité des zones plantées présentent les valeurs de hauteur et de circonférence les plus élevées. Elles varient respectivement de 7,9 m à 14,3 m et de 71,0 cm à 99,1 cm (tableau II). Les caractéristiques communes qui regroupent ces stations sont le taux de réussite exceptionnel, lequel dépasse 92 % et atteint parfois 100 %, et leur position sur des plateaux ou sur des terrasses antiérosives. Il diminue dans les endroits très exposés aux vents (ligne de crête) ou sur de fortes pentes. Les travaux préparatoires précédant la mise en terre sont centrés sur l'amélioration du comportement hydrique du sol, afin d'éviter le ruissellement qu'accentuent les fortes pentes. Des terrasses de 8 m de longueur et 2 m de dénivelé ont été installées. Les résultats confirment que ces travaux sont très favorables à la reprise des plants et à la croissance future des arbres, que ce soit en deux ou en trois lignes de plantation par terrasse

Tableau I.

Caractéristiques stationnelles des plantations étudiées.

Plantations	Coordonnées géographiques	Altitude (m)	Exposition	Densité (tiges/ha)	Pente	Substrat, sol et observations
Djurdjura Col de Tirourda (1978)	N 36°28'19,6" E 4°20'53,1"	1 620	Sud-ouest	1 550	37 %	Profond et très caillouteux. Plantation sur terrasses antiérosives par endroits. Taux de réussite atteignant 100 % dans certaines zones. Le plus faible est de 40 % sur la ligne de crête.
Col de Chellata (1990)	N 36°31'07,1" E 04°27'29,2"	1 400	Sud-ouest	985	19 %	Substrat schisteux, moyennement profond, charge caillouteuse importante. Terrain sur terrasses mal entretenues par endroits, piétiné par le surpâturage et présentant des signes d'érosion.
Tizi Oujaboub (1987)	N 36°27'9,5" E 03°56'53,3"	1 220	Sud	1 960	5 %	Plantation sur une ligne de crête. Substrat calcaire, sol brun lessivé profond, charge caillouteuse très faible.
Atlas blidéen 1935	N 36°27'798" E 2°56'410"	1 466	Sud	900	15 %	Absence de chêne vert. Paillage à l'aide de branchage et de feuillage de chêne vert lors de la plantation.
1958	N 36°27'537" E 2°55'823"	1 400	Sud-est	1 250	10 %	Sous-bois inexistant.
1970	N 36°27'336" E 2°55'242"	1 475	Nord	1 050	11 %	Sol profond, réalisé dans une cuvette (probable stagnation d'eau). Sous-bois absent.
1998	N 36°27'006" E 2°54'255"	1 459	Sud-est	1 600	15 %	Présence de chêne vert. Routage et travail du sol. Sur ligne de crête.

Tableau II.

Statistiques descriptives des hauteurs, des circonférences, et surfaces terrières moyennes des plantations étudiées.

Plantations	Circonférence (cm)				Hauteur (m)				Surface terrière (m ² /ha)
	\bar{X}	M	m	CV	\bar{X}	M	m	CV	
Djurdjura Col de Tirourda	71,0	99,1	42,1	0,18	11,5	14,3	7,9	0,12	62,2
Col de Chellata	24,7	43,9	9,8	0,97	4,1	5,1	1,6	0,60	4,8
Tizi Oujaboub	55,8	79,8	27,6	0,20	11,4	13,8	8,8	0,10	48,6
Atlas blidéen 1935	91,3	142	44,0	0,26	20,8	26,1	13,1	0,14	59,7
1958	89,1	131	54,0	0,19	16,3	20,2	11,9	0,13	79,0
1970	68,4	100	11,3	0,25	12,8	15,8	8,0	0,15	39,1
1998	28,5	48,5	14,0	0,31	4,9	6,7	3,2	0,21	10,3

\bar{X} : moyenne arithmétique ; M : maximum ; m : minimum ; CV : coefficient de variation.

dans un environnement pédologique défavorable, le taux de réussite de cette station reste appréciable (79 %). Ces conditions n'ont pas d'effet négatif sur la reprise des plants et sur leur croissance juvénile, mais le ralentissement de la croissance en hauteur et en circonférence est manifeste.

En tenant compte du taux d'échec, il apparaît que la densité de plantation n'est pas identique selon les stations. Elle varie de 1 605 à 3 845 tiges/ha, soit des valeurs élevées, puisque la densité communément appliquée à la plantation avoisine 2 000 tiges/ha. Letreuch-Belarouci (1991) note que, pour la quasi-to-

(photo 2). En plus des fortes pentes non aménagées en terrasses, la croissance la plus faible est observée dans les zones caractérisées par des sols argileux, moins filtrants, à risque d'engorgement. Même si les plants ont été placés

totalité des reboisements réalisés en Algérie, il a été décidé de façon théorique que la densité de plantation devait être de 2 000 plants/ha (2 m sur 2,5 m d'écartement). Cette norme ne découle donc pas d'une expérimentation visant à déterminer

si elle est la mieux appropriée aux conditions de milieu et aux objectifs recherchés. Étant donné le bilan positif de cette plantation, nous considérons que la densité effective, même très élevée, ne constitue pas un facteur défavorable à ce stade du peuplement. Par la suite, elle freine cependant la croissance et peut diminuer la vitalité des peuplements à l'état adulte si des actions sylvicoles, notamment des éclaircies, ne sont pas réalisées. Bien que la littérature s'accorde sur le fait que le cèdre de l'Atlas apprécie un léger ombrage dans le jeune âge, il n'en est pas de même à l'âge adulte. Une sylviculture extensive adaptée aux objectifs de protection assignés à ces reboisements est recommandée. Dans d'autres contextes bioclimatiques moins humides que le Djurdjura, étant donné la faible disponibilité en eau, il n'est pas envisageable d'établir des plantations à forte densité, contrairement à ce qui a été réalisé dans les régions où la finalité était de produire du bois. L'objectif de protection pour lequel les plantations ont été conduites n'exige pas que la forêt soit dense et fermée. L'état squelettique des sols et le manque d'eau devraient déterminer des densités de plantation relativement faibles.

À cet âge où le reboisement du col de Tirourda est au stade haut perchis, et étant donné les conditions de fertilité, nous pouvons considérer que les arbres ont atteint une hauteur dominante considérable (14,1 m à 34 ans) (tableau II). L'essai d'introduction du cèdre de l'Atlas en Bretagne sur sol brun acide et profond, avec une pluviométrie moyenne variant de 700 à 1 100 mm/an, révèle une productivité très appréciable. Ce peuplement atteint une hauteur dominante de 16,8 m à 34 ans et 17,1 m sur des sols caractérisés par une réserve utile comprise entre 45 et 100 mm et une densité de plantation ne dépassant pas 1 300 tiges/ha (Hainry et Colombet, 2009). Le cèdre de l'Atlas apparaît capable de supporter le climat humide et frais du centre de la Bretagne, apparente contradiction avec ses préférences méridionales. Un modèle hauteur-âge ajusté par les auteurs a révélé une hauteur totale moyenne de 16,9 m à 34 ans, ce qui est nettement plus élevé que les valeurs obtenues au col de Tirourda (Djurdjura).

Le même constat est réalisé pour les cédraies artificielles du sud de la France (mont Ventoux) : nos résultats sont inférieurs à ceux évalués par Toth (1973), surtout dans les cédraies sur substrat gréseux et cristallin, où les arbres ont une croissance annuelle en hauteur de l'ordre de 46,3 cm. L'accroissement chute cependant sur substrat calcaire, jusqu'à 27,7 cm/an. À titre de comparaison, les conditions les plus favorables au col de Tirourda coïncident avec la fertilité moyenne observée en Provence. Les observations de Ripert et Boisseau (1994) confirment que, dans cette dernière région, le cèdre de l'Atlas ne dépasse pas 12 m à 30 ans, 24 m à 50 ans et 36 m à 80 ans. Ils notent que la croissance est lente dans le jeune âge. La concurrence est donc à craindre dans les régénérations et les plantations, soit vis-à-vis de la végétation adventice, notamment des graminées, soit vis-à-vis d'essences à croissance plus rapide (pin noir, par exemple). Dans le vieil âge, les courbes présentent une asymptote oblique. Les cèdres en peuplement forestier continuent de croître légèrement au-delà de 90 ans.

Confrontés aux cédraies de Chréa, dans l'Atlas blidéen, les résultats apparaissent à peu près similaires. Bien que le Djurdjura soit plus humide, les conditions stationnelles sont plutôt identiques avec une altitude qui varie de 1 100 à 1 600 m, un sol brun forestier moyennement profond sur substrat schisteux, et une pluviométrie dépassant les 980 mm/an. Dans de telles situations, le cèdre de l'Atlas rencontre les conditions nécessaires à un développement optimal. Nedjahi (1987) montre que, dans les stations les plus favorables, la hauteur dominante atteint 14,0 m à 34 ans. La plantation du col de Tirourda présente une valeur très proche (14,1 m). La cédraie du Rif marocain apparaît légèrement plus productive avec une hauteur dominante de 14,4 m à 34 ans pour la première classe de fertilité. Le plus grand écart est noté pour la troisième classe (11,7 m). Selon M'Hirit (1994), le cèdre de l'Atlas est dans son aire optimale dans cette région caractérisée par une double influence atlantique et méditerranéenne, avec une douceur du climat et des précipitations atteignant 1 350 mm/an. Par contre, comparés à la productivité du cèdre dans le Belezma (Aurès algérien), les résultats sont très distincts. Dans la première classe de fertilité, la hauteur dominante à l'âge de référence chute à 5,85 m, ce qui produit un élancement annuel de 17,2 cm (Bentouati et Oujehih, 1999). Des performances deux fois plus élevées sont observées au col de Tirourda. Le substrat n'est pas discriminant puisque le Belezma repose sur des grès ou des schistes. Les faibles précipitations représenteraient davantage un facteur déterminant. Ce massif soumis aux influences sahariennes se caractérise en effet par un climat continental très contrasté, avec une faible pluviométrie (500 mm/an) et une amplitude thermique prononcée.



Photo 3. Plantation de Tizi Oujaboub (régénération du diss, très prisé par les troupeaux).
Photo K. Rabhi.

Tableau III.

Valeurs de la hauteur dominante de plantations de cèdre de l'Atlas d'âges identiques, dans les sites de l'étude et dans d'autres sites d'Afrique du Nord et de France.

Plantations relevant de l'étude (âges)	Hd (âge)/ Plantation	Plantations d'âges similaires en Afrique du Nord et en France				
		Belezma (Bentouati et Oujehih, 1999)	Chrèa (Nedjahi, 1987)	Rif marocain (M'hirit, 1994)	Sud de la France (Toth, 1973)	Bretagne (Hainry et Colombet, 2009)
Col de Tirourda (34 ans)	9,03 à 14,08	4,03 à 5,85	8,35 à 13,98	11,70 à 14,4	9,42 à 15,73	16,80
Tizi Oujaboub (25 ans)	11,58	2,97 à 4,31	6,14 à 10,29	8,60 à 10,59	6,93 à 11,57	12,35
Col de Chellata (22 ans)	5,03	2,61 à 3,79	5,41 à 9,05	7,57 à 9,32	6,10 à 10,18	10,87
1935 (78 ans)	22,70	9,27 à 13,44	19,16 à 29,09	26,84 à 30,03	21,61 à 31,10	33,54
1958 (55 ans)	15,98	6,53 à 9,48	13,51 à 22,63	18,93 à 23,29	15,24 à 25,45	27,18
1970 (43 ans)	13,04	5,11 à 7,41	10,57 à 17,69	14,80 à 18,21	11,92 à 19,90	21,25
1998 (15 ans)	5,95	1,78 à 2,58	3,69 à 6,17	5,16 à 6,35	4,16 à 6,94	7,41

Hd (âge) : hauteur dominante (en m) atteinte pour chaque âge ; les deux valeurs présentent les deux classes de fertilité extrêmes.

Le taux de réussite du reboisement du col de Chellata se révèle très faible, mais il n'est pas possible de l'estimer avec exactitude puisque les traces de plantation ont été effacées par le pacage très accentué dans cette zone où les plants sont écimés par le broutage. En outre, cette plantation a été incendiée plusieurs fois par les bergers pour favoriser une strate herbacée prisée par le bétail, notamment le diss (*Ampelodesmos mauritanicus* (Poir.) T. Durand & Schinz). À Tizi Oujaboub, la surface initiale du reboisement semble beaucoup plus étendue qu'aujourd'hui, de larges parties ayant été ravagées par des incendies et dégradées par des coupes illicites. La partie inventoriée est relativement préservée (photo 3). L'âge de ces deux plantations étant très proche (22 et 25 ans), la comparaison met en évidence l'effet des conditions de mise en place, notamment l'influence de la pression humaine sur la réussite des reboisements et la croissance des arbres. Dans le reboisement du col de Chellata, la dispersion des valeurs est traduite par un coefficient de variation très élevé, aussi bien pour la hauteur totale que pour la circonférence (tableau II). Ceci est semblable-t-il dû au comportement individuel des arbres, malgré des conditions de milieu homogènes. À 22 ans, la circonférence atteint 24,7 cm et la hauteur moyenne 4,1 m, soit un accroissement annuel en hauteur dominante de 22,9 cm. Cette plantation présente des performances très modestes puisque l'accroissement reste inférieur à celui mesuré dans les conditions les plus défavorables à Chrèa (24,6 cm/an) et dans le reboisement du col de Tirourda, géographiquement proche (26,6 cm/an). Elle est en revanche légèrement plus productive qu'au Belezma (11,9 cm/an). Cette zone se trouve donc dans la dernière classe de fertilité. Malgré le jeune âge correspondant, ce qui signifie une croissance supposée rapide, les accroissements annuels en hauteur dominante et

en circonférence restent faibles par rapport aux autres plantations (tableau III). Les conditions de reprise des plants (pâturage et brûlage de la strate herbacée) pourraient en être la cause puisque le taux de réussite apparent dans cette plantation demeure dérisoire. À Tizi Oujaboub, où le cèdre rencontre les meilleures conditions édapho-topographiques, même si la plantation est dense (1 960 tiges/ha), les accroissements annuels en hauteur dominante et en circonférence sont appréciables, mais légèrement inférieurs à ceux du col de Tirourda. L'accroissement en hauteur dominante est exceptionnel dans ce reboisement (46,3 cm/an) ; il est comparable aux peuplements de cèdre les plus productifs (46,3 cm/an dans le mont Ventoux ; 49,4 cm/an en Bretagne). En tenant compte de ce paramètre dendrométrique, la croissance en hauteur dominante du cèdre à Tizi Oujaboub est donc supérieure à celle de chacune des cédraies que nous avons étudiées.

En comparaison avec l'étude sur la productivité du cèdre de l'Atlas à Chrèa (Nedjahi, 1987), il apparaît que les trois reboisements de 1998, 1970 et 1935 font partie de la deuxième classe de fertilité ; en revanche, celui de 1935 appartient à la première classe de fertilité (tableau III, photo 4). Ces résultats qui convergent avec d'autres observations menées sur le terrain conduisent à suspecter un effet positif du sous-bois, constitué essentiellement de chêne vert, sur la reprise des plants, et donc également dans la réussite des reboisements et la croissance future des arbres. En effet, au cours de la réalisation de ce reboisement, les plants ont été recouverts par des branchages de chêne vert issus du débroussaillage qui a précédé la préparation de la plantation. Pour le reboisement réalisé en 1998, les plants de cèdre ont été installés au milieu de cépées de chêne vert (photo 5). Cette pratique vise à protéger les jeunes plants des vents chauds

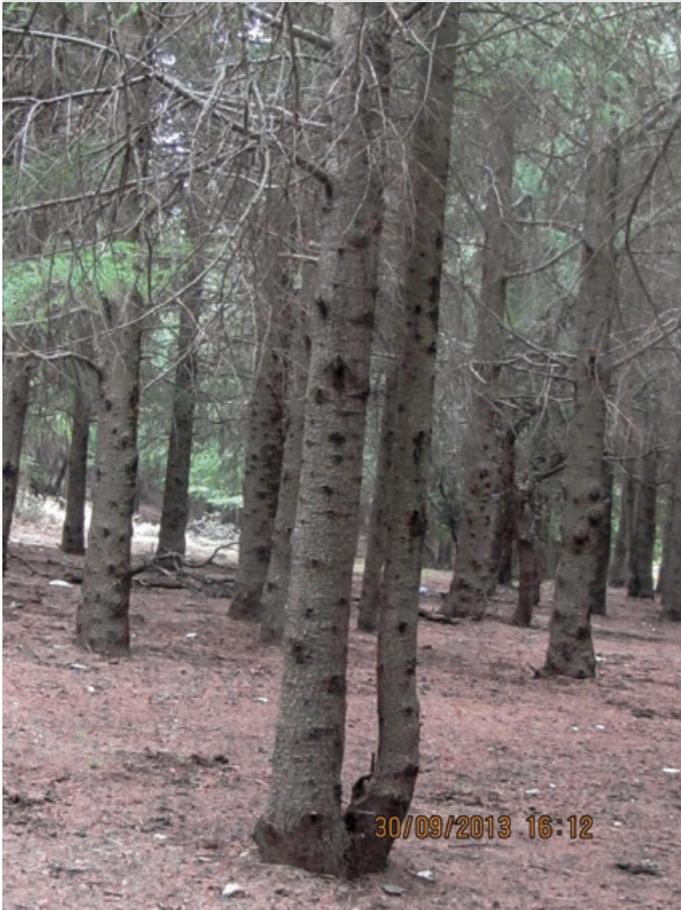


Photo 4.
 Plantation réalisée en 1935 (Atlas blidéen).
 Photo K. Rabhi.

qui peuvent causer leur dessèchement. En outre, la décomposition de ce paillage améliore la nutrition des plants et protège le sol contre les pluies et les vents (Rabhi, 2015). Cet effet facilitateur du chêne vert a été souligné en peuplements naturels en Algérie par Vlashev (1987) et Yahia (2007), et au Maroc par Dubé (2007). Selon Courbet *et al.* (2012), un abri latéral (par exemple des abris en genêts) permet de protéger les jeunes plantations des vents chauds. Ces méthodes sont applicables en raison de la capacité du cèdre à tolérer un manque de lumière au jeune âge, s'agissant d'une espèce de demi-ombre. L'absence actuelle de cépées de chêne vert dans la plantation de 1935 est due à la fermeture du peuplement qui a éliminé pratiquement tout le sous-bois. Cette plantation est caractérisée par sa faible densité (900 tiges/ha). La densité d'origine étant de 2 000 plants/ha, la densité actuelle résulterait d'une sélection naturelle ou de pratiques sylvicoles réalisées à l'époque coloniale ou après l'Indépendance de 1962.

Analyse dendrochronologique des plantations

La faible valeur du coefficient d'interdatation calculé pour la plantation du col de Tirourda (CI = 0,54) (tableau IV) révèle l'absence de synchronisme entre les arbres sondés. Ce résultat semble traduire la dépendance individuelle de la largeur du cerne aux facteurs du milieu propre à l'arbre considéré. Chaque arbre module ainsi l'effet de ces divers facteurs en fonction de ses exigences annuelles, ce qui atténue la possibilité de mettre en évidence un effet général du climat sur la croissance du peuplement. L'épaisseur du cerne varie de 3,8 à 7,4 mm, pour une valeur moyenne de 5,6 mm. À titre d'exemple, la zone marquée par la présence de sol argileux et une faible pente, et la zone à forte pente avec un sol rocaillieux, ne fournissent pas le même signal. Le calcul de la sensibilité moyenne (SM) révèle que, globalement, les arbres sondés sont faiblement sensibles aux variations interannuelles du climat avec une SM égale à 0,13, valeur inférieure à la norme méditerranéenne de 0,21 (Serre, 1973). Cette valeur faible de la sensibilité moyenne caractérise une croissance radiale de type complacente, ce qui signifie que les variations annuelles de l'épaisseur des cernes sont régulières. Ces interprétations sont confortées par une valeur peu élevée du coefficient de variation (CV = 0,23). Les plantations du col de Chellata et de Tizi Oujaboub montrent un faible synchronisme (les coefficients d'interdatation sont respectivement de 0,50 et 0,42) ; les sensibilités y sont faibles, mais plus élevées que celles du col de Tirourda (0,19 et 0,16). L'épaisseur moyenne du cerne de Tizi Oujaboub est appréciable (4,9 mm) (tableau IV). En concordance avec ce résultat, la figure 2 montre que cette plantation est la plus productive, bien qu'en croissance radiale faible pendant les premières années. À partir de 2003, la plantation de Tizi Oujaboub présente une augmentation très notable de l'accroissement annuel qui passe de 3,2 mm à 6,8 mm. Le rythme de croissance radiale des trois plantations du Djurdjura ne révèle pas de synchronisme, et la croissance des trois plantations ne présente pas la même tendance. Les

Tableau IV.
 Résultats des paramètres dendrochronologiques.

Régions	Reboisements	N	LMC	CV	SM	CI	LCmin	LCmax
Djurdjura	Tirourda	19	5,6	0,23	0,13	0,54	3,8	7,4
	Chellata	20	3,4	0,57	0,19	0,50	1,8	4,8
	Tizi Oujaboub	29	4,9	0,21	0,16	0,42	0,9	8,7
Chrèa	1935	53	2,4	0,52	0,13	0,65	1,6	5,1
	1958	36	3,3	0,31	0,22	0,50	0,7	5,5
	1970	30	4,8	0,28	0,13	0,60	2,6	8,5

N : nombre de cernes ; LMC : largeur moyenne du cerne (mm) ; CV : coefficient de variation ; SM : sensibilité moyenne ; CI : coefficient d'interdatation ; LCmin et LCmax : largeurs minimale et maximale du cerne (mm).



Photo 5.
Plantation de 1998 au milieu de cépées de chêne vert
(Atlas blidéen).
Photo K. Rabhi.

phases de croissance juvénile sont inférieures à la moyenne, ce qui dénote une légère difficulté de reprise des plants après plantation. Comme les reboisements sont encore jeunes, les profils des largeurs des cernes ne suivent pas la tendance à la diminution de leur croissance avec l'âge.

Les résultats relatifs à Chréa montrent que la croissance radiale fluctue d'une année à une autre où une absence de synchronisme est observée et appuyée par des coefficients d'interdatation faibles (0,65 ; 0,50 ; 0,60). La tendance globale de la croissance traduite par les chronologies est similaire entre ces reboisements, pour lesquels s'observe une légère diminution de la largeur du cerne avec l'âge. Sur les courbes courantes de la croissance (figure 3), la plantation de 1970 se révèle la plus productive, suivie de celle de 1958. La comparaison des largeurs moyennes des

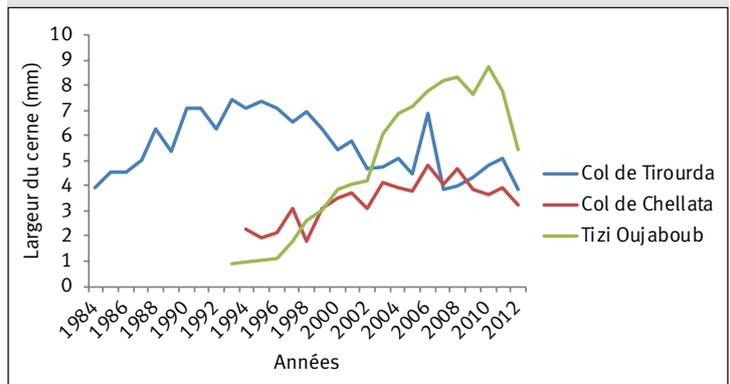


Figure 2.
Chronologies de synthèse des plantations du Djurdjura.

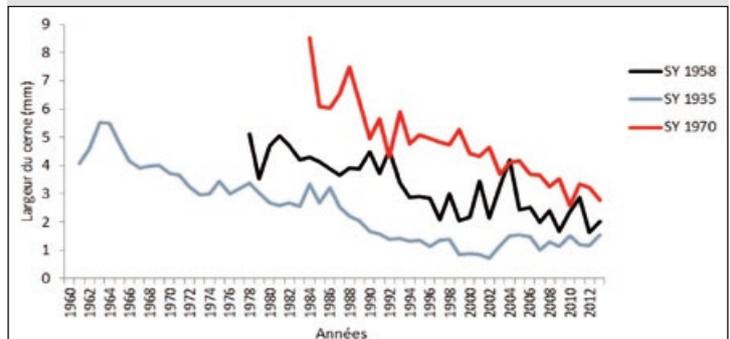


Figure 3.
Chronologies de synthèse des plantations de Chréa.

cernes met en évidence la forte productivité de la plantation de 1970. Celle-ci bénéficie d'un milieu édapho-topographique très favorable, avec une pente faible et un sol profond. Les largeurs moyennes des cernes des plantations de 1935 et de 1958 sont plus faibles, respectivement de 2,4 et de 3,3 mm. Les trois plantations fournissent des valeurs plus faibles de la sensibilité moyenne (0,17 ; 0,13 ; 0,13). Elles se situent sur des stations dites complacentes, pour lesquelles les variations annuelles de l'épaisseur du cerne sont donc peu sensibles aux fluctuations climatiques.

L'établissement de deux chronologies de synthèse pour la croissance radiale des reboisements de cèdre au Djurdjura et à Chréa permet d'éliminer toute tendance liée aux facteurs stationnels, pour ne garder que l'effet régional. La figure 4 montre l'absence de synchronisme entre les deux séries. Bien que celle de Chréa soit plus longue, il apparaît qu'à partir des années 1980 la croissance radiale du Djurdjura présente des amplitudes de largeur de cerne plus élevées, et est donc la plus productive. Cette forte productivité se caractérise par une largeur du cerne de 4,6 mm pour le Djurdjura et de 3,6 mm pour Chréa.

Par comparaison avec quelques cédraies méditerranéennes adultes, les largeurs moyennes des cernes des reboisements étudiés sont plus larges qu'aux Belezma, Théniet El Had et Djurdjura (Loukkas, 2001 ; Messaoudene *et al.*, 2004 ; Sarmoum, 2008), au mont Ventoux (France) (Guibal, 1984), au Maroc (Till, 1986), ou dans les arboretums

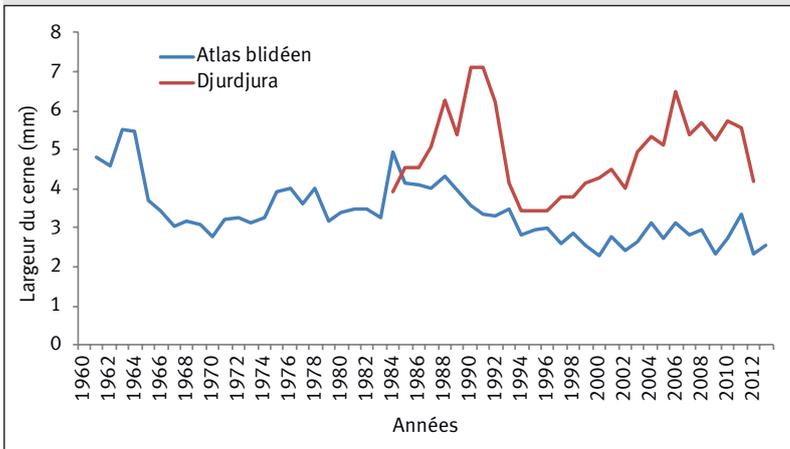


Figure 4.
Chronologies de synthèse du Djurdjura et de Chréa.

d'Amance et du Domaine des Barres (France) (Niederlender et Badeau, 2010). Kadi-Bennane (2003) a comparé la croissance radiale dans trois régions proches géographiquement du Djurdjura et de Chréa (Akfadou, Benchicao et Meurdja) et montre que la croissance moyenne annuelle du cerne est très variable d'une région à une autre. Elle varie en effet de 2,3 à 3,9 mm pour l'Akfadou, de 2,4 à 7,0 mm à Meurdja et de 1,5 à 3,1 mm à Benchicao. Le cèdre se révèle plus productif dans l'arboretum de Meurdja. L'examen des sensibilités moyennes (SM) montre que la croissance radiale des deux régions d'étude est complacente, avec une SM égale à 0,11, alors que celle des arbres adultes de cèdre du Djurdjura et de Chréa est sensitive avec des sensibilités moyennes supérieures à 0,30. Une différence de l'accroissement radial entre Djurdjura et Chréa est constatée au cours de la période 1996-2012 (figure 4). Celle-ci semble liée au climat puisque, d'une part, il est le seul facteur pouvant toucher diversement les deux régions et que, d'autre part, aucune intervention sylvicole n'est signalée pendant cette même période. La diminution de croissance radiale pourrait s'observer dès l'âge moyen de 30 ans dans le cas où le forestier s'abstient de pratiques sylvicoles dans le peuplement.

Dédicace

Ce travail est dédié à la mémoire de Mahand Messaoudene, décédé au Djurdjura le 18 novembre 2016.



Le regretté Mahand Messaoudene au milieu du reboisement de 1935 à Chréa (juillet 2015).
Photo N. Yahi.

Conclusion

Nous avons comparé la croissance et la productivité de sept plantations de cèdre de l'Atlas d'âges différents, réparties sur le Djurdjura et l'Atlas blidéen, en Algérie. L'analyse descriptive des reboisements a confirmé les potentialités productives déjà connues pour cette essence. Dans l'ensemble, les performances de production du cèdre dans ces deux régions sont très proches. En réponse à des conditions édapho-climatiques favorables (forte pluviométrie et sols siliceux profonds), les résultats convergent donc vers un même comportement du cèdre. La productivité estimée dans ces deux régions du Tell algérien est comparable à celle du Rif marocain ; mais en dehors de son aire naturelle, notamment en Bretagne et en Provence (France), le cèdre apparaît plus productif. Bien que le manque de données sur la provenance des graines et la qualité des plants, d'une part, sur les techniques de plantation et les soins post-installation, d'autre part, ne permettent pas de se prononcer sur les causes d'échec et de faire un bilan exhaustif sur les reboisements de cèdre, les résultats obtenus ont montré l'efficacité des aménagements antiérosifs (terrasses et banquettes) améliorant le comportement hydrique des sols sur forte pente. Le broutage et le brûlage du sous-bois et de la strate herbacée, qui surviennent surtout au cours des premiers stades, s'avèrent très nuisibles, aussi bien sur la reprise des plants (taux d'échec élevé) que sur la croissance future des arbres. Ce constat est vérifié pour la plantation du col de Chellata, au Djurdjura. Cependant, dans l'Atlas blidéen, les résultats traduisent un effet positif des cépées de chêne vert sur la protection des jeunes plantations, et dans l'amélioration de la fertilité des sols, par une meilleure décomposition de la litière et l'obtention d'un humus de bonne qualité.

À l'avenir, l'obtention de superficies plus larges couvrant des zones moins fragiles conduit inéluctablement à assigner plutôt aux forêts de cèdre un objectif de production. La productivité en milieux secs, les débouchés économiques, la qualité du bois et les différentes utilisations pourraient motiver cette stratégie. Toutefois, dans le cadre d'une politique forestière durable, l'objectif de production doit concilier celui de protection et celui de conservation. Les dangers qui guettent la cédraie sont multiples, le plus spectaculaire étant le dépérissement qui, dans les Aurès, a induit des mortalités très notables, notamment en termes de superficie. Les causes ne sont pas encore bien établies ; les résultats des recherches sont parfois concordants et parfois contradictoires, mais les résultats préliminaires laissent penser que les sécheresses prolongées constituent le facteur déclenchant. Étant donné les conditions climatiques difficiles rencontrées, en Algérie avec des épisodes de sécheresse de plus en plus longs et aigus, rendant la régénération naturelle aléatoire et insuffisante, nous pensons que le repeuplement artificiel serait une meilleure méthode pour étendre les surfaces du cèdre de l'Atlas.

Références bibliographiques

- Abdesselam M., Mania J., Mudry J., Gélard J.-P., Chauve P., Lami H., Aigoun C., 2000. Arguments hydrogéochimiques en faveur du Trias évaporitique non affleurant dans le massif du Djurdjura (Dorsale kabyle, élément des Maghrébides). *Revue des Sciences de l'Eau*, 13 (2) : 155-166. http://www.rse.inrs.ca/art/volume13/v13n2_155.pdf
- Abdou G., Oukhaf N., 2002. Étude phytoécologique des formations végétales de la partie centrale du Parc National de Chréa et proposition de réhabilitation pour étude de quelques espèces « rustiques ». Thèse, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie, 171 p.
- Benmouffok A., 1994. Approche écopédologique dans les formations à *Cedrus atlantica*. Cas du massif du Djurdjura, Algérie. In : M'Hirit O., Samih A., Malagnoux M. (éds). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, n° spécial, 27 : 206-217. <http://www.fao.org/docrep/009/ah002f/ah002f00.htm>
- Bentouati A., Oujehih B., 1999. Première étude de la croissance et de la productivité du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Bélezma (Aurès, Algérie). *Forêt Méditerranéenne*, 20 (2) : 115-119. <http://hdl.handle.net/2042/40916>
- Boudani F., 1989. Contribution à l'étude de l'influence de l'altitude, du pH et du peuplement arborescent sur l'évolution de la strate herbacée de Chréa (Versant Nord). Mémoire d'ingénieur agronome, Université Saad Dahlab de Blida, Algérie, 83 p.
- Boudy P., 1950. Économie forestière nord-africaine. Tome 2 : Monographies et traitements des essences forestières. Paris, France, Larose. <http://agritrop.cirad.fr/535580/>
- Chekchak M., 1985. Cartographie de la végétation d'une partie du parc national de Chréa (versant nord). Thèse, Institut national d'agronomie, El-Harrach, Algérie, 135 p.
- Courbet F., Lagacherie M., Marty P., Ladier J., Ripert C., Riou-Nivert P. et al., 2012. Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations. Rapport du projet « Adaptation des forêts au changement climatique », 32 p. http://www.reseau-aforce.fr/data/info/497743-Plaquette_Cedre_et_CC_BasseDef_RV.pdf
- Derridj A., 1990. Étude des populations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 288 p. <http://www.theses.fr/1990TOU30113>
- Dubé F., 2007. Étude sur la dynamique de succession et de régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière) et du chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans le Parc National d'Ifrane au Maroc. Rapport de stage, Université de Sherbrooke, Canada, 94 p.
- Fritts H. C., 1976. *Tree rings and climate*. London, United Kingdom, Academic Press, 567 p. <https://www.sciencedirect.com/science/book/9780122684500>
- Gélard J.-P., 1978. Carte géologique du nord-est de la Grande Kabylie, schéma structural, échelle 1/2.105. Travaux du laboratoire associé au CNRS, n° 157.
- Guibal F., 1984. Contribution dendroclimatologique à la connaissance du cèdre de l'Atlas dans les reboisements du Sud-Est de la France. Thèse, Université Aix-Marseille III, France, 123 p.
- Hainry D., Colombet M., 2009. Bilan des introductions et perspectives d'utilisation du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) en Bretagne. CRPF Bretagne, Forêt Privée Française, 10 p. <https://fr.scribd.com/document/133928595/Cedre-de-l-Atlas>
- Halimi A., 1980. L'Atlas blidéen, climats et étages végétaux. Alger, Algérie, Office des publications universitaires, 523 p. http://www.iamm.ciheam.org/ressources/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=17158
- Kadi-Bennane S., 2003. *Cedrus atlantica* en plantations artificielles : variation des épaisseurs des cernes. XII^e Congrès forestier mondial, Québec City (Canada). FAO, 5 p. <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0598-B4.HTM>
- Krouchi F., 2010. Étude de la diversité de l'organisation reproductrice et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala-Guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammerij, Tizi Ouzou, Algérie, 127 p. + annexes.
- Letreuch-Belarouci N., 1991. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Alger, Algérie, Office des publications universitaires, 2 vol., 641 p.
- Loukkas A., 2001. Étude de la variabilité stationnelle de la qualité du bois de *Cedrus atlantica* Manetti dans le massif du Djurdjura. Thèse de magister, Institut national d'agronomie, El-Harrach, Algérie, 95 p.
- M'Hirit O., 1994. Croissance et productivité du cèdre : approche multidimensionnelle de l'étude des liaisons stations-productions. In : M'Hirit O., Samih A., Malagnoux M. (éds). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, n° spécial, 27 : 295-312. <http://www.fao.org/docrep/009/ah002f/ah002f00.htm>
- M'Hirit O., Benziane M. (éds), 2006. Le cèdre de l'Atlas, mémoire du temps. Bruxelles, Belgique, Éditions Mardaga, 288 p.
- Messaoudene M., Tessier L., 1997. Relation climat-croissance radiale de *Quercus canariensis* et de *Quercus afares*. *Annales des Sciences Forestières*, 54 : 347-358. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00883153/document>
- Messaoudene M., Loukkas A., Janin G., Tafere M., Dilem A., Gonzalez J., 2004. Propriétés physiques du bois d'éclaircie des cèdres (*Cedrus atlantica*), contenant du bois de compression, provenant de l'Atlas du Djurdjura (Algérie). *Annals of Forest Science*, 61 : 589-595. <https://doi.org/10.1051/forest:2004054>

Mestar N., 1995. Cartographie physiologique et approche phytoécologique de la cédraie de Tala Guilf (Djurdjura occidental). Thèse de magister, Institut national d'agronomie, El-Harrach, Algérie, 116 p.

Morsli S., 2008. Écologie et biologie du Bombyx disparate, *Lymantria dispar* L. (Lep. : Lymantriidae) dans le parc national de Chréa. Thèse de magister, ENSA, Alger, Algérie, 73 p. http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/649/1/morsli_s.pdf

Nedjahi A., 1987. La croissance et la productivité du cèdre de l'Atlas à Chréa. Annales de la Recherche Forestière en Algérie, 2 (2) : 23-59.

Niederlender L., Badeau V., 2010. Arboretum et dendroécologie. Dépérissement du cèdre. Collection Edytem, 11 : 47-54. https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/786410/filename/Collection_Edytem_11_Dendrochronologie_.pdf

Rabhi K., 2015. Modélisation et optimisation de la croissance et du fonctionnement du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le Djurdjura par l'intégration de descripteurs écologiques et dendrométriques. Thèse, Université de Tlemcen, Algérie, 215 p.

Rabhi K., Messaoudene M., Fortin M., Collet C., 2016. Modélisation de la structure en diamètre des reboisements et des peuplements naturels de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) du Djurdjura (Algérie). Revue Forestière Française, 68 (1) : 43-52. <http://hdl.handle.net/2042/61593>

Ripert C., Boisseau B., 1994. Écologie et croissance du cèdre de l'Atlas en Provence. In : M'Hirit O., Samih A., Malagnoux M. (éds). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Annales de la Recherche Forestière au Maroc, n° spécial, 27 : 155-172. <http://www.fao.org/docrep/009/ah002f/ah002f00.htm>

Sarmoum M., 2008. Impact du climat sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Diagnostic dendroécologique et climatique de la cédraie de Theniet El Had. Thèse de magister, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie, 98 p. <http://repository.usthb.dz/xmlui/handle/123456789/1443>

Serre F., 1973. Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Thèse, Université Aix-Marseille III, France, 244 p.

Till C., 1986. Influence des facteurs écologiques sur l'épaisseur des cernes du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) au Maroc. Ecologia Mediterranea, 12 (3-4) : 33-48.

Toth J., 1973. Première approche de la production potentielle du Cèdre de l'Atlas dans le Sud de la France. Revue Forestière Française, 25 (5) : 381-389. http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/20758/RFF_1973_5_381.pdf?sequence=1

Toth J., 1978. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le sud de la France. Thèse de doctorat, Université Paul-Cézanne, Aix-Marseille III, France, 136 p.

Vlashev V., 1987. Croissance en groupes du cèdre dans la montagne des Babors. Annales de l'Institut National Agronomique El-Harrach, 2 (2) : 57-70. <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/12/2/2/13640>

Yahi N., 2007. Les cédraies d'Algérie : phytoécologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements. Thèse, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie, 265 p.

Bois et Forêts des Tropiques - Revue scientifique du Cirad



Cirad - Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier
Cedex 5, France - Contact : bft@cirad.fr - ISSN : L-0006-579X