



HAL
open science

Les effets des sécheresses et de la sylviculture sur la croissance des sapins, hêtres et cèdres au Mont Ventoux

Hendrik Davi, Courbet François, Christian Pichot, Brunetto William, Jean Florence, Jouineau Arnaud, Mariotte Nicolas

► To cite this version:

Hendrik Davi, Courbet François, Christian Pichot, Brunetto William, Jean Florence, et al.. Les effets des sécheresses et de la sylviculture sur la croissance des sapins, hêtres et cèdres au Mont Ventoux. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2020, 63-64, pp.22-24. hal-02903246v2

HAL Id: hal-02903246

<https://hal.inrae.fr/hal-02903246v2>

Submitted on 31 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

3. LES EFFETS DES SÉCHERESSES ET DE LA SYLVICULTURE SUR LA CROISSANCE DES SAPINS, HÊTRES ET CÈDRES AU MONT VENTOUX

Hendrik Davi, François Courbet, Christian Pichot, William Brunetto, Florence Jean, Arnaud Jouineau, Nicolas Mariotte

INRAE, UR629 Ecologie des Forêts Méditerranéennes (URFM)

Dans les forêts de montagne, la croissance est limitée à haute altitude par les faibles températures, mais, en région méditerranéenne la sécheresse et les fortes températures constituent aussi un facteur limitant, cette fois-ci à basse altitude. Par ailleurs, peu d'études ont explicitement étudié les effets à court terme (annuel) et à long terme (décennal) de l'interaction entre la sylviculture et les conditions climatiques sur la croissance des arbres. Nos études sur le Ventoux ont permis d'aborder ces questions, car ce massif sous influence du climat méditerranéen présente des gradients climatiques importants avec l'altitude.

Effet du stress hydrique et de l'altitude sur la croissance de sapins et des hêtres

Au Ventoux, sur un gradient altitudinal continu et de même exposition où 73 sapins et 77 hêtres ont été carottés, les cernes de croissance ont été analysés afin de déterminer les relations entre croissance et climat depuis 1964. Nous avons montré que l'accroissement radial du sapin est plus sensible au stress hydrique édaphique estival, alors que

l'accroissement radial du hêtre est sensible aux mois d'avril trop doux qui causent un débourrement plus précoce, et le rendent vulnérable aux gelées tardives (voir le Chapitre 5). La croissance moyenne du hêtre diminue avec l'altitude, alors que l'optimum de croissance du sapin se situe à une altitude intermédiaire (Fig. 3.1).

Une seconde étude a reposé sur l'analyse de carottes prélevées sur 129 sapins (88 sur le mont Ventoux et 41 en forêt domaniale de l'Issole dans les Alpes-de-Haute-Provence). Les résultats confirment la forte sensibilité de l'accroissement radial du sapin aux sécheresses estivales et mettent en évidence l'effet favorable des fins d'hiver doux et des printemps chauds et bien arrosés (Fig. 3.2). Le récent réchauffement a provoqué un déplacement de ces optimums vers les hautes altitudes depuis 2000 (histogramme gris sur la figure 3.1). Ces résultats suggèrent qu'une dissociation des niches du sapin et du hêtre est possible, car le hêtre ne peut monter trop haut à cause des gelées tardives. Les résultats de cette analyse sont par ailleurs cohérents avec le fait que le dépérissement des sapinières qui sévit dans les Alpes du Sud et les Pyrénées orientales est beaucoup plus fort à basse altitude.

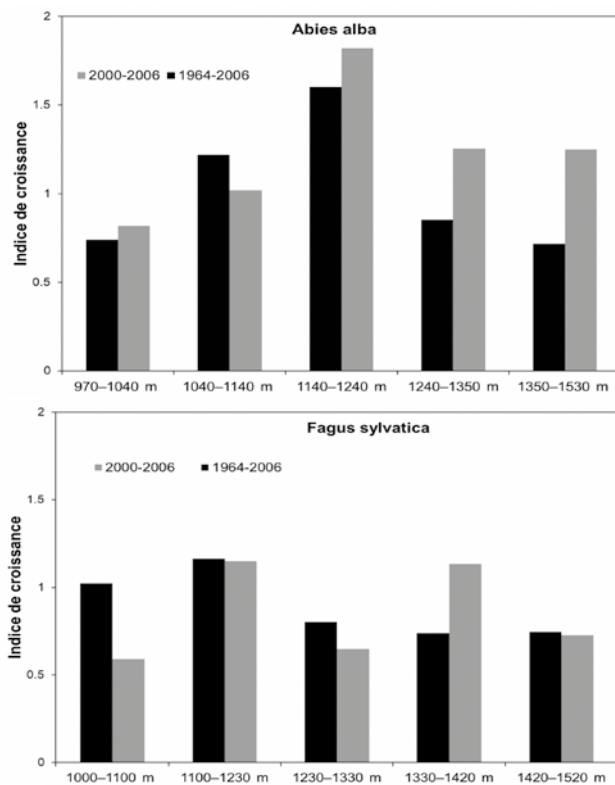


Figure 3.1. Effet de l'altitude sur l'indice de croissance annuelle moyenne pour le sapin (*Abies alba*) et le hêtre (*Fagus sylvatica*) entre 1964 et 2006 (barres noires) et entre 2000 et 2006 (barres grises).

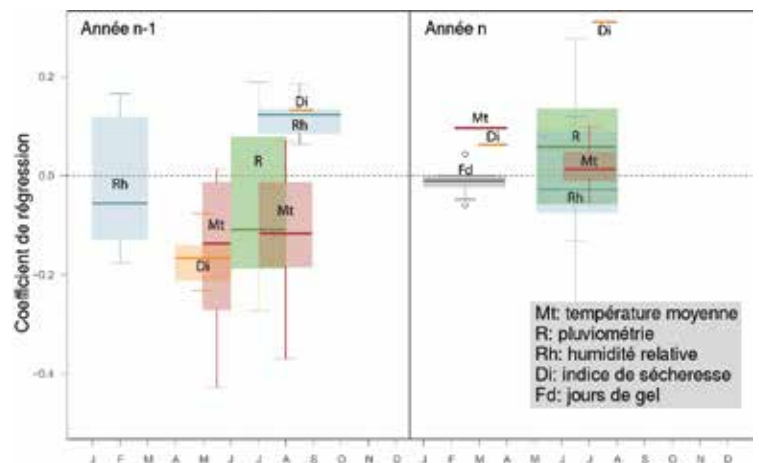


Figure 3.2. Corrélations entre la croissance radiale du sapin (de l'année n) et 14 variables climatiques mesurées sur 2 ans (années n et n-1).

Les variables climatiques sont la température moyenne (Mt), les précipitations (R), l'humidité relative (Rh), l'indice de sécheresse (Di) et le nombre de jours de gelées tardives (Fd), respectivement sur 4, 2, 3, 4 et 1 périodes. Les coefficients de régression figurent sur l'échelle des ordonnées, soit sous forme d'un trait horizontal soit sous celle d'une boîte à moustache lorsque qu'ils varient selon l'altitude. Des coefficients négatifs traduisent un effet défavorable de la variable climatique sur la croissance (par exemple pour le coefficient de sécheresse Di d'avril à juin de l'année n-1). Des coefficients positifs traduisent un effet favorable de la variable climatique sur la croissance (par exemple pour les températures de février-mars de l'année n).

Interaction sylviculture – climat sur la croissance du cèdre

Le cèdre de l'Atlas a été introduit au mont Ventoux sous forme de reboisements RTM au milieu du XIX^e siècle. Ces premiers semenciers se sont abondamment régénérés, donnant des peuplements productifs. Cette réussite a conduit les forestiers à favoriser cette espèce par la suite, y compris sous forme de plantations.

Dans un dispositif expérimental installé dans une jeune plantation de cèdre de l'Atlas comparant différentes intensités d'éclaircies (Fig. 3.3), la croissance en circonférence de tous les arbres a été suivie annuellement pendant plus de 20 ans. Nous avons montré que la croissance des arbres d'avenir (250 par hectare) est d'autant plus importante que l'éclaircie est forte (Fig. 3.4).

En utilisant une approche de modélisation linéaire mixte, nous avons aussi évalué la façon dont la réponse de la croissance au climat annuel était modulée par le régime d'éclaircies (Guillemot *et al.* 2015). Un modèle statistique a été ajusté sur les données individuelles de croissance annuelle en surface terrière pour estimer simultanément différents effets. Pour estimer la composante aléatoire de la croissance liée au climat (= l'effet année), différents effets fixes ont été introduits dans le modèle, et notamment: la densité du peuplement (mesurée par la surface terrière), le rang social de l'arbre, le nombre d'années écoulées depuis l'éclaircie. On constate que l'effet année dépend de la densité, ce qui se traduit dans le modèle par une interaction entre année et surface terrière. Nous avons montré ainsi que l'éclaircie intensive (ramenant la surface terrière à moins de 20 m²/ha) a permis de réduire l'impact négatif des années de sécheresse sur la croissance (Fig. 3.5). Dans un autre dispositif à Valliguières dans le Languedoc, nous avons montré que cet effet positif d'une sylviculture plus intensive était pérenne près de 25 ans après une éclaircie forte et conduisait à une baisse significative du stress hydrique et du niveau d'embolie des vaisseaux du xylème des arbres de la parcelle éclaircie. Ces résultats confirment les effets bénéfiques de coupes, qui peuvent limiter la baisse de croissance lors des sécheresses ou favoriser la résilience des peuplements post-sécheresse (Sohn *et al.* 2016).

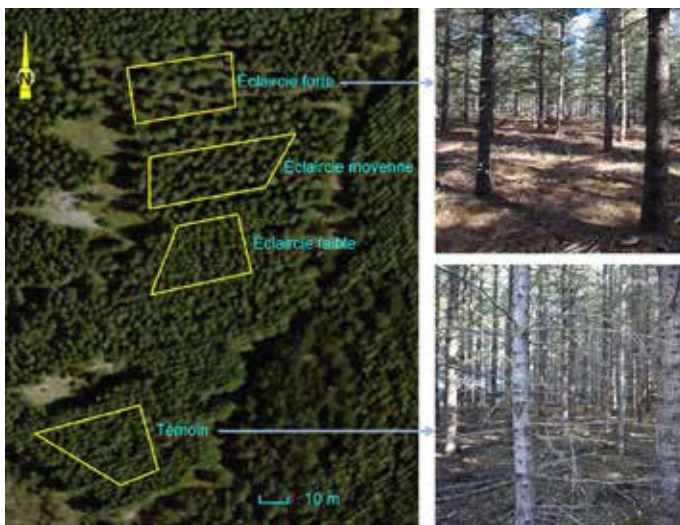


Figure 3.3. Vues aériennes et au sol du dispositif expérimental sylvicole de cèdre du Mont Ventoux.

Outre le traitement témoin non éclairci, trois niveaux d'éclaircie (faible, moyenne, forte) ont été testés.

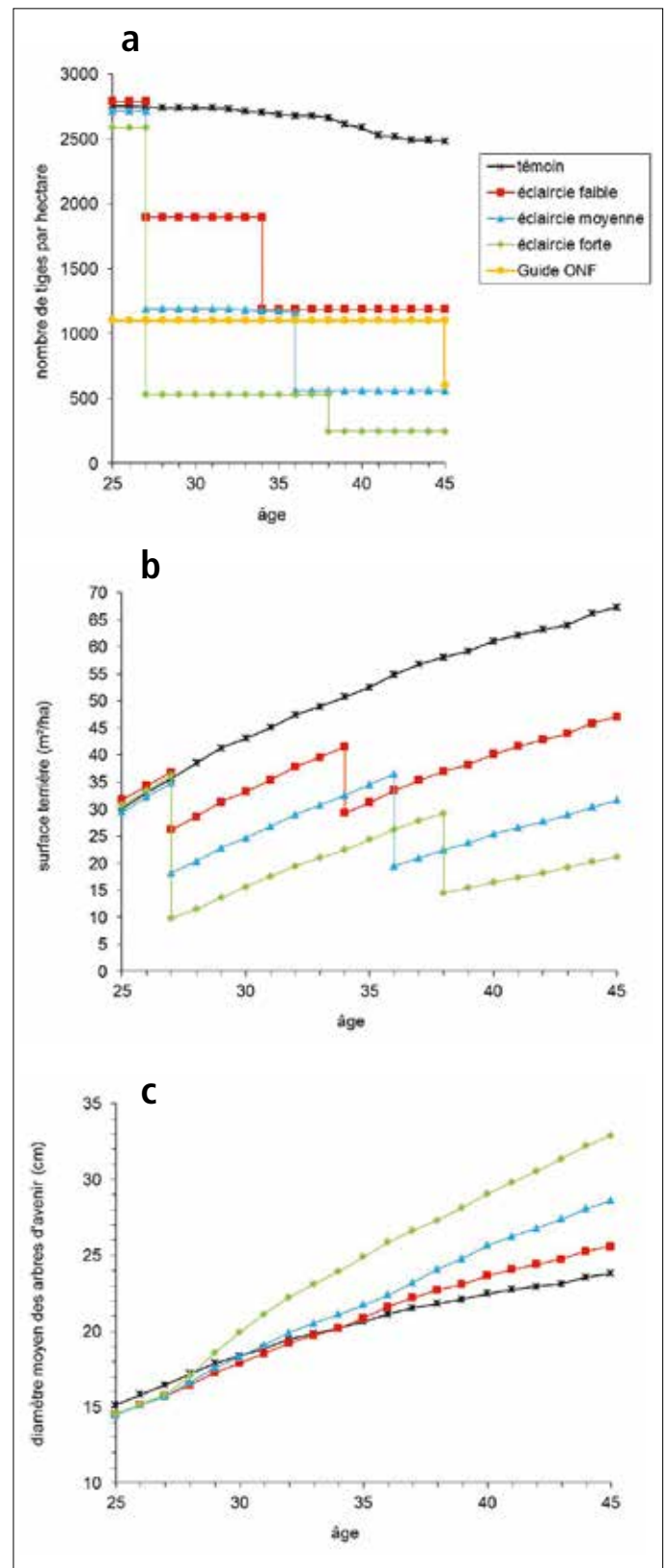
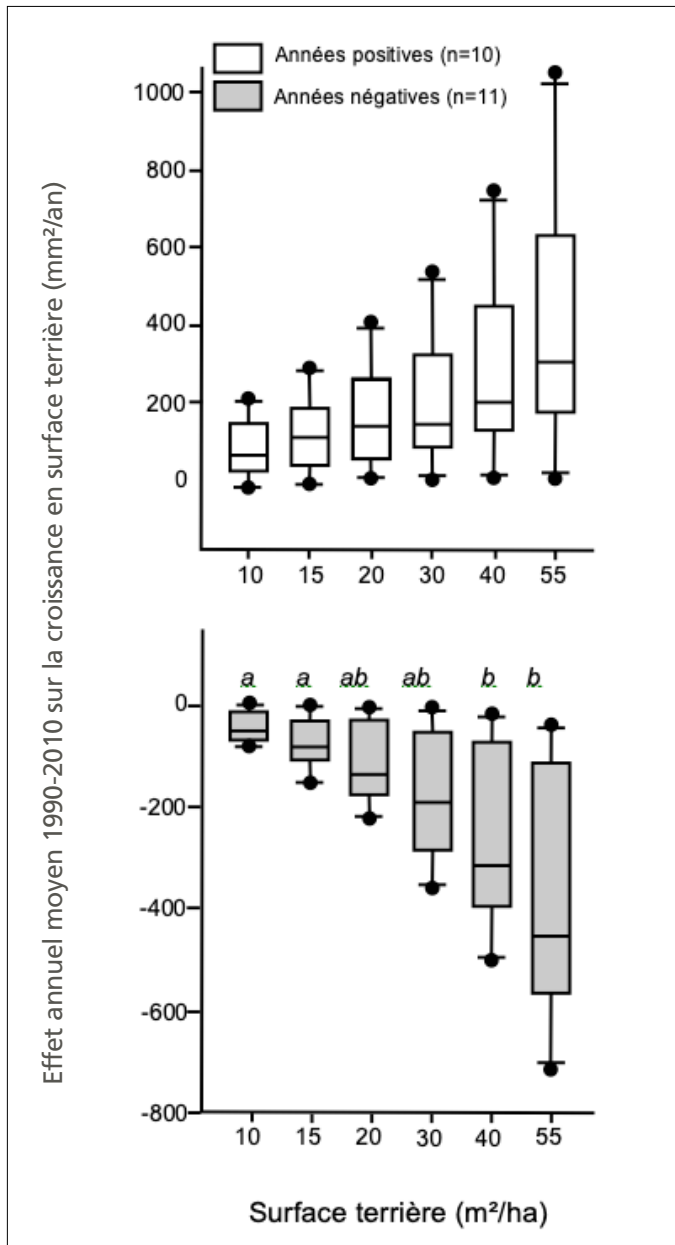


Figure 3.4. Dispositif expérimental sylvicole de cèdre du mont Ventoux ; évolution du nombre de tiges (a), de la surface terrière (b) et du diamètre moyen des 250 arbres d'avenir à l'hectare (c), en fonction du traitement.

Sur le graphique (a), la sylviculture du guide ONF (Ladier *et al.* 2012) a été représentée (classe de fertilité 2 : hauteur dominante = 15,9 m à 45 ans, contre 16,1 m à 44 ans pour le dispositif).



Messages pour les gestionnaires

- Ces résultats démontrent l'intérêt d'abaisser les densités pour atténuer les effets de la sécheresse. Néanmoins, cette réduction de densité devra aussi tenir compte d'autres objectifs éventuels comme la production de bois de cèdre de qualité, en limitant l'obtention de trop grosses branches par l'élagage artificiel et en favorisant le développement d'une forte proportion de duramen (Courbet *et al.* 2012).
- Dans certains cas, l'adaptation de la sylviculture sera insuffisante pour faire face au changement climatique. Dans l'étage montagnard inférieur il est nécessaire de favoriser le hêtre par rapport au sapin. Néanmoins, il existe des facteurs de compensation édaphique, notamment dans les combes qui peuvent demeurer favorables au sapin.

Figure 3.5. Effet moyen de l'année (calculé sur la période 1990-2010) sur la croissance individuelle des cèdres en surface terrière (en mm²/an) pour différentes valeurs de surface terrière totale sur pied (en m²/ha).

Cet effet a été calculé sur la moyenne des années favorables ("années positives") d'une part et des années défavorables ("années négatives") d'autre part. Une année est jugée favorable (positive) si son effet à forte densité ($G = 55 \text{ m}^2/\text{ha}$ = moyenne de la placette témoin non éclaircie) est supérieur à la moyenne, défavorable (négative) sinon. Des lettres différentes indiquent une différence significative au taux de 5% (test de Wilcoxon-Mann-Whitney). Il n'y a pas de différences significatives entre les différentes densités pour les années favorables. En revanche, lors des années défavorables (négatives), l'effet des faibles densités ($\leq 20 \text{ m}^2/\text{ha}$) est significativement favorable.

Pour en savoir plus...

Cailleret M., Davi H., 2011. Effects of climate on diameter growth of co-occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. *Trees - Structure and Function* 25, 265–276. <https://doi.org/10.1007/s00468-010-0503-0>

Courbet F., Lagacherie M., Marty P., Ladier J., Ripert C., Riou-Nivert P., Huard F., Amandier L., Paillassa É. 2012. Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations. Plaquette 32 p.

Guillemot J., Klein E.K., Davi H., Courbet F., 2015. The effects of thinning intensity and tree size on the growth response to annual climate in *Cedrus atlantica*: a linear mixed modeling approach. *Annals of Forest Science* 72, 651–663. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0464-y>

Ladier J., Rey F., Dreyfus P., 2012. Guide des sylvicultures de montagne. Alpes du Sud françaises. Office National des Forêts. 301 p.

Latreille A., Davi H., Huard F., Pichot C., 2017. Variability of the climate-radial growth relationship among *Abies alba* trees and populations along altitudinal gradients. *Forest Ecology and Management* 396, 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.012>

Sohn J.A., Saha S., Bauhus J., 2016. Potential of forest thinning to mitigate drought stress: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management, Special section: Drought and US Forests: Impacts and Potential Management Responses* 380, 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.046>