

# Première étude de la croissance et de la productivité du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Bélezma (Aurés - Algérie)

par Abdellah BENTOUATI \* et Bachir OUDJEHIIH \*

## Introduction

En Algérie, le Cèdre de l'Atlas couvre naturellement 33000 hectares répartis en plusieurs massifs dont le plus important est celui des Aurés, avec une superficie d'environ 17000 hectares (BOUDY, 1952).

Malgré son importance, les données sur cette espèce en Algérie sont peu nombreuses, notamment sur le plan sylvicole. Les rares travaux disponibles ne concernent que l'aspect écologique (ABDESSEMED, 1981) et production (F.A.O, 1971).

Dans le massif de Bélezma, la cédraie occupe environ 5000 hectares et se répartit sur deux ensembles de chaînons orientés sensiblement ENE - WSW. Elle évolue dans une tranche altitudinale allant de 1400 à 2000 m sur les versants Nord (Cf. Photo 1). Toutefois, quand les conditions microclimatiques sont favorables, le Cèdre peut descendre jusqu'à 1200 m. Sur le versant sud, il cède la place à d'autres espèces moins exigeantes comme le genévrier rouge (*Juniperus oxycedrus*) et l'Alfa (*Stipa tenassicima*).

Sur le plan géologique, la cédraie repose sur des alluvions marneuses à basse altitude et des calcaires et grès sur les parties centrales et en haute altitude.

\* Institut d'Agronomie, Université de Batna Route de Tazoult 05000 Algérie



Photo 1: Peuplements de Cèdre de l'Atlas dans le massif de Bélezma

Les sols sont de type brun calcaire et rendzines se développant sur pentes fortes.

Par ailleurs, le massif, soumis aux influences sahariennes, se caractérise par un climat continental très contrasté présentant une faible pluviométrie (500 mm) et une amplitude thermique accentuée.

Pour mieux cerner les potentialités de croissance et de production du Cèdre de l'Atlas dans cette zone, en relation entre autres, avec l'altitude et

le substrat, l'utilisation de la hauteur dominante à un âge de référence de 100 ans est le critère le plus pratique (PARDÉ, 1956 ; DUPLAT et TRAN, 1986 et BOISSEAU, 1996). Ce paramètre, défini à partir de la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare, permet de classer les peuplements dans l'échelle de fertilité et d'estimer la production totale d'une station suivant la loi d'Eichhorn, 1904 (RONDEUX, 1977).

# I - Mesures et calculs effectués

Sur l'ensemble du massif, 90 placettes couvrant les gammes de variation des peuplements sensiblement équiennes et les facteurs du milieu sont échantillonnées (une placette pour 25 hectares de forêt). Leur surface individuelle varie de 2 à 15 ares en fonction de la densité des peuplements.

Dans chacune des placettes, 2 types de variables sont enregistrées :

## - Variables dendrométriques :

- Circonférences à 1,30 m du sol de tous les arbres,

- Hauteur dominante moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare (DECOURT et LE TACON, 1970).

Sur l'arbre de surface terrière moyenne nous avons mesuré :

- La hauteur totale au blum leiss,  
- La circonférence à 1,30 m du sol et la circonférence à la souche (à 0,30 m du sol),

- L'âge, estimé par la tarrière de Pressler.

Les souches des arbres abattus dans chaque placette ont été inventoriées en mesurant leur circonférence à 0,30 m du sol. La circonférence à 1,30 m de ces mêmes arbres, a été calculée par la régression linéaire (DECOURT, 1964) suivante, établie sur l'ensemble des arbres moyens de toutes les placettes.

$$C_{1,30m} = a + b C_{0,30m}$$

$C_{1,30}$  : Circonférence à 1,30 mètre du sol

$C_{0,30}$  : Circonférence à 0,30 mètre du sol

a et b : paramètres

Après ajustement, nous obtenons l'équation :

$$C_{1,30m} = 0,08666 + 0,8027 C_{0,30m}$$

avec  $R^2 = 0,91$  et  $cvr = 11\%$

Les valeurs moyennes des différents paramètres dendrométriques sont résumées dans le tableau I.

Le site-index à l'âge de référence 100 ans varie de 6,10 m à 21,07 m, avec un écart-type de 3,63 m (tableau I), soit un coefficient de variation de 27,049.

## - Variables écologiques :

Certaines des variables stationnelles susceptibles d'exercer une influence sur la croissance des peuplements tels que, le type de substrat, l'altitude, l'exposition et la pente sont relevés dans chaque placette.

# II- Résultats et discussion

## Modèle de croissance en hauteur dominante et caractérisation des classes

L'étude de la croissance des peuplements est basée essentiellement sur la relation hauteur - âge. Cette liaison s'exprime soit par une analyse de tiges soit par un procédé d'ajustement mathématique.

L'analyse de tiges n'a pu être envisagée par souci de protection de la Cédraie. Le procédé mathématique basé sur l'élaboration d'un modèle de croissance de la hauteur dominante a donc été utilisé pour les arbres sur pied.

Le modèle de Farrar utilisé sur la Cédraie du Maroc (ZIAT, 1986) a été retenu pour cette étude.

L'ajustement de ce modèle par la régression linéaire aux couples âge-hauteur dominante des 90 placettes a donné l'équation (1) :

$$H_{dom} =$$

$$16,92 \text{ Exp } \left( \frac{1,926}{A} - \frac{934,72}{A^2} - \frac{9032,38}{A^3} \right) \quad (1)$$

$H_{dom}$  = Hauteur dominante en mètres

Exp = exponentielle

A = âge en années

L'indicateur du site moyen est obtenu -équation (2)- en remplaçant l'âge A par celui de référence 100 ans dans l'équation (1).

$$SI_{100} =$$

$$16,92 \text{ Exp } \left( \frac{1,926}{100} - \frac{934,72}{100^2} - \frac{9032,38}{100^3} \right) \quad (2)$$

De la division membre à membre des équations (1) et (2), nous déduisons la relation (3) qui permet de tracer les courbes de croissances de la hauteur dominante propre à chaque classe.

Le site index moyen est remplacé par sa valeur (Cf. Tab. II) dans l'expression (3).

$$H_{dom} = 1,08 X$$

$$SI_{100} \text{ Exp } \left( \frac{1,926}{A} - \frac{934,72}{A^2} - \frac{9032,38}{A^3} \right) \quad (3)$$

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Age (ans)	46	490	149,47	86,85
Hauteur dominante (m)	5,83	22,8	13,47	03,88
Circonférence dominante (cm)	79,20	363,1	156,31	56,22
Densité (N / ha)	100	3200	360	388,74
Surface.terrière (m <sup>2</sup> / ha)	5,77	167,33	37,04	31,93
Accroissement courant en volume (m <sup>3</sup> / a/an)	0,37	13,05	2,61	2,13
Accroissement moyen en volume (m <sup>3</sup> / ha / an)	0,15	5,14	1,25	0,889
Volume sur pied (m <sup>3</sup> / ha)	28,00	976	176,38	180,53
Production totale (m <sup>3</sup> / ha)	31,00	1007	205,72	195,67
Site index à 100 ans (m)	6,10	21,07	13,42	3,63
Circonférence de l'arbre de surface terrière moy. (cm)	56,00	260,00	118,73	44,01
Hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne (m)	4,40	23,00	12,21	4,26
Accroissement de l'arbre de surface terrière moy.(cm/an)	0,10	1,69	0,52	0,33

Tableau I : Récapitulatif des données dendrométriques des placettes

La signification des écarts des indices de fertilité des diverses modalités est appréciée par le test de Fisher.

La courbe de croissance de la hauteur dominante propre à chaque classe de croissance représente une classe de productivité donnée (Cf. Fig. 1)

L'examen des caractéristiques écologiques et dendrométriques moyennes (Cf. Tab. III), indique que la pente et notamment l'exposition différencient peu les classes de croissances définies.

En revanche, l'altitude et le substrat paraissent influencer la croissance en hauteur. Ces deux derniers paramètres distinguent trois groupes de la fertilité :

Le *premier*, comporte les peuplements sur grès évoluant à une altitude moyenne de 1800 m. La hauteur dominante moyenne de ces peuplements dépasse 19 m.

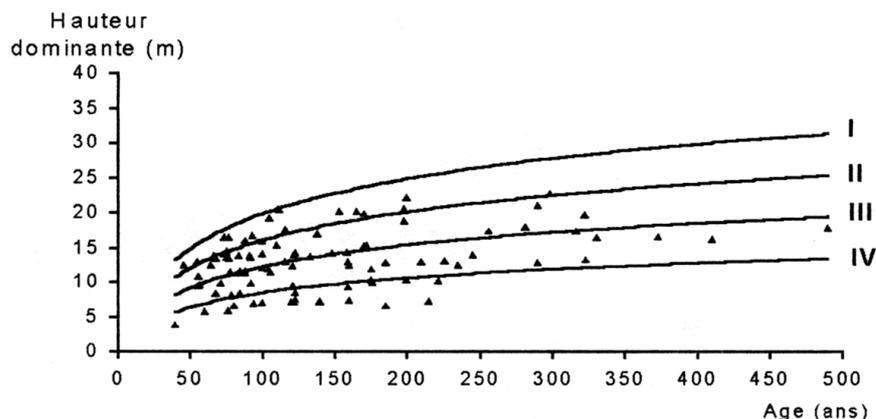
Le *second*, se compose de peuplements de hauteur dominante moyenne de l'ordre de 8 m, croissant sur marne et calcaire à une altitude inférieure à 1600 m.

Le *troisième* caractérise les peuplements installés sur calcaire à une altitude de 1600 à 1700 m. La hauteur dominante moyenne de ce groupe varie de 13 à 16 m.

Classes de croissance	Site index à 100 ans (*)	Site index Moyen	Nombre de placettes	Fertilité
I	> 19 m	21 m	08	Bonne
II	15 - 18,9 m	17 m	24	Moyenne
III	11 - 14,9 m	13 m	38	Médiocre
VI	< 11 m	9 m	20	Pauvre

**Tableau II : Caractéristiques des classes de croissance relatives au site index à 100 ans**

(\*) Significatif au seuil de 5%



**Fig. 1 : Courbes de croissance en hauteur en fonction de l'âge**

Caractéristiques moyennes des classes de croissance		Moyenne de l'indice de fertilité (hauteur à 100 ans)			
		> 19 m	15 à 18,9 m	11 à 14,9 m	< 11 m
<b>E</b> <b>c</b> <b>o</b> <b>l</b> <b>o</b> <b>g</b> <b>i</b> <b>q</b> <b>u</b> <b>e</b>	Altitude (m)	1800	1700	1600	< 1600
	Exposition	NE-NW	NE-NW	W-NW	NE-NW
	Pente (%)	25	47	46	42
	Substrat	Grès	Calcaire et calcaire dolomitique		Marne et calcaire
<b>D</b> <b>e</b> <b>n</b> <b>d</b> <b>r</b> <b>o</b> <b>m</b> <b>é</b> <b>t</b> <b>r</b> <b>i</b> <b>q</b> <b>u</b> <b>e</b>	Hauteur dominante (m)	20,82	16,20	12,82	08,40
	Circonférence dominante (cm)	232,18	181,20	144,06	113,92
	Densité (N / ha)	333,00	412,00	406,00	220,00
	Surface terrière (m <sup>2</sup> / ha)	80,00	49,53	29,72	18,77
	Volume sur pied (m <sup>3</sup> / ha)	407,87	249,94	13528	65,95
	Production totale (m <sup>3</sup> / ha)	458,12	304,95	149,86	76,80
	Site index à 100 ans (m)	19,02	15,45	12,87	08,13
Nombre de placettes		08	24	38	20

**Tableau III : Caractéristiques moyennes des classes de croissance**

## Relation de la production totale avec la hauteur dominante

La production totale est définie par le volume des arbres sur pied complété par celui des souches des arbres enlevés (DECOURT ET LE TACON, 1970). Elle est évaluée à partir d'un tarif de cubage à une entrée pour l'ensemble des données des placettes échantillonnées.

$$VT = 0,4817 C_{1,30}^{2,41}$$

avec  $R^2 = 0,92$  et  $CVR = 30 \%$

VT : Volume total ( $m^3 / ha$ )

$C_{1,30}$  : circonférence à 1,30 mètres du sol

La liaison de la production totale avec la hauteur dominante est estimée à partir de 40 placettes représentant les différents milieux de croissance de la Cédraie (Cf. Fig.2 ) et assises dans des peuplements qui n'ont jamais été éclaircis (Cf. photo 2).

La relation établie donne :

$$\ln VT = 1,95 + 1,4339 \ln Hdom$$

avec  $R^2 = 0,90$  et  $s = 0,14$

$\ln$  = logarithme népérien

Hdom = hauteur dominante en mètres

Celle entre la hauteur dominante et la hauteur moyenne est :

$$Hdom = 2,4590 + 0,9614 Hg$$

avec  $R^2 = 0,84$  et  $s = 1,365$

Hg : hauteur moyenne

## Conclusion

La Cédraie de Bélezma se caractérise par la présence d'une forte proportion de peuplements âgés peu productifs. En effet, 70 % des placettes échantillonnées appartiennent aux classes de fertilité II et III, avec des hauteurs dominantes dépassant rarement les 17 m.

L'accroissement moyen en volume calculé dans les placettes à l'âge de référence 100 ans, varie de  $0,66 m^3/ha/an$  dans les peuplements des classes de croissance faible à  $4,08 m^3/ha/an$  dans les bonnes stations.



Photo 2 : Futaie jeune de Cèdre sur le versant NW du massif de Bélezma

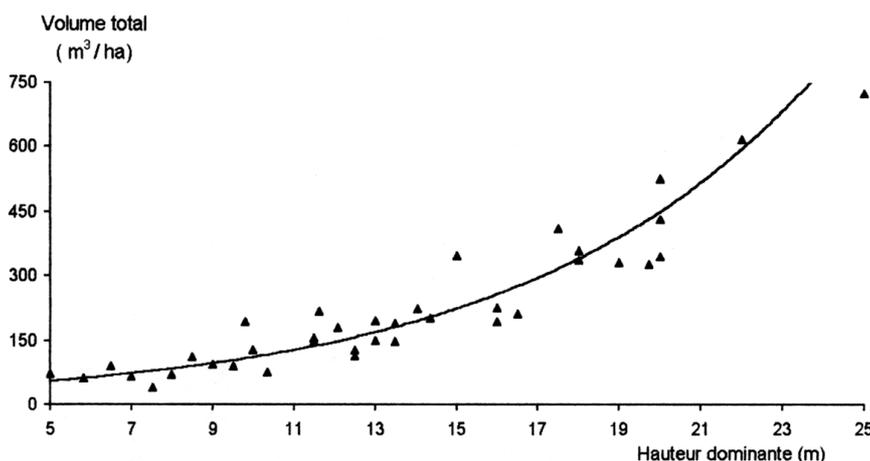


Fig. 2 : Relation production totale en volume hauteur - hauteur dominante

La production moyenne en volume pour l'ensemble de la cédraie est de  $247,43 m^3/ha$  pour un âge moyen de 150 ans.

Parmi les facteurs écologiques pris en compte, l'altitude et le substrat paraissent déterminants dans la croissance du Cèdre de Bélezma.

Toutefois, ces deux facteurs ne suffisent pas à eux seuls à caractériser les milieux de croissance. D'autres paramètres non négligeables, en particulier la profondeur du sol devraient être pris en compte.

**A.B., B.O.**

# Références bibliographiques

- ABDESSEMED, K. (1981) : Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif des Aurés et de Bélezma. Etude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. Thèse doct. Ing., Fac. St Jérôme Marseille, 199 p.
- BOISSEAU, B. (1996) : Ecologie du Pin Pignon et du Pin Brutia : Détermination d'un indice de fertilité fonction du milieu .R.F.F XLVIII-4.
- BOUDY, P. (1952) : Guide du forestier en Afrique du Nord. Edition la Maison Rustique, Paris, 505 p.

- DECOURT, N. (1964) : Remarque sur les relations entre les circonférences à hauteur d'hommes et les circonférences à la hauteur de souches dans les peuplements forestiers. Station de sylviculture et de production CNRF Nancy, pp. 216 - 224
- DECOURT, N. et LE TACON, F. (1970) : L'Epicea commun (*Picea excelsa*) sur les plateaux calcaires de l'Est de la France. Essai de prévision de la production à l'aide de déterminations pédologiques simples. Ann. Sci. Forest. 27(3), pp.255-286.
- DUPLAT, P. et TRAN, H. (1986) : Modèle de croissance en hauteur dominante pour le Hêtre, le Sapin pectiné et le Pin sylvestre dans le massif de l'Aigoual. Section technique O.N.F., document 86 (1), pp. 1-34.

- F.A.O. (1971) : Projet Algérie 15, Série d'exploitation Bélezma, 103 p.
- PARDE, J. (1956) : Une notion pleine d'intérêt : la hauteur dominante des peuplements forestiers. R.F. F. n° 12, pp. 850 - 856.
- RONDEUX, J. (1977): Estimation de la productivité forestière : principes et méthodes. Annales de GEMBOUX 83, pp. 5 -13.
- ZIAT, M. (1986) : Ecologie, productivité et modèle de croissance du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Bou-Iblane (moyen Atlas Oriental). Mémoire 3<sup>ème</sup> cycle, I.A.V. Hassan II, 122 p.

## Résumé

Dans le massif de Bélezma, nous avons cherché à déterminer les potentialités de production du Cèdre de l'Atlas en relation avec certains paramètres du milieu (altitude, pente, exposition et substrat).

Les variables du milieu des peuplements et des arbres de surfaces terrières moyennes sont recueillies dans un échantillon de 90 placettes de 02 à 15 ares (soit une placette pour 25 hectares).

Les données récoltées par placette (hauteur dominante et âge) ont servi à définir l'évolution de la hauteur dominante des peuplements au cours du temps et à établir un classement inter-stations, moyennant un modèle mathématique de croissance de Farrar.

L'utilisation de la hauteur dominante à un âge de référence de 100 ans, comme indice de fertilité et critère de productivité a permis aussi d'étagier la Cédraie de Bélezma en 4 classes de fertilité présentant un potentiel productif faible.

Selon les sites, la production moyenne à 100 ans varie de 4,08 m<sup>3</sup>/ha/an dans les bonnes classes à 0,66 m<sup>3</sup>/ha/an dans les peuplements pauvres.

La productivité du Cèdre dans le massif de Bélezma est liée essentiellement à l'altitude et au substrat.

Mots Clés : Cèdre, fertilité, productivité, modèle de Farrar

## Summary

### First study on the growth and productivity of the Atlas Cedar in the Belezma massif (Aurés Algeria)

In the Belezma massif we have tried to determine the productivity potential of Atlas Cedar as a function of certain characteristics of the habitat (altitude, slope, exposure and substrate).

The variables of the habitat of the plant populations and the characteristics of trees of average canopy area were logged in a sample of 90 placettes.

The data obtained have served to define the heights of plant population through time and to establish inter-station classification by means of a mathematical growth model (Farrar model).

The use of dominant height at a reference age of 100 years as an index of fertility and of productivity has also enabled us to class the Belezma Cedar in 4 levels of fertility, presenting a low productivity potential.

Depending on the habitat, average 100 years' production varies from 4.08m<sup>3</sup>/ha/year in good classes to 0.66m<sup>3</sup>/ha in poor populations.

It appears that Cedar productivity in the massif is related to altitude and to the substrate.

Keys words : Cedar, fertility, productivity, Farrar model.

## Riassunto

### Primo studio della crescita e della produttività del cedro dell'Atlante nel massiccio di Belezma (Aurés) Algeria.

Nel massiccio di Belezma, abbiamo cercato a determinare le potenzialità di produzione del cedro dell'Atlante in relazione con alcuni parametri dell'ambiente (altitudine, pendenza, esposizione e sostrato).

Le variabili dell'ambiente dei popolamenti e degli alberi per cave di terra medie sono raccolte in un campione di 90 piazzette di 02 a 15 ari (sia una piazzetta per 25 ettari).

I dati raccolti su ogni piazzetta (altezza dominante e età) hanno servito a definire l'evoluzione dell'altezza dominante nel corso del tempo e a stabilire una classificazione inter-stazioni, mediante un modello matematico di crescita di Farrar.

L'utilizzazione dell'altezza dominante per un'età di referenza di 100 anni come indice di fertilità e criterio di produttività ha pure permesso di disporre a piani il cedro di Belezma in 4 classi di fertilità presentando un potenziale produttivo debole.

Secondo i siti, la produzione media a 100 anni varia tra 4,08 m<sup>3</sup>/ha/anno nelle classi buone e 0,66 m<sup>3</sup>/ha/anno nei popolamenti poveri.

La produttività del cedro nel massiccio di Belezma è legato essenzialmente all'altitudine e al sostrato.

Parole chiavi : cedro, fertilità, produttività, modello di Farrar.