

Etude de la variabilité intra-spécifique de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie par l'étude des stomates

BERKA S.

INRF - Baïnem - BP 37, Chéraga, Alger

ملخص

لقد أبرزت دراسة تنوع خصائص الثغور (من حيث الكثافة و الحجم) في أوراق نباتات صغيرة السن عند 10 أنواع من الأرز الجزائري.

بينت التحاليل الاحصائية للنتائج بعدة طرق اختلافات واضحة بين أنواع الأرز و نتج عنها مجموعتان مختلفتان مجموعة الأرز الاطلص الصحراوي و مجموعة الأرز الاطلصى التلى.

يتميز الأرز الاطلص الصحراوي عن الأرز الاطلص التلى بثغور ذات عدد كثير و حجم صغير.
ارتفاع كثافة الثغور و انخفاض حجمهم راجع لتقدمهم مع المناخ الصحراوي.

RÉSUMÉ

La variabilité des caractéristiques de stomates (densité et dimension) des aiguilles de jeunes plants a été étudiée chez dix provenances représentatives des principales cédraies algériennes.

L'analyse statistique des résultats par différentes méthodes a mis en évidence des différences significatives entre les provenances et a individualisé deux ensembles distincts, regroupant respectivement les cédraies de l'Atlas tellien et les cédraies de l'Atlas saharien.

Les cédraies de l'Atlas saharien se distinguent de celles de l'Atlas tellien par une numération stomatique plus élevée et des dimensions de stomates plus petites.

Cette augmentation de la densité des stomates et la réduction de leurs dimensions semblent être liées à une adaptation xéromorphique.

Mots clés : *Cedrus atlantica*, Algérie, provenances, variabilité, densité, dimension, stomates.

I. INTRODUCTION

En Algérie, les massifs de cèdres sont très morcelés. Ils sont localisés aux sommets de l'Atlas saharien et tellien. Hormis leur tempérament montagnard commun, les cédraies se développent dans des conditions climatiques variées, allant du semi-aride supérieur à l'humide frais (Aussenac, 1984). Les conditions climatiques auxquelles est soumis le cèdre ont induit une variabilité intra-spécifique dans son aire algérienne (Derridj, 1990).

Les travaux sur la variabilité intra-spécifique des essences forestières ont été souvent abordés par l'étude des caractères morphologiques et anatomiques des appareils végétatifs et reproducteurs.

Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'étude de l'influence des conditions climatiques sur les structures morphologiques et anatomiques (Aussenac, 1973). De telles études permettent de comprendre les phénomènes d'adaptation de l'espèce dans l'environnement et de pouvoir sélectionner, selon les régions, les provenances les plus intéressantes.

Parmi les caractères anatomiques étudiés, la variation de la densité stomatique a été révélée par plusieurs chercheurs comme étant un caractère d'adaptation aux conditions d'aridité. D'après Aussenac (1973) et Calamassi (1986), les provenances des différentes espèces forestières caractérisées par une densité stomatique élevée et une faible dimension des stomates ont une meilleure capacité de résister à la sécheresse.

Illoul et Moualek (1992) ont montré, du point de vue anatomique, que les cédraies de l'Atlas saharien présentent un nombre plus élevé de lignes de stomates que celles de l'Atlas tellien. Cette augmentation coïncide avec des conditions d'aridité plus intense. D'autres auteurs, Brunel et Binnet (1967) notent que «la densité stomatique est généralement sous dépendance des facteurs génétiques et climatiques».

Dans le cadre de l'exploration de la variabilité intra-spécifique du cèdre de l'Atlas en Algérie, en vue de la définition d'un programme d'amélioration de l'espèce, un premier travail a été réalisé par Harfouche (1992) sur le poids et la faculté germinative des graines de quelques provenances du cèdre de l'Atlas. Pour notre part, nous avons étudié la variabilité des caractéristiques des stomates (densité et dimension) du même échantillon de provenance.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1. Echantillonnage

Vue l'étendue et le morcellement de l'aire naturelle du cèdre de l'Atlas, dix provenances au total ont été choisies, représentant les principales cédraies algériennes. L'échantillonnage et la récolte des graines ont été réalisés par une équipe de chercheurs de l'INRF. Les caractéristiques des provenances sont représentées dans le tableau I et la figure I.

				CARACTÈRES				
Provenances			Code	Latitude	Longitude	Altitude (m)	P. annuelles (mm)	Etage bioclimatique
Atlas	Aurès	Chelia	Chel	35°19'N	6°40'E	2 025	450	Semi-aride
saharien		Ouled-Yakoub	OY	35°20'N	6°53'E	1 550	400	Semi-aride
	Hodna	Boutaleb	Bouta	35°43'N	5°21'E	1 500	650	Sub-humide
	Djurdjura	Tikdjda	Tik	36°26'N	4°08'E	1 500	1 450	Humide
		Talaguilef	Tagui	36°28'N	4°06'E	1 650	1 450	Humide
Atlas		Babor	Bab	36°31'N	5°30'E	1 825	2 000	Humide
tellien	Ouarsenis	Theniet El-Had 1	TH 1	35°51'N	2°00'E	1 300	750	Humide
		Theniet El-Had 2	TH2	35°51'N	1°58'E	1 500	650	Sub-humide
	Atlas	Meurdja	Meur	36°31'N	3°07'E	900	900	Sub-humide
	Mitidja	Chrèa	Chrè	36°26'N	2°53'E	1 400	1 200	Humide

Tableau I : Caractéristiques des provenances

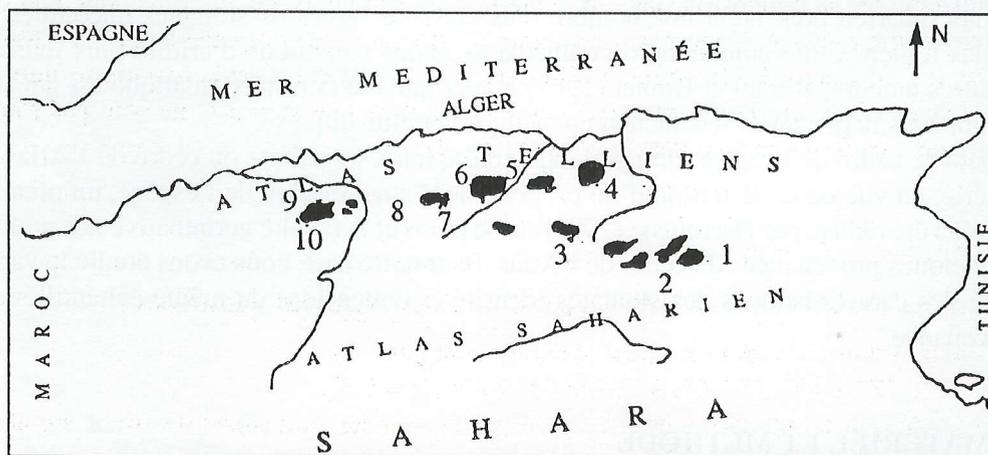


Figure 1 : Aire du cèdre de l'Atlas en Algérie (Source : Harfouche A.)

Provenances

- | | |
|-----------------|---------------------|
| 1. Ouled-Yakoub | 6. Talaguilef |
| 2. Chélia | 7. Meurdja |
| 3. Boutaleb | 8. Chrèa |
| 4. Babor | 9. Teniet El-Had 2 |
| 5. Tikjda | 10. Teniet El-Had 1 |

Les plants ont été élevés dans la pépinière de Meurdja (station expérimentale de l'Institut national de la recherche forestière).

A la fin de la période de croissance, sur 15 plants âgés de deux ans de chaque provenance, nous avons prélevé deux rosettes du rameau de chaque plant. Une aiguille, la plus longue de chaque rosette a été examinée (30 aiguilles par provenances). Les rosettes récoltées la même journée sont réfrigérées jusqu'au moment de l'analyse.

2. Préparation et mensurations

Pour notre étude (comptage et mensurations des stomates), la méthode utilisée pour les observations au microscope est celle de Ionescu (1969). C'est une méthode des empreintes qui consiste en l'application sur la surface de l'aiguille d'une couche mince de collodion. Cette couche, qui sèche instantanément, se détache de l'aiguille. Cette méthode permet d'obtenir de très bonnes images sans modification de l'état initial des cellules stomatiques et la possibilité de réaliser, ultérieurement, une analyse microscopique.

Les comptages et les mesures des stomates ont été effectués sous microscope photomuni d'un micromètre oculaire. Le nombre de stomates par millimètre linéaire a été relevé sur presque toutes les lignes de chaque épiderme (les stomates ne sont pas équidistants) et la dimension (largeur) a été mesurée en micromètres (μm) pour 100 stomates par provenance. Concernant les lignes de stomates, le comptage a porté sur toutes les lignes de l'aiguille. En effet, l'observation à la loupe binoculaire montre que les aiguilles de cèdre ont une forme irrégulière et les lignes de stomates ne sont pas toutes continues (les faces ne sont pas distinctes) (fig. 2).

3. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont analysés par différentes méthodes statistiques :

- 1) Analyse de la variation : bloc aléatoire complet.
- 2) Test de Newman et Keuls : risque d'erreur ($\alpha = 5 \%$).
- 3) L'analyse en composante principale portant sur les moyennes des trois variables (NLS, NS et DS) des 10 provenances.

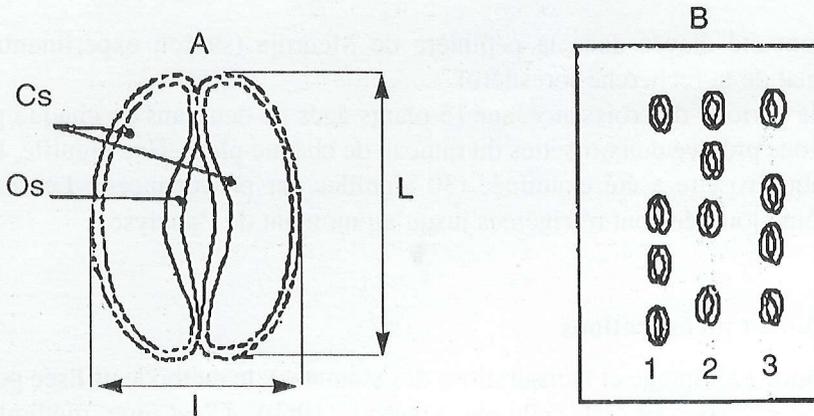


Figure 2 : Schéma des stomates de cèdre.

A : Structure d'un stomate vue de face.

B : Lignes stomatifères

Cs : Cellules stomatiques

(1, 2, 3).

Os : ostiole.

L : longueur.

l : largeur.

III. RÉSULTATS

D'après les résultats préliminaires, la moyenne la plus élevée des lignes de stomates (NLS) et du nombre de stomates par mm linéaire (NS/mm) est représentée par la provenance d'Ouled-Yakoub. La moyenne la plus faible est pour les cédraies de Babor et de Talaguilef. Par contre, la dimension des stomates en μm (DS) est maximale pour les Babor et minimale pour Ouled-Yakoub. (Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau II.)

Variabilité intraspécifique chez le cèdre

Provenances	CARACTÈRES		
	Nombre de lignes de stomates (NLS)	Nombre de stomates (NS/mm)	Dimensions des stomates (DS en micro-m)
Ouled-Yakoub	12,03	11,66	66,99
Chélia	9,89	11,08	70,05
Boutaleb	10,13	11,24	69,66
TH 2	9,68	10,91	74,79
TH 1	9,32	10,12	77,25
Chrèa	9,50	10,26	75,33
Meurdja	8,55	10,21	77,28
Talaguilef	7,65	9,81	77,04
Tikdjda	8,13	9,42	77,37
Babor	8,50	9,27	78,57

Tableau II : Valeurs moyennes des caractères mesurés.

1. Variation globale entre les provenances

Les résultats de cette analyse ont permis de mettre en évidence des différences significatives entre les provenances pour chaque caractère (NLS, NS et DS), le F observé est supérieur au F théorique ($\alpha = 5\%$) (Tableau III).

VARIABLES	S.C.E.	M. C.	D. D. L.	F. obs.	F. the
NLS	389,60	43,29	9,00	72,11	1,88
Res. NLS	174,10	0,60	290,00		
NS	172,05	19,12	9,00	31,12	1,88
Res. NS	178,14	0,61	290,00		
DS	1 467,59	163,07	9,00	24,75	2,01
DS	592,87	6,59	90,00		

Tableau III : Résultats de l'analyse de la variance des trois caractères étudiés.

2. Comparaison multiple des moyennes des provenances

Des groupes homogènes de provenances sont déterminés par le biais du test de Newman et Keuls (tableaux IV et V).

PROVENANCES	MOYENNES (NS)	GROUPES HOMOGÈNES
OULED YAKOUB	11,66	A
BOUTALEB	11,24	B
CHELIA	11,08	B
TH 2	10,91	B
CHREA	10,26	C
MEURDJA	10,21	C
TH 1	10,12	C
TALAGUILEF	9,81	CD
TIKDJDA	9,42	DE
BABOR	9,27	E

Tableau IV : Détermination des groupes homogènes des provenances par le nombre des stomates (NS).

Pour le nombre de stomates, 5 groupes homogènes s'individualisent (A, B, C, D et E). Les deux premiers groupes A et B comprenant les provenances de l'Atlas saharien.

Le groupe A est formé d'une seule provenance d'Ouled-Yakoub (Aurès). Le groupe B est constitué de deux provenances aurésiennes (Boutaleb et Chélia) et une provenance de l'Atlas tellien, TH2 située sur le versant sud de l'Ouarsenis.

Cette dernière rejoint l'Atlas saharien pour former un groupe homogène. Les groupes C, D et E, homogènes, se chevauchent, correspondant aux provenances de l'Atlas tellien (occidental et oriental).

Pour ce caractère NS, nous constatons une distinction nette entre les deux Atlas (saharien et tellien) (tableau V).

PROVENANCES	MOYENNES (DS)	GROUPES HOMOGÈNES
BABOR	78,57	A
TIKDJDA	77,37	AB
MEURDJA	77,28	AB
TH 1	77,25	AB
TALAGUILEF	77,04	AB
CHREA	75,33	AB
TH 2	74,79	B
CHELIA	70,05	C
BOUTALEB	69,66	C
OULED YAKOUB	66,99	D

Tableau V : Détermination des groupes homogènes des provenances par la dimension des stomates (DS).

Pour la dimension des stomates, nous remarquons aussi une nette séparation entre les deux Atlas. En effet, deux groupes homogènes s'individualisent dans l'Atlas tellien : le groupe A renferme les provenances Babor, Tikjda, Meurdja, TH1, Talaguilef et Chréa ; le groupe B comprenant presque toutes les provenances du groupe A et la provenance TH2. L'Atlas saharien, composé aussi de deux groupes homogènes C et D, correspondant à l'Aurès et au Hodna (tableau V).

Nous remarquons que les provenances d'Ouled-Yakoub, de Chélia et de Boutaleb (Atlas saharien) présentent un nombre de lignes de stomates et un nombre de stomates par millimètre plus élevés et de dimensions plus réduites que celles de l'Atlas tellien.

3. Classement multivariable des provenances (ACP) (fig. 3)

Le pourcentage de variance cumulé pour les deux axes factoriels est de 93,2 % de la variance totale. L'axe 1 absorbe à lui seul 84,9 % de la variance totale. Ce plan suffit pour expliquer la dispersion des points.

La variable DS contribue avec 96 % dans le sens négatif à l'axe 1. L'axe 1 est l'axe du nombre de lignes de stomates (NLS), du nombre de stomates (NS) et de la dimension des stomates (DS) (Tableau en annexe). Les trois variables sont bien représentées dans le cercle de corrélation.

La représentation graphique des individus dans le plan de l'ACP a permis de répartir les points en deux ensembles A et B. La majorité des points se regroupent aux deux extrémités de l'axe 1, formant deux nuages A et B. Ces derniers correspondent respectivement à l'Atlas tellien et à l'Atlas saharien. L'ensemble A rassemble les cédraies orientales et occidentales de l'Atlas tellien. Il est subdivisé en trois groupes :

- A₁, représente le groupe occidental (Meurdja, TH1, Chréa)
- A₂, la provenance de Babor
- A₃, représente les provenances de Talaguilef et de Tikjda (Djurdjura).

Les cédraies de l'Atlas tellien (l'ensemble A) sont bien représentées dans l'axe 1 et se situent du côté négatif de cet axe.

L'ensemble B, correspondant aux cédraies de l'Atlas saharien, est formé de deux groupes : B₁ et représente la provenance d'Ouled-Yakoub, et B₂, les cédraies de Chelia et de Boutaleb. Ces provenances se trouvent du côté positif de l'axe 1.

Entre les deux ensemble A et B, s'ajoute un groupe C intermédiaire, situé sur l'axe 1. Ce dernier représente la provenance de Teniet El-Had 2 (versant sud de l'Ouarsenis).

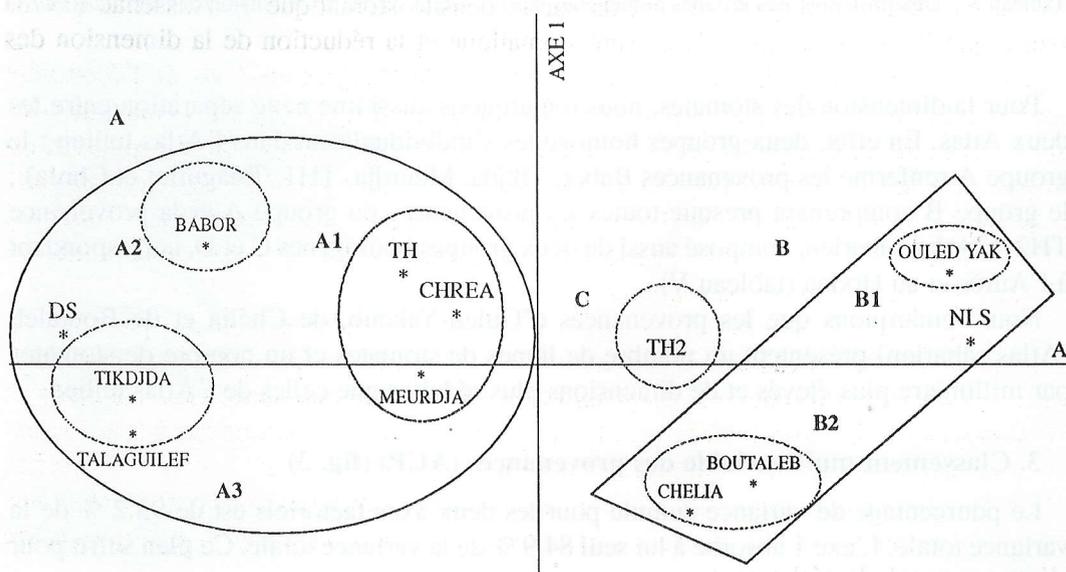


Fig. 3 : Analyse en composantes principales sur la densité et la dimension des stomates.

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats préliminaires sont établis à partir d'un échantillonnage de provenances restreint et au stade juvénile. L'analyse par différentes méthodes a pu mettre en évidence, selon les provenances de *Cedrus atlantica* :

- des différences significatives pour chaque caractère étudié (NLS, NS et DS)
- des groupes de provenances, individualisant ainsi les grands ensembles des cédraies de l'Atlas tellien et de l'Atlas saharien.

D'après ces résultats, les cédraies de l'Atlas saharien se caractérisent par un nombre de lignes de stomates, un nombre de stomates millimètre linéaire élevés et des dimensions réduites. Par contre, celles de l'Atlas tellien se caractérisent par un nombre de stomates plus faibles et des dimensions plus grandes. De la même façon, Illoul et Moualek (1992) ont noté que les cédraies de l'Atlas saharien se distinguent de celle de l'Atlas tellien par une augmentation de lignes de stomates.

L'Atlas saharien se distingue de l'Atlas tellien par une humidité réduite, une aridité annuelle importante et une aridité estivale moins intense.

Les facteurs climatiques influent-ils sur la densité stomatique ? Aussenac (1973) pense que l'augmentation de la densité stomatique et la réduction de la dimension des stomates correspondent à une meilleure adaptation du Douglas vis-à-vis de l'économie de l'eau. Stalfet (1932), De Parcevaux (1964), in Aussenac (1973), ont montré que des stomates nombreux et petits permettent une meilleure régulation de la transpiration du végétal. De même, Arbez et al. (1978) justifient l'adaptation du cèdre de l'Atlas à l'aridité par l'augmentation du nombre de lignes stomatiques. De même avis, Calamassi (1986) note qu'un nombre élevé de stomates de petite taille est généralement considéré comme une adaptation xéromorphique.

D'après Brunel et Binet (1967), l'augmentation du nombre des stomates par unité de surface et la dimension de la taille des stomates des espèces xéromorphiques sont obtenues par une réduction de la surface foliaire. En revanche, le nombre total des cellules stomatiques de la feuille ne varie pas. Becker (1977) note que l'adaptation à la sécheresse s'accompagne par une diminution du nombre d'aiguilles chez le sapin. Aussenac (1973) pense que pour un certain nombre de cellules épidermiques le nombre de stomates est génétiquement fixé ; ce qui varierait, ce serait la taille des cellules stomatiques selon l'importance de la sécheresse.

Nous supposons que la réduction de la dimension des stomates et l'augmentation du nombre de stomates/mm linéaire chez les provenances du cèdre de l'Atlas saharien sont dues à une réduction de la surface foliaire. Cette réduction permet aux jeunes plants de limiter les pertes en eau par le phénomène de transpiration au moment d'un déficit hydrique. Brunel et Binet (1967) notent que la densité stomatique est en fonction des facteurs génétiques et climatiques. Pradal (1979) pense que les particularités morpholo-

giques et anatomiques ne s'expliquent pas toujours par les conditions climatiques, mais il y a une part revenant aux facteurs génétiques. Vidakovic (1958, 1966), Jeng et Little (1961) et Mergen (1965), in Calamassi (1986), considèrent le nombre de stomates comme un caractère génétique stable et donc utilisable pour discriminer les hybrides. De la même façon, Gaussen (1960), in Calamassi (1986), l'avait utilisé pour reconnaître les provenances et les sous-espèces. En effet, Derridj (1990) note que c'est surtout l'interaction entre l'environnement et le génotype qui détermine l'expression phénotypique des individus.

Ainsi, d'après nos résultats, nous pensons que la variabilité des caractéristiques des stomates (densité et dimension), qui a été identifiée chez les provenances de *Cedrus atlantica*, est liée aux facteurs climatiques et génétiques. Dans le but de compléter les connaissances sur la variabilité génétique des provenances algériennes de *Cedrus atlantica*, il serait intéressant :

- d'élargir l'échantillonnage des provenances
- de vérifier que l'augmentation de la densité des stomates et la réduction de leurs dimensions sont considérées comme des caractères d'adaptation à la sécheresse
- d'étudier la variabilité d'autres caractères morphologiques et anatomiques en fonction de l'âge et du milieu de croissance.

SUMMARY

The stomata characteristics variability (density and size) of the seedlings needles has been studied within ten provenances which represent the main Algerian Cedar.

The statistical analyse of the results by different methods has highlighted the significant differences between the provenances and has individualised two distinct groups, which class respectively the Cedar of the Tellian and Saharian Atlas.

The Cedar of Saharian Atlas are distinguishable from those of the Tellian Atlas by the more stomatal numeration and the smaller stomata size.

The increase of the stomatal density and the decrease of their size seem to be linked to the xeromorphic adaptation.

Key words : *Cedrus atlantica*, Algeria, provenances, variability, density, size, stomata.

BIBLIOGRAPHIE

- AUSSENAC G. (1973) - Effets de conditions microclimatiques différentes sur la morphologie et la structure anatomique des aiguilles de quelques résineux. *Ann. Sci. Forest.*, 30(4), 375-392.
- ARBEZ M., P. FERRANDES et N. UYAR (1978) - Contribution à l'étude de la variabilité géographique des cédraies. *Ann. Sci. Forest.*, 35(4), 265-284.
- AUSSENAC G. (1984) - Le cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysologique. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 131, *Actual. Bot.*, 384-398.
- BRUNEL P.-J. et P. BINET (1967) - Physiologie végétale, Tome I, pp. 228-439.
- BECKER M. (1977) - Contribution à l'étude de la transpiration à la sécheresse des jeunes plants résineux. Exemple de 3 sapins du pourtour méditerranéen (*Abies alba*, *A. nordmanniana*, *A. numidica*), *Ann. Sci. Forest.*, 34(2), 137-158.
- CALAMASSI R. (1986) - Caractérisation de quelques provenances de *Pinus halepensis* Mill. sur la structure anatomique et morphologique des aiguilles, *Ann. Sci. Forest.*, 43(3), 281-298.
- DERRIDJ A. (1990) - Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse de doctorat, Univ. de Toulouse, 288 p.
- HARFOUCHE A. (1992) - Etude comparative de quelques provenances algériennes de *Cedrus atlantica* Manetti. Etude des graines. *Ann. Rech. Forest. Alg.*, 61-83.
- ILLOUL M. et MOUALEK O. (1992) - Exploration de la variabilité intra-spécifique chez le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algérie par l'étude des aiguilles et des graines. Thèse Ing., Univ. Alger, 110 p.
- IONESCU AL. (1977) - Relation entre l'humidité du sol et le degré d'ouverture des stomates chez le maïs hybride double. *Ann. Physio. Vég.*, 11(4), 387-395.
- PRADAL F. (1979) - Variabilité génétique et écophysologique du cèdre. Mém. fin d'études à l'ITTEF-Nancy, 89 p.

ANNEXE

TABLEAUX DES PARAMÈTRES DE L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES.

	NS	NS	NLS
DS	1,00		
NS	0,75	1,00	
NLS	- 0,77	- 0,92	1,00

Tableau de la matrice de corrélation

	AXE 1	AXE 2	AXE 3
DS	- 0,96	0,18	- 0,20
NS	0,95	- 0,23	- 0,18
NLS	0,89	0,44	- 0,01

Tableau des composantes principales (variables)

PROVENANCE	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Ouled-Yakoub	3,40	0,55	0,14
Chelia	1,26	- 0,69	0,21
Boutaleb	1,44	- 0,37	0,11
TH 2	0,47	- 0,06	- 0,54
TH 1	- 0,69	0,35	- 0,28
Chrèa	- 0,10	0,23	- 0,05
Meurdja	- 0,99	- 0,26	- 0,32
Talaguilef	- 1,70	- 0,70	0,12
Tikdjda	- 1,87	- 10	0,38
Babor	- 1,46	1,09	0,21

Tableau des coordonnées principales (individus)