

# Comportement des provenances australiennes d'*Eucalyptus camaldulensis* dans la forêt de la Mâamora

Cas des dispositifs de Machrâa El Kettane  
et Bouirat Cherrat (Maroc)

par B. BELGHAZI, M. EZZAHIRI, H. OUBRAHIM,  
S.M. EL YOUSFI et M. TAROK

***Essence à croissance rapide  
et aux multiples usages,  
l'eucalyptus est largement utilisé  
dans les reboisements au Maroc.  
Cet article est un bon exemple  
d'une étude comparative  
de différentes provenances  
de cette essence, afin de connaître  
celles qui sont les mieux adaptées  
au pays et les plus productives.***

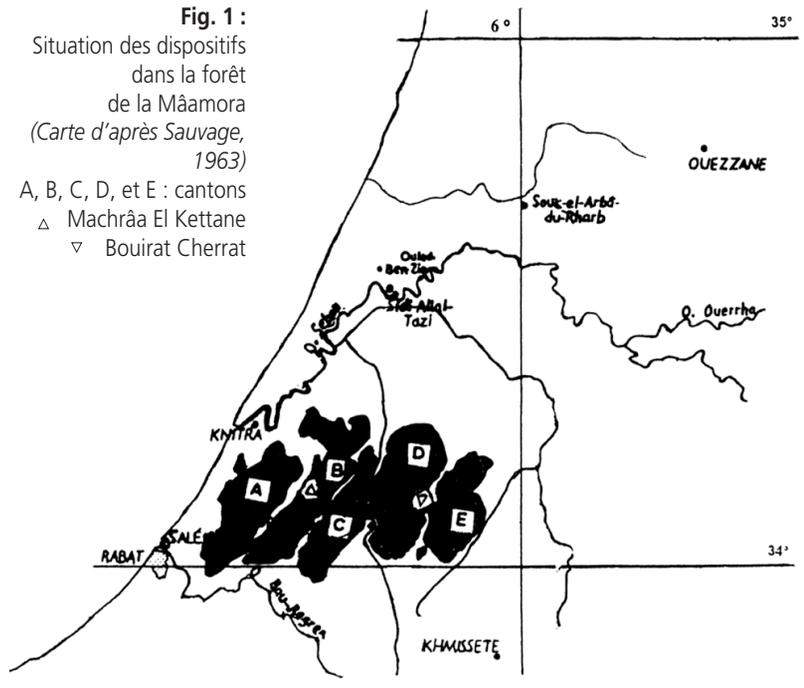
## Introduction

Dans le but d'améliorer la productivité des reboisements et pallier le déficit en bois, le Maroc a procédé depuis plusieurs décennies à l'introduction et à l'acclimatation d'essences à croissance rapide, capables de s'adapter aux conditions écologiques du pays. Parmi ces essences, le genre *Eucalyptus*, de par sa facilité d'adaptation, sa croissance rapide et ses nombreux usages : bois de sciage, bois d'industrie, bois de service, bois de feu, huiles essentielles, ... tient une place des plus importantes en reboisement (plus de 50 % des surfaces plantées). Cependant, la sélection de ces espèces a été faite avec une base génétique initiale étroite. La population était représentée par un éventail d'origines non seulement restreint, mais aussi avec des variations à l'intérieur de la même espèce, pouvant parfois être aussi grandes que celles des espèces voisines entre elles.

Conscient de ce problème et de la nécessité de constituer des populations sélectionnées, suffisamment riches en gènes, le Service des semences et pépinières de Sidi Amira a, d'ores et déjà, procédé à l'acquisition de nouveaux lots de semences en provenance d'Australie. Ces semences sont destinées à l'installation de plantations conservatoires de gènes, selon des dispositifs expérimentaux, tendant à mieux cerner la variabilité naturelle de l'espèce, exploiter la variabilité intra spécifique et déceler dans chaque zone de reboisement, les provenances les mieux adaptées et les plus productives.

**Fig. 1 :**  
Situation des dispositifs  
dans la forêt  
de la Mâamora  
(Carte d'après Sauvage,  
1963)

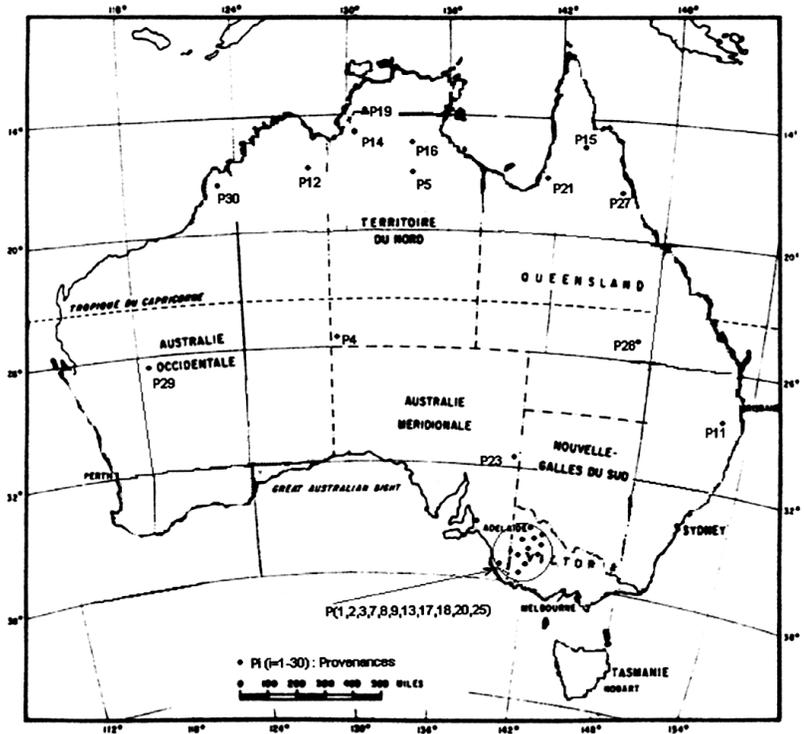
A, B, C, D, et E : cantons  
△ Machrâa El Kettane  
▽ Bouirat Cherrat



Cette étude s'intègre dans cette voie et concerne deux essais d'introduction (base génétique) implantés en 1992 dans la forêt de la Mâamora, à Machrâa El Kettane et à Bouirat Cherrat. Elle vise les deux objectifs suivants :

- étude comparative de l'adaptation des provenances d'*Eucalyptus camaldulensis* dans les deux dispositifs expérimentaux ;
- étude comparative des productions de ces

**Fig. 2 (ci-dessous) :**  
Répartition  
biogéographique  
en Australie  
des provenances étudiées  
(Carte extraite de FAO,  
1982 - Les eucalyptus  
dans les reboisements)



mêmes provenances, dans le but d'identifier les meilleures pour le reboisement.

Dans ce sens, la construction de tarifs de cubage, non encore disponibles pour ces plantations, était une nécessité. A cet effet, nous avons donc construit des tarifs à une entrée, destinés à cette étude et des tarifs à deux entrées, à proposer au service gestionnaire pour estimer les coupes de taillis.

## Matériels et méthodes

### Présentation des deux dispositifs

Les deux dispositifs sont situés à Machrâa El Kettane et à Bouirat Cherrat (Cf. Fig. 1). Le premier, d'une surface de 24,4 ha, est implanté dans la parcelle BIV15 de la Mâamora occidentale et relève du service forestier de Kénitra. Sur le plan écologique, ce dispositif est dans l'étage bioclimatique subhumide chaud (EMBERGER, 1955 ; SAUVAGE, 1963) avec une moyenne annuelle des précipitations de 507 mm. Le sol est de type sable sur argile, d'une épaisseur de 1,10 à 2,75 m. La pente du terrain, régulatrice du bilan hydrique en Mâamora (LEPOUTRE, 1965 ; NAFÂA, 1997), est de 5 %.

Le dispositif de Bouirat Cherrat, d'une contenance de 14 ha, est implanté dans la parcelle EV8 en Mâamora orientale, gérée par le service forestier de Khémisset. Sur le plan écologique, ce dispositif est dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud avec 410 mm de pluie par an et avec une continentalité plus marquée. Le sol est de type sable sur argile, d'une profondeur comprise entre 50 cm et 2 m, la pente du terrain varie de 1 à 17 %.

La plantation a eu lieu en février 1992, à la suite d'un labour profond (40 cm) et d'un labour superficiel dans le sens perpendiculaire. Les plants de type 1.0, étaient élevés en sachets de polyéthylène dans la pépinière de Sidi Amira.

Sur le plan statistique, les deux dispositifs sont disposés en blocs aléatoires complet, avec 2 répétitions. Les parcelles unitaires sont composées de 8 lignes de plantation comprenant chacune, 8 plants espacés de 3 x 3 m, soit un total de 64 plants. Les numéros des provenances étudiées, au nombre de 30, ainsi que leurs caractéristiques géographiques, sont illustrés en annexe 1 et figure 2.

## Collecte de l'information

Le recueil de l'information sur le terrain a consisté en des mesures dendrométriques ainsi qu'en des mesures qualitatives relatives aux caractéristiques phénotypiques de vigueur et de forme.

Pour les mesures dendrométriques, chaque carreau (parcelle unitaire) a fait l'objet des mesures suivantes :

- mesures de toutes les circonférences à 1,30 m du sol ;

- mesures de la hauteur totale, des circonférences à 1,30 m et à 0,30 m du sol des arbres de la 3<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> ligne, choisies systématiquement de façon à éliminer l'effet de lisière (arbres échantillons). Ces mesures étaient destinées à estimer les volumes de quelques arbres coupés en délits, dont les souches sont encore en place ;

- mesures des circonférences des souches des arbres coupés ;

- en vue de construire des tarifs de cubage, un échantillon de 100 arbres représentatifs (de structure homothétique à celle du peuplement), a été cubé sur pied. Les mesures, prélevées par des grimpeurs spécialisés, concernent les circonférences à différents niveaux et la hauteur totale de l'arbre.

Parallèlement à ces mesures, les arbres échantillons, ont fait l'objet d'une description basée sur le caractère phénotypique de vigueur (taux d'attaque par *Phoracantha semi punctata*). De même, les sujets manquants ont été dénombrés afin de déduire la densité résiduelle, considérée aussi comme critère fondamental en reboisement.

## Analyse de l'information

Il s'agit de :

- l'élaboration d'un tarif de cubage à une entrée par dispositif, destiné pour le cubage des arbres sur pied et des tarifs à deux entrées, mis à disposition du gestionnaire de ces peuplements pour la vente des produits. Les modèles estimés dans ce contexte sont des modèles polynomiaux en circonférence à 1,30 m du sol et en hauteur totale. Dans le but de contrôler la précision de ces tarifs, ils ont été vérifiés sur un sous échantillon de 20 arbres de volume connu. L'erreur d'estimation (e) résulte de la moyenne des écarts entre les valeurs observées et les valeurs estimées par le tarif,

- l'évaluation des paramètres d'adaptation, tels que le taux de réussite représenté par le pourcentage d'arbres sur pied par rapport au



nombre d'arbres plantés et le taux d'attaque par *Phoracantha semi punctata*, examiné sur les arbres-échantillons,

- l'étude comparative de la production et du comportement des diverses provenances, abordées par :

- \* l'analyse de la variance à un seul critère de classification, au niveau de laquelle les effets "provenance" et "bloc" étaient étudiés pour marquer les différences intra-site ;

- \* l'analyse de la variance à deux critères de classification, au niveau de laquelle l'effet conjoint « station - provenance » et l'interaction ont été simultanément étudiés.

Dans les deux cas :

- la comparaison multiple de moyennes des différentes provenances, a permis d'élaborer un classement sur les performances des différentes provenances. La méthode utilisée à cette fin est celle de Waller-Duncan (DAGNÉLIE, 1978),

**Photo 1 (en haut) :**

Production faible  
(provenance 68)

**Photo 2 (ci-dessus) :**

Production moyenne  
(provenance 82)

- les variables étudiées sont respectivement, le taux de réussite (TR en %), le taux d'attaque (TA en %), la hauteur totale (H en m), la surface terrière individuelle (g en cm<sup>2</sup>), le volume individuel (v en dm<sup>3</sup>), l'accroissement moyen annuel en volume individuel (av en dm<sup>3</sup>), la surface terrière à l'ha (G en m<sup>2</sup>), le volume total à l'ha (V en m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>) et l'accroissement moyen annuel en volume (AV en m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>).

## Résultats et discussion

### Tarifs de cubage

L'estimation des tarifs et leurs caractéristiques, sont consignées dans le tableau I.

Selon ce tableau, les modèles ajustés sont d'une précision fort acceptable. L'application des tarifs à une seule entrée pour le cubage des peuplements dans chaque dispositif, met en évidence la supériorité des plantations de Machrâa El Kettane, où les conditions climatiques sont relativement meilleures (climat plus océanique). A titre indicatif, le tableau II, fournit les volumes extrêmes par dispositif (volumes maximum et minimum à l'ha) ainsi que les accroissements annuels moyens correspondants.

Tab. I (ci-dessous) :

Tarifs de cubage par dispositif

Tab. II (en bas) :

Productions maximale et minimale par provenance et par dispositif

### Paramètres d'adaptation

#### Taux de réussite

C'est l'un des facteurs qui intéresse, au premier chef, le gestionnaire forestier. En reboisement, en admettant un seuil critique

de 60 %, en dessous duquel la plantation est considérée comme non réussie (règle adoptée au Maroc), l'annexe 2, montre que 83 % des provenances sont réussies à Machrâa El Kettane et 77 % à Bouirat Cherrat. De ce tableau, il ressort que les différentes provenances sont sensibles aux conditions du milieu en Mâamora.

### Taux d'attaque

L'examen de l'annexe 2, montre que 60 % et 67 % des provenances sont saines (aucun signe d'attaque) respectivement à Bouirat Cherrat et à Machrâa El Kettane. Le reste des provenances, présente des signes d'attaques à des degrés variés (Cf. Fig. 3 et 4).

### Analyse de la variance

#### Effet "provenance" sur les paramètres d'adaptation

L'examen du tableau III montre que les différentes provenances présentent les mêmes performances vis-à-vis du taux de réussite (TR) et du taux d'attaque (TA) : différences non significatives au taux de  $\alpha = 0,05$ . En effet, partout au Maroc central et septentrional atlantique, le genre *Eucalyptus* est doué d'une capacité d'adaptation exceptionnelle. Par ailleurs, au niveau de la même station, la vigueur des différentes provenances est sensiblement équivalente. Elles sont saines à très peu attaquées.

#### Effet "provenance" sur les paramètres de production

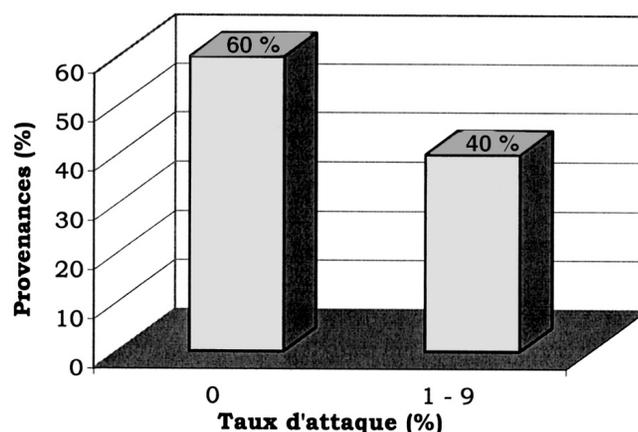
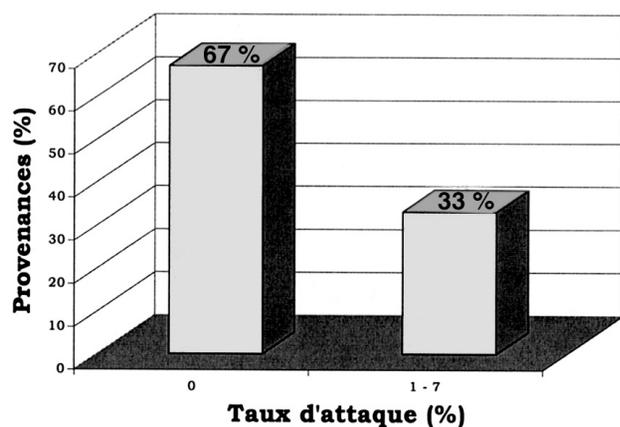
Au niveau de chaque dispositif, les paramètres de production dépendent manifestement des provenances (Cf. Tab. IV). Ces résultats témoignent d'une grande variabilité à l'intérieur de l'espèce pour ces caractères. Cependant, à Machrâa El Kettane, la surface terrière à l'ha, le volume moyen à l'ha et son accroissement ne sont pas significativement différents au taux de  $\alpha = 0,05$  %. Dans ce dispositif, il a été constaté quelques coupes d'arbres en délits qui auraient certes, stimulées la croissance en grosseur à l'instar des coupes d'éclaircies fortes (PARDÉ et BOUCHON, 1988, SCHÜTZ, 1997).

Les comparaisons multiples de moyennes (Annexe 3) permettent de hiérarchiser les performances des dites provenances. A Machrâa El Kettane, les provenances n° 2, 7, 17, 18 et 20, originaires de Victoria, sont les plus performantes, au même titre que les

Type de tarif	Site	Modèle mathématique	R <sup>2</sup> (%)	e	Sy.x
Tarifs à 1 entrée	M.E.K	$V = - 2,259 + 0,044 C^2$	96,6	-0,04	0,408
	B.C	$V = - 4,729 + 0,046 C^2$	97,6	-0,08	0,654
Tarifs à 2 entrées	M.E.K	$V = 2,806 + 0,004 C^2 H$	99,1	-0,08	0,274
	B.C	$V = - 9,372 + 0,846 C + 0,002 C^2 H$	99,0	0,02	0,071

MEK : Machrâa El Kettane  
BC : Bouirat Cherrat  
R<sup>2</sup> : Coefficient de détermination  
Sy.x : Ecart type résiduel  
e : Erreur moyenne d'estimation

Site	Provenance n°	V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	AV (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )
M.E.K	Max.	172	57,016
	Min.	68	22,901
B.C	Max.	160	54,110
	Min.	153	11,409



provenances n° 15 et 27 originaires du Queensland. Quant au dispositif de Bouirat Cherrat, les provenances n° 7, 8, 13, 17, 18 et 20, toutes originaires de Victoria, se révèlent aussi des plus prometteuses.

Sur le plan global, les provenances adaptées à la fois aux deux sites, se réduisent aux provenances n° 7, 17, 18 et 20.

### Etudes des corrélations entre paramètres d'adaptation et de production

L'étude des corrélations est d'une grande importance pour le sélectionneur, car elle permet de savoir si l'action d'un caractère intéressant aura une répercussion plus ou moins favorable sur un autre caractère. Dans ce sens, on s'est intéressé plus particulièrement aux taux de réussite et de vigueur vis-à-vis des paramètres de production. Les corrélations entre ces catégories de variables sont mentionnées dans le tableau V.

L'examen du tableau V met en évidence :

- des corrélations positives faibles mais significatives entre le taux de réussite et les paramètres de production dans les deux sites. En effet, plus le taux de réussite est grand, plus la densité à l'ha est forte et alors, la surface terrière et le volume correspon-

nant sont relativement importants. Vis-à-vis de la hauteur, du fait qu'il s'agisse d'une grandeur singulière (arbre individuel), sa corrélation avec le taux de réussite n'est pas significative,

- une indépendance entre les paramètres d'adaptation (taux de réussite et taux d'attaque) dans les deux dispositifs. En conséquence, lors de la sélection, il conviendrait d'en tenir compte d'une manière séparée,

- une indépendance entre le taux d'attaque et les paramètres de production. Pour ces provenances, la sélection sur la base du taux d'attaque n'affecte pas beaucoup sa croissance et sa production.

**Fig. 3 (en haut, à gauche) :**

Proportion des provenances saines et celles dont le taux d'attaque est de 1 à 7 % à Machraa El Kettane

**Fig. 4 (en haut, à droite) :**

Proportion des provenances saines et celles dont le taux d'attaque est de 1 à 9 % à Bouirat Cherrat

**Tab. IV (ci-dessous) :**  
Effet "provenance" sur les paramètres de production

Caractères	Machraa El Kettane	Bouirat Cherrat
H (m)	25,5 ***	49,9 ***
g (cm <sup>2</sup> /arbre)	14,7 ***	26,7 ***
G (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	1,7 NS	5,4 ***
V (cm <sup>3</sup> /arbre)	14,8 ***	26,9 ***
V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	1,3 NS	7,3 ***
av (cm <sup>3</sup> /arbre an <sup>-1</sup> )	14,8 ***	26,9 ***
AV (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	1,3 NS	7,3 ***

\*\*\* Très hautement significatif

NS : Différence non significative au taux  $\alpha = 0,05$

**Tab. III :**

Effet "provenance" sur les paramètres d'adaptation

Caractère	Machraa El Kettane	Bouirat Cherrat
TR	1,1 NS	0,8 NS
TA	0,9 NS	1,2 NS

NS : Différence non significative au taux  $\alpha = 0,05$

TR : taux de réussite

TA : Taux d'attaque

Caractères	Machraa El Kettane		Bouirat Cherrat	
	TR (%)	TA (%)	TR (%)	TA (%)
TR (%)	----	-0,07 NS	----	-0,12 NS
TA (%)	-0,07 NS	----	-0,12 NS	----
H (m)	0,06 NS	-0,13 NS	-0,19 NS	0,02 NS
G (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	0,38 **	-0,11 NS	0,33 **	-0,02 NS
V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	0,35 **	-0,09 NS	0,22 *	0,00 NS
AV (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	0,35 **	-0,09 NS	0,22 *	0,00 NS

\* Significatif

\*\* Hautement significatif

NS : Différence non significative au taux  $\alpha = 0,05$

**Tab. V (ci-dessus) :**

Corrélations entre les différents caractères

Type de caractère	Caractère	Effet		
		provenance	station	Interaction station-provenance
Paramètres d'adaptation	TR (%)	1,2 NS	5,3 *	0,6 NS
	TA (%)	1,1 NS	0,0 NS	0,9 NS
Paramètres de production	H (m)	54,1 ***	22,7 ***	12,2 ***
	G(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	3,6 ***	18,7 ***	1,3 NS
	AV (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	3,6 ***	17,9 ***	0,8 NS

NS : Différence non significative au taux  $\alpha = 0,05$

\* Significatif

\*\*\* Très hautement significatif.

**Tab. VI (ci-dessus) :**  
Effet de la station sur les différents paramètres étudiés par espèce

### Etude de l'effet conjoint "station-provenance"

Etant donné que la surface terrière individuelle, le volume et son accroissement moyen annuel par arbre, sont corrélés avec ces mêmes paramètres rapportés à l'hectare, l'étude de l'effet station s'est limité à ces dernières grandeurs ainsi qu'à la hauteur totale et aux paramètres d'adaptation (Cf. Tab. VI). Cette étude a été abordée par l'analyse de la variance à deux critères de classification, au niveau de laquelle ont été examinés, les effets "station" et l'interaction "provenance - station".

L'examen du tableau VI montre l'importance des effets station et provenance sur les paramètres de production, eu égard à la variabilité phénotypique et à la sensibilité de l'espèce aux bioclimats des deux dispositifs. En effet, cette analyse met en exergue l'augmentation du taux de réussite et des paramètres de production avec la fertilité de la station (Cf. Tab. VII). Quant au taux d'attaque déjà faible dans les deux dispositifs, celui-ci semble avoir la même importance dans les deux cas.

**Tab. VII (ci-dessous) :**  
Comparaison des deux dispositifs

Paramètre	Moyenne à B.C.	Moyenne à M.E.K.	Variation (%)
TR (%)	67	73	+9
TA (%)	2	1	-0,5
H (m)	8,9	8,7	+2
G (m <sup>2</sup> )	5,88	7,42	+2
V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	29,144	37,302	+28
AV(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	3,643	4,662	+28

## Conclusion

Sur le plan de la variabilité intra-spécifique, l'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA I) et les comparaisons multiples de moyennes, mettent en relief l'effet provenance et l'existence de différences considérables surtout pour les paramètres de production. En effet, les paramètres de production diffèrent d'une provenance à l'autre comme cela a déjà été signalé dans d'autres dispositifs (DESTREMAU et al., 1973 ; BELLEFONTAINE, 1979). Les meilleures provenances dans les deux dispositifs sont toutes originaires de Victoria. Leur production atteint en moyenne 6,842 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup> à Machrâa El Kettane et 5,739 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup> à Bouirat Cherrat. Par contre, 60 % des provenances à Machrâa El Kettane et 77 % des provenances à Bouirat Cherrat produisent moins de 5 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup>.

Vis-à-vis des caractères d'adaptation (taux de réussite) et de vigueur (résistance aux attaques parasitaires), les distinctions ne sont pas significatives au sein de chaque dispositif. Toutefois, les différences sont significatives entre dispositifs pour le taux de réussite, mais non significatives pour le taux d'attaque. Tenant compte des seuils de réussite des reboisements admis au Maroc, les provenances étudiées se répartissent en trois groupes :

- le premier, d'un taux de réussite supérieur à 80 %, est représenté respectivement par 27 % des provenances à Machrâa El Kettane et 10 % seulement à Bouirat Cherrat. Ce taux de réussite est, pour le reboiseur, considéré comme excellent,

- le deuxième, d'un taux de réussite compris entre 60 et 80 %, concerne 67 % des provenances à Machrâa El Kettane et 56 % à Bouirat Cherrat. Dans ce cas, bien que réussie, la plantation est à compléter l'année suivante par des regarnis (remplacement des plants échoués),

- le reste des provenances est d'un taux de réussite inférieur à 60 %, seuil en dessous duquel, le reboisement est considéré comme un échec. Ces provenances sont à éliminer d'office des programmes de reboisement en Mâamora.

Vis-à-vis du taux d'attaque, 67 % des provenances à Machrâa El Kettane et 60 % à Bouirat Cherrat ne présentent aucun indice d'attaque par *Phoracantha* sp. Les provenances attaquées ne présentent toutefois que peu d'indices d'attaques, suite probablement

aux dernières années anormalement sèches. Cela témoigne de la forte résistance des arbres de francs pieds par rapport aux clones marqués par une vulnérabilité manifeste (ACHBAH, 2000).

En somme, cette variabilité permet d'envisager, d'ores et déjà, une sélection très efficace au niveau intra spécifique.

L'étude de l'effet conjoint « station - Provenance », abordée par l'analyse de la variance à deux critères de classification, montre l'importance de son influence sur les paramètres de production, eu égard à la variabilité manifeste du bioclimat au niveau des deux stations. Il s'agit d'un résultat qui confirme la variabilité de l'expression phénotypique des provenances en fonction du milieu.

Vis-à-vis des paramètres d'adaptation, cette étude montre l'existence d'une grande variabilité inter-site particulièrement pour le taux de réussite.

L'étude des corrélations entre les principaux caractères étudiés : taux d'attaque, taux de réussite, hauteur totale, surface terrière à l'hectare, volume à l'hectare et son accroissement, montre :

- l'existence de corrélations fortes entre le taux de réussite et les paramètres de production dans les deux sites,

- l'absence de corrélations entre les paramètres d'adaptation (taux de réussite et taux d'attaque) dans les deux sites ; ces paramètres sont pratiquement indépendants. En conséquence, lors de la sélection, il conviendrait d'en tenir compte d'une manière séparée,

- l'absence de corrélations entre le taux d'attaque et les paramètres de production. En effet, les sujets vulnérables ne sont pas nécessairement les moins performants.

## Références bibliographiques

- Achbah M., 2000. Contribution à l'étude du comportement et de la production de l'*Eucalyptus* clonal en Mâamora (Cas des dispositifs expérimentaux de Machrâa El Kettane et de Dar Ben Heine. Mém. 3<sup>e</sup> cycle, ENFI, Salé, 108 p.
- Belfontaine R., 1979. Expérience internationale d'origines d'*Eucalyptus camaldulensis*, dispositif de Sidi Slimane (Maroc). Ann. Rech. For., 19, 339-398.
- Dagnélie P., 1978. Théorie et méthodes statistiques, Application agronomique. Les Presses



Agronomiques de Gembloux, Belgique, Vol. 2, 463 p.

Destremau DX. et al., 1973. Les enseignements de l'essai comparatif de provenances d'*Eucalyptus camaldulensis* de Sidi Slimane. Ann. Rech. For., 13, 121-154.

Emberger L., 1955. Classification biogéographique des climats. Rev. Tra. Lab. Bot. Zoo., Fac. Sci. Montpellier, Ser. Bot., 7, 3-43.

Lepoutre B., 1965. Régénération artificielle du chêne-liège et équilibre climacique de la suberaie en forêt de la Mâamora. Ann. Rech. For. Maroc, Tome 9, 180p.

Nafâa R., 1997. Dynamique du milieu naturel de la Mâamora et ses bordures, Paléoenvironnement et dynamique actuelle. Thèse d'Etat ès-Lettres, FLSH, Rabat, 275 p.

Pardé J. et Bouchon J., 1988. Dendrométrie. 2<sup>e</sup> éd., ENGREF, 350 p.

Sauvage Ch., 1963. Le quotient pluviothermique d'Emberger, son utilisation et la représentation géographique de ses variations au Maroc. Ann. Serv. de Phy. et Météo. de l'ISC., t. 10, Rabat, 11 p.

Schütz JP., 1997. Sylviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Pres. Polyt. Univer. Romandes, 178 p.

**Photo 3 :**  
Bonne production  
(provenance 88)

**B. BELGHAZI**  
**M. EZZAHIRI**  
Ecole nationale  
forestière  
d'Ingénieurs  
BP 511, Salé  
Maroc

**H. OUBRAHIM**  
**S.M. EL YOUSFI**  
**M. TAROK**  
Ministère chargé  
des eaux et forêts,  
Rabat  
Maroc

**Annexe 1**  
Codes et caractéristiques  
géographiques  
des provenances  
étudiées

N° ordre	Code	Provenance	Etat	LATITUDE		LONGITUDE		Altitude (m)
				Degré	Minute	Degré	Minute	
1	50	YARRIAMIACK CK-BRIM	VIC	36	04	142	25	95
2	57	LAKA ALBACUTYA-E	VIC	35	46	142	00	70
3	62	LAKE COORONG	VIC	35	44	142	23	75
4	68	WOF OLGAS	NT	25	04	129	43	600
5	75	NEW CASTLE WATER	NT	17	28	133	25	200
6	82	COCKATOO CREEK	NT	---	---	---	---	---
7	88	OUTLE CREEK-RAINBOW	VIC	35	49	141	56	75
8	108	LAKE BULOKE	VIC	36	17	142	58	100
9	118	LAKE AGNES	VIC	35	26	141	57	45
10	119	MAY REMANUEL-SYARD	---	---	---	---	---	---
11	127	7,4 km N GOONSWINIDI	QLD	28	29	150	17	213
12	132	ORD RIVER	WA	17	29	127	51	300
13	139	WIRREN GREN PLAIN	VIC	35	24	141	53	45
14	140	VICTORIA RIVER	NT	15	35	131	02	35
15	147	MITCHEL R, MULGRAVE	QLD	16	23	143	58	160
16	151	DALY WATERS	NT	16	15	133	23	200
17	157	WYPERFELD NAT PARK	VIC	35	35	142	03	60
18	160	LAKE HINDMARSH-NW	VIC	35	57	141	52	75
19	168	EDITH RIVER	NT	14	11	132	01	90
20	172	WIMMERAR-ELMHURST	VIC	37	13	143	16	325
21	174	GILBERT RIVER	QLD	17	11	141	45	75
22	193	N FITZROY CROSSING	WA	---	---	---	---	---
23	208	UMBERUMBERKA CREEK	NSW	31	53	141	13	210
24	215	CANEL CREEK	WA	---	---	---	---	---
25	223	LOWAN VALLEY SALINE	VIC	36	50	141	50	135
26	225	SW CARNENIE	WA	---	---	---	---	---
27	232	EMU CREEK	QLD	17	28	145	08	750
28	238	73 km QUILPIE	QLD	25	58	144	35	260
29	245	LAKE WAY	WA	26	42	120	12	490
30	251	FITZROY RIVER	WA	17	40	123	36	15

**Annexe 2**  
Taux de réussite  
et taux d'attaque  
par provenance  
et par dispositif

Code	DISPOSITIF			
	Machrâa El Kettane		Bouirat Cherrat	
	Taux de réussite (%)	Taux d'attaque (%)	Taux de réussite (%)	Taux d'attaque (%)
50	54	3	46	8
57	78	4	55	0
62	59	0	47	0
68	70	6	54	4
75	88	2	65	5
82	82	0	68	7
88	77	7	71	3
108	79	0	78	0
118	80	0	60	7
119	80	0	69	0
127	74	2	73	0
132	87	3	73	0
139	66	0	77	9
140	77	2	87	0
147	85	0	68	0

Code	DISPOSITIF			
	Machrâa El Kettane		Bouirat Cherrat	
	Taux de réussite (%)	Taux d'attaque (%)	Taux de réussite (%)	Taux d'attaque (%)
151	61	0	59	0
157	73	0	73	0
160	73	0	71	3
168	58	0	69	3
172	68	0	81	2
174	78	0	47	0
193	75	0	77	5
208	84	0	70	0
215	81	0	69	0
223	58	3	41	3
225	77	0	75	0
232	76	0	76	0
238	54	0	80	0
246	66	3	60	0
251	70	0	67	0

Code	V (dm <sup>3</sup> )	Classement de Waller	Code	AVi	Classement de Waller	Code	AV	Classement de Waller
25	77,846		25	9,731		20	7,127	
18	69,357		18	8,670		18	7,074	
2	64,716		2	8,089		17	6,876	
20	61,968		20	7,746		25	6,757	
3	60,891		3	7,611		7	6,378	
17	56,578		17	7,072		23	6,164	
7	52,017		7	6,502		2	6,039	
1	51,932		1	6,492		15	5,954	
27	50,579		27	6,322		27	5,433	
15	46,114		15	5,764		3	5,286	
23	45,449		23	5,681		24	5,243	
24	42,625		24	5,328		9	5,099	
8	38,185		8	4,773		26	4,516	
9	37,298		9	4,662		30	4,490	
30	36,944		30	4,618		1	4,452	
21	36,289		21	4,536		8	4,350	
28	35,952		28	4,494		21	4,292	
26	34,397		26	4,300		6	4,108	
11	33,080		11	4,135		12	3,969	
14	32,212		14	4,026		22	3,821	
6	32,086		6	4,011		14	3,810	
13	31,740		13	3,968		11	3,625	
22	31,727		22	3,966		5	3,504	
29	29,715		29	3,714		29	3,482	
12	29,030		12	3,629		16	3,302	
16	27,167		16	3,396		28	3,004	
5	25,428		5	3,179		13	2,996	
4	24,658		4	3,082		10	2,979	
19	24,478		19	3,060		19	2,868	
10	24,083		10	3,010		4	2,863	

### Annexe 3

Comparaison multiple des moyennes pour le volume et les accroissements moyens en volume à Machrâa El Kettane

V = Volume individuel d'un arbre  
 AVi = Accroissement moyen en volume individuel (dm<sup>3</sup> an<sup>-1</sup>),  
 AV = Accroissement moyen en volume (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>)  
 Les valeurs moyennes non significativement différentes au taux  $\alpha = 0,05$  sont réunies par une même ligne verticale.

3	79,821		3	9,978		18	6,764	
25	79,257		25	9,907		20	6,712	
1	68,561		1	8,570		7	5,564	
18	68,504		18	8,563		8	5,521	
20	62,484		20	7,810		17	5,330	
7	56,349		7	7,044		3	5,197	
17	52,258		17	6,532		13	5,083	
2	51,075		2	6,384		25	4,558	
9	49,538		9	6,192		1	4,389	
13	48,291		13	6,036		9	4,085	
8	47,553		8	5,944		22	4,005	
22	37,665		22	4,708		2	3,879	
4	36,038		4	4,505		23	3,460	
23	35,830		23	4,479		11	3,425	
15	35,560		15	4,445		27	3,407	
21	34,119		21	4,265		15	3,318	
11	33,940		11	4,242		18	3,252	
27	32,712		27	4,089		30	2,965	
29	32,567		29	4,071		10	2,773	
30	31,771		30	3,971		26	2,766	
10	30,070		10	3,759		29	2,721	
28	29,678		28	3,710		14	2,573	
5	28,553		5	3,569		5	2,572	
26	26,838		26	3,355		4	2,542	
12	24,262		12	3,033		12	2,448	
6	23,591		6	2,949		6	2,227	
19	22,400		19	2,800		21	2,221	
14	21,173		14	2,687		19	2,136	
24	20,647		24	2,581		24	1,971	
16	17,762		16	2,220		16	1,426	

### Annexe 3 bis

Comparaison multiple des moyennes pour le volume et les accroissements moyens en volume à Bouirat Cherrat

## Résumé

---

Le présent travail porte sur l'étude de la variabilité intra-spécifique pour l'adaptation et la production chez 30 provenances australiennes d'*Eucalyptus camaldulensis*. Ces provenances proviennent de peuplements géographiquement disjoints, répartis entre 15 et 750 m d'altitude. L'étude a été menée dans les dispositifs expérimentaux de Machrâa El Kettane et Bouirat Cherrat, implantés en 1992 respectivement en Mâamora occidentale et orientale, dans le but de sélectionner la, ou les meilleures provenance(s) pour les reboisements dans la région.

Les caractères étudiés sont des caractères d'adaptation (taux de réussite), de vigueur (taux d'attaque par *Phoracantha* sp., ennemi redoutable des eucalyptus) et de production (hauteur totale de l'arbre, surface terrière, volume et l'accroissement en volume). Les caractères d'adaptation, la hauteur ainsi que la surface terrière ont été obtenus à partir d'observations et de mesures dendrométriques. Le volume et son accroissement ont été estimés à partir d'un tarif de cubage construit à cet effet.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (provenance) et à deux critères (provenance - station), met en évidence une variabilité intraspécifique importante. L'étude de l'effet station montre d'une part, l'existence de provenances stables lors du passage d'un dispositif à l'autre et d'autre part, l'importance de la station sur l'adaptation, la vigueur et la production des provenances.

Les résultats obtenus mettent en relief la supériorité des provenances originaires de Victoria aussi bien à Machrâa El Kettane qu'à Bouirat Cherrat. Ces dernières présentent une bonne adaptation aux conditions écologiques dans les deux dispositifs.

Les corrélations entre les caractères d'adaptation (taux de réussite et taux d'attaque) sont non significatives. Ce qui impose une vigilance lors de la sélection. Autrement dit, il est nécessaire de laisser à la plantation le temps nécessaire pour qu'elle puisse exprimer son comportement vis-à-vis des conditions du milieu.

## Summary

---

The present work concerns the study of intraspecific variability for adaptation and production for 30 Australian "provenances" of *Eucalyptus camaldulensis*. These provenances come from geographically disjoined forest stands which are distributed along elevations between 15 and 750 m of altitude. The study was conducted in experimental plots of Machrâa El Kettane and Bouirat Cherrat which were planted at 1992, respectively in Western and Eastern Mâamora, with the object of selecting the best provenance (s) for reforestation in the region.

The studied characters are those of adaptation (success rate), of vigorous (*Phoracantha* sp., Attackrate) and of production (total tree height, basal area, volume and its growth). The character of adaptation, tree height and basal area were obtained from quantitative and dendrometric measures. For the estimation of volume and its growth, cubage tables were constructed.

Variance analysis of studied characters showed the existence of an important specific variability.

The study "site" effect showed, first, the existence of stable "provenances" while going from a site to another; second, the importance of the site on provenance adaptation, vigour and production.

For *Eucalyptus camaldulensis*, the obtained results showed the superiority of "provenances" originating from Victoria either in Machrâa El Kettane or in Bouirat Cherrat. These provenances made a proof of good adaptation to environment conditions of both sites.

Correlations between adaptation characters (success and attack rate) are non significant. This imposes a vigilance while making selection: in other words it's necessary to let time to the plantation to express its reaction towards site conditions.

## Riassunto

---

Il presente lavoro tratta dello studio della variabilità intra-specifica per l'adattamento e la produzione per 30 provenienze australiane di *Eucalyptus camaldulensis*. Queste provenienze provengono da popolamenti geograficamente disgiunti, ripartiti tra 15 e 750 m di altitudine. Lo studio è stato condotto nei dispositivi sperimentali di Machrâa El Kettane e Bouirat Cherrat, impiantati nel 1992 rispettivamente in Mâamora occidentale e orientale, nello scopo di selezionare le migliori provenienze per i rimboscamenti della regione.

I caratteri studiati sono caratteri di adattamento (tasso di riuscita), di vigore (tasso di attacco da *Phoracantha* sp., nemico temibile degli eucalitti) e di produzione (altezza totale dell'albero, superficie terriera, volume). I caratteri di adattamento, l'altezza come la superficie terriera, sono stati ottenuti partendo di osservazioni e misure dendrometriche. Il volume e il suo accrescimento sono stati stimati partendo di una tariffa di cubatura costruita a questo fine.

L'analisi della varianza da un solo criterio di classificazione (provenienza) e da due criteri (provenienza-stazione), mette in evidenza una variabilità intra-specifica importante. Lo studio dell'effetto stazione mostra da una parte, l'esistenza di provenienze stabili al momento del passaggio da un dispositivo all'altro e d'altra parte, l'importanza della stazione sull'adattamento, il vigore e la produzione delle provenienze.

I risultati ottenuti mettono in rilievo la superiorità delle provenienze originarie di Vittoria tanto a Machrâa El Kettane quanto a Bouirat Cherrat. Queste ultime presentano un buon adattamento alle condizioni ecologiche dei due dispositivi.

Le correlazioni tra i caratteri di adattamento (tasso di riuscita, tasso di attacco) sono non-significativi. Ciò che impone una vigilanza al momento della selezione. In altre parole, è necessario di lasciare alla piantagione il tempo necessario per che possa esprimere il suo comportamento dirimpetto alle condizioni dell'ambiente.