

Variations morphométriques inter- et intra- spécifiques des acacias du Hoggar (Sahara Central, Algérie)

Abdelkader HARFOUCHE¹, Arezki DERRIDJ²,
Smaïl AKBAL² & Sofiane HAMI²

¹ Auteur pour correspondance gene@inrf.org.dz. Réseau des recherches en Génétique et Amélioration des Arbres Forestiers, INRF; B.P. 37 CHERAGA. - ² Université de Tizi-Ouzou Institut d'Agronomie.

ملخص

تهدف الدراسة إلى كشف مدى حجم التغيرية المظهرية بين سلالات الأفاقيا و كذا توزيعها داخل كل من السلالات السنة النامية بجبال الهقار. تكشف النتائج المحصل عليها أن هناك تباين هام بين السلالات، كما ان التغيرية داخل السلالات تتوزع أساسا على الأفراد (individus) في المجموعات (populations) بينما ليس هناك تغيرية هامة بين المجموعات داخل سلالات صنف أفاقية (sous-genre *acacia*) وهذا في كل الخصائص المدروسة و التي تتعلق بالورقة و الشاوكة و القش. الأمر مختلف نوعا ما فيما يخص سلالة صنف أكوليفيروم (sous-genre *aculeiferum*) أين لوحظت تغيرية هامة في بعض خاصيت الورقة. إن سلالات الأفاقية في الهقار لموارد هامة جدا لكنها مهددة ينبغي الإعتناء بها و هذا بتطبيق برامج طموحة لحمايتها في الموقع (*in situ*) و خارج الموقع (*ex situ*) و بإستعمالها في مشاريع تشجير المناطق الجافة في البلاد.

الكلمات المفتاحية : أفاقيا ، الهقار ، تغيرية مظهرية بين السلالات و داخل السلالات .

Résumé

Le matériel végétal est récolté sur des arbres de 29 peuplements d'acacia du Hoggar. Dix huit caractères morphométriques ont été étudiés. Les résultats obtenus ont montré une différenciation faible entre populations dans le Hoggar à l'intérieur des espèces du sous-genre *Acacia* pour l'ensemble des caractères morphologiques étudiés, l'essentiel de la variation résidant dans les populations. La situation est un peu différente en ce qui concerne *Acacia laeta*, espèce pour laquelle une différenciation inter-population significative est observée pour certains caractères de la feuille. Les populations d'acacia du Hoggar constituent une ressource génétique forestière inestimable mais menacée ; de ce fait elles nécessitent un programme de conservation *in situ* et *ex situ*. Leur utilisation pour le reboisement des régions arides et semi-arides du pays peut contribuer à sauvegarder ces espèces tout en luttant plus efficacement contre la désertification.

Mots clés: *Acacia*, Hoggar, différenciation morphologique interspécifique et intraspécifique.

1. INTRODUCTION

Les acacias sont des arbres d'importance stratégique dans les régions arides et semi-arides aussi bien pour leur utilisation dans les programmes de reforestation que pour leur valeur comme fourrage et source d'énergie pour les populations (Von Maydell, 1983). Certains d'entre eux (*Acacia senegal* et *A. laeta*) sont également utilisés pour la production de gomme arabique en région soudano-sahélienne (Michon, 1968; Sene, 1988). Les espèces du genre *Acacia* sont généralement résistantes aux conditions adverses comme la sécheresse et la pauvreté des sols en éléments minéraux (Cornet & Diem, 1982) et relativement tolérants à la salinité (Heybroek, 1982). Ces qualités font des acacias un matériel de choix pour la restauration des terres menacées par les processus de désertification. En Algérie, où de tels processus affectent des millions d'hectares de terres, ces espèces peuvent constituer une bonne opportunité pour la reforestation de larges surfaces dans les étages arides et semi-arides. On rencontre six espèces d'acacias spontanés en Algérie *Acacia tortilis* ssp. *raddiana*, *A. ehrenbergiana*, *A. seyal*, *A. nilotica* ssp. *adstringens* (ex *A. arabica*), *A. (Faidherbia) albida* et *A. laeta* (Celles & Maniere, 1980; Barkoudah & Von der Sar, 1985). Toutes ces espèces se retrouvent dans le Hoggar (Maire, 1928 et 1933; Quezel & Santa, 1963; Quezel, 1965; Rognon, 1967; Ozenda, 1977; Sahki & Boucheneb, 1995), qui culmine à une altitude de 3 000 m et

s'étend sur un territoire d'environ 450 000 km² entre 21° et 25° de latitude nord et 3° et 6° de longitude est. Le Hoggar est un refuge floristique d'espèces des zones méditerranéenne et tropicale (Djellouli *et al.*, 1996). Les acacias du Hoggar sont des arbres d'origine tropicale, aujourd'hui piégés dans ce massif encerclé de toutes parts par le plus terrible désert de la planète. Il se localisent, principalement, le long des vallées (Djellouli *et al.*, 1996) ou à proximité, là où l'approvisionnement en eau n'est pas trop contraignant, comme c'est le cas pour *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* et *A. ehrenbergiana*. En altitude, les acacias ne dépassent guère 2 000 m. Les six espèces du Hoggar sont toutes épineuses et bipennées (Vassal, 1972; Nongonierma, 1977, 1978a et 1978b). La taxonomie des acacias reste confuse et essentiellement fondée sur les caractères morphologiques (Bentham, 1875; Vassal, 1972, Ross, 1979, 1981; Brenan, 1983; Pedley, 1986) mais l'utilisation de nouveaux marqueurs, biochimiques ou moléculaires, permet d'y voir de plus en plus clair (Tindale & Roux, 1974; Evans *et al.*, 1977; Evans, 1994; Conn *et al.*, 1989; Williams *et al.*, 1990; Playford *et al.*, 1992; Chevallier *et al.*, 1994; Chapill & Maslin, 1995; Harrier *et al.*, 1997; Miller & Bayer, 2003).

La présente contribution vise l'étude des variations inter- et intraspécifiques ainsi que la caractérisation morphométrique de ces espèces, très mal connues du personnel forestier en Algérie.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Exploration et échantillonnage

Une expédition a été organisée dans le parc

national du Hoggar, en mars 1997, dans le but d'obtenir du matériel pour les mesures et observations. Le matériel consistait en branches et rameaux, gousses, graines et fleurs, quand cela était possible, récoltés sur les 6 espèces du genre *Acacia* présentes dans la région, à savoir *Acacia* (= *Faidherbia*) *albida*, *A. nilotica ssp adstringens* (= *A. arabica*), *A. ehrenbergiana*, *A. seyal*, *A. tortilis ssp raddiana* et *A. laeta*. Dix stations, correspondant à autant de vallées d'oued, furent ainsi explorées. Les effectifs d'individus par espèce et par station sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Nombre d'individus par espèce et par station. Entre parenthèses, est donnée l'altitude de la station.

PEUPLEMENT STANDS	<i>A. laeta</i>	<i>A. A. nilotica (ex-arabica)</i>	<i>A. albida</i>	<i>A. seyal</i>	<i>A. ehrenbergiana</i>	<i>A. tortilis ssp. raddiana</i>	Total
O. In Zbib	10 (1480-1500)		1 (1480)			2 (1380 -1480)	13
O. In Tounin	4 (1410-1550)						4
O. Ifeni						7 (1610-1800)	7
O. Taghamout		1 (1675)		11 (1710)		2 (1700-1710)	14
O. Azrou			1 (1800)		2 (1650-1800)	1 (1800)	4
O. In Daladje		3 (1330-1530)	3 (1210-1510)		4 (1330)		10
O. Tamanrasset		3 (1500)					3
O. Tadadine			3 (1030-1060)		2 (1360)		5
O. Tassena			1 (1410)		7 (1400-1410)		8
O. Ideles			1 (1410)				1
Total	14	7	10	11	15	12	69

2.2. Caractères étudiés et nombre de mesures

Un total de 18 caractères morphométriques relatifs aux feuilles, épines, fruits, graines et pollen, ont été mesurés et 4 rapports d'organes ou de parties d'organes calculés (Tableau 2). Les nombres de mesures effectuées par caractère et par espèce sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2. Nombre d'observations par caractère et par espèce.

	<i>A. laeta</i>	<i>A. nilotica (ex-arabica)</i>	<i>A. albida</i>	<i>A. seyal</i>	<i>A. ehrenbergiana</i>	<i>A. tortilis ssp raddiana</i>
Nombre de pennes (NPEN)	193	75	89	101	88	102
Nombre de folioles (NFOL)	193	75	89	101	88	102
Hauteur du limbe (HLIMB)	193	75	89	101	88	102
Longueur du petiole (LPET)	193	75	89	101	88	102
Longueur de l'interpenn (INPEN)	193	75	89	86	58	102
Longueur de la feuille (HLIMB+LPET)	193	75	89	101	88	102
HLIMB/LPET	193	75	89	101	88	102
Longueur de l'épine (LOEPIN)	200	120	154	205	154	176
Largeur de l'épine (LAEPIN)	200	120	154	205	154	176
LOEPIN/LAEPIN	200	120	154	205	154	176
Angle épines/paire (ANGLEPIN)	/	60	/	102	77	88
Longueur du fruit (LOFRUIT)	77	27	20	12	12	25
Largeur du fruit (LAFRUIT)	77	27	20	12	12	25
LOFRUIT/LAFRUIT	77	27	20	12	12	25
Longueur du pédoncule (LOPEDONC)	77	27	14	11	12	18
Longueur de la graine (LOGRAINE)	147	102	133	14	52	160
Largeur de la graine (LAGRAINE)	147	102	133	14	52	160
LOGRAINE/LAGRAINE°	147	102	133	14	52	160
Longueur du funicule (LOFUN)	125	/	/	14	52	/
Longueur du pollen (LOPOL)	/	42	30	60	20	10
Largeur du pollen (LAPOL)	/	42	30	60	20	10
LOPOL/LAPOL						
Nombre de peuplements	4	4	7	4	5	5

2.3. Analyses statistiques

L'estimation de la part de variation phénotypique due au facteur "espèce" a été réalisée suivant le modèle [1] en facteurs hiérarchisés (espèce, peuplement dans espèce et individu dans peuplement) qui s'écrit comme ci-après :

$$[1] Y_{ijkl} = \mu + S_{pi} + P_{j(i)} + I_{k(j(i))} + e_{ijkl}$$

où Y_{ijkl} est la $i^{\text{ème}}$ mesure effectuée sur l'individu k appartenant au peuplement j de l'espèce i , μ , la moyenne générale, S_{pi} , l'effet de l'espèce i , $P_{j(i)}$, l'effet du peuplement j de l'espèce i , $I_{k(j(i))}$, l'effet de l'individu k du peuplement j de l'espèce i , et e_{ijkl} , un résidu aléatoire ($E(e) = 0$, $\text{var}(e) = \sigma^2$).

Les effets "peuplement" et "individu dans peuplement" ont été estimés espèce par espèce selon le s/modèle [2] suivant :

$$[2] Y_{jk} = \mu + P_j + I_{k(j)} + e_{jk}$$

(Se référer à [1] pour la définition des paramètres du s/modèle). Un peuplement est défini par l'oued où il pousse et par son altitude. Il y a au total 29 peuplements.

Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée sur les moyennes des populations afin d'examiner la variation multicaractère interspécifique.

3. RESULTATS

3.1. Variations phénotypiques interspécifiques

Parmi les 22 caractères mesurés, quatorze présentent une variabilité phénotypique

interspécifique statistiquement significative ($p(F) < 0.05$) alors que huit ne permettent pas de différencier les 6 espèces étudiées ($p(F) > 0.05$).

Le premier groupe est constitué des caractères suivants: le nombre de pennes (NPEN), le nombre de folioles (NFOL), la hauteur du limbe (HLIMB), la longueur de l'interpennie (INPEN), la longueur de la feuille (HLIMB+LPET), le rapport de la hauteur du limbe à la longueur du pétiole (HLIMB/LPET), la longueur de l'épine (LOEPIN), la largeur de l'épine (LAEPIN), le rapport de la longueur à la largeur de l'épine (LOEPIN/LAEPIN), l'angle entre les épines en paire (ANGLEPIN), la longueur du fruit (LOFRUIT), la largeur du fruit (LAFRUIT), le rapport de la longueur à la largeur du fruit (LOFRUIT/LAFRUIT) et la longueur du funicule (LOFUN).

Le second groupe comprend les caractères suivants : la longueur du pétiole (LPET), la longueur du pédoncule (LOPEDONC), la longueur de la graine (LOGRAINE), la largeur de la graine (LAGRAINE), le rapport de la longueur à la largeur de la graine (LOGRAINE/LAGRAINE), la longueur du pollen (LOPOL), la largeur du pollen (LAPOL) et le rapport de la longueur à la largeur du pollen¹.

Bien que toutes statistiquement significatives, les valeurs des F des caractères du premier groupe ne sont pas d'égales ampleurs; on peut en distinguer 3 sous-groupes: un premier comportant des caractères dont la variation interspécifique est forte ($p(F) < 0.001$), un second constitué de caractères de variation modérément forte ($0.001 < p(F) < 0.01$) et un troisième

¹ Cependant, la forme du pollen permet de distinguer *Acacia albida*, dont le pollen est ovale, de celui des cinq autres espèces chez lesquelles il est sphérique.

comprenant des caractères de variation modérée ($0.01 < p(F) < 0.05$).

Caractères de variation interspécifique forte ($p(F) < 0.001$)

Le nombre de pennes

Globalement, le nombre de pennes constituant la feuille est un caractère fortement variable à l'échelle interspécifique ($F = 16.97$; $p = 76.10^{-6}$). Le test de Newman & Keuls, comparant simultanément les moyennes (Fig. 1), répartit les six espèces en 5 groupes dont quatre mono-spécifiques (*Acacia albida*, *A. nilotica*, *A. laeta*, *A. ehrenbergiana*) et un cinquième composé de *A. seyal* et *A. tortilis*.

Acacia albida est l'espèce qui développe en moyenne le plus grand nombre de pennes (~ 9), à l'opposé de *A. ehrenbergiana* qui n'en produit en moyenne que trois.

Le nombre de folioles

Comme le nombre de pennes, le nombre de folioles présente une variation interspécifique importante ($F = 23.06$; $p = 7.10^{-6}$). Le test de Newman & Keuls permet la constitution de cinq groupes : quatre groupes mono-spécifiques (*A. nilotica*, *A. albida*, *A. seyal*, *A. laeta*), un groupe composé de deux espèces: *A. tortilis*, *A. ehrenbergiana*.

Acacia nilotica se caractérise par un nombre moyen de folioles élevé (186) ; à l'opposé, *A. laeta* présente un nombre de folioles relativement réduit (29 folioles en moyennes).

Ce caractère sépare nettement les représentants du sous-genre *Acacia* de

Vassal (1972) (*A. nilotica*, *A. albida*, *A. seyal*, *A. tortilis*, *A. ehrenbergiana*) du représentant du sous-genre *Aculeiferum* (*A. laeta*).

La hauteur du limbe

La hauteur du limbe détermine une variation notable entre espèces ($F = 21.43$; $p = 0.0001$). Le classement des moyennes permet de séparer les six espèces en quatre groupes dont deux mono-spécifiques (*A. laeta*, *A. seyal*) et deux autres réunissant l'un *A. nilotica* et *A. albida*, l'autre *A. tortilis* et *A. ehrenbergiana*.

Le limbe est de plus grande dimension chez *A. nilotica* et *A. albida* (36 et 35 mm de long, respectivement) que chez *A. tortilis* et *A. ehrenbergiana* où cet organe est de taille nettement plus réduite (12.5 et 10.8 mm de long, respectivement).

La longueur de l'épine

Il faut remarquer, au préalable, que *A. laeta*, au contraire des cinq autres espèces, développe un aiguillon, qui est une structure épidermique, et non une véritable épine. La nature de l'épine, aiguillon ou épine vraie, oppose donc nettement *A. laeta* du sous-genre *Aculeiferum*, aux autres espèces en présence, qui elles appartiennent au sous genre *Acacia*.

La longueur de l'épine est un caractère très fortement variable ($F = 31.29$; $p = 10^{-6}$) qui répartit les six espèces en cinq groupes dont quatre mono-spécifiques. Un groupe, intermédiaire, est constitué des espèces *A. seyal* et *A. tortilis* que la longueur de l'épine ne permet pas de différencier. L'espèce *A. nilotica* développe des épines particulièrement longues (plus de 51 mm) alors qu'elles sont de taille nettement plus

réduite (11.7 mm) chez *A. albida*.

La largeur de l'épine

Le test F pour la largeur de l'épine n'est significatif que lorsque l'on considère l'ensemble des six espèces. En effet, une analyse de variance effectuée sans les données de *A. laeta* ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes ($F = 1.09$; $p = 0.41$).

Le rapport de la longueur à la largeur de l'épine

Les résultats de l'analyse de variance rapportés dans le tableau 3 montrent une variation interspécifique hautement significative ($F = 18.71$; $p = 7.10^{-6}$). Le test de comparaison des moyennes (Newman & Keuls) range les six espèces en cinq groupes dont quatre mono-spécifiques. *A. laeta* s'individualise bien par rapport aux cinq autres espèces parmi lesquelles *A. ehrenbergiana* et *A. tortilis* présentent des rapports très voisins. *A. nilotica* développe une épine élancée (longueur/largeur = 29), au contraire de *A. albida* dont l'épine est plus trapue.

Le rapport de la longueur à la largeur du fruit

Ce caractère, qui mesure l'élancement du fruit, présente une variation interspécifique très forte ($F = 28.57$; $p = 11.10^{-6}$). La comparaison des moyennes sépare les six espèces en trois groupes, le premier, mono-spécifique, constitué de *A. seyal* qui développe des fruits beaucoup plus longs que larges (longueur/largeur = 28.5), le deuxième réunissant *A. ehrenbergiana* et *A. tortilis* (rapport de 23 et 22, respectivement), le troisième se composant de

A. nilotica, *A. albida* et *A. laeta* qui présentent des fruits plus trapus (rapport ne dépassant pas 6.6).

Caractères de variation interspécifique modérément forte ($0.001 < p(F) < 0.01$)

La longueur de la feuille (pétiole et limbe)

La variation de ce caractère se structure en cinq groupes dont les quatre premiers sont mono-spécifiques et le cinquième constitué de *A. tortilis* et *A. ehrenbergiana* (Fig. 1).

La longueur de la feuille chez *Acacia nilotica* est de 48.5 mm en moyenne, alors qu'elle n'est que de 18.9 mm et 16.9 mm chez *A. tortilis* et *A. ehrenbergiana*, respectivement.

La longueur du funicule

On distingue des espèces aux graines sessiles (absence de funicule) qui sont *A. tortilis*, *A. albida* et *A. nilotica* et des espèces aux graines à funicule qui sont *A. laeta*, *A. seyal* et *A. ehrenbergiana*.

La variation de la longueur du funicule est significative ($F = 43.44$; $p = 0.0017$) parmi les espèces aux graines à funicule.

Le funicule des graines de *A. laeta* est relativement développé (6.3 mm de long) comparé à celui des graines de *A. seyal* et *A. ehrenbergiana* (3.1 mm et 2.3 mm, respectivement).

La longueur du funicule sépare bien les espèces du sous-genre *Acacia* de l'espèce du sous-genre *Aculeiferum*.

Longueur de l'interpenne

La variation interspécifique est modérément forte pour ce caractère ($F = 18.33$;

$p = 0.028$) ; les six espèces sont rangées en cinq groupes dont quatre mono-spécifiques (*A. nilotica*, *A. laeta*, *A. albida*, *A. tortilis*) et un autre regroupant *A. ehrenbergiana* et *A. tortilis*.

L'interpenne est plus long chez des espèces comme *A. nilotica* (7.4 mm) ou *A. laeta* (6.7 mm) que chez des espèces comme *A. tortilis* (2.5 mm) ou *A. ehrenbergiana* (3.5 mm) (Fig. 1).

Caractères de variation interspécifique modérée ($0.01 < p(F) < 0.05$).

Le rapport de la hauteur du limbe à la longueur du pétiole

La variation entre espèces est modérée pour ce caractère ($F = 4.13$; $p = 0.019$). *Acacia albida* présente un rapport limbe/pétiole élevé (5.3) par rapport aux autres espèces, en particulier *A. tortilis* (rapport de 2.2) et *A. ehrenbergiana* (rapport de 2).

L'angle des épines en paires

Ce caractère n'a pu être mesuré chez *A. laeta* (aiguillons non réunis en paires) et *A. albida* (épines très courtes).

La variation reste significative entre les autres espèces ($F = 11.57$; $p = 0.028$). L'angle entre épine de la même paire est significativement plus ouvert (121°) chez *Acacia nilotica* que chez les autres espèces, notamment *A. seyal* (98.7°) et *A. ehrenbergiana* (102.6°).

La longueur du fruit

L'analyse de variance montre une variation globale significative entre les six espèces

($F = 9.27$; $p = 0.027$) mais l'examen de la Fig. 1 montre que cette variation oppose les espèces du sous-genre *Acacia* à *A. laeta*, représentant du sous-genre *Aculeiferum*.

Cette dernière espèce développe des fruits courts (62.6 mm) par comparaison aux autres espèces dont la longueur du fruit va de 112 mm (*A. seyal*) à 87.3 mm (*A. ehrenbergiana*).

La largeur du fruit

Ce caractère détermine une variation interspécifique modérée ($F = 22.61$; $p = 0.019$). On distingue globalement deux groupes d'espèces : les espèces à fruit large (variation de 17.2 mm à 13.4 mm) (*A. laeta*, *A. albida* et *A. nilotica*), les espèces à fruit étroit (variation de 4.1 mm à 3.7 mm) (*A. tortilis*, *A. seyal* et *A. ehrenbergiana*).

Variation interspécifique multicaractère

Le plan 1-2 de l'analyse en composantes principales (Fig. 2) formé par les composantes 1 (corrélée aux longueurs du limbe, de la feuille et de l'interpenne) et 2 (corrélée à la largeur et à la longueur de l'épine) explique 79 % de la variance totale; il permet de distinguer les espèces *Acacia nilotica*, *A. seyal*, *A. ehrenbergiana* et *A. tortilis*, qui appartiennent au sous genre *Acacia*, de l'espèce *Acacia laeta*, membre du sous-genre *Aculeiferum* de Vassal (1972). Par contre, *Acacia* (= *Faidherbia*) *albida* est plus proche, dans ce plan, de l'espèce *Acacia laeta* que des autres espèces du sous-genre *Acacia*, auquel il appartient pourtant.

NPEN	NFOL	HLIMB (mm)	INPEN (mm)	HLIMB+LPIET (mm)
<i>A. albida</i> 8.8	<i>A. nilotica</i> 185.9	<i>A. nilotica</i> 36.22	<i>A. nilotica</i> 7.42	<i>A. nilotica</i> 48.54
<i>A. nilotica</i> 6.2	<i>A. albida</i> 135.6	<i>A. albida</i> 35.07	<i>A. laeta</i> 6.67	<i>A. laeta</i> 42.34
<i>A. seyal</i> 5.5	<i>A. seyal</i> 99.7	<i>A. laeta</i> 26.39	<i>A. albida</i> 5.42	<i>A. albida</i> 35.17
<i>A. tortilis</i> 5.5	<i>A. tortilis</i> 65.5	<i>A. seyal</i> 20.60	<i>A. seyal</i> 5.34	<i>A. seyal</i> 26.66
<i>A. laeta</i> 4.8	<i>A. ehrenberg.</i> 59.7	<i>A. tortilis</i> 12.51	<i>A. ehrenberg.</i> 3.51	<i>A. ehrenberg.</i> 18.96
<i>A. ehrenberg.</i> 3.4	<i>A. laeta</i> 29.0	<i>A. ehrenberg.</i> 10.77	<i>A. tortilis</i> 2.53	<i>A. tortilis</i> 16.88
LOEPIN (mm)	LAEPIN (mm)	LOEPIN/LAEPIN	ANGLEPIN (degrés)	HLIMB/LPIET
<i>A. nilotica</i> 51.66	<i>A. nilotica</i> 1.79	<i>A. nilotica</i> 29.17	<i>A. tortilis</i> 121.27	<i>A. albida</i> 5.32
<i>A. seyal</i> 32.63	<i>A. seyal</i> 1.61	<i>A. seyal</i> 20.64	<i>A. nilotica</i> 113.35	<i>A. laeta</i> 3.85
<i>A. tortilis</i> 28.58	<i>A. tortilis</i> 1.55	<i>A. ehrenberg.</i> 19.34	<i>A. ehrenberg.</i> 102.6	<i>A. seyal</i> 3.74
<i>A. ehrenberg.</i> 28.51	<i>A. ehrenberg.</i> 1.47	<i>A. tortilis</i> 18.92	<i>A. seyal</i> 098.69	<i>A. nilotica</i> 3.02
<i>A. albida</i> 11.67	<i>A. albida</i> 1.46	<i>A. albida</i> 08.32		<i>A. tortilis</i> 2.19
<i>A. laeta</i> * 04.16	<i>A. laeta</i> 0.80	<i>A. laeta</i> 05.57		<i>A. ehrenberg.</i> 2.02
LOFRUIT (mm)	LAFRUIT (mm)	LOFRUIT/LAFRUIT	LOFUN (mm)	
<i>A. seyal</i> 112.06	<i>A. laeta</i> 17.18	<i>A. seyal</i> 28.53	<i>A. laeta</i> 6.29	
<i>A. albida</i> 100.46	<i>A. albida</i> 15.36	<i>A. ehrenberg.</i> 23.34	<i>A. seyal</i> 3.13	
<i>A. tortilis</i> 091.62	<i>A. nilotica</i> 13.38	<i>A. tortilis</i> 22.32	<i>A. ehrenberg.</i> 2.35	
<i>A. nilotica</i> 087.57	<i>A. tortilis</i> 04.14	<i>A. nilotica</i> 06.68	<i>A. tortilis</i> 0.00	
<i>A. ehrenberg.</i> 087.30	<i>A. seyal</i> 04.09	<i>A. albida</i> 06.45	<i>A. albida</i> 0.00	
<i>A. laeta</i> 062.66	<i>A. ehrenberg.</i> 03.74	<i>A. laeta</i> 03.96	<i>A. nilotica</i> 0.00	

Figure 1. Tests de Newman & Keuls (5%) sur des caractères significativement variables à l'échelle inter-spécifique relatifs aux feuilles, épines, fruits et graines.. Les différences non significatives sont réunies par un même trait vertical. * *A. laeta* présente un aiguillon.

3.2. Variations intra-spécifiques

La variation intraspécifique est décomposée en variation entre populations et variation entre individus dans les populations (voir modèle 2). La population, au sens de ce travail, est un groupement d'individus de la même espèce croissant dans le même oued à une altitude moyenne donnée.

L'analyse n'a pu être réalisée pour le pollen soit en raison de l'absence de fleurs au moment de l'expédition (*A. laeta*) soit à cause d'un nombre trop restreint d'observations.

Les résultats des tests F (population, individu) sont rapportés dans le tableau 3.

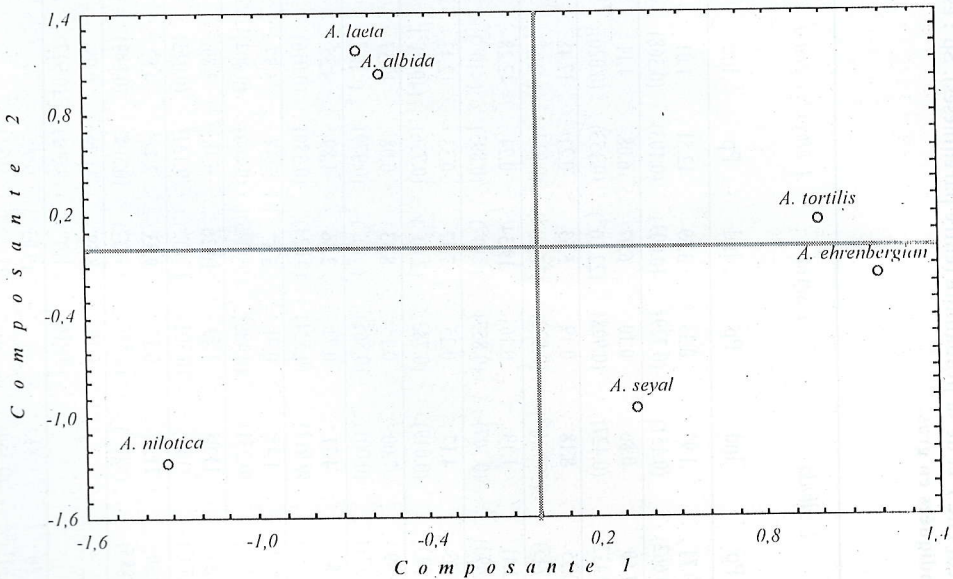


Figure 2. Plan 1-2 de l'analyse en composantes principales (ACP) sur 13 caractères de la feuille, de l'épine et du fruit. Le plan 1-2 explique 79 % de la variance multi-axiale et est lié principalement aux caractères de la feuille (composante 1) et de l'épine (composante 2).

Acacia laeta

On n'observe une différenciation significative entre populations que pour le nombre de pennes ($F = 4.96$; $p = 0.030$), le nombre de folioles ($F = 7.61$; $p = 0.011$), la longueur du pétiole ($F = 4.93$; $p = 0.035$) et le rapport de la hauteur du limbe à la longueur du pétiole ($F = 12.73$; $p = 0.002$). Pour le reste des caractères, la majeure partie de la variation intraspécifique réside essentiellement entre individus.

Acacia nilotica, *Acacia albida*, *A. seyal*, *A. ehrenbergiana*, *A. tortilis ssp. raddiana*

Chez ces espèces, la différenciation entre populations est faible, statistiquement non significative pour l'ensemble des caractères étudiés.

L'essentiel de la variation intraspécifique se retrouve à l'échelle des individus (Tableau 3).

Tableau 3. Résultats de l'analyse de variance sur les modèles [1] et [2] : valeurs de F et de sa probabilité (entre parenthèses). Sp : espèce ; Pp : peuplement ; ind : individu. Les valeurs de F significatives ($p < 0.05$) sont indiquées en gras.

	<i>A. laeta</i>			<i>A. nilotica</i> (<i>ex-ārabica</i>)			<i>A. albida</i>			<i>A. seyal</i>			<i>A. ehrenbergiana</i>			<i>A. tortilis</i> ssp. <i>raddiana</i>		
	Global	Sp	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind
NPEN	16.97 (76.10 ⁻⁶)	4.96 (0.030)	2.68 (0.006)	0.76 (0.471)	6.01 (0.236)	0.76 (0.471)	0.74 (0.662)	1.93 (0.151)	0.33 (0.729)	3.59 (0.003)	12.51 (0.103)	1.01 (0.368)	1.96 (0.238)	3.12 (0.012)				
NFOL	23.06 (7.10 ⁻⁶)	7.61 (0.011)	10.07 ($<10^{-6}$)	0.39 (0.671)	16.17 (0.264)	0.39 (0.671)	1.69 (0.432)	0.86 (0.427)	0.10 (0.908)	6.07 (22.10 ⁻⁶)	6.08 (0.153)	4.11 (0.020)	0.73 (0.605)	6.19 (54.10 ⁻⁶)				
HLIMB	21.43 (0.0001)	0.69 (0.524)	19.90 ($<10^{-6}$)	0.60 (0.549)	18.61 (0.148)	0.60 (0.549)	0.55 (0.745)	8.18 (579.10 ⁻⁶)	0.19 (0.832)	5.63 (52.10 ⁻⁶)	0.21 (0.913)	17.48 ($<10^{-6}$)	1.53 (0.323)	3.04 (0.014)				
LPET	2.89 (0.077)	4.93 (0.035)	12.75 ($<10^{-6}$)	4.02 (0.022)	2.56 (0.334)	4.02 (0.022)	12.41 (0.090)	1.19 (0.307)	0.16 (0.857)	19.34 ($<10^{-6}$)	0.24 (0.893)	42.28 ($<10^{-6}$)	0.30 (0.865)	11.75 ($<10^{-6}$)				
INPEN	18.33 (0.028)	1.63 (0.246)	7.30 ($<10^{-6}$)	11.41 (62.10 ⁻⁶)	1.24 (0.476)	11.41 (62.10 ⁻⁶)	1.83 (0.393)	4.17 (0.019)	0.25 (0.783)	7.47 (2.10 ⁻⁶)	0.33 (0.736)	12.43 (40.10 ⁻⁶)	0.17 (0.944)	3.42 (0.007)				
HLIMB+LPET	12.80 (0.002)	1.53 (0.266)	21.55 ($<10^{-6}$)	1.38 (0.258)	8.02 (0.154)	1.38 (0.258)	0.99 (0.571)	7.00 (0.001)	0.15 (0.865)	8.33 ($<10^{-6}$)	0.08 (0.979)	40.37 ($<10^{-6}$)	0.70 (0.622)	6.20 (53.10 ⁻⁶)				
HLIMB/LPET	4.13 (0.019)	12.73 (0.002)	4.09 (83.10 ⁻⁶)	0.90 (0.408)	1.73 (0.444)	0.90 (0.408)	0.84 (0.623)	4.71 (0.011)	0.71 (0.524)	2.56 (0.024)	1.89 (0.380)	4.35 (0.016)	0.38 (0.815)	6.62 (26.10 ⁻⁶)				
LOEPIN	31.29 (10 ⁻⁶)	1.73 (0.244)	2.95 (0.006)	10.22 (82.10 ⁻⁶)	1.45 (0.439)	10.22 (82.10 ⁻⁶)	11.81 (0.101)	1.45 (0.231)	0.91 (0.486)	3.87 (0.0006)	1.57 (0.460)	5.57 (0.004)	1.74 (0.280)	5.40 (111.10 ⁻⁶)				
LAEPIN	9.37 (0.0006)	2.33 (0.167)	4.26 (0.0002)	8.98 (239.10 ⁻⁶)	3.37 (0.245)	8.98 (239.10 ⁻⁶)	0.51 (0.763)	11.08 (10 ⁻⁶)	1.49 (0.301)	10.26 ($<10^{-6}$)	6.48 (0.134)	3.89 (0.022)	2.92 (0.142)	2.92 (0.015)				
LOEPIN/LAEPIN	18.71 (7.10 ⁻⁶)	1.01 (0.411)	4.07 (0.0003)	2.57 (0.081)	15.95 (0.081)	2.57 (0.081)	0.30 (0.885)	21.07 ($<10^{-6}$)	0.27 (0.846)	9.83 ($<10^{-6}$)	2.44 (0.308)	4.82 (0.009)	1.21 (0.415)	3.26 (0.008)				
ANGLEPIN	11.57 (0.028))	/	/	2.99 (0.058)	4.02 (0.231)	2.99 (0.058)			0.16 (0.916)	8.59 ($<10^{-6}$)	21.79 (0.005)	0.08 (0.917)	0.95 (0.506)	3.22 (54.10 ⁻⁶)				
LOFRUIT	9.27 (0.027)	0.45 (0.086)	1.53 (0.201)	0.02 (0.880)		0.02 (0.880)	1.50 (0.305)	0.81 (0.380)		19.03 (0.0005)	0.00 (0.981)		0.01 (0.983)	0.26 (0.699)				

Tableau 3. (suite)

	Global		<i>A. laeta</i>		<i>A. nilotica (ex-arabica)</i>		<i>A. albidula</i>		<i>A. seyal</i>		<i>A. ehrenbergiana</i>		<i>A. torilis ssp raddiana</i>	
	Sp	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp	Ind	Pp
LA FRUIT	22.61 (0.019)	0.44 (0.738)	13.25 ($<10^{-6}$)	/	30.04 (10^{-5})	19.31 (378.10^{-6})	0.01 (0.930)	/	0.31 (0.813)	0.15 (0.705)	/	1.03 (0.465)	2.38 (0.118)	
LO FRUIT/LA FRUIT	28.57 (11.10 ⁻⁶)	0.06 (0.976)	40.92 ($<10^{-6}$)	/	7.30 (0.012)	0.19 (0.702)	1.66 (0.219)	/	3.43 (0.073)	0.05 (0.805)	/	1.35 (0.285)	0.13 (0.874)	
LO PEDONC	5.69 (0.196)	0.44 (0.736)	6.99 (87.10^{-6})	/	152.79 ($<10^{-6}$)	4.65 (0.062)	0.36 (0.557)	/	456.10 ($<10^{-6}$)	0.07 (0.808)	/	0.42 (0.702)	23.35 (50.10^{-6})	
LO GRAINE	6.64 (0.126)	1.65 (0.319)	6.45 (86.10^{-6})	/	263.14 ($<10^{-6}$)	0.86 (0.522)	65.65 ($<10^{-6}$)	/	62.85 (10^{-6})	2.59 (0.113)	/	1.49 (0.395)	15.52 (10^{-6})	
LA GRAINE	3.12 (0.066)	1.55 (0.338)	6.92 (41.10^{-6})	/	814.26 ($<10^{-6}$)	6.62 (0.206)	5.50 (0.020)	/	0.13 (0.723)	0.64 (0.425)	/	0.16 (0.863)	18.59 ($<10^{-6}$)	
LO GRAINE/ LA GRAINE	3.10 (0.067)	0.40 (0.764)	3.29 (0.013)	/	162.55 ($<10^{-6}$)	0.02 (0.916)	43.79 ($<10^{-6}$)	/	17.72 (0.001)	0.09 (0.760)	/	0.90 (0.518)	9.55 (0.0001)	
LO FUN	43.44 (0.0017)	0.23 (0.867)	9.69 (9.10^{-6})	/	/	/	/	/	0.00 (0.994)	1.52 (0.222)	/	/	/	
LO POL	11.89 (0.667)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
LAPOL	7.78 (0.342)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
LO POL/LAPOL	5.70 (0.062)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

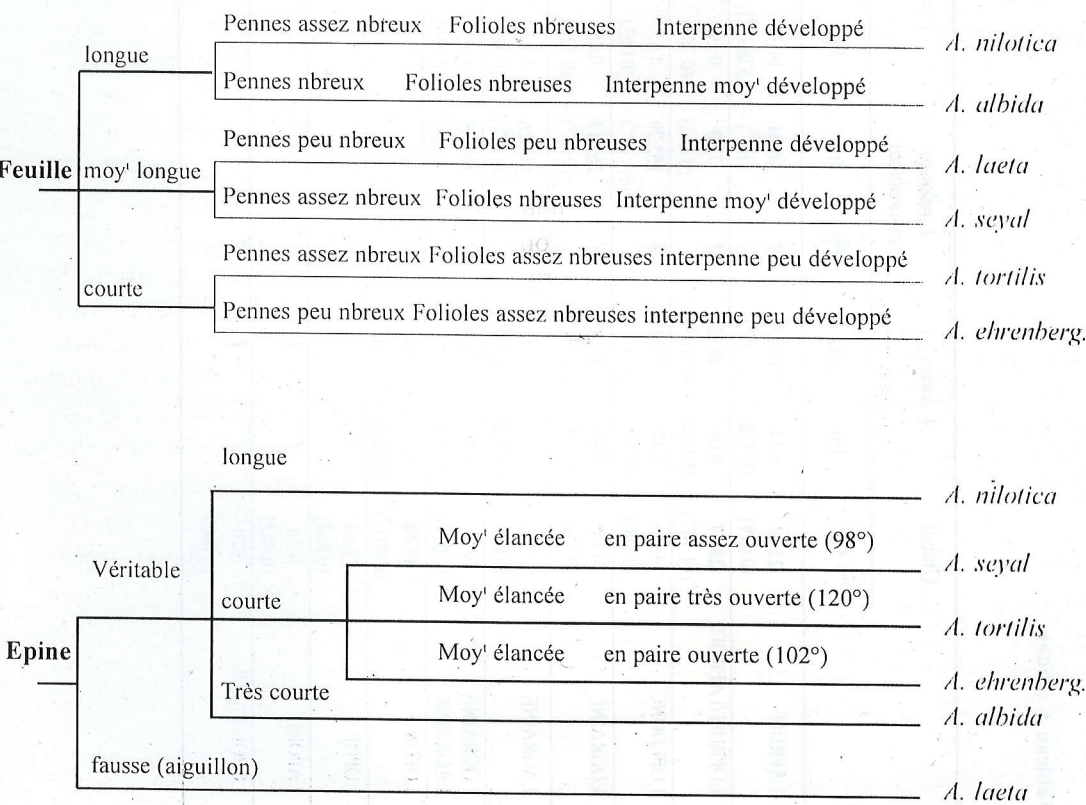
4. DISCUSSION et CONCLUSION

Le Sahara central, dont le climat est essentiellement sec et continental, est un milieu défavorable à la végétation. Rognon (1967) parle de climat hyperaride au sujet de cette contrée. Le Hoggar, masse montagneuse entre 1000 et 3000 m d'altitude surgie au beau milieu de cette immensité, tempère légèrement les influences de la continentalité et de la latitude pour donner naissance à un écosystème de montagne désertique original abritant des éléments de la flore méditerranéenne et des éléments de la flore tropicale. C'est ainsi que l'on y rencontre six espèces d'acacias, végétaux, actuellement, plus caractéristiques des

savanes et forêts subtropicales et équatoriales, vestiges d'un passé (-6000 ans) durant lequel l'actuel Sahara aurait été une forêt (Projet CSFD 57, 2004). Cependant et en dépit de leurs caractères xéromorphiques prononcés, la présence de ces espèces est largement tributaire de sites favorables comme les oueds et vallées où l'alimentation en eau n'est pas trop contraignante.

L'étude de la variation de caractères de la feuille, de l'épine et du fruit a permis d'établir un phénotype moyen, exposé ci après, pour chacune des six espèces rencontrées dans le Hoggar.

La différenciation entre populations dans le Hoggar est faible à l'intérieur des espèces



Fruit (gousse)	Spiralé	Long	étroit	bout effilé	<i>A. tortilis</i>
			large	bout arrondi	<i>A. albida</i>
		moy ¹ long	étroit	bout effilé	<i>A. ehrenberg.</i>
	Incurvé	long	étroit	bout effilé	<i>A. seyal</i>
		moy ¹ long	large	bout effilé	<i>A. nilotica</i>
	Droit		large	bout effilé	<i>A. laeta</i>

du sous-genre *Acacia* (*A. nilotica*, *A. albida*, *A. seyal*, *A. ehrenbergiana*, *A. tortilis ssp. raddiana*) pour l'ensemble des caractères morphologiques étudiés. Il y a par contre une variation intra-population importante. Des résultats analogues ont été observés pour des marqueurs nucléaires (AFLP²) qui déterminent une importante diversité génétique intra-population et une faible différenciation inter-population chez *A. tortilis raddiana* dans le Hoggar (Projet CSFD 57, 2004).

Une telle structure génétique est une caractéristique répandue parmi les espèces forestières (Wright, 1976; Zobel & Talbert, 1984; Harfouche *et al.*, 2003), notamment lorsque l'aire de distribution de l'espèce en question est plus ou moins continue ou de morcellement récent. Le flux de gènes entre populations d'espèces d'aire continue est permanent et empêche toute différenciation entre elles. En cas de morcellement récent de l'aire, la différenciation entre populations, en particulier si elles sont de grande taille, ne sera pas encore perceptible, surtout lorsque des échanges de

gènes sont possibles par transport humain ou animal de graines ou encore par voie de plantation.

Pour les espèces du sous-genre *Acacia*, la faible différenciation morphologique inter-population dans le Hoggar est probablement entretenue par des flux multidirectionnels permanents de gènes lors des déplacements des populations humaines et de leurs troupeaux; on peut également imaginer un transport de graines par l'eau s'opérant de l'amont vers l'aval lors des crues des oueds. En outre, la pression de sélection naturelle n'est, probablement, pas très intense du fait d'une assez forte similitude des conditions écologiques dans les stations, qui sont toutes des stations de vallées où le facteur eau n'est pas limitant. La situation semble un peu différente en ce qui concerne *Acacia laeta* pour laquelle une différenciation inter-population significative est observée pour certains caractères de la feuille (le nombre de pennes, le nombre de folioles, la longueur du pétiole et le rapport limbe/pétiole). Le

² Amplified Fragment Length Polymorphism. Cette technique combine la digestion de l'ADN par restriction et la PCR (Polymerase chain reaction).

statut de *A. laeta* dans le Hoggar, unique représentant contemporain du sous-genre *Aculeiferum* en Afrique du nord (Ross, 1981), n'est pas encore clarifié. Selon Ross (1979), confirmé par des études isoenzymatiques (Chevallier *et al.*, 1994), *A. laeta* serait un hybride inter-spécifique entre *A. senegal* et *A. mellifera*³, espèces sous-genre *Aculeiferum* que l'on retrouve plus au sud, dans le Sahel, et qui manquent complètement dans le Hoggar à présent. Comment expliquer la présence de *A. laeta* dans le Hoggar en l'absence des espèces parentes? On peut bien sûr penser que l'espèce y a été introduite à partir de populations du Sahel, probablement de provenances différentes (cela expliquerait la différenciation inter-population observée pour les caractères de la feuille notés ci-dessus). Mais on peut également penser que *A. senegal* et *A. mellifera* étaient présente dans les forêts de la région avant qu'elle n'évolue en désert, il y a 5000 ou 6000 ans. Mais alors pourquoi les deux espèces parentes s'y sont-elles éteintes et non leur hybride? Il est un phénomène reconnu chez les espèces végétales, forestières en particulier, que les génotypes hybrides sont, pour la plupart, intermédiaires entre les espèces ou variétés parentes, et c'est dans les milieux intermédiaires ou altérés qu'ils ont plus de chance de se maintenir (Anderson, 1949; Wright, 1976; Falconer, 1989). Il est également reconnu que l'hybridation fournit une matière première pour l'évolution adaptative dans des environnements changeant rapidement (Bleeker, 2004). L'hybride *Acacia laeta* se serait

donc retrouvé moins défavorisé par l'évolution en désert de la forêt originelle et aurait survécu, du fait même de sa nature hybride, dans quelques stations, au contraire des espèces parentes, elles, inadaptées aux conditions nouvelles.

En conclusion, les populations d'acacia du Hoggar constituent une ressource génétique forestière inestimable mais menacée, et de ce fait nécessitent la mise en œuvre de programme de conservation in situ et ex situ. L'utilisation de cette ressource pour le reboisement des régions arides et semi-arides du pays peut contribuer à sauvegarder ces espèces tout en luttant plus efficacement contre la désertification. Auparavant, il est nécessaire de réunir le maximum d'information sur l'importance et la structure de la diversité génétique des populations au sein des différentes espèces de la région en combinant divers marqueurs génétiques. Cette étude, basée sur des critères morphologiques et adaptatifs, apporte une contribution à la connaissance des acacias autochtones d'Algérie, connaissance indispensable à leur conservation.

Summary

AMONG AND WITHIN SPECIES MORPHOMETRIC VARIATION OF THE ACACIAS IN THE HOGGAR MOUNTAIN. This study was carried out on individuals from six acacia species growing in the Hoggar Mountain using morphometric traits. Material came from trees of 29 stands at different elevations.

³ Une analyse par marqueur moléculaire (RAPD), a révélé que *A. laeta* était plus proche de *A. mellifera* que de *A. senegal* (Harrier *et al.*, 1997). *A. laeta* serait donc plus un hybride d'introggression qu'un hybride direct entre les deux espèces.

Results showed little differentiation between populations in all the species of subgenus *Acacia* for studied traits. The bulk of the variation resides mainly within populations. On the other hand, a significant differentiation was recorded in *A. laeta* subgenus *Aculeiferum* for some traits of the leaf.

Acacias of the Hoggar are valuable genetic resources, however endangered. So, it is necessary to implement programs for the conservation of the existing populations. The use of these genetic resources for artificial plantation in arid and semi-arid zones of the country may contribute to preserve the resource and enhance the efficiency of the struggle against desertification.

Key words: *Acacia*, Hoggar, morphology, between- and within-species differentiation.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON, E., 1949. *Introgressive hybridization*. John Wiley & Sons, N. Y., 109 pp.
- BARKOUDAH, Y. & VON DER SAR, D., 1985. L'*Acacia raddiana* dans la région de Beni-Abbes. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.
- BENTHAM, G., 1875. Revision of the suborder *Mimoseae*. Trans. Linn. Soc. Lond. 30 :335-664.
- BLEEKER, W., 2004. Adaptive evolution in changing landscapes-the role of hybridization. In "Population dynamics in changing landscape-persistence, dispersal or adaptation?" Proceedings of the 17th annual conference of the Ecological Society of Germany, Switzerland and Austria-Section Plant Population Biology, page 34, Regensburg, 2004.
- BRENAN, J. P. M., 1983. Manual on taxonomy of *Acacia* species: present taxonomy of four species of *Acacia* (*A. albida*, *A. senegal*, *A. nilotica*, *A. tortilis*). FAO, Rome, Italy, 47 p.
- CELLES, J. C. & MANIERE, R., 1980. Remarques sur la distribution en Afrique du Nord occidentale d'*Acacia seyal* DELILE et d'*Acacia ehrenbergiana* HAYNE. *Candollea* 35: 183-200.
- CHAPPIL, C. & MASLIN, B. R., 1995. A phylogenetic assessment of tribe *Acacieae*. In CRISP MD, DOYLE JJ (Eds): *Advances in Legume Systematics* 7, phylogeny, pp. 77-79. Richmond, Royal Botanic gardens, Kew.
- CHEVALLIER, M. H., BRIZZARD, J. P., DIALLO, I. & LEBLANC, J. M., 1994. La diversité génétique dans le complexe *Acacia senegal*. *Bois & forêts des tropiques* 240 (2) : 5-12.
- CONN, E. E., SEIGLER, D. S., MASLIN, B. R. & DUNN, J., 1989. Cyanogenesis in *Acacia* subgenus *Aculeiferum*. *Phytochemistry* 28: 817-820.
- CORNET, F. & DIEM, H. G., 1982. Étude comparative de l'efficacité des souches de *Rhizobium* d'*Acacia* isolés de sols du Sénégal et effets de la double symbiose *Rhizobium* - *Glomus mosseae* sur la

croissance de *Acacia holosericea* et *Acacia raddiana*. *Bois et Forêts des Tropiques* 198: 3-16.

DJELLOULI, Y., BOUCHENEB, N. & BENADJAOUD, A., 1996. Assessment of floristic resources in the Ahaggar (Algeria). International Conference of temperate Grasslands for the 21st Century. Beijing, 6--10 July 1996.

EVANS, C. S., 1994. Evolutionary trends within the genus *Acacia* based on the accumulation of non-protein amino acids in seeds. In SPRENT J.L., MICKEY D (Eds): *Advance in legume Systematics* 5, the nitrogen factor, pp. 83-87. Richmond, Royal Botanic Gardens, Kew.

EVANS, C. S., QUERESHI, M. Y., BELL, E. A., 1977. Free amino acids in seeds of *Acacia* species. *Phytochemistry* 16: 565-570.

FALCONER, D. S., 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Scientific and Technical, Essex, England, 438 pp.

HARFOUCHE, A., BOUDJADA, S., CHETTAH, W., ALLAM, M., BELHOU, O. & MERAZGA, 2003. Variation and population structure in Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Algeria. *Silvae Genetica* 52 (5-6) : 244-249.

HARRIER, L. A., WHITTY, P. W., SUTHERLAND, J. M. & SPRENT J. I., 1997. Phenetic investigation of non-nodulating African species of *Acacia* (*Leguminosae*) using morphological and molecular markers. *Pl. Syst. Evol.* 205: 27-51.

HEYBROEK, H., 1982 : Reboisement -

bien choisir l'essence selon la station. *Unasylva* 136: 15--19.

MAIRE, R., 1928. Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. Mission scientifique au Hoggar, 3^{ème} partie. pp. 176 -- 433.

MAIRE, R., 1933. Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. *Mem. Soc. Hist. Nat. Afr.* N3, 1^{ère} partie. pp. 1-272.

MICHON, P., 1968. Les gommiers au Tchad. *Bois et Forêts des Tropiques* 117: 27-30.

MILLER, J. T. & BAYER, R. J., 2003. Molecular phylogenetics of *Acacia* (*Fabaceae: Mimosoideae*) based on the chloroplast *matK* coding sequence and flanking *trnK* intron spacer regions. *Australian Systematic Botany* 16: 27-33.

NONGONIERMA, A., 1977. Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* MILLER en Afrique occidentale. IV. Distribution bioclimatique des différents taxa. *Bull. I. F. A. N.* 38, série A (2): 318-339.

NONGONIERMA, A., 1978. Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* MILLER en Afrique occidentale. VI. Caractères biométriques des graines. *Bull. I. F. A. N.* 40, série A (2) : 343-367.

NONGONIERMA, A., 1978: Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* MILLER en Afrique occidentale. VIII. Caractères morphologiques, biométriques et biologiques des jeunes plants. *Bull. I. F. A. N.* 40, série A (1) : 706-793.

OZENDA, P., 1977. *Flore du Sahara*. Ed.

CNRS, Paris.

PEDLEY, L., 1986. Derivation and dispersion of *Acacia* (Leguminosae), with particular reference to Australia, and the recognition of *Senegalia* and *Racosperma*. *Bot. J. Linn. Soc.* 92: 219-254.

PLAYFORD, J., APPELS, R. & BAUM, B., 1992. The 5S DANN units of *Acacia* species (Mimosaceae). *Pl. Syst. Evol.* 183 : 235-247.

PROJET CSFD 57, 2004. Impact des pratiques humaines sur la conservation et la gestion *in situ* des ressources génétiques forestières: cas d'*Acacia tortilis raddiana* et de *Balanites aegyptiaca*. Coordinateur CHEVALLIER, MH, 68 p.

QUEZEL, P. & SANTA, S., 1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Ed. CNRS, Paris.

QUEZEL, P., 1965. *La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie*. Gustav Fischer, Verlag-Stuttgart, Masson & Cie Ed., Paris.

ROGNON, P., 1967. *Le massif de l'Atakor et ses bordures* (Sahara central). Ed. CNRS, Paris.

ROSS, J. H., 1979. A conspectus of the African *Acacia* species. *Mem. Bot. Surv. S. Africa* 44: 1-155.

ROSS, J. H., 1981. An analysis of the African *Acacia* species: their distribution, possible origins and relationships. *Bothalia* 13 (3-4): 389-413.

SAHKI, R. & BOUCHENEB, N., 1995. *Guide des principaux arbres et arbustes du Sahara central* (Ahaggar et Tassili). INRI, Station de recherches de Tamanrasset.

SENE, A., 1988. Recherches sur la productivité gommère de *Acacia* senegal dans le nord Ferto (Sénégal). Thèse de 3^e cycle, U.P.S. Toulouse, 243 p.

TINDALE, M. D. & ROUX, D. G., 1974. An extended phytochemical survey of australian species of *Acacia*: chemotaxonomic and phylogenetic aspects. *Phytochemistry* 13: 829-839.

VASSAL, J., 1972: Apport des recherches ontogéniques et séminologiques à l'étude morphologique, taxonomique et phylogénique du genre *Acacia*. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse* 108: 105-247.

VON MAYDELL, H. J., 1983. Arbres et arbustes du Sahel : Leurs caractéristiques et leurs utilisations. *GTZ*, 531 pp (1983).

WILLIAMS, J., KUBELIK, A. R. & LIVAK, K. J., 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids Res.* 18: 6531-6535.

WRIGHT, J. W., 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, N. Y., 463 pp.

ZOBEL, B. & TALBERT, J., 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley & Sons, N. Y., 505 pp.