

CARACTERISATION MORPHOMETRIQUE DES ACACIAS D'AHAGGAR (SAHARA CENTRAL)

MENSOUS M.¹, ABDELAOUI S.², BESNARD G.³, EDDOUD A.¹ et BAALI-CHERIF D.⁴

¹Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah—Ouargla, Algérie

²Institut National de Recherche Forestière-Tamanrasset, Algérie,

³Laboratoire Evolution et Diversité Biologique, CNRS-UPS-ENSFEA-IRD, Université Toulouse, France,

⁴Laboratoire de Recherche sur les Zones Arides, USTHB/ENSA, BP44, Alger, Algérie

Résumé : Ce travail porte sur l'étude des caractères botaniques des six espèces d'acacias d'Ahaggar. *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana*, *V. seyal*, *V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. flava*, *Faidherbia albida* et *Senegalia laeta*. Elle a été menée sur des caractères quantitatifs (ex. longueur des feuilles, nombre de paire de pinnules, longueur de la gousse) et qualitatifs (ex. position des épines, types d'inflorescence). Ces espèces se structurent en trois groupes différents. Le premier regroupe 4 espèces de *Vachellia*, caractérisées par la longueur moyenne des feuilles de 4,5 cm, des gousses effilées d'une longueur moyenne dépassant 11 cm et portant jusqu'à 12 graines, des paires d'épines stipulaires, droites, effilées blanchâtres et des inflorescences en glomérules jaunes ou blanches. Le deuxième est formé par *F. albida* caractérisé par des feuilles de longueur moyenne de 10,37 cm, par des gousses dépassant en moyenne 12 cm de longueur et 2,3 cm de largeur, par une inflorescence en épi axillaire jaune et des épines de longueur moyenne, épaisses à la base. Le troisième distingue *S. laeta* caractérisée par des feuilles de longueur moyenne de 7,67 cm, par des gousses de longueur moyenne de 6,25 cm et de largeur moyenne de 2,47 cm, à nombre de graines ne dépassant pas 5 (moy. = 3,28), par des aiguillons en forme de crochet, groupés en 02 ou en 03, et par une inflorescence en épi axillaire à fleurs blanches.

Mots clés : Acacias, Ahaggar, Morphométrie, appareil végétatif, inflorescence, systématique

MORPHOMETRIC CHARACTERISATION OF AHAGGAR ACACIAS (CENTRAL SAHARA)

Abstract: This work deals with the study of the botanical characteristics of the six acacia species of Ahaggar. *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana*, *V. seyal*, *V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. flava*, *Faidherbia albida* and *Senegalia laeta*. It was conducted on quantitative traits (eg. leaf length, number of pinnula pairs, pod length) and qualitative traits (eg position of the spines, types of inflorescence). These species are structured in three different groups. The first includes 4 species of *Vachellia*, characterized by the average length of the leaves of 4.5 cm, tapered pods of an average length exceeding 11 cm and carrying up to 12 seeds, pairs of stipular spines, straight, tapered whitish and inflorescences in yellow or white glomeruli. The second is formed by *F. albida* characterized by leaves of average length of 10.37 cm, by pods exceeding on average 12 cm in length and 2.3 cm in width, by an inflorescence in yellow axillary spike and spines of medium length, thick at the base. The third distinguishes *S. laeta* characterized by leaves of average length of 7.67 cm, pods of average length of 6.25 cm and average width of 2.47 cm, with number of seeds not exceeding 5 (average = 3.28), with hook-shaped pods, grouped in 02 or 03, and an inflorescence in axillary spike with white flowers.

Key words: Acacias, Ahaggar, Morphometry, vegetative apparatus, inflorescence, systematic

Introduction

Les acacias (Fabaceae, Mimosoideae) représentent un groupe

majeur de légumineuses ligneuses dans les habitats arides et subarides des régions tropicales et subtropicales, en particulier dans l'hémisphère Sud [1]. Ils sont très

diversifiés, comptant entre 1350 et 1450 espèces dans le monde entier et 130-150 espèces en Afrique [2 ;3 ; 1]. La présence de quelques acacias au Hoggar (Sahara central) a été signalée par quelques auteurs [4,5], qui ont, par la suite, intéressés de nombreux autres qui ont effectués des études descriptives des communautés végétales de cette région [6, 7]; Boucheneb & Benhouhou 2012[8]. Parmi les six espèces d'acacias présentes à l'Ahaggar, certaines sont fréquentes telles que *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* et *V. flava* et d'autres (*V. seyal*, *V. nilotica*, *Faidherbia albida* et *Senegal laeta*) ont une répartition très fragmentée.

Les acacias sont une source importante de bois (pour le combustible et le bois d'œuvre), de fibres (pour produire des cordes) ou de médicaments pour les populations humaines (production de gomme), et de fourrages pour les animaux sauvages et domestiques (Lewis et al. 2005[1]; [9], comme, ils sont utilisés pour la lutte contre la désertification et l'érosion des sols [10], ou favoriser la croissance d'autres plantes, du fait de leur capacité à fixer de l'azote grâce au rhizobium dans les nodules des racines [11]. De ce fait, au Sahara central, et particulièrement au Hoggar, les diverses utilisations de ces espèces ligneuses par des populations autochtones menacent fortement la persistance de certaines populations qui peuvent être menacées localement [12, 13, 14, 15, 7, 16]. Ceci rend l'inventaire de ces populations et la caractérisation de leur diversité génétique nécessaires pour leur conservation [17]. De plus, les connaissances sur la dynamique de la population (par exemple, le transfert, la durée de vie des individus et l'importance de la croissance clonale, le flux des gènes par les graines et par le pollen) est

également essentielle pour définir des stratégies de gestion optimales [18].

La protection et la préservation des espèces floristiques d'Ahaggar n'est pas faite de manière régulière et efficace, faute de moyens et d'outils, mais aussi du fait d'une méconnaissance et d'un manque d'information sur la vie des végétaux, leur répartition et leur habitat [19]. En effet, peu de travaux existent sur les acacias d'Ahaggar tant en ce qui concerne leur écologie, leur différenciation morphologique que leur variabilité génétique. Le peu d'études existantes ont intégré les six acacias du Hoggar dans des investigations plus larges comme celle qui a démêlé les diverses caractéristiques (morphologie, reproduction, usages) des principales espèces ligneuses du Sahara central [14], ceux qui avaient décrit la flore et la végétation du d'Ahaggar [20; 21, 12; 22; 23;8], ou encore des travaux concernant l'impact des activités humaines sur la diversité génétique des espèces saharo-sahéliennes, tel celui sur *Balanites aegyptiaca* et *V. tortilis* subsp. *raddiana*[5]. Ainsi, les données obtenues sur ces taxons restent fragmentaires. Sur le plan systématique, la position des acacias d'Ahaggar vis-à-vis des autres taxons des Mimosoideae n'a pas encore été révisée après les nouvelles classifications qu'ont connues ces derniers depuis plus d'une décennie. D'ailleurs, la plupart des travaux réalisés récemment sur ces espèces d'Ahaggar se référaient encore à l'ancienne classification établie par Vassal [24], sur la base de caractères morphologiques, qui divisait tous les acacias en trois sous-genres (*Acacia*, *Aculeiferum* et *Phyllodinae*). De plus, certains auteurs continuaient d'utiliser le synonyme *Acacia albida* pour l'espèce *Faidherbia albida* A. (Delile) Chev. 1934 [14;7], alors que d'autres études,

particulièrement moléculaires [3, 25 ,26], ont confirmé qu'elle forme le genre monospécifique *Faidherbia* au sein de la tribu *Ingeae*. En effet, ces auteurs et d'autres [27 ;28 ;29], qui ont reconnu l'histoire complexe des acacias, ont contribué énormément, par les outils moléculaires, à la clarification des relations phylogénétiques de ces derniers, en adoptant la polyphylie d'*Acacias.l.*, démontrée par l'existence de cinq lignées différentes. Cependant, malgré la résolution claire des cinq lignées d'*Acacias.l.*, la situation de certains taxons reste encore confuse sur le plan phylogénétique[30].

De ce fait, les populations actuelles des acacias d'Ahaggar, d'origine tropicale et qui avaient probablement évolué différemment vis-à-vis de celles de leurs centres de dispersion doivent être étudiés afin de mieux les connaître sur divers aspects biologiques (biogéographique, morphologique et phylogénétique) et de mettre en évidence les relations qui s'exercent entre elles et avec leur milieu, pour établir à long terme, une stratégie de

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Caractères botaniques généraux

Durant les missions que nous avons effectuées dans le Hoggar, nous nous sommes intéressés à la description des caractères botaniques généraux de six espèces d'acacias : *Vachellia tortillis* subsp. *raddiana*, *Vachellia nilotica* subsp. *tomentosa*, *Vachellia flava*, *Vachellia seyal*, *Faidherbia albida*, et *Senegalia laeta*. Dans les stations prospectées, nous avons fait des observations systématiques et *in-situ* complétées par des photos d'un total de 160 individus. Ces stations sont représentées par des oueds caractéristiques de la région de Tamanrasset. Il s'agit des

conservation et de gestion de ces ressources génétiques. Dans ce cadre, nous avons réalisé ce travail sur les acacias d'Ahaggar, en effectuant des sorties sur terrain en mai 2013, juin 2014 et septembre 2014, où nous avons relevé la répartition géographique (pour l'établissement d'un inventaire) et les caractères morphométriques (pour établir une comparaison entre les six espèces) des populations de chacune des espèces étudiées.

Cette étude est un thème qui traite la question générale de la conservation de la biodiversité dans l'Ahaggar en tant que zone refuge par rapport aux changements climatiques. Ce travail se rapporte à une étude générale de quelques caractères botaniques généraux des six acacias d'Ahaggar (*Vachellia tortillis* subsp. *raddiana*, *V. flava*, *V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. seyal*, *Faidherbia albida* et *Senegalia laeta*). Ces données vont permettre de réaliser une étude comparative des critères morphologiques de l'appareil végétatif et reproducteur des six taxons retenus.

oueds suivants : *Amezgin*, *Aglala*, *Izarzi*, *Nezmet*, *Adriane*, *Adriane2*, *Tassenna*, *Ouarsedakfis*, *Oued Mazoliet*, *Akarakar*, *Inemrus*, *Inarjiwen*, *Ihghi*, *Oued In Zbib*. Ces observations ont permis de caractériser la morphologie générale (taille, port), les principales caractéristiques de l'appareil végétatif (écorce, épines, feuilles) et de l'appareil reproducteur (inflorescences et les fruits) des six taxons. Parmi ces caractères certains sont quantitatifs tels la hauteur (H ; en m), la hauteur à la première ramification (HPR ; en m), la longueur de la feuille (LF ; en cm), le nombre de paires de pennes par feuilles (PPF), le nombre de paires de folioles par pinnule (PFP), la longueur de la gousse (LG ; en cm), la largeur de la gousse (lg ; en cm) et le

nombre de graines par gousse (NGG). D'autres caractères sont qualitatifs tels l'écorce, la position des épines et le type d'inflorescence (photos). Pour tous les paramètres observés, les effectifs par espèce et par station sont donnés dans le Tableau 11. Les effectifs d'individus sont différents d'une station à l'autre et d'une espèce à une autre (Tableau 1). Ces caractères morphologiques vont permettre de caractériser chacune de ces espèces et de montrer les liens de proximité entre elles.

Pour l'étude de la variabilité interspécifique des caractères morphologiques quantitatifs, des analyses statistiques des données biométriques ont été réalisées à l'aide du logiciel R. Pour l'examen de la variabilité mono-caractère, trois tests ont été effectués sur les données de chaque variable. Le premier est le test de normalité de Lilliefors où la valeur-p > 0,05 montre la normalité des données, tandis que celle inférieure à 0,05 révèle l'anormalité des données. Le deuxième est l'analyse de variance non paramétrique de

Kruskal-Wallis (ANOVA non paramétrique) où la p-value > à 0,05 indique que les données sont significatives mais celle inférieure à 0,05 signale qu'elles sont non significatives. Le troisième est le test de Wilkoxon des groupes homogènes avec ajustement de Bonferroni, par comparaison des moyennes deux à deux. Pour ce dernier, l'existence d'une différence entre les groupes est mise en évidence par une p-value < 0,05, tandis qu'une p-value > 0,05 dénote l'existence de groupes homogènes entre les six espèces. L'étude de la variabilité interspécifique multi-caractère a été réalisée par l'établissement d'une analyse en composantes principales sur les caractères quantitatifs cités ci-dessus. Néanmoins, aucune étude statistique n'a été réalisée sur les caractères qualitatifs ; ces derniers ont servi juste pour la description des six espèces étudiées.

Tableau 1 : Effectifs d'individus par espèce et par station

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Espèce					
				Vtr	Vf	Vs	Vnt	Fa	Sl
Amezgin	22°33'N	05°23'E	1255	3	-	-	18	-	-
Aglala	22°38'N	05°36'E	1485	-	13	-	-	-	-
Adriane	22°47'N	05°35'E	1483	10	14	-	-	-	-
In Zbib	22°47'N	05°37'E	1423	-	-	-	-	10	12
Tassena	22°48'N	05°36'E	1451	8	-	-	-	1	2
Nezmet	22°44'N	05°49'E	1338	13	-	-	-	-	-
Ouarsedakfis	22°49'N	05°58'E	1426	-	-	-	-	4	-
Mazoliet	22°58'N	05°40'E	1828	1	-	23	-	-	-
Akarakar	23°02'N	05°42'E	1866	-	-	19	-	-	-
Ihghi	23°03'N	05°12'E	1084	-	-	-	-	1	-
Inemrus	23°08'N	05°59'E	1713	-	-	-	-	1	-
Inarjiwen	23°11'N	06°02'E	1975	-	-	-	-	1	-

Vtr : *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* Vf : *Vachellia flava* Vs : *Vachellia seyal*
Vnt : *Vachellia nilotica* subsp. *nilotica* Fa. : *Faidherbia albida* Sl. : *Senegalia laeta*

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. Résultats

2.1.1. Caractères quantitatifs

2.1.1.1. Variabilité interspécifique mono-caractère

2.1.1.1.1. Morphologie générale

- **Hauteur (H)**

L'analyse obtenue des données relatives à la hauteur montre que cette dernière varie entre 2 m (minimum) et 15 m (maximum) (Figure 1). Une analyse de variance non

paramétrique (test de Kruskal-Wallis) montre une différence très hautement significative avec p-value < 2.2e-16 (p < 0,001). Le test post-hoc (comparaison des moyennes par Wilcoxon rank sum test) permet de différencier cinq groupes : groupe A (*V. nilotica* subsp. *tomentosa*), groupe B (*F. albida*), groupe C (*V. seyalet* *V. tortilis* subsp. *raddiana*), groupe D (*S. laeta*) et groupe E (*V. flava*) (Figure 1).

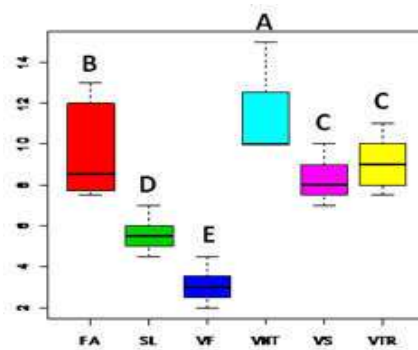


Figure 1 :Classes de hauteur (m) par le test de Wilcoxon

- **Hauteur à la première ramification (H1PR)**

L'examen des données relatives à la hauteur à la première ramification révèle que celle-ci oscille entre 0 m (minimum) et 6 m (maximum) (Figure 29). Une analyse de variance non paramétrique (test de Kruskal-Wallis) montre une différence très

hautement significative avec p-value < 2.2e-16 (p < 0,001). Le test post-hoc (comparaison des moyens par Wilcoxon rank sum test) structure les six espèces en cinq groupes : groupe A (*F. albida*), groupe B (*V. nilotica* subsp. *tomentosa*), groupe C (*V. tortilis* subsp. *raddiana*), groupe D (*V. seyal*), et groupe E (*S. laeta*, *V. flava*) (Figure 2).

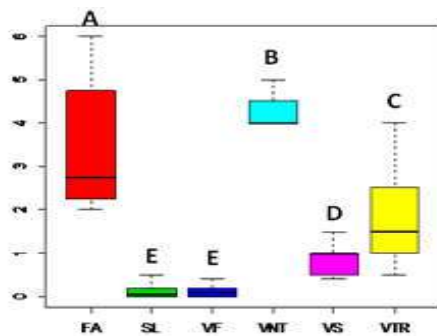


Figure2 : Classes de hauteur à la première ramification (m) par le test de Wilcoxon

L'analyse des données relatives à la morphologie générale (hauteur et hauteur à la première ramification) et les photographies (photo 1) correspondantes à cette dernière montrent que ces espèces peuvent être divisées en deux groupes distincts. Le premier regroupe les espèces dont la hauteur des individus dépasse les 7 mètres, qui sont des pieds francs, se ramifiant à quelques mètres du sol. Ces

dernières sont *V. nilotica* subsp.*tomentosa*, *V. tortilis* subsp.*raddiana*, *V. seyal* et *F. albida*. Le deuxième groupe est constitué par les espèces dont les individus

sont des arbustes ou petits arbres dont la hauteur ne dépasse pas les 7 mètres et qui se ramifient dès la base. Il concerne *V. flava* et *S. laeta*(Photo 1).

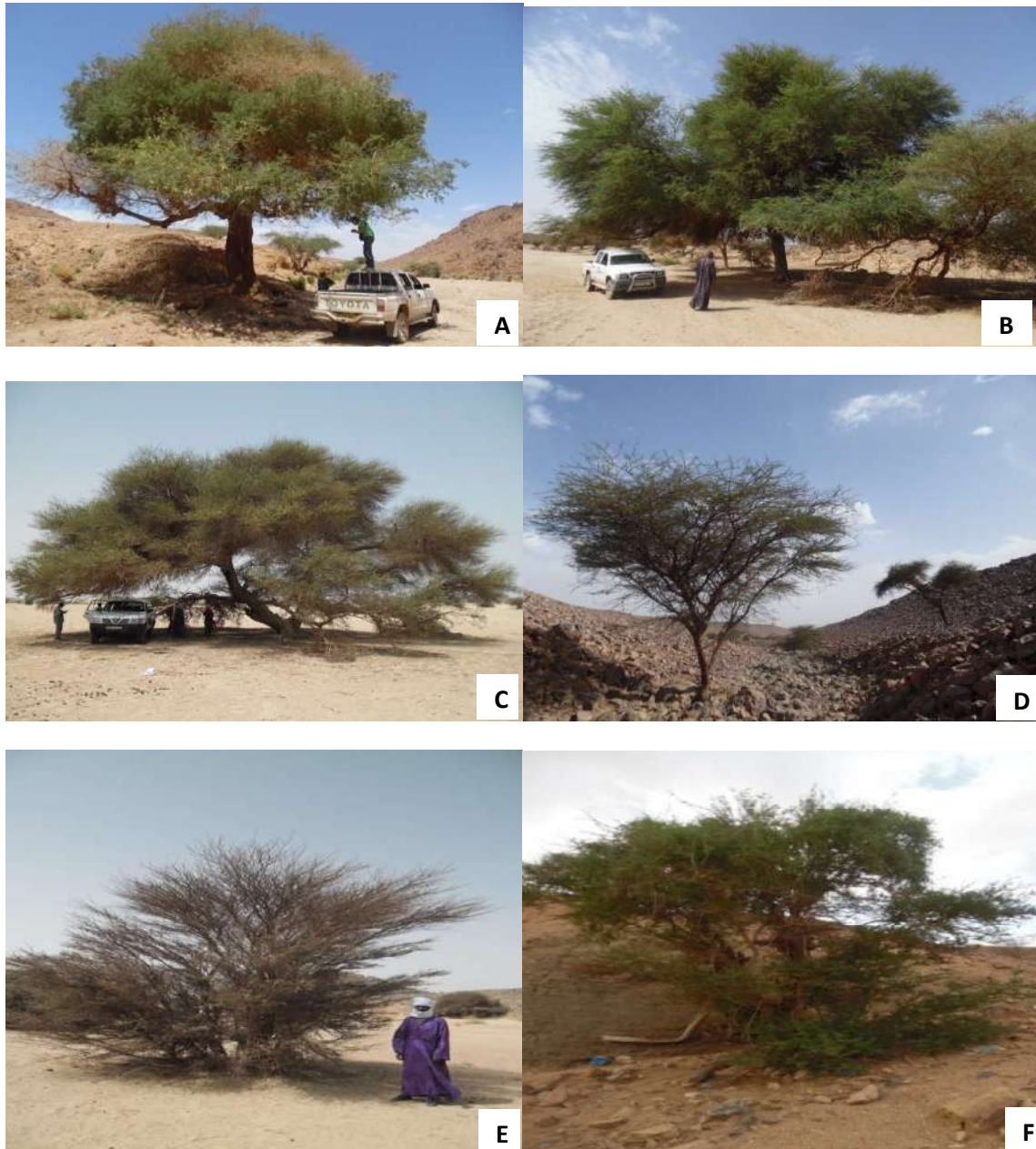


Photo 1. Morphologie générale des acacias du Hoggar

A. *Faidherbia albida* ; B. *Vachellia nilotica* subsp. *tomentosa*; C. *V. tortilis* subsp. *raddiana*; D. *V. seyal*; E. *V. flava*; F. *Senegalia laeta*

2.1.1.1.2. Caractères de la feuille

- Longueur (LF)

L'analyse des données relatives à la longueur des feuilles met en évidence une variation de cette dernière entre un

minimum de 1,5 cm à 11 cm (Figure 3). Les résultats du test de Kruskal-Wallis montrent une variabilité très hautement significative des espèces étudiées pour ce caractère. Le test post-hoc (comparaison des moyennes par Wilcoxon rank sum test) révèle que cette variabilité répartit les six

espèces en quatre groupes : groupe A (*Faidherbia albida*), groupe B (*Senegalia laeta*), groupe C (*V. nilotica* subsp. *tomentosa* et *Vachellia seyal*) et groupe D (*V. flava* et *V. tortilis* subsp. *radianna*) (Figure 3).

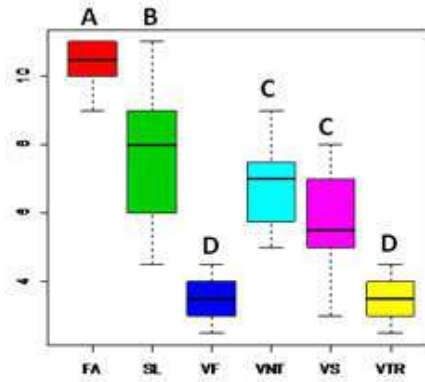


Figure 3 : Classes de longueur des feuilles (cm) par test de Wilcoxon

• **Nombre de paires de pennes (PPF)**

Le nombre de paires de pinnules par feuille varie entre 2 (minimum) et 6 (maximum) (Figure 4). Une analyse de variance non paramétrique (test de Kruskal-Wallis) montre une différence très hautement significative avec p-value = 5.377e-10

(p < 0,001). Le test post-hoc (comparaison des moyennes par Wilcoxon rank sum test) illustre cette différenciation à travers la structuration des six espèces en cinq groupes : groupe A (*F. albida*), groupe B (*V. seyal*), groupe C (*V. nilotica* subsp. *tomentosa*), groupe D (*V. flava* et *V. tortilis* subsp. *radianna*) et groupe E (*S. laeta*) (Figure 4).

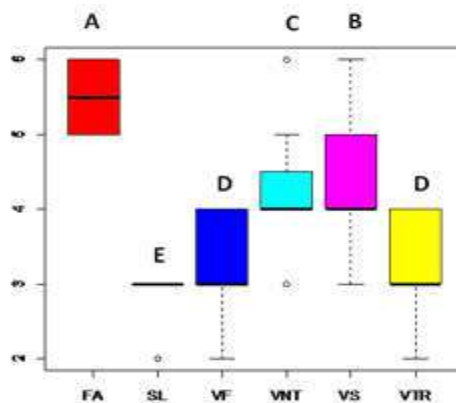


Figure 4 : Classes de nombre de paires de pennes par feuille par test de Wilcoxon

• **Nombre de folioles par pinnules (FPF)**

Le nombre de paires de folioles par pinnule varie entre un minimum de 3 à un maximum de 15 (Figure 5). Une analyse de

variance non paramétrique (test de Kruskal-Wallis) montre une différence très hautement significative avec p -value = $4.444e-14$ ($p < 0,001$). Le test post-hoc (comparaison des moyennes par Wilcoxon rank sum test) illustre cette différenciation

à travers la structuration des six espèces en quatre groupes : groupe A (*V. nilotica* subsp. *tomentosa*), groupe B (*V. flava*, *V. tortilis* subsp. *raddiana* et *V. seyal*), groupe C (*F. albida*) et groupe D (*S. laeta*) (Figure 5).

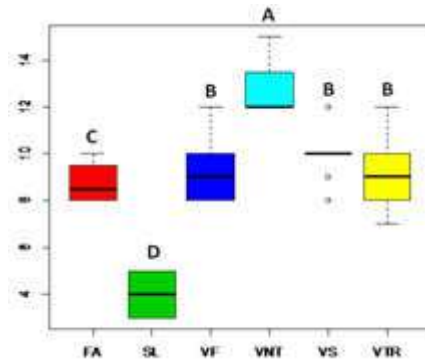


Figure 5 : Classes de nombre de paires de folioles par pinnule par test de Wilcoxon

L'étude des trois caractères de la feuille met en évidence la proximité existante entre certaines espèces de *Vachellia*, particulièrement entre *V. flava* et *V. tortilis* subsp. *raddiana* qui forment un groupe homogène bien individualisé pour ces caractères. Ces deux dernières se

trouvent différentes de *V. nilotica* subsp. *tomentosa* qui se rapproche de *V. seyal* au niveau de la longueur des feuilles. Par ailleurs, cette étude distingue deux autres groupes monospécifiques, l'un constitué par *F. albida* et l'autre par *S. laeta*.

2.1.1.1.3. Caractères de la gousse

- **Longueur (LG)**

L'examen des données relatives à la longueur des gousses montre que cette dernière varie entre un minimum de 4 cm à un maximum 14,5 cm (Figure 6). Une analyse de variance non paramétrique (test de Kruskal-Wallis) montre une différence

très hautement significative avec p -value = $3.063e-13$ ($p < 0,001$). La structuration de cette variabilité est montrée par les résultats du test post-hoc (comparaison des moyennes par Wilcoxon rank sum test) qui range les six espèces en quatre groupes : groupe A (*V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. tortilis* subsp. *raddiana*, *V. seyal*), groupe B (*F. albida*), groupe C (*V. flava*) et groupe D (*S. laeta*) (Figure 6).

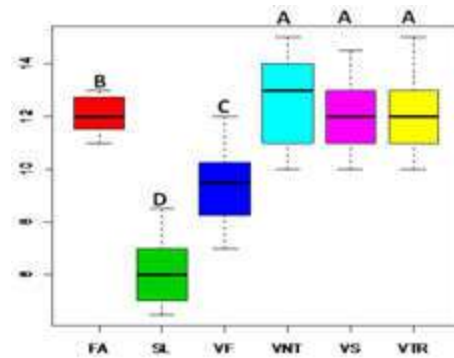


Figure 6 :Classes de longueur de gousses (cm) par test de Wilcoxon

- **Largeur (lg)**

L'analyse obtenue des données relatives à la largeur des gousses montre que cette dernière oscille entre 0,5 cm (minimum) et 3 cm (maximum) (Figure 7). Les résultats test de Kruskal-Wallis montrent une variabilité très hautement significative des espèces étudiées pour ce caractère avec $p\text{-value} < 2.2e-16$ ($p < 0,001$). Le test post-hoc

(comparaison des moyennes par Wilcoxon rank sum test) révèle que cette variabilité répartit les six espèces en quatre groupes : groupe A (*S. laeta*, *F. albida*), groupe B (*V. nilotica* subsp. *tomentosa*), groupe C (*V. flava*) et groupe D (*V. seyal*, *V. tortilis* subsp. *raddiana*) (Figure 7).

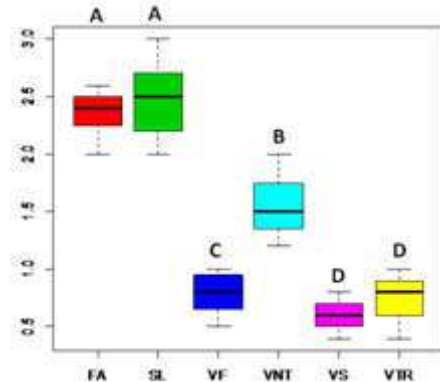


Figure 7 :Classes de la largeur des gousses (cm) par test de Wilcoxon

- **Nombre de graine (NGG)**

Les résultats de l'analyse révèlent que le nombre de graines par gousse balance entre 2 (minimum) et 21 (maximum) (Figure 8). L'analyse de la variance non paramétrique (test de Kruskal-Wallis) met en évidence une importante variabilité entre les six espèces pour ce caractère, avec $p\text{-value}$

$< 2.2e-16$ ($p < 0,001$). Le test post-hoc (comparaison des moyennes par Wilcoxon rank sum test) montre le détail de cette variabilité qui se structure en quatre groupes : groupe A (*F. albida*), groupe B (*V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. tortilis* subsp. *raddiana*), groupe C (*V. flava*, *V. seyal*) et groupe D (*S. laeta*).

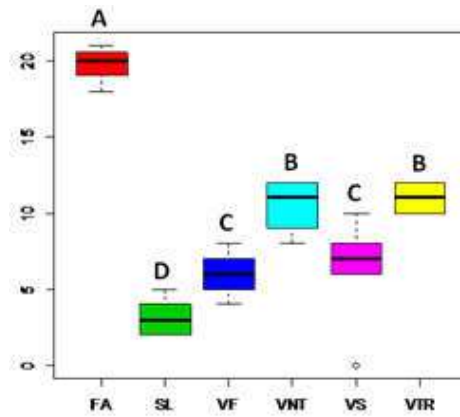


Figure 8 :Classes du nombre des graines par gousse par test de Wilcoxon

Les caractères des gousses permettent de séparer nettement les quatre espèces de *Vachellia* des deux autres, *F. albida* et *S. laeta*. Aussi, ces deux dernières se sont révélées différentes entre elles, notamment au niveau de la longueur des gousses et du nombre de graines par gousse. Par ailleurs, une ressemblance est notée entre *V. tortilis* subsp. *raddiana* et *V. seyal* pour la longueur et la largeur des gousses. De plus, le nombre de graine par gousse et la longueur de cette dernière font distinguer un groupe formé par *V. tortilis* subsp. *raddiana* et *V. nilotica* subsp. *tomentosa*.

2.1.1.2. Variabilité intespécifique multi-caractère

L'analyse en composantes principales met en évidence, d'une part une contribution importante des points à l'explication de l'inertie (73,14%) et d'autre part, à une structuration de la variabilité multi-caractère entre les six espèces étudiées, donnant le positionnement de ces dernières comme suit (Figure 9):

- Deux espèces au milieu, *V. seyal* (VS) et *V. tortilis* subsp. *raddiana* (VTR), qui se comportent de la même manière vis-à-vis de toutes les variables (8). Leurs

caractéristiques peuvent être considérées semblables avec les autres espèces, néanmoins les deux variables longueur des gousses (LG) et nombre de paires de folioles par pinnule (RPPF) peuvent être considérées comme typiques de ces deux espèces. En effet, ces deux dernières présentent des gousses longues (10-15 cm) et un nombre de folioles par pinnules variant entre 8 et 12.

- Une espèce, *V. nilotica* subsp. *tomentosa* (VNT), très bien individualisée par des variables typiques : hauteur (H), hauteur à la première ramification (H1PR), nombre de paires de pinnules par feuille (PPF), et nombre de graines par gousse. Cette espèce présente des individus très hauts (10-15 m), ramifiés à quelques mètres du sol, avec des feuilles composées de plusieurs paires de pinnules (3-6) et un nombre de graines élevé (8-12).

- Une espèce, *F. albida* (FA), se démarque des autres espèces pour les caractères longueur de la feuille et largeur de la gousse ne sont pas fortement discriminantes. Cette espèce présente des feuilles longues de 9 à 11 cm, et des gousses larges de 2 à 2,5 cm.

- Une espèce, *S. laeta* (SL), se démarque des autres espèces mais la variable type n'appartient pas aux variables utilisées.
- Une espèce, *V. flava* (VF), se démarque des autres espèces mais la variable type n'appartient pas aux variables utilisées.

Les conclusions sur cette analyse multidimensionnelle ressemblent en partie à celle tirées au niveau de l'analyse univariée, surtout dans la discrimination du groupe formé par les deux espèces *V. seyal* et *V. tortilis* subsp. *raddiana* par la longueur et la largeur des gousses, ou bien celui constitué par *V. nilotica* subsp. *tomentosa*, individualisé par largeur des gousses, par le nombre de paires de pinnules par feuilles et par le nombre de paires de folioles par pinnules. La conclusion est de même pour *F. albida* qui

a été distingué dans l'étude de la variabilité mono-caractère par toutes les variables, à l'exception de la largeur des gousses où elle formé un groupe avec *S. laeta*. Néanmoins, les variables utilisées ne permettent pas de caractériser sur le plan biométrique les espèces *V. flava* et *S. laeta*. Par contre dans l'analyse univariée (chaque variable tout seule), certaines variables expliquent la distinction de ces espèces par rapport aux autres. A titre d'exemple l'individualisation de *S. laeta* a été faite par toutes les variables étudiées sauf la largeur des gousses qui la réunit avec *F. albida*.

De ce fait, pour mieux cerner les différences biométriques entre les espèces étudiées, il est impératif d'ajouter d'autres variables se rapportant par exemple aux caractéristiques biométriques des graines

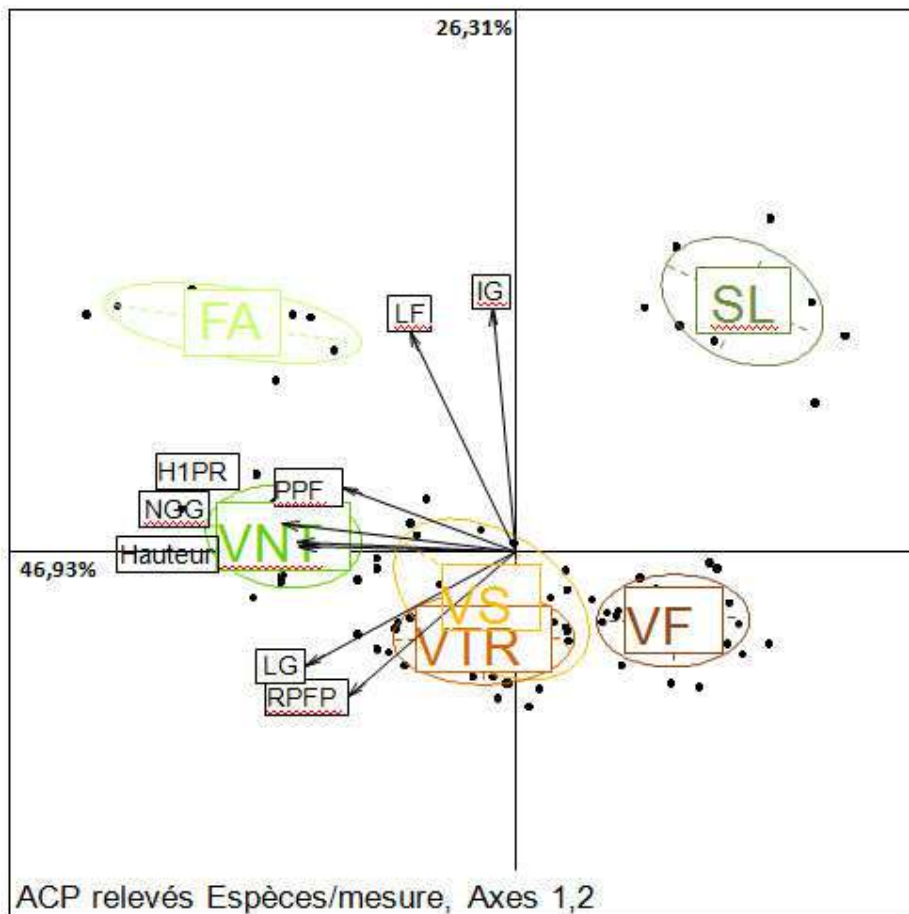


Figure 9 : Analyse en composantes principales des données biométriques des acacias du Hoggar

2.1.2. Caractères qualitatifs: appareil végétatif (écorce et épine) et inflorescence

L'observation des caractères morphologiques qualitatifs, liés à l'écorce, les épines et les inflorescences, utilisée pour caractériser les six espèces étudiées, a permis de ressortir un profil morphologique pour chacune d'elle (Tableau 2):

- *Faidherbia albida* caractérisée par une écorce brun blanchâtre, des épines en paires stipulaires, droites, légèrement récurvées, épaisses à la base, des inflorescences en épis axillaires composées de fleurs jaunes crèmeux.

- *Vachellia nilotica* subsp. *tomentosa* caractérisée par une écorce rougeâtre, fissurée, striée, des rameaux tomenteux, des épines en paires stipulaires droites, des

inflorescences axillaires à l'aisselle des feuilles en glomérules, composées de fleurs jaunes.

- *Vachellia flava* caractérisée par une écorce brune, légèrement lisse, à aspect luisant, des épines en paires stipulaires, droites et blanches, des inflorescences axillaires à l'aisselle des feuilles en glomérules, composées de fleurs jaunes.

- *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* caractérisée par écorce brune, légèrement fissurée, des épines en paires stipulaires, droites et blanches, des inflorescences axillaires à l'aisselle des feuilles en glomérules, composées de fleurs blanches à jaunâtres.

Tableau 2: comparaison des caractères qualitatifs des acacias du Hoggar (écorce, épines inflorescences et gousses),

	FA	VNT	VF	VTR	VS	SL
Ecorce	Brune blanchâtre	rougeâtre, fissurée, striée, des rameaux tomenteux	brune, légèrement lisse, aspect luisant	brune, légèrement fissurée	lisse rougeâtre	grise à noirâtre, rugueuse
Epines	paires stipulaires, droites, légèrement récurvées, épaisses à la base	paires stipulaires droites	paires stipulaires, droites et blanches	paires stipulaires, droites et blanches	paires stipulaires, droites et blanches, coriaces à la base	crochets aigus groupés par 2 ou 3 (2 dirigés vers le bas)
Inflorescences	épis axillaires à l'aisselle des feuilles (fleurs jaunes crèmeux)	glomérules, axillaires à l'aisselle des feuilles (fleurs jaunes)	glomérules, axillaires à l'aisselle des feuilles (fleurs jaunes)	glomérules axillaires à l'aisselle des feuilles en, (fleurs blanches à jaunâtres)	glomérules axillaires à l'aisselle des feuilles (fleurs jaunes)	épis axillaires (fleurs blanches)
Gousses	En spirales, oranges, larges	Larges, Constrictions entre les graines, pubescentes	Etroite, incurvées, glabres falciformes, rouge (jeunes)	Légèrement rétrécies entre les graines, en spirale. Vertes (jeunes), brunes (maturité).	Aplaties, légèrement courbées, étroites, brun rougeâtre	Glabres, aplaties, couleur beige, larges

FA : *Faidherbia albida* ; VNT : *Vachellia nilotica* subsp *tomentosa*; VF: *Vachellia flava*; VS: *Vachellia seya*; VTR: *Vachellia tortilis* subsp *raddiana*; SL: *Senegalia laeta*

- *Vachellia seyal* caractérisée par une écorce lisse rougeâtre, des épines en paires stipulaires, droites et blanches, coriaces à la base, des inflorescences axillaires à l'aisselle des feuilles en glomérules, composées de fleurs jaunes.

Senegalia laeta caractérisée par une écorce grise à noirâtre, rugueuse, des crochets aigus groupés par 2 ou 3 (2 dirigés vers le bas), des inflorescences en épis axillaires, composées de fleurs blanches.

2.2. Discussion

L'étude des caractères morphologiques quantitatifs et qualitatifs des Acacias du Hoggar a mis en évidence une variabilité interspécifique structurant ces espèces en groupes mono-spécifiques, dans certains cas, à l'exemple du caractère de l'écorce (Tableau 2), ou en groupes plurispécifiques, dans d'autres cas, formés en fonction de certains caractères des feuilles, de la gousse, des épines ou de l'inflorescence. En effet, la description des feuilles, des gousses, des épines et des inflorescences a fait ressortir, une ressemblance entre quatre espèces, *V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. flava*, *V. tortilis* subsp. *raddiana* et *V. seyal*. Ces caractères les distinguent clairement de *S. laeta* et *F. albida*. Ces résultats sont similaires à ceux présentés par Arbonnier (2000) dans son travail sur les arbres et arbustes des zones sèches de l'Afrique de l'Ouest où l'auteur a présenté différentes clés de détermination (feuilles, épines, fleurs, fruits) des ligneux de cette région. A titre d'exemple, ce dernier a réuni les quatre premiers taxons cités ci-dessus dans un groupe de plantes à feuilles développées au moment de la floraison et dont les fleurs sont disposées en glomérules denses ayant moins de 1.5 cm de diamètre. Le même auteur a classé *F. albida* et *S. laeta* parmi

les espèces dont l'inflorescence correspond à un épi axillaire. Une correspondance se dégage également entre notre typologie et celle d'Arbonnier [31] basée sur les caractéristiques des épines. En effet, les deux typologies distinguent *S. laeta* des cinq autres taxons (*F. albida*, *V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. flava*, *V. tortilis* subsp. *raddiana* et *V. seyal*) à travers les crochets groupés par deux parfois trois (dont deux sont dirigés vers le bas) et qui ne sont pas disposés à la base des feuilles. De plus, la distinction entre cette espèce et *F. albida* a été révélée par le caractère gousse, notamment le nombre de graines par gousse, relativement très faible pour la première (2-5 ; moy. = 3,28 ; écart type = 1,13) et très élevé pour la deuxième (18-21 ; moy. = 19,75 ; écart type = 1,03).

En se référant aux observations morphologiques, il ressort que sur le plan systématique, les six espèces d'Acacias du Hoggar peuvent être divisées en trois groupes. Le premier groupe regroupe 4 espèces : *V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. flava*, *V. tortilis* subsp. *raddiana* et *V. seyal*. Ces 4 espèces sont caractérisées par des feuilles de longueur allant de 2,5cm à 8,5 cm (moy.= 4,5 cm ; écart type = 1,67 cm) et un nombre de paires de pinnules variant de 2 à 6 (moy.= 3,60 ; écart type = 0,99), un nombre de paires de folioles qui peut atteindre 15 (moy. = 9,92 ; écart type = 1,77), par des gousses effilées ayant une longueur qui dépasse les 11 cm (moyenne) portant jusqu'à 12 graines (moy. = 8,70 ; écart type. = 2,63), par des épines stipulaires, disposées en paires, droites, effilées blanchâtres ou grises et par des fleurs disposées en glomérules jaunes ou blanches.

Un deuxième groupe est formé par *F. albida* caractérisé par des feuilles de longueur allant de 9 à 11 cm (moy. = 10,37

cm ; écart type = 0,74 cm), un nombre de paires de pinnules variant entre 5 et 6 (moy.= 5,5 ; écart type = 0,53), un nombre de folioles qui peut atteindre 10 (moy.= 8,75 ; écart type = 0,88), par des gousses dépassant en moyenne 12 cm de longueur (écart type = 0,77 cm) et 2,3 cm de largeur (0,19 cm), par une inflorescence en épi axillaire à fleurs jaunes et des épines de longueur moyenne, épaisses à la base. Le troisième groupe distingue *S. laeta* caractérisée par des feuilles longueur oscillant entre 5 et 11 cm (moy. = 7,67 cm ; 1,96 cm), composées de 2-3 paire de pinnules (moy. = 2,78 ; écart type = 0,42), portant chacune au maximum 5 paires de folioles (moy. = 3,92 ; écart type = 0,92), par des gousses de longueur allant de 4,5 à 7 cm (moy. = 6,25 cm ; écart type = 1,31 cm) et de largeur variant entre 2 à 2,7 cm (moy. = 2,47 cm ; écart type = 0,34 cm), à nombre de graines ne dépassant pas 5 (moy. = 3,28 ; écart type = 1,13), par des aiguillons en forme de crochet, groupés en 02 ou en 03, et par une inflorescence en épi axillaire à fleurs blanches.

Cette typologie correspond à la classification sur la base des caractères morphologiques effectuée par [24] qui subdivisait les acacias en trois sous-genres : *Aculeiferum* (genre actuel *Senegalia*), *Heterophyllum* (genre actuel *Acacia* s.s.) et *Acacia* (genre actuel *Vachellia*). Le premier regroupe des espèces à aiguillons telles *S. laeta*. Le deuxième réunit des espèces portant des épines stipulaires, différenciées sur la base de certains caractères des gousses. Les gousses indéhiscentes à tardivement déhiscentes, à bords plus ou moins crénelé caractérisent des espèces comme *V. nilotica* subsp. *tomentosa* pour laquelle elles sont moniliformes, fortement étranglées entre les graines, pubescentes blanchâtres, ou bien comme *V.*

tortilis subsp. *raddiana* pour laquelle elles sont spiralées, légèrement constrictées entre les graines. Les gousses déhiscentes papyracées plus ou moins falciformes et constrictées entre les graines caractérisent des espèces telles *V. flava* pour laquelle elles sont de couleur brune ou bien telle *V. seyal* pour laquelle elles sont brunes rougeâtres. Pour l'espèce *F. albida* constituant un genre monotypique, [24] a noté des caractères la distinguant des autres tels des gousses orangées, larges, spiralées et indéhiscentes, un rythme phénologique foliaire inversé, une soudure basale des filets staminaux.

Conclusion

Au terme de cette partie, certains points intéressants sont à retenir sur les acacias du d'Ahaggar sur le plan systématique. Cette étude a permis d'illustrer les caractères morphométriques de chacune des six espèces. De plus, l'analyse des données récoltées sur le terrain (longueur de la feuille, nombre de paires de pinnules par feuille, nombre de paires de folioles par pinnule, longueur et forme de la gousse, nombre de graines par gousse, position, nombre, forme et couleur des épines, type d'inflorescence) structure ces espèces en trois groupes:

- ✓ Un groupe de quatre espèces de *Vachellia* (*V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. flava*, *V. tortilis* subsp. *raddiana* et *V. seyal*),
 - ✓ Un deuxième groupe formé par *F. albida*
 - ✓ Le troisième groupe distingue *S. laeta*
- Ce travail basé sur l'aspect morphologique, qui a subdivisé les six

espèces en trois groupes, ouvre la voie directement à une caractérisation moléculaire. Cette dernière qui, en principe, est un outil de différenciation des taxons sans ambiguïté va nous permettre de confirmer ou d'infirmer ce résultat. Cette caractérisation va permettre de préciser les relations phylogénétiques entre les six taxons étudiés, notamment de préciser les relations entre les espèces des trois genres *Vachellia*, *Senegalia* et *Faidherbia*. De plus, elle permettra de clarifier la position systématique de ces espèces sur l'arbre phylogénétique des *Mimosoideae*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]-Lewis G.P., Schrire B., Mackinder B., Lock M. 2005 - *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- [2]-Ross J.H. 1981 -An analysis of the African Acacia species: their distribution, possible origins and relation. *Bothalia* 13: 389–413.
- [3]-Maslin B.R., Miller J.T., Seigler D.S. 2003 - Overview of the generic status of *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae). *Aust. Syst. Bot.* 16 : 1–18.
- [4]-Maire R. 1933 - Etude sur la flore et la végétation du Sahara central. n° 3 Mission du Hoggar II. *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 272 p.
- [5] -Quézel P. 1954 - Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, n°2, 164 p.
- [6]-Bensaid S. 1988 - Le genre *Acacia* Miller en Algérie. *Ann. Inst. Nat. Agron. – El Harrach – Alger*12: 547–550.
- [7]-Chenoune K. 2005 - La flore et la végétation du Hoggar. *Bois For. Trop.* 284: 79–84.
- [8]-Boucheneb N., Benhouhou S.S. 2012) Plant communities in the Tamanrasset region, Ahaggar, Algeria. *Ecologia Mediterranea* 38: 67–80.
- [9]-Hobbs J.J., Krzywinski K., Andersen G.L., Talib M., Pierce R.H., Saadallah A.E.M. 2014 - Acacia trees on the cultural landscapes of the Red Sea Hills. *Biodiv. Conserv.*23: 2923–2943.
- [10]-FAO 2014 -Action against desertification. <http://www.fao.org/n-action/action-against-desertification/activities/africa/en/>
- [11]-Payne WA, Williams JH, Moussa KAM, Stern, RD (1998) Crop diversification in the Sahel through use of environmental changes near *Faidherbia albida* (Del) A Chev. *Crop Sci.* 38: 1585–1591.
- [12]-Quézel P. 1965 - *La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie*. Stuttgart Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 333 p.
- [13]-Quézel P. 1997 - High mountains of the Central Sahara: dispersal, speciation, origin and conservation of the flora. In: Barakat HN & Hegazy AK (Eds), *Desert Conservation and Development*, Metropole, Cairo, pp. 159–175.
- [14]-Sahki R., Boucheneb N., Sahki A. 2004 - *Guide des principaux arbres et arbustes du Sahara Central (Ahaggar et Tassili)*. Ed. INRF, 142 p.
- [15]-CSFD 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*. *Projet CSFD* 57, 68 p.
- [16]-Baâli-Cherif D. 2007 - Etude des populations d'olivier de Laperrine (*Olea europaea* ssp. *laperrinei*) du Sahara Central Algérien (Hoggar et Tassili) : Aspects biologiques et caractérisation moléculaire. Thèse de Doctorat d'Etat, INA-Alger, 106 p.
- [17]-FAO 1996 - Role of *Acacia* species in the rural economy of dry Africa and the Near East. Conservation Guide 27, Rome, 137 p.
- [18]-Borgel A., Cardoso C., Chevalier M.H., Danthu P., Leblanc J.M. 1992 - Diversité génétique des acacias sahéliens : exploitation par les voies clonales et sexuée. In : Wolf JN (Ed.), *Interactions Plantes Microorganismes, Fondation Internationale pour la Sciences*, Stockholm, Sweden, pp. 199–200.
- [19]-Djemouai-Lemiti S. 2008 - Etude de quelques groupements phytosociologiques du Parc National de l'Ahaggar. Mémoire de Magistère, INA –Alger, 101 p.
- [20]-Maire R. 1940 - Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central, 3^{ème} partie. *Mémoire de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, pp. 273–433.
- [21]-Quézel P. 1954 - Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, n°2, 164 p.
- [22]-Abdelkrim H. 1992 - Un joyau floristique : l'oued Idikel, oued à *Pistacia atlantica* et *Myrtus nivellei* dans le Hoggar. *Documents Phytosociologiques* 14: 212–218.
- [23]-Abdelkrim H., Zeraia L., Bensettli F. 2010 - Contribution à l'étude de la flore et de la végétation des oueds des massifs de la Taessa et de la Tefdest dans l'Ahaggar (Sahara central Algérie). *Syntaxonomie et phytodiversité et préservation. Colloque International Centenaire de la Phytosociologie*, Brest, 3-5 novembre.
- [24]-Vassal J. 1972 - Apport des recherches ontogéniques et séminologiques à l'étude morphologique, anatomique et phylogénique du genre *Acacia*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 108: 125–247.
- [25]-Murphy D.J. 2008 - A review of the classification of *Acacia* (Leguminosae, Mimosoideae). *Muelleria* 26: 10–26.
- [26]-Bouchenak-Khelladi Y., Maurin O., Hurter J., Van der Bank M. 2010 - The evolutionary history and biogeography of Mimosoideae (Leguminosae): An emphasis on African acacias. *Mol. Phylogenet. Evol.* 57: 495–508.
- [27]-Luckow M., Miller J.T., Murphy D.J., Livschultz T. 2003 - A phylogenetic analysis of the Mimosoideae (Leguminosae) based on chloroplast DNA sequence data. In: Klitgaard BB & Bruneau A (Eds), *Advances in Legume Systematics*, part 10, Higher Level Systematics. Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 197–220.
- [28] Seigler D.S., Ebinger J.E. 2009 - New combinations in the genus *Senegalia* (Fabaceae: Mimosoideae). *Phytologia* 91: 26–30.

- [29] - Maslin BR (2008) Generic and subgeneric names in *Acacia* following retypification of the genus. *Muelleria* 26: 7-9.
- [30]-Kyalangalilwa B., Boatwright J.S., Daru, B.H., Maurin O., Van der Bank M. 2013 - Phylogenetic position and revised classification of *Acacia* s.s. (Fabaceae: Mimosoideae) in Africa, including new combinations in *Vachellia* and *Senegalia*. *Bot. J. Linn. Soc.* 172 : 500-523.
- [31]-Arbonnier M (2000) *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. CIRAD-MNHN-UICN, Montpellier, 541 p.