

Étude de la variabilité morphologique de *Tamarix africana* Poir. au Maroc

Abdesslam BIHAOUI^{1*}, Mohamed DAKKI², Abdelmajid HADDIOUI¹ et Soumaya HAMMADA¹

¹ Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Ressources Phytogénétiques, BP 523, Béni-Mellal, Maroc

² Université Mohammed V, Institut Scientifique, GREPOM/BirdLife, Rabat, Maroc

* Correspondance, courriel : bihaouiabdeslam@gmail.com

Résumé

Cette recherche s'intéresse, pour la première fois au Maroc, à l'étude de la variabilité morphologique d'une plante naturelle (*Tamarix africana* Poir.) qui possède des vertus thérapeutiques. Nous avons ainsi essayé de ressortir les critères taxinomiques, basés sur les pièces florales, indispensables à l'identification de cette espèce. Le présent travail vise à rechercher l'existence d'une variabilité morphologique entre neuf populations naturelles de *Tamarix africana* Poir. dans différentes régions du Maroc. Vingt-huit caractères morphologiques ont été traités dont 19 sont quantitatifs et neuf qualitatifs. Les mesures des différents descripteurs morphologiques obtenus sont soumises à une analyse descriptive et comparative simple (moyenne, maximum, minimum, écart-type). Ensuite les différentes mesures ont subi une classification à l'aide de trois outils : ACP, ACM et AFCM. Une diversité importante a été observée pour la majorité des caractères étudiés ce qui a permis de séparer les populations en plusieurs groupes en fonction des caractères morphologiques qu'elles présentent. L'analyse de ces caractères permet de mettre en évidence les critères de base pour différencier les variétés de chaque région : la longueur et la largeur du chaton, la longueur des feuilles, la longueur des fleurs, la largeur des sépales, la forme des anthères, la forme des bractées et la forme des pétales.

Mots-clés : *variabilité morphologique, plante naturelle, Tamarix africana Poir., Maroc, ACP, ACM, AFCM.*

Abstract

Study of the morphological variability of *Tamarix Africana* Poir. in Morocco

This study, the first in Morocco, is aimed to identify a morphological variability in spontaneous population of *Tamarix Africana* Poir. with the therapeutic virtues. We have attempted to determine taxonomic criteria based on characters of the flowers parts to the identify this species. The present work aims to investigate the existence of morphological variability between nine natural populations of *Tamarix Africana*. in different regions of Morocco. Twenty-eight morphological characters were treated of which 19 are quantitative and nine qualitative. Measurements of the different morphological descriptors obtained subjected to a simple descriptive and comparative analysis (average, maximum, minimum, standard deviation). Then the different measures were classified using three tools (ACP, ACM and AFCM). Significant diversity was observed for the majority of the characters studied, which made it possible to separate the populations into several groups according to the morphological characters they present. The morphological characters analyzed make it

possible to separate between the groups and to constitute basic criteria to differentiate the varieties of each region: Length and width of the kitten, the length of the leaves, the length of the flowers as well as the width of the sepals, the shape of the anther, the shape of the bracts and the shape of the petals.

Keywords : *morphological variability, natural plant, Tamarix Africana Poir., Morocco, ACP, ACM, AFCM.*

1. Introduction

Le genre *Tamarix* (famille des *Tamaricacées*), largement réparti dans l'Ancien Monde [1, 2] est composé d'espèces à cycle de vie relativement long, pouvant tolérer un large éventail de conditions environnementales [3 - 6]. Ce genre contient, selon les auteurs, entre 54 et 90 espèces [7 - 11]. Au Maroc, le genre *Tamarix* est représenté par six espèces, dont une a été déclarée comme espèce douteuse [7, 12]. Ce genre est connu par la grande similarité morphologique entre ses membres [7], au point que de nombreuses clés d'identifications ne mettent pas en évidence des caractères discriminants, en particulier lorsqu'il s'agit d'espèces ayant une importance médicinale, tel est le cas pour *T. africana*, *T. boveana*, *T. canariensis* et *T. gallica* [4, 13 - 15]. *Tamarix africana*, espèce objet de ce travail, est de large répartition dans la région méditerranéenne. Elle est sous forme d'arbre ou d'arbuste qui peut atteindre les 4 mètres de hauteur ayant petites feuilles et des chatons composés de belles fleurs blanches [7]. Cette espèce est bien connue pour ses effets thérapeutiques contre plusieurs maladies ; à titre d'exemple, ses extraits ont des effets anti-inflammatoires et inhibent la croissance de certaines mycobactéries responsable de la tuberculose [16]. Ceci lui a valu depuis longtemps une certaine réputation en médecine traditionnelle [14, 17], justifiant l'intérêt de l'étudier autant sur les plans écologique et systématique, que sur le plan thérapeutique. La présente recherche a pour objet d'étudier la variabilité des caractères morphologiques des populations naturelles de l'espèce décrite sous le nom de *Tamarix africana* pour la création d'une base de données en utilisant plusieurs descripteurs, et d'essayer de trouver une explication entre la diversité des caractères morphologiques et les conditions environnementales de leurs aires de propagation.

2. Matériel et méthodes

L'étude a été menée durant les années 2016 et 2017 sur des échantillons provenant de 14 populations de *T. africana* appartenant à diverses zones géographiques et bioclimatiques. Il s'agit de trois régions : Rif (Tanger, Tétouan, Smir, Martil et El-Alyine), Moyen Atlas (Oued Srou à 5 km de Tighessaline en direction de Khénifra, Oued Felat, Amassine, Lekbab, Ouchreh et Ait Oudi) et le Haut Atlas (Bounwal et Zawyat Ahensal). Le matériel végétal échantillonné consiste en trois rameaux prélevés dans des expositions différentes. Chaque rameau contient trois chatons, soit neuf chatons examinés pour chaque arbre. Les caractères utilisés dans la description du genre *Tamarix* ont été considérés pour identifier les spécimens collectés, en se référant à différentes clés taxinomiques [2, 7, 12, 18] (**Figure 1**).

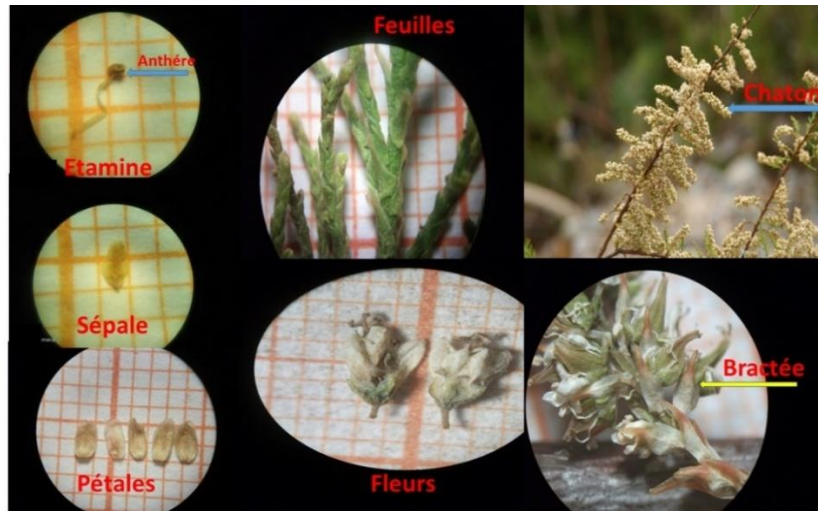


Figure 1 : Photographies montrant les pièces florales traités

Certaines clés taxinomiques basent l'identification sur le stade anthèse et utilisent trois caractères : longueur, largeur et la position des pièces florales les unes par rapport aux autres [18, 19]. Par ailleurs, les clés ne spécifient pas la position (dans le chaton) à partir de laquelle les pièces florales seront mesurées. Barry & Luque [20] ont soupçonné des variations des pièces florales dans un même chaton, chose que nous avons effectivement constatée, à la fois pour la taille et la forme de ces pièces. En conséquence, la présente étude a été limitée aux individus présentant le stade anthèse à tous les niveaux du chaton (base, centre et sommet du chaton) ; le nombre de populations identifiées a ainsi diminué à neuf. La **Figure 2** présente la localisation des populations de *T. africana* sur la carte du Maroc.

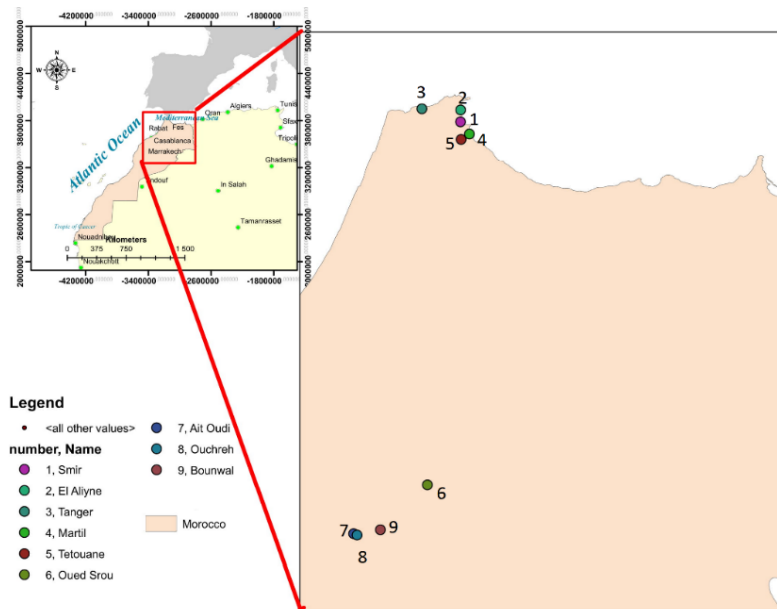


Figure 2 : Localisation des populations de *T. africana* sur la carte du Maroc

Le **Tableau 1** montre la localisation géographique des populations étudiées.

Tableau 1 : Localisation géographique des populations étudiées

Population	Altitude (m)	Latitude N	Longitude W	X (m)	Y (m)
<i>«Rif»</i>					
Smir	1	35.70993183	-5.356435775	286924.014	3954534.615
El Aliyne	1	35.80417067	-5.355491638	287260.755	3964987.573
Tanger	69	3894126.215	-5.662422180	259576.234	3967737.412
Martil	4	35.61327881	-5.285282135	293112.635	3943659.783
Tétouan	7	35.57022329	-5.351564884	286993.856	3939024.814
<i>«Moyen Atlas»</i>					
Oued Srou	865	32.83048590	-5.618820190	254956.136	3635727.612
Ait Oudi	646	32.44350872	-6.20375633	762998.728	3593239.498
Ouchreh	646	32.43264292	-6.17637634	765605.637	3592102.182
<i>«Haut Atlas»</i>					
Bounwal	1315	32.47436045	-5.991325378	218960.221	3597153.121

Les mensurations biométriques ont été effectuées sous la loupe binoculaire, à l'aide d'un papier millimétré ; elles ont porté sur 28 caractères, dont 19 quantitatifs et 9 qualitatifs (**Tableau 2**). Dans un premier temps, les valeurs obtenues ont été soumises à des calculs simples (moyenne, maximum, minimum, écart-type), avant de subir une classification à l'aide de trois outils fournis dans SPSS : l'analyse en composantes principales (ACP), l'analyse en composantes multiples (ACM) et l'analyse factorielle en composantes multiples (AFCM). Pour les données analysées par l'ACM et l'AFCM, les variables ont été transformées en variables qualitatives suite à un découpage en plusieurs classes). Celles-ci ont débouché respectivement sur trois ou quatre groupes de populations.

Tableau 2 : Caractères morphologiques analysés

Caractères	Codes	Caractères	Codes
Longueur du chaton	Lg Ch	Forme du rachis	F Rs
Largeur du chaton	Lr Ch	Forme des feuilles	F Fe
Longueur des feuilles	Lg Fe	Forme des bractées de la base	F Br B
Longueur des bractées de la base	Lg Br B	Forme des bractées du centre	F Br C
Longueur des bractées du centre	Lg Br C	Forme des bractées du sommet	F Br S
Longueur des bractées du sommet	Lg Br S	Nombre des pétales de la base	Nbr Pt B
Longueur des fleurs de la base	Lg Fl B	Nombre des pétales du centre	Nbr Pt C
Longueur des fleurs du centre	Lg Fl C	Nombre des pétales du sommet	Nbr Pt S
Longueur des fleurs du sommet	Lg Fl S	Forme des pétales de la base	F Pt B
Longueur des pétales de la base	Lg Pt B	Forme des pétales du centre	F Pt C
Longueur des pétales du centre	Lg Pt C	Forme des pétales du sommet	F Pt S
Longueur des pétales du sommet	Lg Pt S	Nombre des étamines	Nbr Et
Longueur des sépales	Lg Sp	Forme des anthères	F Ant
Largeur des sépales	Lr Sp	Nombre des sépales	Nbr Sp

3. Résultats et discussion

Les tests statistiques ont été limités à vingt-et-un caractère (**Tableau 3**). Les huit autres n'ont pas été pris en compte dans l'analyse du fait que leur valeur moyenne ne présente pas de différence entre les individus des différentes populations : forme des feuilles (F Fe), forme du rachis (F Rs), le nombre des sépales, des pétales et des étamines (Nbr Sp, Nbr Pt B, Nbr Pt C, Nbr Pt S, Nbr Et) qui sont stable chez *T. africana* [19, 21 - 24].

Tableau 3 : Valeur minimale, maximale, moyenne et coefficient de variation des 19 traits quantitatifs étudiés

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Lg Fe (mm)	2,200	2,900	2,489	0,237
Lg Ch (cm)	2,800	5,100	3,756	0,648
Lr Ch (mm)	4,500	6,100	5,444	0,561
Lg Br B (par rapport au calice)	3,000	6,000	5,000	0,866
Lg Br C (par rapport au calice)	3,000	6,000	4,778	0,833
Lg Br S (par rapport au calice)	4,000	6,000	4,222	0,667
Lg Fl B (mm)	2,100	3,100	2,556	0,283
Lg Fl C (mm)	2,100	3,100	2,622	0,277
Lg Fl S (mm)	2,000	2,900	2,511	0,271
Lg Pt B (mm)	1,900	2,500	2,144	0,181
Lg Pt C (mm)	1,800	2,600	2,178	0,217
Lg Pt S (mm)	1,800	2,400	2,111	0,176
Lg Sp (mm)	1,100	1,500	1,333	0,132
Lr Sp (mm)	0,700	1,100	0,878	0,120
Nbr Pt B	5	5	5	0
Nbr Pt C	5	5	5	0
Nbr Pt S	5	5	5	0
Nbr Sp	5	5	5	0
Nbr Et	5	5	5	0

D'après le **Tableau 3 et 4**, nous pouvons conclure que les individus de *Tamarix africana* se caractérisent par des feuilles sessiles, un rachis glabre et des fleurs pentamères.

Tableau 4 : Fréquences (%) des caractères qualitatifs étudiés

Pièces florales	Forme	Base du chaton %	Centre du chaton %	Sommet du chaton %	Fréquence %
Bractée	Triangulaire acuminée	7,4	7,8	7,4	—
	Triangulaire large acuminée	91,5	91,8	90,1	—
	Triangulaire subulée	1,1	4	2,5	—
Pétale	Obovale	22,3	17,7	18,8	—
	Obo-elliptique	9,9	16	13,8	—
	Elliptique	46,8	50	51,1	—
	Ova-elliptique	6	6,7	8,9	—
	Ovale	2,1	9,2	6,7	—
	Manquante	2,1	0,4	0,7	—
Anthère	Apiculé	—	20,6	—	—
	Non apiculé	—	54,3	—	—
	Apiculé et non apiculé	—	19,3	—	—
Feuille	Sessile	—	—	—	100
Rachis	Glabre	—	—	—	100

3-1. Analyse descriptive des caractères évalués

Les analyses descriptives montrent que la majorité des caractères étudiés présente une variation significative ce qui prouve l'existence d'une variabilité phénotypique au sein des accessions analysées. Pour les caractères qualitatifs, cette variation est observée au niveau des bractées, des pétales et des étamines.

3-1-1. Feuilles

Les différences observées entre les valeurs extrêmes des caractères quantitatifs étudiés sont importantes (**Tableau 3**). La longueur des feuilles varie de 2.2 mm à 2.9 mm avec une moyenne de $2.489 \pm 0,237$ mm. Dans le travail de Cirujano [24] ce caractère varie entre 1.5 mm et 3 mm alors que dans celui de [11] la valeur maximale est de 4 mm.

3-1-2. Chatons

La longueur des chatons des échantillons collectés de *T. africana*, varie de 2.8 cm à 5.1 cm. Dans les travaux de [20], la longueur est comprise entre 2 et 3cm. La valeur maximale varie de 1.5 à 5 cm dans l'étude réalisée par [11], et elle atteint 6.5 cm d'après [19] et 7 cm dans les travaux de [2]. Quant à la largeur des chatons elle varie entre 4.5 mm et 6.1 mm chez les spécimens identifiés dans la présente étude. Elle est de 9 mm selon [2, 25], et elle peut atteindre 1 cm selon [11].

3-1-3. Bractées

La taille moyenne des bractées examinées sur la majorité des individus collectés est presque égale à la longueur du calice ce qui concorde avec la clé de la flore pratique du Maroc [12]. Cependant certains spécimens possèdent des bractées qui font la moitié du calice ou le dépassant. Cette variabilité de la longueur de la bractée a été citée chez d'autres espèces de *Tamarix* [19]. Le **Tableau 4** montre que les bractées ayant la forme triangulaire large et acuminée forment 90,1 à 91,8 % de l'effectif totale des bractées des fleurs d'un chaton, ce qui concorde avec la description de [7, 11].

3-1-4. Fleurs

La longueur des fleurs de la base et du centre du chaton présente une légère différence alors que les fleurs du sommet sont plus petites. Ceci revient à la différence d'âge des fleurs le long du chaton.

3-1-5. Pétales

La différence entre les valeurs moyennes de la longueur des pétales des fleurs du sommet, de la base et du centre du chaton est presque négligeable, elle varie de 2.111 mm à 2.178 mm. Lesquelles valeurs sont proches de celles montrés par [19] et différente de celle qui sont mentionnées dans les travaux de [2, 25] où elle peut atteindre 3 mm. Les formes obovale, obo-elliptique et elliptique des pétales se trouvent chez 79 % des fleurs à la base du chaton et 83,7 % des fleurs au centre et au sommet du chaton. En effet ces formes sont mentionnées dans les descriptions de [7, 11].

3-1-6. Sépales

Ils présentent une longueur comprise entre 1.1 mm et 1.5 mm et une largeur de 0.7 mm à 1.1 mm ce qui concorde avec les valeurs mesurées sur les images présentées dans les travaux de [19]. Selon [24], la longueur des sépales varie entre 1 et 1,8 mm et elle atteint 2 mm selon [11].

3-1-7. Anthères

La forme des anthères est très variée avec la dominance de la forme non apiculée qui représente 54,3 %. Par ailleurs, les deux formes apiculée et non apiculée peuvent exister chez les fleurs du même chaton. En effet ces deux formes sont mentionnées chez *T. africana* : la forme apiculée a été décrite par [11] et la forme non apiculée par [7, 19].

3-2. Traitement des caractères quantitatifs : ACP

3-2-1. Corrélation entre les caractères

L'analyse de la matrice de corrélation montre que les corrélations les plus élevées (de 0.828 à 0.98) sont celles qui associent : la longueur des fleurs avec la longueur des pétales des fleurs situées à différentes positions ; entre la longueur des fleurs des différentes positions ; entre la longueur des pétales des fleurs situées à différentes positions ou qui relie entre la longueur des bractées de la base et celle du centre. Cela indique que ces caractères sont étroitement liés et représentent une grande importance dans l'identification de l'espèce. Par ailleurs, une corrélation nulle a été observée entre la longueur des bractées de la base du chaton et la largeur des sépales. Tandis que les plus fortes corrélations négatives ($r = - 0.807$ et $- 0.846$) sont révélées entre la longueur des bractées, de la base ou du centre du chaton, avec la longueur du chaton (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Matrice de corrélations entre les variables quantitatives morphologiques traitées

	Lg Fe	Lg Ch	Lr Ch	Lg Br B	Lg Br C	Lg Br S	Lg Fl B	Lg Fl C	Lg Fl S	Lg Pt B	Lg Pt C	Lg Pt S	Lg Sp	Lr Sp
Lg Fe	1,000	-,671	-,315	,670	,682	,651	,159	,290	,119	,188	,214	-,027	-,066	,078
Lg Ch	-,671	1,000	,106	-,846	-,807	-,553	-,278	-,418	-,352	-,237	-,337	-,225	-,258	,002
Lr Ch	-,315	,106	1,000	,103	,024	-,631	,698	,635	,710	,618	,708	,827	,718	,535
Lg Br B	,670	-,846	,103	1,000	,866	,433	,357	,520	,532	,239	,400	,409	,436	,000
Lg Br C	,682	-,807	,024	,866	1,000	,550	,376	,511	,455	,322	,385	,359	,416	,069
Lg Br S	,651	-,553	-,631	,433	,550	1,000	-,074	,105	-,015	-,092	-,135	-,236	-,378	,069
Lg Fl B	,159	-,278	,698	,357	,376	-,074	1,000	,968	,934	,969	,980	,937	,611	,812
Lg Fl C	,290	-,418	,635	,520	,511	,105	,968	1,000	,960	,899	,945	,914	,590	,804
Lg Fl S	,119	-,352	,710	,532	,455	-,015	,934	,960	1,000	,828	,898	,964	,650	,699
Lg Pt B	,188	-,237	,618	,239	,322	-,092	,969	,899	,828	1,000	,952	,844	,505	,798
Lg Pt C	,214	-,337	,708	,400	,385	-,135	,980	,945	,898	,952	1,000	,923	,683	,747
Lg Pt S	-,027	-,225	,827	,409	,359	-,236	,937	,914	,964	,844	,923	1,000	,786	,662
Lg Sp	-,066	-,258	,718	,436	,416	-,378	,611	,590	,650	,505	,683	,786	1,000	,210
Lr Sp	,078	,002	,535	,000	,069	,069	,812	,804	,699	,798	,747	,662	,210	1,000

Le **Tableau 6** donne une estimation de la variabilité représentée par chaque axe. Trois axes (1, 2 et 3) ayant une valeur propre supérieure à 1, permettant d'expliquer 91,805 % de la variance. Cependant, le test d'accumulation de variance montre que les deux premiers axes (1 et 2) sont les plus pertinents et ont la plus forte représentativité (81,893 %).

Tableau 6 : Matrices des composantes des variables quantitatives morphologiques

	Composante		
	1	2	3
Lg Fl C	0,981	0,044	0,167
Lg Fl B	0,970	-0,136	0,174
Lg Pt C	0,969	-0,113	0,074
Lg Fl S	0,960	-0,053	0,006
Lg Pt S	0,953	-0,235	-0,118
Lg Pt B	0,902	-0,151	0,272
Lr Sp	0,717	-0,244	0,609
Lg Sp	0,714	-0,167	-0,600
Lr Ch	0,712	-0,574	-0,263
Lg Br S	-0,024	0,841	0,429
Lg Fe	0,247	0,831	0,185
Lg Ch	-0,427	-0,794	0,189
Lg Br C	0,533	0,747	-0,229
Lg Br B	0,544	0,715	-0,360
Lg Fl C	0,981	0,044	0,167

Le **Tableau 6** montre que 81,893 % de la variation totale entre les accessions étaient expliqués par les deux premiers composants. L'axe 1 qui représente 55,998 % de la variation total, liée à la longueur des fleurs du centre (Lg Fl C), la longueur des fleurs de la base (Lg Fl B), la longueur des pétales du centre (Lg Pt C), la longueur des fleurs du sommet (Lg Fl S), la longueur des pétales du sommet (Lg Pt S), la longueur des pétales de la base (Lg Pt B), la largeur des sépales (Lr Sp), la longueur des sépales (Lg Sp) et la largeur du chaton (Lr Ch). L'axe 2 explique les variables associées à longueur des bractées du sommet (Lg Br S), la longueur des feuilles (Lg Fe), la longueur des bractées du centre (Lg Br C) et la longueur des bractées de la base (Lg Br B). La **Figure 3** montre la projection des populations sur le plan défini par les deux premiers axes.

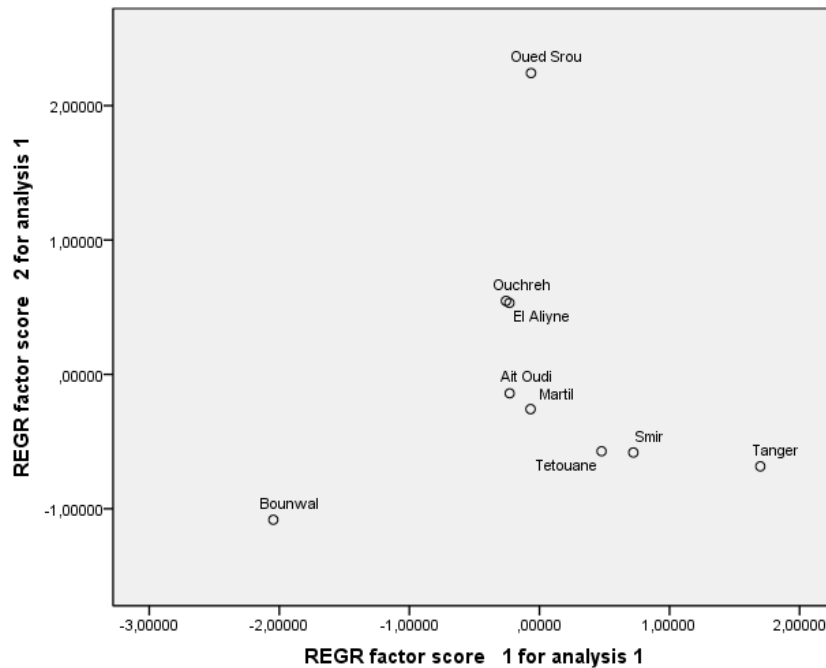


Figure 3 : Diagramme de dispersion des populations par ACP

Le premier groupe est composé par une population qui se développe sur les rives d'un cours d'eau temporaire, à Bounwal, à une altitude de 1315 m. Ce groupe se distingue par de longs chatons (5.1 cm) et des fleurs qui sont plus petites que celles des individus des autres populations. Le deuxième groupe se compose de trois populations : celle de Tanger, de Tetouane et celle de Smir. Elles sont caractérisées par les chatons les plus larges (entre 5.9 et 6.1 cm), les fleurs et les pétales les plus longs et les sépales les plus larges. Le troisième groupe, est formé de quatre populations : celle d'Ouchrah, d'Ait Oudi, de Martil et celle d'El-Alyine. Elles sont caractérisées par des pièces florales de taille moyenne. Les individus de ses populations se développent sur les rives des cours d'eau permanents (Ouchreh, Ait Oudi et Martil) ou au bord des marais (El-Alyine). Le quatrième groupe est composé d'une seule population, celle de l'Oued Srou, qui se développe sur les berges d'un cours d'eau salin. Elle est caractérisée par les chatons les plus petits et les feuilles les plus longues.

3-3. Traitement des caractères qualitatifs : ACM

3-3-1. Corrélation entre les caractères

La corrélation des caractères qualitatifs est représentée dans le **Tableau 7** montre des corrélations positives très importantes ($r = 1$), qui lient les formes des bractées entre elles le long du chaton et lient la forme des anthères et la forme des bractées. De plus, des corrélations positives se sont révélées entre : la forme des

pétales de la base et ceux du sommet ($r = 0.841$), la forme des pétales de la base et ceux du centre ($r = 0.828$), la forme des bractées du sommet et la forme des pétales du centre ($r = 0.69$), la forme des bractées de la base et celle du centre ($r = 0.53$), la forme des pétales du centre et ceux du sommet ($r = 0.503$), et entre la forme des pétales du sommet et ceux de la base et du centre ($r = 0.426$). Tandis qu'une corrélation négative lie : la forme des bractées du sommet et celle de la base et du centre du calice ainsi que la forme des anthères ($r = -1$), la formes des pétales du sommet et la forme des bractées du sommet ($r = -0.426$), la forme des pétales du centre et la forme des bractées de la base et du centre ainsi que la forme des anthères ($r = -0.069$), la forme des bractées du sommet et la forme des pétales de la base ($r = -0.053$) (**Tableau 7**).

Tableau 7 : Matrice de corrélations entre les variables qualitatives morphologiques traitées

	F Br B	F Br C	F Br S	F Pt B	F Pt C	F Pt S	F Ant
F Br B	1,000	1,000	-1,000	,053	-,069	,426	1,000
F Br C	1,000	1,000	-1,000	,053	-,069	,426	1,000
F Br S	-1,000	-1,000	1,000	-,053	,069	-,426	-1,000
F Pt B	,053	,053	-,053	1,000	,828	,841	,053
F Pt C	-,069	-,069	,069	,828	1,000	,503	-,069
F Pt S	,426	,426	-,426	,841	,503	1,000	,426
F Ant	1,000	1,000	-1,000	,053	-,069	,426	1,000

L'analyse des variables chez *T. africana* (**Figure 4, Tableau 8**), montre que le premier axe exprime 64.752 % de l'inertie, associée aux variables suivantes : la forme des bractées de la base, du sommet et du centre (F Br B, F Br C, F Br S) et la forme des anthères des étamines (F Ant). Alors que, le deuxième axe exprime 38.318 % de l'inertie qui est associée aux variables suivantes : la forme des pétales (F Pt B, F Pt C, F Pt S).

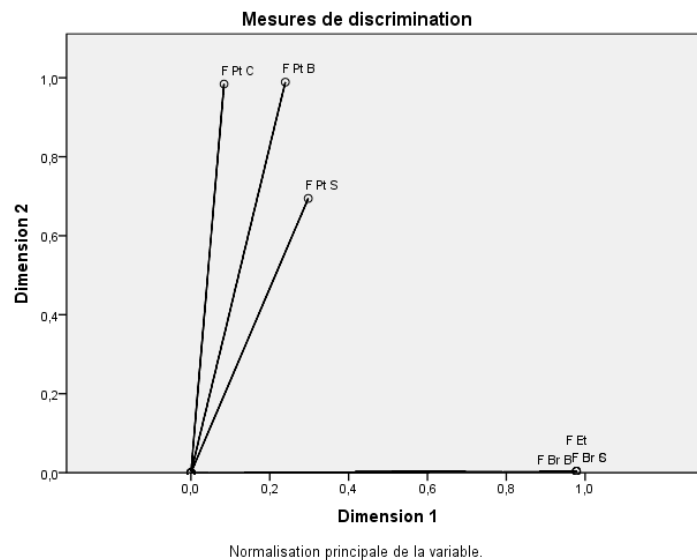


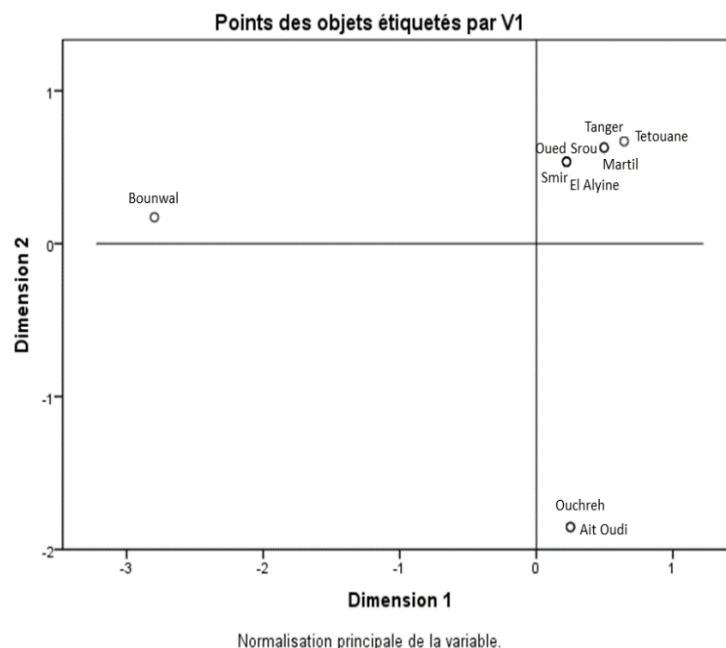
Figure 4 : Présentation des variables par ACM

Le **Tableau 8**, montre que le coefficient alpha, évalue la consistance interne ou l'homogénéité [26] avec une valeur moyenne de 0,843 pour les des deux dimensions ce qui laisse supposer la présence d'une cohérence interne relativement élevée entre les variables qualitatives.

Tableau 8 : Alpha de Cronbach et pourcentage d'information des dimensions de l'ACM

Dimension	Alpha de Chronbach	Variance expliquée		
		Total (Valeur propre)	Inertie	Pourcentage de variance expliquée
1	0,909	4,533	0,648	64,752
2	0,732	2,682	0,383	38,318
Total		7,215	1,031	
Moyenne	0,843	3,607	0,515	51,535

Cette analyse (*Figure 5*) montre que le premier axe oppose la population de Bounwal qui possède des anthères non apiculées et des bractées triangulaires acuminées aux populations qui se caractérisent par des anthères apiculées et des bractées triangulaires, larges et acuminées. Alors que le deuxième axe oppose les populations d'Ouchreh et d'Ait oudi qui se caractérisent par des pétales de forme obo-elliptique aux populations de Tanger, Martil, Tetouane, Smir, El-Alyine et Oued Srou dont les pétales sont de forme elliptique à ova-elliptique. Ceci explique la divergence des caractères morphologiques entre certaines populations d'une part et notamment entre celle de Bounwal et les autres populations vues qu'elle présente des caractères particuliers.

**Figure 5 : Diagrammes de dispersion des populations par ACM**

3-4. Traitements des caractères quantitatifs et qualitatifs : AFCM

L'analyse de la matrice de corrélation montre les mêmes résultats que ceux de l'ACM pour $r = 1$. Cependant d'autres caractères sont corrélés négativement ($r = -0.646$), il s'agit des caractères quantitatifs : la largeur du chaton et la longueur des bractées du sommet (*Tableau 9*).

Tableau 9 : Matrice de corrélations entre les variables morphologiques traitées

	Lg Fe	Lg Ch	Lr Ch	Lg Br B	Lg Br C	Lg Br S	Lg Pt B	Lg Pt C	Lg Pt S	Lr Sp	F Br B	F Br C	F Br S	F Pt B	F Pt C	F Pt S	F Ant
Lg Fe	1,000	,517	,308	,478	,512	,137	,488	,499	,500	,511	,002	,508	,489	,533	,493	,493	,493
Lg Ch	,517	1,000	,685	,994	,988	,083	,991	,993	,990	,519	,992	,994	,994	,530	,994	,994	,994
Lr Ch	,308	,685	1,000	,688	,684	-,646	,688	,645	,674	,367	,881	,710	,680	,343	,648	,646	,646
Lg Br B	,478	,994	,688	1,000	,996	,077	,993	,993	,990	,518	,995	,991	,996	,477	,997	,997	,997
Lg Br C	,512	,989	,684	,996	1,000	,078	,992	,990	,992	,504	,992	,989	,996	,508	,995	,995	,995
Lg Br S	,137	,083	-,646	,077	,078	1,000	,088	-,139	-,110	,211	,088	,088	,084	,211	-,125	-,125	-,125
Lg Pt B	,488	,991	,688	,993	,992	,088	1,000	,998	,998	,551	,998	,996	,992	,551	,992	,992	,992
Lg Pt C	,499	,993	,645	,993	,990	-,139	,998	1,000	,996	,547	,998	,993	,991	,545	,994	,994	,994
Lg Pt S	,500	,990	,674	,990	,992	,110	,998	,996	1,000	,553	,994	,996	,993	,588	,991	,991	,991
Lr Sp	,511	,519	,367	,518	,504	,211	,551	,547	,553	1,000	,552	,575	,484	,584	,497	,497	,497
F Br B	,493	,994	,646	,997	,996	,125	,992	,994	,991	,497	,994	,988	,997	,491	1,000	1,000	1,000
F Br C	,493	,994	,646	,997	,995	,125	,992	,994	,991	,497	,994	,988	,997	,491	1,000	1,000	1,000
F Br S	,493	,994	,646	,997	,995	,125	,992	,994	,991	,497	,994	,988	,997	,491	1,000	1,000	1,000
F Pt B	,525	,447	,607	,362	,418	-,373	,409	,392	,409	-,149	,390	,449	,408	,501	,373	,373	,373
F Pt C	,229	,188	,301	,217	,294	-,214	,230	,202	,239	-,137	,204	,214	,243	,210	,214	,214	,214
F Pt S	,537	,525	,370	,518	,502	,211	,543	,541	,548	,993	,544	,578	,486	,593	,496	,496	,496
F Ant	,493	,994	,646	,997	,995	,125	,992	,994	,991	,497	,994	,988	,997	,491	1,000	1,000	1,000

Tableau 10 : Alpha de Cronbach et pourcentage d'information des dimensions de l'AFCM

Dimension	Alpha de Chronbach	Variance expliquée		
		Total (Valeur propre)	Inertie	Pourcentage de variance expliquée
1	0,979	14,879	0,709	70,853
2	0,933	9,002	0,429	42,867
Total		23,881	1,137	
Moyenne	0,962	11,941	0,569	56,860

Le **Tableau 10** montre que le premier axe exprime 70.853 % de l'inertie, associée par les variables suivantes : la longueur des feuilles (Lg Fe), la longueur du chaton (Lg Ch), la longueur des bractées de la base et du centre du chaton (Lg Br B, Lg Br C), la longueur des fleurs de la base, du centre et du sommet du chaton (Lg Pt B, Lg Pt C, Lg Pt S), la longueur des pétales du centre et du sommet du chaton (Lg Pt C, Lg Pt S), la forme des bractées de la base, du centre et du sommet du chaton (F Br B, F Br C, F Br S), la forme des pétales du sommet (F Pt S) et la forme des anthères (F Ant). Alors que le deuxième axe exprime 42.867 % de l'inertie, il explique les variables représentées par la largeur des chatons (Lr Ch), la longueur des bractées du sommet (Lg Br S), la longueur des pétales de la base (Lg Pt B), la largeur des sépales (Lr Sp), la forme des pétales de la base et du centre du chaton (F Pt B, F Pt C). L'analyse AFCM montre un coefficient alpha qui exprime une valeur moyenne de 0,962 pour les des deux dimensions. Il montre que les variables qualitatifs et quantitatifs ont une cohérence interne très élevée. D'après ce teste, nous remarquons que le premier axe isole la population de Bounwal, qui diffère des autres populations par d'autres caractères quantitatifs notamment la longueur du chaton (Lg Ch), la longueur des bractées de la base et du centre du chaton. Pour le deuxième axe, il oppose les populations de Tanger, Tétouan, Smir et Martil qui possèdent les chatons les plus larges, aux autres populations d'El-Alyine, Ait Oudi, Ouchra et Oued Srou). Donc, La projection des populations sur le plan a permis de déterminer trois groupes (**Figure 6**):

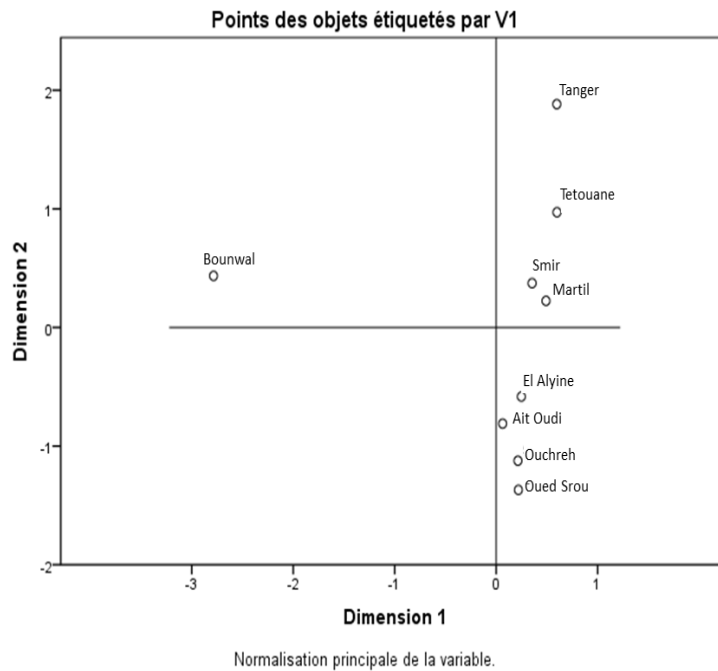


Figure 6 : Diagrammes de dispersion des populations par AFCM

Le premier groupe : est constitué de la seule population de Bounwal ; Le deuxième groupe : se compose de quatre populations : Tanger, Tétouane, Smir et Martil. Ces populations se caractérisent par les chatons les plus larges, les fleurs et les pétales les plus longues, ainsi que les sépales les plus larges. Le troisième groupe : est formé aussi de quatre populations : Oued Srou, Ouchreh, Ait Oudi et El-Alyine. Ces populations sont caractérisées par des caractères en commun notamment la longueur des fleurs, la longueur des pétales du centre et du sommet du chaton et la largeur des sépales. Les individus de ses populations sont inféodés aux zones humides, ils sont soit immergés soit ils colonisent les rives des cours d'eau permanents.

4. Conclusion

Les résultats obtenus sur l'étude de la diversité morphologique des individus de *Tamarix africana* au Maroc, montrent des ressemblances phénotypiques importantes entre certaines populations. La variabilité morphologique observée semble être dû à un certain nombre de facteurs : la situation géographique, les facteurs écologiques notamment la température, l'altitude et l'humidité. Cette étude a également montré l'importance et l'utilité des techniques d'analyse multivariée pour obtenir des informations sur les populations qui sont groupées en fonction de leur ressemblance ou de leur situation géographique. Les résultats obtenus sont permis d'inclure de nouvelles caractéristiques morphologiques notamment la forme triangulaire des bractées. Cependant, le présent travail devrait être complété par l'étude d'autres populations dans d'autres régions marocaines ainsi que méditerranéennes et par l'étude de la diversité génétique des différentes populations.

Références

- [1] - M. KOMAROV, Flora USSR. L, Academ. Nauk, USSR, (1949) 290 - 321
- [2] - B. R. BAUM, « Introduced and naturalized tamarisks in the United States and Canada ». *Baileya*, 15 (1967) 19 - 25
- [3] - J. P. DECKER, « Salt secretion by *Tamarix pentandra* ». *Forest Sci*, 7 (1961) 214 - 217
- [4] - D. SAIDANAA, M. A. MAHJOUBB, O. BOUSSAADAA, J. CHRIAAC, I. CHERAIFB, M. DAAMID, Z. MIGHRIB and A. N. HELALA, « Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of *Tamarix boveana* (Tamaricaceae) ». *Microbiological Research*, 163 (2008) 445 - 455
- [5] - M. A. A. ORABI, S. TANIGUCHI, S. TERABAYASHI and T. HATANO, « Hydrolyzable tannins of Tamaricaceous plants. IV: Micropropagation and ellagitannin production in shoot cultures of *Tamarix tetrandra* ». *Phytochemistry*, 72 (2011) 1978 - 1989
- [6] - R. KSOURI, A. SMAOUI, H. SODA and C. ABDELLEY, « Utilization of Halophyte Species as New Sources of Bioactive Substances ». *Journal of Arid Land Studies*, 22 (1) (2012) 41 - 44
- [7] - B. R. BAUM, « The Genus *Tamarix*. Academy of Sciences and Humanities ». *Jerusalem*, (1978)
- [8] - W. L. CRINS, « The Tamaricaceae in the southeastern United States ». *Arnold Arboretum*, 70 (1989) 403 - 425
- [9] - M. QAISER, « The genus *Tamarix* Linn. (Tamaricaceae) in Pakistan ». *Pak, J, Bot*, 13 (1981) 107 - 158
- [10] - Q. E. YANG, and J. GASKIN, « *Tamarix*, In Zhengi, W. and P. H. Raven (eds.) ». *Flora of China*, Vol. 13. Science Press. Beijing. And Missouri Botanical Garden. St. Louis, (2007) 59 - 65
- [11] - G. VENTURELLA, B. BAUM and G. MANDRACCHIA, « The genus *Tamarix* (Tamaricaceae) in Sicily: first contribution ». *Flora Mediterranea*, (2007)
- [12] - M. FENNANE, M. IBN TATOU, J. MATHEZ, A. OUYAHYA et J. EL OUALIDI, « Flore pratique du Maroc ». Manuel de détermination des plantes vasculaires, Vol. 1. Trav. Inst. Sci. Rabat. Série Bot., N° 36 (1999)
- [13] - N. CHEKROUN-BECHLAGHEM, N. BELYAGOUBI-BENHAMMOU, L. BELYAGOUBI, A. GISMONDI, V. NANNI, G. DI MARCO, L. CANUTI, A. CANINI, I. A. EL HACI & F. ATIK BEKKARA, « Phytochemical analysis and antioxidant activity of *Tamarix africana*, *Arthrocnemum macrostachyum* and *Suaeda fruticosa*, three halophyte species from Algeria». *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, (2019)
- [14] - M. KARKER, H. FALLEH, K. MSAADA, K. SMAOUI, C. ABDELLEY, J. LEGAULT and R. KSOURI, « Antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of the medicinal halophyte *Reaumuria vermiculata* ». *Excli Journal*, 15 (2016) 297 - 307
- [15] - A. BENMERACHEA, M. BENTELDJOUNEA, A. A. MAGIDB, A. ABEDINIB, D. BERREHALA, A. KABOUCHEA, S. C. GANGLOFFC, L. V. NAZABADIOKOB, and Z. KABOUCHEA, « Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of *Tamarix balansae* J. Gay aerial parts ». *Natural Product Research*, (2017)
- [16] - H. SQALLI, A. EL OUARTI, A. ENNABILI, S. IBNSOUDA, A. FARAH, A. HAGGOUD, A. HOUARI et M. IRAQUI, « Evaluation de l'effet antimycobactérien de plantes du centre-nord du Maroc ». *Bull. Soc, Pharm. Bordeaux*, 146 (2007) 271 - 288
- [17] - A. KHABTANE, A. ZERAIB, L. AOUIDANE, W. K. ALI, F. Z. BELGUIDOUM, C. RAHMOUNE, « In vitro evaluation of the anti-microbial activity and the anti-oxidant activity of the flavonoids extracted from the flowers of the *Tamarix africana* Poir ». *International Journal of Biosciences*, (2017) 417 - 426
- [18] - B. VALDES, M. REJDALI, A. EL KADMIRI, S. L. JURY et J. M. MONTSERRAT, « Catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc ». Incluant des clés d'identification, Vol. 1, CSIC, Madrid, 491 (2003) 214 - 216
- [19] - J. L. VILLAR, M. A. ALONSO, A. JUAN and M. B. CRESPO, « Does *Tamarix dalmatica* (Tamaricaceae) occur in Spain? ». *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 69 (2012) 253 - 258
- [20] - A. R. BARRY and A. LUQUE, « Ecology and distribution of the genus *Tamarix* L (Tamaricales: Tamaricaceae) on the Island of grand Canaria ». *Bol. Mus. Mum. Funchal. Sup.*, N° 5 (1998) 47 - 58
- [21] - A. BUNGE, « Tentamen Generis *Tamaricum* species Accuratus Definiendi ». *Dorpat*, (1852)

- [22] - P. QUEZEL and S. SANTA, « Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales ». Tome II, Edition du centre national de la recherche scientifique, (1963)
- [23] - B. R. BAUM, « A new species of Tamarix from South-Eastern Iran ». *Oesterreichische Botanische Zeitschrift.*, 114 (1968) 379 - 382
- [24] - S. CIRUJANO, « Tamarix L. In: Castroviejo, S. & al. (eds.) ». *Flora Iberica* 3, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, (1993) 437 - 443
- [25] - B. DE MARTIS and A. CARTONI, « Tamarix Passerinoides DEL. ex DESV. (Tamaricaceae) nuova per l'Italia ». *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem, Serie B.*, 90 (1983) 133 - 137
- [26] - P. PIETTE, « Métrologie appliquée à la kinésithérapie : mesures, tests et bilans, concepts fondamentaux ». EMC. Kinesithérapie, (2016)