



UNIVERSITE SULTAN MOULAY SLIMANE  
Faculté des Sciences et Techniques  
Béni-Mellal



*Centre d'Études Doctorales : Sciences et Techniques*

*Formation Doctorale : Ressources naturelles, Environnement et Santé*

## THÈSE

Présentée par

**BIHAOUI ABDESSLAM**

Pour l'obtention du grade de  
**DOCTEUR**

*Discipline : Biologie végétale*

*Spécialité : Ecologie végétale et Botanique*

---

---

# **Genre *Tamarix L.* au Maroc :** ***caractérisation géographique, morphologique,*** ***biochimique et effet antibactérien.***

---

---

Soutenue le Mardi 29 Décembre 2020 à 10h devant la commission d'examen :

<b>A. HADDIOUI</b>	Professeur, Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal	Président
<b>J. BAHOU</b>	Professeure, Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	Rapporteuse
<b>A. RAHOU</b>	Professeur, Faculté des Sciences, Meknès	Rapporteur
<b>A. BOULLI</b>	Professeur, Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal	Rapporteur
<b>L. HAMAMA</b>	Professeure, Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal	Examinatrice
<b>N. WAHID</b>	Professeure, Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal	Examinatrice
<b>J. TALBI</b>	Docteur, Laboratoire de Police Scientifique, Casablanca	Invité
<b>S. HAMMADA</b>	Professeure, Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal	Directrice de thèse

## Communications et publications

### Publications :

1/ **A. BIHAOUI**, M. DAKKI, A. HADDIOUI & S. HAMMADA. 2020. Étude de la variabilité morphologique de *Tamarix africana* Poir. au Maroc. *Afrique science*. 2020. 16 (3).172-185.

2/ **A. BIHAOUI**, A. HADDIOUI & S. HAMMADA. 2020. Les erreurs d'identification des espèces du genre *Tamarix* au Maroc : Clés non uniformes et espèces polymorphes. *Ecologia mediterranea*. 2020. 46 (1). 49-61.

3/ **A. BIHAOUI**, A. HADDIOUI & S. HAMMADA. 2020. Distribution géographique des espèces du genre *Tamarix* (*Tamaricaceae*) au Maroc. *Ecologia mediterranea*. 2020. 46 (1). 63-74

### Communications orales :

1/ **A. BIHAOUI**, S. GUERNAOUI, S. HAMMADA. Analyses morphologiques et écologiques de la famille des *Tamaricaceae* au Maroc. 2ème édition du Symposium "Santé-Environnement-Développement durable". 25 Février 2017. Faculté des Sciences El Jadida.

2/ **A. BIHAOUI**, A. HADDIOUI, S. HAMMADA. Les erreurs de détermination des espèces de *Tamarix* (*Tamaricaceae*) : entre les clés non uniformes et les espèces polymorphes. 1er Congrès International de la Biotechnologie Verte "La Biotechnologie au Service d'Une Agriculture Durable" 01-03 Novembre 2018. Faculté Polydisciplinaire de Taroudant.

### Communications affichées :

1/ **A. BIHAOUI**, S. GUERNAOUI, S. HAMMADA. La famille des *Tamaricacées* au Maroc. Aspects taxonomiques et nomenclature. Workshop National sur la Biotechnologie : la Biotechnologie au Service d'une Agriculture Durable. 26-27 Décembre 2016, Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal.

2/ **A. BIHAOUI**, S. HAMMADA. Étude de la variabilité phyto-chimique intra et inter-populations de *Tamarix gallica*. Biodiversité des PAM, Biotechnologies, Produits de terroir et Valorisation des Substances Naturelles. Ecole Internationale de Recherche - 6ème édition. 19-21 Avril 2018. Faculté des Sciences - Université Ibn Zohr–Agadir.

3/ **A. BIHAOUI**, L. BAHY, S. GUERNAOUI, S. HAMMADA. Aperçu sur quelques sources de confusions dans l'identification des *Tamaricaceae* au Maroc. 8me Journées Internationales Oiseaux d'Eau et Zones Humides. 19-20 Mai 2017. Khénifra.

4/ **A. BIHAOUI**, A. IDIR, H. ALILOU, S. HAMMADA. Etude comparative de quelques méthodes d'extraction des polyphénols, des flavonoïdes et de l'activité anti-oxydante des extraits des Feuilles de *Tamarix gallica*. 1er Congrès International de la Biotechnologie Verte "La Biotechnologie au Service d'Une Agriculture Durable". 01-03 Novembre 2018. Faculté Polydisciplinaire de Taroudant.

**Dédicaces**

**A ma petite famille :**

**Parents et frères**

# Remerciements

Le travail de recherche qui a fait l'objet de ce mémoire et dont je présente les résultats a été réalisé sous la direction du Professeure **Soumaya HAMMADA**, Professeur à la Faculté des Sciences et Technique de Beni Mellal, Université Sultan Moulay Slimane.

C'est grâce au Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Phytogénétiques Naturelles, que la grande partie de mes recherches a pu être réalisée. Ainsi mes sincères remerciements vont au Professeur A. Haddioui, chef de laboratoire et chef du département des Sciences de la Vie, de m'avoir accordé les facilités de travail.

Je tiens à remercier Mme **Soumaya HAMMADA**. J'avoue que je suis fier d'être l'un de ses étudiants et de faire partie de son équipe. Je tiens à la remercier vivement de m'avoir accueilli et de m'avoir aidé à réaliser ce travail avec rigueur et patience. Ses qualités scientifique et humaine et ses conseils judicieux m'ont été profitables au plus haut point. Je la remercie également de m'avoir donné la possibilité de présenter mes résultats dans différents congrès internationaux et à travers plusieurs publications scientifiques.

Mes remerciements vont également à Monsieur le Professeur **Abdelmajid HADDIOUI**, d'avoir accepté d'être président de ce jury de thèse. Votre simplicité, vos qualités humaines et d'homme de sciences ont permis l'aboutissement de ce travail.

A Madame le Professeur **Jamila BAHOU**, à la Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fes. Qui me fait l'honneur d'accepter de rapporter et de juger cette thèse. Avec toute ma gratitude et mes hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur **Abdelilah RAHOU** à la Faculté des Sciences Meknès. Qui me fait l'honneur de rapporter et de juger ce travail. Je vous en remercie très chaleureusement.

A Monsieur **Abdelali BOULLI**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal. Vos compétences scientifiques seront d'une valeur inestimable pour enrichir ce travail. Mes Sincères remerciements.

A Madame le Professeur **Nadia WAHID**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal. Je tiens à vous adresser mes plus vifs remerciements pour avoir accepté d'être juge de ma thèse.

J'exprime mes plus vifs remerciements, ma reconnaissance toute à Mme. Pr. **Latifa HAMAMA**, autant son soutien scientifique qu'amical, et pour son aide précieuse et son savoir-faire qui m'a permis d'apprendre les techniques d'extraction de l'ADN. Sa participation au Jury m'honore amplement, je la remercie profondément.

Je tiens à remercier Mr. **Jalal Talbi**, Docteur au Laboratoire de la police scientifique, pour son aide, ses nombreux conseils et sa gentillesse.

Mes sincères remerciements s'adressent à Mr. **Said Bouda** pour son aide et ses conseils techniques.

J'exprime également ma grande considération à Mr. **AZIZ Hasib** de m'avoir donné accès à son laboratoire pour réaliser les extraits végétaux, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.

J'exprime ici toute ma reconnaissance, en particulier à Mme. **Naima Zaki**, Professeur à la faculté des Sciences et techniques de Beni Mellal, pour son aide, ses compétences scientifiques qui m'ont été précieuses et utiles.

J'exprime mes profonds remerciements à Mr. **Mohamed DAKKI**, Président : GREPOM/BirdLife Maroc (Institut Scientifique de Rabat), pour sa grande disponibilité et sa grande expérience.

Nos remerciements s'adressent également à Mr. **Mohamed IBN TATTOU**, Mr **Mohamed FENNANE** et Mr **Jalal EL OUALID** qui nous a aimablement reçus au département de botanique à l'Institut Scientifique de Rabat.

Je tiens à remercier **Nora Salim** pour ses encouragements. Je ne pourrais oublier également son aide précieuse et sa gentillesse. Je lui souhaite un grand succès.

Je remercie mes collègues pour leur soutien et plus précisément : Ayoub NOURI, Youssef AIT BELLA, Abderrazak IDIR, Abdessamad OUIBIMAH, Taoufik EL RASAFI, Anouar OUIZGANE, Mohammed MOUNIR, Ikram DOUINI, Wassila BOUTA, Ghizlane KABIRI, Youssef KHACHTIB, Jamal AABDOUSSE, Ayoub EL ASSRI, Abdessamad OUHROUCH, Mustapha BENKA, Yassine AALLAM, Mariem BOUSSELHAM, Hamza OURRADI, et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail de thèse.

## Résumé

La présente recherche porte sur l'étude de la famille des *Tamaricaceae*, qui est représentée au Maroc par un seul genre "*Tamarix*". Ce dernier étant parmi les genres les plus difficiles à étudier en termes de taxonomie. En 1816, 16 espèces ont été dénombrées selon Willdnow, mais le nombre n'a pas cessé d'augmenter. Ainsi, en 1852, Bunge a dénombré 51 espèces et les études se sont également poursuivies jusqu'à ce que le nombre atteigne 90 d'après Yang et Gaskin (2007). Ce problème de classification peut être dû à quelques différences dans les critères de différenciation utilisés par les chercheurs, ainsi qu'à la grande similitude entre les espèces de ce genre. Cela peut expliquer l'impossibilité de déterminer le nombre d'espèces de *Tamarix* au Maroc.

En effet, la difficulté de notre recherche est l'étude taxonomique des *Tamarix*. Cette partie met en évidence les facteurs qui ont contribué à des controverses sur le nombre des espèces de *Tamarix* dans notre pays et dans le monde entier. Dans cette étude, trois taxons précédemment déclarés ont été confirmés : *T. africana*, *T. boveana* et *T. aphylla*, alors que, pour l'espèce *T. amplexicaulis*, on soupçonne son existence dans une seule station. Concernant *T. canariensis* et *T. gallica*, leur identité nécessite des études plus approfondies vu les grandes ressemblances qu'elles présentent, afin d'éviter toute sorte de confusion.

Pour cette raison, nous avons mené une autre recherche morphologique pour montrer la diversité morphologique des espèces similaires. Les résultats concernant l'ACP et CAH, montrent des différences phénotypiques importantes entre les différentes populations de *T. africana*. Cette variabilité morphologique observée semble être due à un certain nombre de facteurs : la situation géographique, les facteurs écologiques notamment la température, l'altitude et l'humidité. En revanche, l'étude de la diversité morphologique de *T. gallica* / *T. canariensis*, a permis de déterminer l'ampleur de la variation morphologique entre les populations ainsi que les caractéristiques communes entre ces populations et leur compatibilité avec les clés d'identification ce qui a permis d'identifier plus précisément l'espèce (*T. gallica*). De plus, l'étude de la variabilité morphologique des trois espèces *T. africana*, *T. gallica* et *Tamaris* sp, a donné deux groupes complètement isolés. Le premier est composé de *T. africana* et le second par les *Tamarix gallica*. Alors que *Tamarix* sp. partage de nombreux caractères morphologiques avec *Tamarix gallica*, et en se référant au spécimens de l'herbier nous avons considéré *Tamarix* sp. comme *T. gallica*.

Concernant le suivi de croissance, les résultats ont montré une variation morphologique entre les caractères étudiés selon les stades de floraison, confirmant ainsi, que le diagnostic doit prendre en compte le stade de croissance (anthèse).

Les caractères morphologiques et écologiques observés lors de l'étude de répartition des espèces étudiées, montrent que ces espèces possèdent une grande plasticité et une forte capacité d'adaptation aux conditions écologiques des milieux qu'elles occupent. C'est ainsi certaines espèces de ce genre sont phréatophytes alors que d'autres sont des psammophytes. La présence de certaines espèces, dans les régions saharienne (M'hamide, Zagora, Merzouga...), montre qu'elles sont des thermophytes. Par ailleurs, d'autres tolèrent des zones situées à des hautes altitudes dont les températures sont très basses ou se développant à proximité des sources.

L'étude phytochimique de *T. aphylla*, *T. africana* et *T. gallica*, a révélé que les extraits aqueux ainsi que la poudre sèche des différentes parties de la plante (feuilles, fleurs, tiges, l'écorce et les racines) contiennent des phénols, des tanins, des saponines et des phlobatanins. La plupart des organes contiennent des stéroïdes et des flavonoïdes et aussi, des terpenoïdes et des acides aminés mais à des niveaux plus faibles. Alors que les protéines, les glycosides et les alcaloïdes sont absents dans tous les organes chez toutes les espèces.

Alors que pour l'étude biochimique, les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes ont été déterminées par des techniques spectrophotométriques. L'estimation quantitative des polyphénols et des flavonoïdes a montré que pour les différentes méthodes d'extractions. Ce sont les extraits méthanoliques et aqueux, qui se sont montrés les plus riches que ça soit pour les feuilles ou les fleurs chez les deux espèces.

Les activités antioxydantes ont été déterminées, in vitro, en utilisant le test du DPPH. L'évaluation du pouvoir antioxydant (DPPH) a montré que sept extraits possèdent une d'activité antioxydante supérieure à la valeur mesurée par l'acide ascorbique ( $IC_{50} = 5,23 \mu\text{g/ml}$ ).

Quant à l'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits, obtenus par l'extraction au soxhlet (totale ou par épuisement), les résultats montrent que tous les extraits sont totalement inactifs contre la *Bacillus sibiricus*.

Alors que L'activité antibactérienne la plus élevée a été observée contre sur la souche *Citrobacter freundii* avec l'extrait des fleurs de *T. gallica* obtenu par l'éther de pétrole issu de l'extraction par épuisement ( $16,25 \pm 2,25 \text{ mm}$ ), et d'une zone d'inhibition de  $22 \pm 2 \text{ mm}$  obtenu par l'extrait aqueux des feuilles de *T. gallica* issu de l'extraction totale au sur la souche *Enterococcus faecalis*. Pour les CMI, les résultats varient de 6,25 à 50 mg/ml pour les deux souches. Concernant la CMB, tous les extraits ont signé une activité bactériostatique contre *Citrobacter freundii* et l'*Enterococcus faecalis*.

**Mots Clés :** Maroc, *Tamaricaceae*, *Tamarix*, ACP, CAH, Taxon, Répartition, extraction, polyphénols, flavonoïdes, DPPH, activité antibactérienne, CMI, CMB.

## Abstract :

The present research concerns the study of the *Tamaricaceae* family, which is represented in Morocco by a single genus "*Tamarix*". The latter being among the most difficult genera to study in terms of taxonomy. In 1816, 16 species were counted according to Willdnow, but the number has continued to increase. Thus, in 1852 Bunge counted 51 species and studies also continued until the number reached 90 according to Yang and Gaskin (2007). This classification problem may be due to some differences in the differentiation criteria used by researchers, as well as the great similarity between species in this genus. This may explain the impossibility of determining the number of *Tamarix* species in Morocco.

Indeed, the difficulty of our research is the taxonomic study of *Tamarix*. This part highlights the factors that have contributed to controversies over the number of *Tamarix* species in our country and around the world. In this study, three previously reported taxa were confirmed: *T. africana*, *T. boveana* and *T. aphylla*, whereas, for the species *T. amplexicaulis*, it is suspected to exist at a single station. Regarding *T. canariensis* and *T. gallica*, their identity requires further study given the major similarities they present, in order to avoid any kind of confusion.

For this reason, we have conducted further morphological research to show the morphological diversity of similar species. The results for ACP and CAH show significant phenotypic differences between different populations of *T. africana*. This observed morphological variability appears to be due to a number of factors: geographic location, ecological factors including temperature, altitude and humidity. On the other hand, the study of the morphological diversity of *T. gallica* / *T. canariensis*, made it possible to determine the extent of the morphological variation between populations as well as the common characteristics between these populations and their compatibility with the identification keys, which made it possible to identify more precisely the species (*T. gallica*). In addition, the study of the morphological variability of the three species *T. africana*, *T. gallica* and *Tamarix* sp, gave two completely isolated groups. The first is composed of *T. africana* and the second by *Tamarix gallica*. While *Tamarix* sp. shares many morphological characters with *Tamarix gallica*, and referring to the herbarium specimens we have considered *Tamarix* sp. like *T. gallica*.

Regarding growth monitoring, the results showed a morphological variation between the characters studied according to the flowering stages, thus confirming that the diagnosis must take into account the growth stage (anthesis).

The morphological and ecological characters observed during the study of the distribution of the species studied show that these species have great plasticity and a strong capacity for adaptation to the ecological conditions of the environments they occupy. Thus some species of this genus are phreatophytes while others are psammophytes. The presence of certain species, in the Saharan regions (M'hamide, Zagora, Merzouga...), shows that they are thermophyls. In addition, others tolerate areas located at high altitudes with very low temperatures or developing near sources.

The phytochemical study of *T. aphylla*, *T. africana* and *T. gallica*, revealed that the aqueous extracts as well as the dry powder of the different parts of the plant (leaves, flowers, stems, bark and roots) contain phenols, tannins, saponins and phlobatannins. Most organs contain steroids and flavonoids and also terpenoids and amino acids but at lower levels. While proteins, glycosides and alkaloids are absent in all organs in all species.

While for the biochemical study, the contents of polyphenols and flavonoids were determined by spectrophotometric techniques. The quantitative estimation of polyphenols and flavonoids showed that for the different extraction methods. These are the methanolic and aqueous extracts, which have been shown to be the richest for leaves or flowers in both species.

The antioxidant activities were determined, in vitro, through the DPPH test. The evaluation of the antioxidant power (DPPH) showed that seven extracts are endowed with antioxidant activity greater than the value measured by ascorbic acid ( $IC_{50} = 5.23 \mu\text{g} / \text{ml}$ ).

As for the study of the antimicrobial activity of the extracts, obtained by the extraction with Soxhlet (total or by exhaustion), the results show that all the extracts are completely inactive against *Bacillus subtilis*.

While the highest antibacterial activity was observed against on the strain *Citrobacter freundii* with the extract of the flowers of *T. gallica* obtained by petroleum ether from the extraction by exhaustion ( $16,25 \pm 2,25 \text{ mm}$ ), and a zone of inhibition of  $22 \pm 2 \text{ mm}$  obtained by the aqueous extract of the leaves of *T. gallica* from the total extraction on the strain *Enterococcus faecalis*. For MICs, results vary from 6.25 to 50 mg / ml for the two strains. Regarding CMB, all the extracts have shown bacteriostatic activity against *Citrobacter freundii* and *Enterococcus faecalis*.

**Keywords :** Morocco, *Tamaricaceae*, *Tamarix*, ACP, CAH, Taxon, Distribution, extraction, polyphenols, flavonoids, DPPH, antibacterial activity, CMI, CMB.

## ملخص :

يتعلق البحث الحالي بدراسة عائلة 'Tamaricaceae' و التي يتم تمثيلها في المغرب بجنس واحد 'Tamarix'، يعتبر هذا الأخير من بين أصعب الأجناس للدراسة من حيث التصنيف. ففي عام 1816، تم احصاء 51 نوعاً من طرف Willdnow. كما انه في عام 1852، تم احصاء 51 نوعاً من طرف Bunge. واستمررت الدراسات أيضاً حتى وصل العدد إلى 90 وفقاً ل Yang و Gasking. قد تكون مشكلة التصنيف هذه بسبب بعض الاختلافات في معايير التمايز المستخدمة من قبل الباحثين. وكذلك إلى التشابه الكبير بين أنواع هذا الجنس. ما قد يفسر استحالة تحديد عدد أنواع 'Tamarix' في المغرب.

في الواقع، فإن نقطة البداية في بحثنا هي عبارة عن دراسة تصنيفية لـ 'Tamarix'. حيث يسلط هذا الجزء الضوء على العوامل التي ساهمت في عدم حصر أعدادها في بلادنا و حول العالم. ففي هذه الدراسة، تم تأكيدها تواجد ثلاثة أنواع تم الإبلاغ عنها سابقاً: *T. africana* و *T. boveana* و *T. aphylla*، و بالنسبة لـ *T. complexicaulis* فيُشتبه في تواجدها بمحطة واحدة، أما فيما يتعلق بـ *T. canariensis* و *T. gallica*، فيُغيب تجنباً أي نوع من الانتباس. فإن تحديد هويتهم تتطلب مزيداً من الدراسة نظراً لأوجه التشابه الضخمة بينهم.

لهذا السبب، أجرينا مزيداً من الأبحاث المورفولوجية لإظهار التنوع المورفولوجي للأنواع المتماثلة. و قد أظهرت نتائج ACP و CAH. اختلافات ظاهرية كبيرة بين مجموعيات سكانية مختلفة من *T. africana*. يبدو أن هذا التباين المورفولوجي الملحوظ يرجع إلى عدة عوامل: كالموقع الجغرافي و أيضاً للعوامل البيئية بما في ذلك درجة الحرارة و الارتفاع و الرطوبة. من ناحية أخرى، فإن دراسة التنوع المورفولوجي لـ *T. gallica / T. canariensis* جعلت من الممكن تحديد مدى الاختلاف المورفولوجي بين السائبة و كذلك الخصائص المشتركة بينهما و توافقاً مع مفاتيح التعريف. مما جعل من الممكن التعرف على الأنواع بدقة أكبر. بالإضافة إلى ذلك فقد أظهرت نتائج دراسة التباين المورفولوجي للأنواع الثلاثة: *T. africana* و *T. gallica* و *Tamarix sp*. مجموعتين معزولتين تماماً. الأولى تتكون من *T. africana* و الثانية من *T. gallica*. بينما *Tamarix sp*، فتتشارك العديد من الصفات المورفولوجية مع *T. gallica*، و بالاعتماد على معايير المعيشة، فقد تم اعتبار *Tamarix sp* على انها *T. gallica*.

فيما يتعلق برصد النمو، فقد أظهرت النتائج تبايناً شظيلاً بين الصفات المدروسة وفقاً لمراحل الإزهار، مما يؤكد أن التشخيص يجب أن يراعى مرحلة النمو (anthèse).

تظهر الخصائص المورفولوجية و البيئية التي لوحظت أثناء دراسة توزيع الأنواع المدروسة أن هذه الأنواع تتمتع بمرونة كبيرة و قدرة قوية على التكيف مع الظروف البيئية للمناطق التي تشغلها. و بالتالي فإن بعضاً من هذه الأنواع تعد من ضمن phreatophytes، بينما البعض الآخر تعد من ضمن النباتات psammophytes. لأن تواجد بعض هذه الأنواع بالمناطق الصحراوية كالمحميد و زاخورة و مرزوقة، فدل على أنها نباتات thermophyles. بالإضافة إلى ذلك، نجد أن بعضها تنمو بالمناطق الواقعة على ارتفاعات عالية، مع درجات حرارة منخفضة جداً أو أنها تنمو بالقرب من المناخ.

أما بخصوص الدراسة الكيميائية لـ *T. africana* و *T. gallica* و *T. aphylla*، فقد عُشبهت على أن المستخلصات المائية و كذلك المسحوق الجاف لأجزاء مختلفة من هذه النباتات (الأوراق و الزهور و السيقان و اللحاء و الجذور) تحتوي على phénols و tanins و saponines و phlobatanins. كما تحتوي معظم هذه الأجزاء على flavonoïdes و stéroïdes و أيضاً على terpénoïdes و acides aminés، لكن بمستويات أقل. بينما بروتينات و glycosides و alcaloïdes فغائبة في جميع الأجزاء و في جميع الأنواع.

أثناء الدراسة البيوكيميائية، تم تحديد محتويات polyphénols و flavonoïdes بتقنيات القياس الطيفي. أظهر التقدير الضمي لمركبات polyphénols و flavonoïdes أنه بالنسبة لجميع طرق الاستخلاص المستخدمة، فإن مستخلصات الميثانول و الماء، أقيمت أنها الأثنى سواء للأوراق أو الزهور لثلا النوعين. كما تم تحديد نشاط مضادات الأكسدة، في المختبر، من خلال اختبار DPPH، و أظهر تقييم قوة مضادات الأكسدة أن سبعة مستخلصات تتمتع بنشاط مضاد للأكسدة أكبر من القيمة التي تم قياسها بواسطة حمض الأسكوربيك (Vit C):  $IC_{50} = 5,23_{\mu g/ml}$ .

أما بالنسبة لدراسة النشاط المضاد للميكروبات للمستخلصات التي تم الحصول عليها عن طريق الاستخلاص الطلي أو بالاستنزاف باستخدام Soxhlet، فقد أظهرت النتائج أن جميع المستخلصات غير فعالة ضد *Bacillus sibtillus*. بينما لوحظ أعلى نشاط مضاد للبكتيريا على سلالة *Citrobacter freundii* مع مستخلص أزهار *T. gallica* التي تم الحصول عليها باستخدام 'إثير البترول' عن طريق الاستخلاص بالاستنزاف (16,25±2,25 mm). و تم الحصول على 22±2 mm كمنطقة تثبيط على سلالة *Enterococcus faecalis* بواسطة المستخلص المائي لأوراق *T. gallica* و المتحصل عليه عبر الاستخلاص الطلي. بالنسبة لـ CMI، تختلف النتائج من 6.25 إلى 50 mg/ml للملالتين. و فيما يتعلق بـ CMB، فقد أظهرت جميع المستخلصات نشاطاً ضامحاً للجراثيم ضد *Citrobacter freundii* و *Enterococcus faecalis*.

الكلمات المفتاحية: المغرب، Tamarix، Tamaricaceae، أجناس، ACP، CAH، التوزيع، الاستخلاص، نشاط مضاد للبكتيريا، CMI، CMB، DPPH، flavonoïdes، polyphénols



# Liste des Figures

Figure 1	Position de la famille des <i>Tamaricaceae</i> dans le clade des <i>Caryophyllales</i> d'après la classification phylogénétique (APG 2003).	8
Figure 2	Schéma montrant les relations entre les genres de <i>Tamaricaceae</i> (Baume, 1978)	9
Figure 3	Zones de distribution native du genre <i>Tamarix</i> L (Nelroy et Jackson, 1996 cité par Allal, 2014).	9
Figure 4	Différentes formes de feuilles parmi les espèces étudiées de <i>Tamarix</i> : A/ <i>T. tetragyna</i> (sessile à base étroite), B/ <i>T. nilotica</i> , C/ <i>T. mannifera</i> var. <i>arabica</i> (sessile à base auriculée), D/ <i>T. arborea</i> (base agrippante), E/ <i>T. passerinoides</i> (base semi-amplexicaul), F/ <i>T. amplexicaulis</i> (base amplexicaule), G/ <i>T. aphylla</i> (feuilles réduites)(Hosni, 2000).	10
Figure 5	A, B et C : <i>Tamarix Smyrnensis</i> selon Villar <i>et al.</i> , 2014 ; A', B' et C' : <i>Tamarix Smyrnensis</i> : Baum, 1978. D, E et F : <i>Tamarix Nilotica</i> selon Villar <i>et al.</i> , 2014 ; D', E' et F' : <i>Tamarix Nilotica</i> : Baum, 1978.	13
Figure 6	Structure de base des flavonoïdes	16
Figure 7	Divisions géographiques du Maroc. Ms (Maroc saharien), As (Atlas saharien), AA (Anti Atlas), HA (Haut Atlas), MA (Moyen Atlas), Mam (Maroc atlantique moyen), Man (Maroc atlantique nord), Op (Plateaux orientaux), Om (montagnes orientales), LM (côte méditerranéenne), R (Rif). (Fennane <i>et al.</i> , 1999).	20
Figure 8	Localisation des stations choisies dans la région du Rif	23
Figure 9	<i>Tamaricacées</i> du marécage d'El Alyine	23
Figure 10	<i>Tamarix</i> de la station de l'oued Laou	23
Figure 11	Population de <i>Tamarix</i> du Barrage de garde de Larache	24
Figure 12	Localisation de la station de Saïdia	24
Figure 13	Localisation des stations choisies dans le Maroc atlantique nord	24
Figure 14	<i>Tamaricacée</i> de merja Fouarat	25
Figure 15	<i>Tamaricacée</i> de l'oued Bouregreg à Salé	25
Figure 16	Localisation des stations choisies dans le plateau oriental	25
Figure 17	Localisation des stations choisies dans le plateau oriental.	26
Figure 18	Population de <i>Tamarix</i> au bord de l'oued Za	26

Figure	19	Population de <i>Tamarix</i> de l'oued Moulouya au niveau de Guerssif	27
Figure	20	<i>Tamaricacée</i> de la station de Midelt	27
Figure	21	Localisation des stations choisies dans le moyen Atlas	28
Figure	22	Habitats de <i>Tamarix</i> de l'oued Derna	29
Figure	23	Population de <i>Tamarix</i> de l'Oued Srou	29
Figure	24	Jeune pousse de <i>Tamarix</i> au niveau du ruisseau d'Amassine	29
Figure	25	Population de <i>Tamarix</i> de l'oued Srou à proximité d'EL Kebab	30
Figure	26	Localisation des stations choisies dans le Maroc atlantique moyen	31
Figure	27	Oued Oum-Errabia, en amont du Barrage de Kasba Tadla	31
Figure	28	Localisation des stations du Haut Atlas	32
Figure	29	Localisation des stations de l'Anti Atlas	33
Figure	30	Localisation des stations du Maroc saharien	35
Figure	31	Population de <i>Tamarix</i> à l'entrée d'Erfoud	36
Figure	32	Les rives d'Oued Draâ, avant TanTan	36
Figure	33	<i>Tamaricacée</i> de l'oued Ben Khilil à Tan-Tan	36
Figure	34	Les rives de Sakia al-Hamra, Laâyoune	36
Figure	35	<i>Tamaricacée</i> de l'oued Ziz au niveau d'Aoufouss	37
Figure	36	Population de <i>Tamarix</i> de Rissani	37
Figure	37	<i>Tamaricacées</i> de Merzouga (dunes consolidées et dunes meubles)	37
Figure	38	<i>Tamarix</i> poussant sur les rives et le lit d'Oued Ferkla	37
Figure	39	Pieds de <i>Tamarix</i> sur les berges de l'oued Ziz à Errachidia	38
Figure	40	<i>Tamaricacée</i> de la station Ma Youssef	38
Figure	41	Répartition de <i>T. gallica</i> selon Baum (1978).	40
Figure	42	Répartition de <i>T. canariensis</i> selon Baum (1978).	40
Figure	43	Carte des hauteurs des précipitations annuelles (Mokhtari <i>et al.</i> , 2014).	41
Figure	44	Carte des températures moyennes annuelles (Mokhtari <i>et al.</i> , 2014).	41
Figure	45	Carte des bioclimats selon la classification d'Emberger (Mokhtari <i>et al.</i> , 2014).	42
Figure	46	Localisation des populations de <i>Tamarix</i> sur la carte du Maroc.	46

Figure 47	Photographies des caractères morphologiques de différents organes de <i>Tamarix</i> au Maroc.	49
Figure 48	Marquage des chatons pour faciliter le suivi.	51
Figure 49	Schéma illustrant la démarche expérimentale suivie lors de l'étude de la valorisation des espèces du genre <i>Tamarix</i> .	54
Figure 50	Extraction par des solvants de polarité croissante de la poudre végétale	56
Figure 51	Plaque Elisa utilisée pour la détermination de la CMI.	61
Figure 52	Spécimen de <i>Tamarix</i> portant des identifications différentes.	67
Figure 53	Feuilles à limbe amplexicaule	68
Figure 54	Feuilles vaginantes et pseudo-vaginantes sur le même rameau.	68
Figure 55	Feuilles amplexicaules (A : Saquia El Hamra. B : Merzouga).	69
Figure 56	Forme du disque chez <i>T. boveana</i> .	70
Figure 57	Forme et longueur des feuilles de <i>Tamarix boveana</i> collectée au Sahara.	71
Figure 58	A) forme des sépales <i>T. gallica</i> . B) forme des sépales chez <i>T. canariensis</i> (Baum, 1978).	73
Figure 59	Forme du disque : A : <i>T. gallica</i> (Natale <i>et al.</i> , 2008) ; B : <i>T. gallica</i> (Baum, 1978) ; C : <i>T. canariensis</i> (Baum, 1978).	73
Figure 60	Diagrammes de dispersion des populations de <i>T. africana</i> par l'ACP.	80
Figure 61	Arbre hiérarchique (CAH) des populations de <i>T. africana</i>	81
Figure 62	Diagrammes de dispersion des populations de <i>T. gallica</i> / <i>T. canariensis</i> par l'ACP.	86
Figure 63	Arbre hiérarchique (CAH) des populations de <i>T. gallica</i> / <i>T. canariensis</i>	87
Figure 64	Diagrammes de dispersion des populations de <i>Tamarix</i> par l'ACP.	92
Figure 65	Arbre hiérarchique des populations de <i>Tamarix</i> étudiées.	93
Figure 66	<i>T. gallica</i> / <i>T. canariensis</i> a feuille embrassante.	94
Figure 67	Variation de la longueur des chatons au cours du suivi chez <i>T. gallica</i> et <i>T. africana</i>	97
Figure 68	Variation de la largeur des chatons au cours du suivi chez <i>T. gallica</i> et <i>T. africana</i> .	97
Figure 69	Evolution de la longueur des fleurs de <i>T. africana</i> au cours du temps.	97
Figure 70	Différence de la vitesse de l'évolution des stades de floraison chez <i>T. africana</i> en fonction de la position des fleurs sur le chaton	98
Figure 71	Différence de la vitesse de l'évolution des stades de floraison chez <i>T. gallica</i> en fonction de la position des fleurs sur le chaton.	98

Figure 72	Variation de la longueur des fleurs au cours du suivi chez <i>T. gallica</i> et <i>T. africana</i> .	99
Figure 73	Augmentation de la longueur des sépales au cours du suivi	100
Figure 74	Variation de la position des bractées par rapport au calice au cours du suivi chez <i>T. gallica</i> et <i>T. africana</i> .	100
Figure 75	Forme des bractées de <i>T. africana</i> , <i>T. canariensis</i> et <i>T. gallica</i> .	101
Figure 76	Variation de la forme et la longueur des bractées et des pétales chez <i>T. gallica</i> entre les stades de floraison.	102
Figure 77	Chatons de <i>T. gallica</i> produite en mois Juillet a la station du Barrage de K-Tadla.	105
Figure 78	Dépôt de sel sur les rives d'Oued Srou.	107
Figure 79	Absence du sous-couvert.	107
Figure 80	<i>T. gallica</i> submergée au niveau d'El Alyine en mois Avril.	108
Figure 81	Jeune pousse de <i>T. gallica</i> au bord d'oued Draa à M'hamide El Ghizlane.	108
Figure 82	Nebka située au bord d'oued Draa à M'hamide El Ghizlane.	109
Figure 83	Racine très puissant chez les jeunes pousses des <i>T. africana</i> .	110
Figure 84	A) Dune transversale de M'hamide El Ghizlane. B) Barkhane de Merzouga.	111
Figure 85	<i>T. aphylla</i> utilisé contre le mouvement de sable à M'hamide El Ghizlane.	111
Figure 86	Constituants phytochimiques de différentes parties de <i>Tamarix aphylla</i> collecté a Kasba Tadla.	116
Figure 87	Constituants phytochimiques de différentes parties de <i>Tamarix africana</i> collecté à Ait Oudi (Tagzirte)	117
Figure 88	Constituants phytochimiques de différentes parties de <i>Tamarix africana</i> collecté à Oued Srou	117
Figure 89	Constituants phytochimiques de différentes parties de <i>Tamarix gallica</i> collecté à Oued Laabid.	118
Figure 90	Constituants phytochimiques de différentes parties de <i>Tamarix gallica</i> collecté à Kasba Tadla	118
Figure 91	Rendement d'extraction de <i>T. africana</i>	122
Figure 92	Rendement d'extraction de <i>T. gallica</i>	122
Figure 93	Teneur totale en polyphénols de certains extraits de feuilles et des fleurs de <i>T. africana</i> et <i>T.gallica</i>	130

Figure	94	Teneur totale en flavonoïdes de certains extraits de feuilles et des fleurs de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i>	133
Figure	95	Activité antioxydante de certains extraits des feuilles et des fleurs de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i> vis-à-vis le radical DPPH	135
Figure	96	Zone d'inhibition autour des disques contenant l'extrait d'éther pétrole des fleurs de <i>T. africana</i> obtenu par l'extraction par épuisement au soxhlet tester vis-à-vis la <i>Citrobacter freundii</i>	140
Figure	97	Zone d'inhibition autour des disques chargé par 10 µl du DMSO tester vis-à-vis la <i>Citrobacter freundii</i>	140
Figure	98	Détermination de la CMB de l'extrait méthanolique des feuilles de <i>T. africana</i> issue de l'extraction par épuisement sur <i>Enterococcus faecalis</i> .	150

# Liste des Tableaux

Tableau	1	Localisation géographique des populations étudiées de <i>Tamarix</i> .	46
Tableau	2	Caractères morphologiques analysés.	50
Tableau	3	Valeur minimale, maximale, moyenne et coefficient de variation des 19 traits quantitatifs étudiés.	78
Tableau	4	Fréquences (%) des caractères qualitatifs étudiés.	78
Tableau	5	Matrice de corrélations entre les variables morphologiques traitées de <i>T. africana</i>	79
Tableau	6	Valeur minimale, maximale, moyenne et coefficient de variation des 19 traits quantitatifs étudiés.	83
Tableau	7	Fréquences (%) des caractères qualitatifs étudiés.	83
Tableau	8	Matrice de corrélations entre les variables morphologiques traitées de <i>T. gallica</i> / <i>T. canariensis</i>	84
Tableau	9	Valeur minimale, maximale, moyenne et coefficient de variation des 19 traits quantitatifs étudiés ( <i>Tamarix</i> sp).	89
Tableau	10	Fréquences (%) des caractères qualitatifs étudiés ( <i>Tamarix</i> sp).	90
Tableau	11	Pourcentage d'information des dimensions de l'ACP ( <i>Tamarix</i> ).	91
Tableau	12	Matrice de corrélations entre les variables morphologiques traitées des <i>Tamarix</i> .	92
Tableau	13	Température et durée d'extraction de chaque méthode d'extraction	127
Tableau	14	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 5µl (0,5mg) des extraits issus de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i> contre la <i>Citrobacter freundii</i> .	141
Tableau	15	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 10µl (1mg) des extraits issus de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i> contre la <i>Citrobacter freundii</i> .	141
Tableau	16	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 15µl (1,5mg) des extraits issus de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i> contre la <i>Citrobacter freundii</i> .	142
Tableau	17	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de certains antibiotiques contre la <i>Citrobacter freundii</i> .	142
Tableau	18	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 5µl (0,5mg) des extraits issus de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i> contre l' <i>Enterococcus faecalis</i> .	145

Tableau	19	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 10µl (1mg) des extraits issus de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i> contre l' <i>Enterococcus faecalis</i> .	146
Tableau	20	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 15µl (1,5mg) des extraits issus de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i> contre l' <i>Enterococcus faecalis</i> .	146
Tableau	21	Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de certains antibiotiques contre l' <i>Enterococcus faecalis</i> .	147
Tableau	22	Concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits végétaux contre <i>Citrobacter freundii</i> .	148
Tableau	23	Concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits végétaux contre <i>Enterococcus faecalis</i> .	149

## Tables des matières

Dédicace

Remerciement

Liste des figures

Liste des tableaux

Tables des matières

Liste d'abréviation

Liste des glossaires

**Introduction générale** 1

## Synthèse bibliographique

### La famille des *Tamaricaceae* / Le genre *Tamarix*

<b>I</b>	Généralités	7
1	La famille des <i>Tamaricacées</i> / <i>Tamaricaceae</i>	7
2	Le genre <i>Tamarix</i>	9
2.1	Distribution, aspect botanique, et caractéristiques des espèces du genre <i>Tamarix</i>	9
2.2	Traits morphologiques	12
2.3	Utilisation, intérêt médical et biologique	13
3	Les métabolites primaires et secondaires	15
3.1	Les composés phénoliques	15
3.2	Les flavonoïdes	16
3.3	Les antioxydants	17

### Situation et présentation du milieu d'étude

<b>I</b>	Présentation des zones d'études	19
<b>II</b>	Aperçu climatique des zones d'études	38

### Matériels et Méthodes

<b>I</b>	Prospection et échantillonnage du matériel végétal	45
1	Prospection	45
2	Echantillonnage du matériel végétal	47
2.1	Identification des espèces du genre <i>Tamarix</i>	47



2.2	Variabilité morphologique	49
2.3	Variabilité morphologique au cours du suivi	50
2.4	Criblage phytochimique	51
2.5	Dosage des composées biochimiques, activité antioxydante et activité antibactérienne	51
3	Valorisation	52
3.1	Criblage phytochimique	52
3.2	Dosage des composées biochimiques et activité antioxydante	54
3.3	Activité antibactérienne	58
4	Analyse statistique	61
4.1	Variabilité morphologique	61
4.2	Biochimie et activité antibactérienne	61

## Résultats et discussion

### Etude systématique, morphométrique, distribution et écologie des *Tamarix*

#### Chapitre I

##### Etude systématique (Annexe 1)

1	Introduction	64
2	Etude systématique	65
2.1	<i>T. aphylla</i> et <i>T. amplexicaulis</i>	67
2.2	<i>T. africana</i> et <i>T. boveana</i>	69
2.3	<i>T. gallica</i> et <i>T. canariensis</i>	71
3	Conclusion	74

### Etude systématique, morphométrique, distribution et écologie des *Tamarix*

#### Chapitre II

##### Etude de la variabilité morphologique de certaines espèces de *Tamarix*

##### « *T. africana*, *T. gallica* / *T. canariensis* et *Tamarix. sp.* » (Annexe 2)

1	Introduction	76
2	Etude de la variabilité morphologique de <i>Tamarix africana</i>	76
3	Etude de la variabilité morphologique de <i>Tamarix gallica</i> / <i>Tamarix canariensis</i>	82
4	Etude de la variabilité morphologique de <i>T. africana</i> , <i>T. gallica</i> et <i>Tamarix p</i>	89

5	Conclusion	94
<b>Etude systématique, morphométrique, distribution et écologie des <i>Tamarix</i></b>		
<b>Chapitre III</b>		
<b>Suivi de la croissance des pièces florales de <i>T. africana</i> et <i>T. gallica</i></b>		
1	Introduction	96
2	Suivie de la croissance des pièces florales	96
3	Conclusion	102
<b>Etude systématique, morphométrique, distribution et écologie des <i>Tamarix</i></b>		
<b>Chapitre IV</b>		
<b>Distribution géographique (Annexe 3)</b>		
1	Introduction	104
2	Distribution des <i>Tamarix</i>	104
2.1	Espèce a distribution étendue : <i>T. gallica</i>	105
2.2	Espèce a distribution limitée : <i>T. africana</i> et <i>T. aphylla</i>	109
2.3	Espèce a distribution très restreinte et des populations dispersées. : <i>T. boveana</i> et <i>T. amplexicaulis</i>	112
3	Conclusion	113
<b>Etude qualitative et quantitative</b>		
<b>Chapitre I</b>		
<b>Etude biochimique : screening phytochimique</b>		
1	Introduction	115
2	Résultats et discussion	115
2.1	<i>Tamarix aphylla</i>	115
2.2	<i>Tamarix africana</i>	116
2.3	<i>Tamarix gallica</i>	117
3	Conclusion	119
<b>Etude qualitative et quantitative</b>		
<b>Chapitre II</b>		
<b>Etude biochimique : Dosage</b>		
1	Introduction	121
2	Résultats et discussion	121
2.1	Rendement des extractions des différentes méthodes d'extractions.	121
2.2	Dosage de polyphénols dans les extraits des différentes méthodes d'extractions	125

<b>2.3</b>	Dosage des flavonoïdes des extraits des différentes méthodes d'extractions	130
<b>2.4</b>	Activité antioxydante des extraits des différentes méthodes d'extractions	133
<b>3</b>	Conclusion	136

**Etude de  
L'activité antibactérienne**

<b>1</b>	Introduction	139
<b>2</b>	Activité antibactérienne : méthode de diffusion des disques	139
<b>3</b>	Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) et Bactéricide (CMB)	147
<b>4</b>	Conclusion	150

**Conclusion générale et perspectives**

	Bibliographie	155
--	---------------	-----

	Annexe	173
--	--------	-----

## Liste d'abréviation :

PAM : plante aromatique et médicinale

ANOVA : Analyse de variance

ACP : analyse en composantes principales

CAH : arbre hiérarchique

DMSO : Diméthylesulfoxyde

CMI : La concentration minimale inhibitrice

CMB : concentrations minimales bactéricide

Hex : Hexane

Eth : Ether de pétrole

Chl: Chloroform

Dich: Dichloromethane

Met: Methanol

ED : Eau distillée

Fe : Feuille

F : Forme

Lg : Longueur

Lr : Largeur

Ch : Chaton

Rs : Rachis

Br : Bractée

Fl : Fleur

Pt : Pétale

Sp: Sépale

Et : Etamine

Ant : Anthère

B : La Base

C : Le Centre

S : Le Sommet

Nbr : Nombre

## Liste des glossaires :

<b>Psammophyte</b>	Plante adaptée aux milieux sableux
<b>Phréatophyte</b>	Plante dépend de la présence de la nappe phréatique
<b>Thermophile</b>	Plante qui croît dans des conditions de température élevée
<b>Halophyte</b>	Plante adaptée aux milieux salés
<b>Fleur non fonctionnelle</b>	Fleur non fécondable
<b><i>Tamarix</i> sp.</b>	Spécimen non formellement identifié

# Introduction générale

Le Maroc est situé à l'extrême nord-ouest du continent africain, il est doté de deux côtes marines s'ouvrant sur la Méditerranée et l'Océan Atlantique. Il partage également une longue frontière désertique avec la Mauritanie au sud et l'Algérie à l'est. Cette situation géographique offre au Maroc des bioclimats variés : humides, sub-humides, semi-arides, arides, désertique, et de haute montagne. Dans la zone saharienne, le Maroc dispose d'un ensemble d'oasis et de deux grandes chaînes de montagnes (dépassent 4000 m d'altitude) entourées par des plateaux et de vastes plaines (Ben Abid, 1985 ; El-faiz, 2016). Les chaînes montagneuses engendrent un réseau hydrographique très dense et varié.

Le Maroc, un des pays de la Méditerranée, possède un véritable réservoir phyto-génétique avec 41 écosystèmes et 7000 espèces végétales (El-faiz, 2016), dont 5211 espèces et sous-espèces réparties entre 155 familles et 981 genres (Fennane & Ibn Tattoun 2012). Parmi cette diversité floristique, 800 espèces sont réputées pour leur usage aromatique et en médecine traditionnelle (El Haoud *et al.*, 2018). Parmi ces plantes médicinales se situe la famille des *Tamaricaceae* avec le seul représentant au Maroc le genre *Tamarix* L.

Les PAM sont la source la plus importante de la médecine populaire pour la majorité de la population mondiale (El Haoud *et al.*, 2018). D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), 80 % de la population mondiale a recours à la médecine traditionnelle pour satisfaire les besoins en soins de santé primaire. Les PAM sont exploitées sous forme de plantes séchées ou d'extraits végétaux. Elles représentent également un réservoir important de produits ayant des activités diverses qui peuvent avoir de multiples applications notamment dans les domaines médical et pharmaceutique (El Haoud *et al.*, 2018). Ces activités sont en relation avec la présence de composés phytochimiques aux propriétés préventives (alcaloïdes, tanins, flavonoïdes, terpènes, etc.) (Samejo *et al.*, 2013).

Les extraits des plantes ont montré des propriétés anti-inflammatoires et anti-diarrhéiques (Ksouri *et al.*, 2009), et de bonnes activités antibactériennes contre les espèces d'*Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Salmonella* et *Staphylococcus* en raison de la présence de métabolites secondaires (Lefahal *et al.*, 2010 ; Emad & Gamal, 2013 cités par Adnan *et al.*, (2015).

Au Maroc, le genre *Tamarix* est très répandu, il comprend 6 espèces (Baum, 1967, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999) avec une taxonomie non résolue. De nombreuses espèces sont morphologiquement très similaires, probablement en partie, en raison de la capacité de certaines espèces de *Tamarix* à se croiser (Baum, 1978).

Les études dédiées aux espèces du genre *Tamarix* au Maroc restent très limitées. Certaines études ont mentionné la présence des espèces de *Tamarix* au niveau des zones humides ainsi que leurs vertus thérapeutiques (Ennabili & Ater, 1996 ; Ennabili & Gharnit, 2003 ; Ennabili & Ater, 2005 ; Ennabili & Radoux, 2006 ; Hammada *et al.* 2007 ; Benkhniqne *et al.*, 2011 ; El Mansouri *et al.*, 2011 ; Rihane, 2012 ; Orch *et al.*, 2013 ; El joubari *et al.*, 2015). Sans résoudre le problème d'identification (Baum, 1978 ; Fennane *et al.* 1999 ; Valdés *et al.*, 2002). Ces différents travaux ont montré que le genre *Tamarix* est représenté par six espèces : *T. africana*, *T. aphylla*, *T. boveana*, *T. canariensis*, *T. amplexicaulis* et *T. gallica*.

Le genre *Tamarix* présente également des intérêts écologiques. Les arbres forment un habitat essentiel aux oiseaux migrateurs et aux estivants-nicheurs (Hamidi, 1990). Ils sont même utilisés en génie végétal comme brise-vent et fixateurs de dunes (Frossard et Évette, 2009 ; Lavaine *et al.*, 2011).

Des études sur *Tamarix gallica* ont montré que cette présente des vertus thérapeutiques (Ksouri *et al.*, 2009 ; El Amin, 2016). Cependant sur le plan taxonomique, la présence de cette espèce au Maroc est douteuse (Baum, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999), elle reste à confirmer. Elle présente de forte confusion avec *Tamarix canariensis* dues à la présence de caractères intermédiaires chez les spécimens des deux espèces (Baum 1978 ; Rivas Cembellin *et al.*, 1990 in Barry & Luque, 1998). Cependant, sa présence au Maroc a été signalée dans d'autres travaux récents sans résoudre le problème lié à la confusion de *T. gallica* avec *T. canariensis* (Ennabili & Ater, 1996 ; Valdés *et al.*, 2002 ; Ennabili & Gharnit, 2003 ; Ennabili & Ater, 2005 ; Ennabili & Radoux, 2006 ; Benkhniqne *et al.*, 2011 ; El Mansouri *et al.*, 2011 ; Rihane, 2012 ; Orch *et al.*, 2013 ; El joubari *et al.*, 2015). D'autres confusions morphologiques sont également signalées entre *T. boveana* et *T. africana* (Villar *et al.*, 2012) et entre *T. africana* et *T. gallica* (Kuzminsky *et al.*, 2016). Ajoutons également le problème rencontré en examinant des échantillons de l'herbier de l'Institut Scientifique de Rabat où certains spécimens sont identifiés, par deux auteurs, sous deux noms différents. Les similitudes entre ces espèces et les erreurs d'identification sont susceptibles de limiter l'efficacité des clés adoptées. A la suite de ces controverses et du fait que certaines espèces du genre *Tamarix* sont considérées comme plantes médicinales, il s'est avéré nécessaire de lever le doute sur la présence de *T. gallica* au Maroc et sur la confusion de point de vu morphologique entre certaines espèces. Pour ces différentes raisons, et dans le cadre de cette thèse, ce travail a été conduit dans le but d'étudier la variabilité morphologique et la répartition des espèces du genre *Tamarix* au Maroc. En plus, du fait que parmi ces espèces certaines sont considérées comme des plantes médicinales, une partie du

travail a été consacrée à l'évaluation de la toxicité des extraits issus de ces espèces sur certaines souches bactériennes dans le but d'une éventuelle valorisation de ces espèces.

A cet égard, le présent travail se compose de deux volets : (1) une étude de la variabilité morphologique des espèces du genre *Tamarix* (2) et une étude sur la valorisation de certaines espèces de *Tamarix*.

**Premier volet** : cette partie du travail est consacrée à l'étude des caractères morphologiques d'individus de différentes populations étudiées afin de résoudre le problème de l'identification des espèces du genre *Tamarix* au Maroc. Par conséquent, il était nécessaire d'élargir la zone d'étude pour inclure la plupart des zones géographiques. Ainsi des populations ont été étudiées dans des zones où leur présence a été déjà signalée en nous référant aux localités citées sur les fiches des spécimens marocains présentés dans l'herbier de l'Institut Scientifique de Rabat. En parallèle de nouvelles localités ont été prospectées. L'examen des échantillons de l'herbier nous a permis d'en savoir plus sur les caractéristiques morphologiques, sur les clés utilisées par les chercheurs à travers leur identification des spécimens, sur l'aire de répartition des populations à travers le pays. A travers cette approche nous avons pu étudier de manière critique les différents caractères morphologiques des espèces de *Tamarix* qui sont cités dans les clés taxonomiques, en particulier les espèces similaires, en essayant de chercher d'autres caractères discriminants et de fournir un outil permettant une identification facile de ces espèces. Ajoutons également l'importance de l'étude réalisée sur le suivi de la croissance de certaines pièces florales, en montrant leur influence sur la taxonomie des spécimens.

**Deuxième volet** : Le nombre élevé des stations d'échantillonnages et des populations étudiées nous a été d'une importance pour déterminer l'étendue de la distribution actuelle de chaque espèce, avec certaines caractéristiques de son milieu de développement (altitude, température, type de sol, *etc.*).

**Troisième volet** : après l'étude de l'aspect botanique et géographique et dans le cadre de la valorisation des ressources naturelles, la troisième tranche du travail a été consacrée à l'approche phytochimique et l'activité biologique de certaines espèces du genre *Tamarix*. L'étude a concerné la détection des métabolites spécialisés dans cinq organes différents des espèces les plus répandues au Maroc en utilisant trois méthodes d'extraction et six solvants afin de rechercher le meilleur procédé et le meilleur solvant pour garantir une meilleure extraction. Cette étape a été suivie par la détermination de la capacité antioxydante des extraits mesurés par le test DDPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl).

Finalement, nous avons évalué l'activité antibactérienne des extraits de deux espèces (*Tamarix africana* et *Tamarix gallica*) obtenus par deux méthodes d'extraction (extraction totale par



soxhlet et par épuisement) en utilisant des solvants différents, ce qui a permis de mieux identifier les extraits à efficacité antibactérienne, pour une éventuelle utilisation dans divers domaines aussi bien pharmaceutique que médical.

Notre travail s'articule globalement autour de trois grandes parties :

- I. **Première partie** : Synthèse bibliographique dans laquelle seront présentées des généralités sur le genre *Tamarix*.
- II. **Deuxième partie** : elle est divisée en trois chapitres :
  1. **Chapitre I** : *Etude systématique* : elle porte sur la comparaison entre les clés, les monographies, les échantillons de l'herbier, et les études portées sur la variabilité morphologique des espèces de *Tamarix*, des espèces mentionnées au Maroc, et même celles à statut douteux ;
  2. **Chapitre II** : *Etude de la variabilité morphologique de certaines espèces de Tamarix* : à travers laquelle nous avons pu déterminer le niveau de diversité morphologiques de certaines espèces de *Tamarix* (*T. africana*, *T. gallica* / *T. canariensis* et *Tamarix* sp.) ;
  3. **Chapitre III** : *Suivi de la croissance des pièces florales* : Une étude comparative de la variabilité morphologique de certaines pièces florales en suivant leur croissance a permis de montrer leur influence sur l'identification des spécimens.
- III. **Troisième partie** : *Distribution géographique* :

Le but de cette partie est de dresser un inventaire des espèces de *Tamarix* présentes au Maroc et de fournir des informations sur leur aire de répartition et leur degré de distribution.
- IV- **Quatrième Partie** : elle est divisée en trois chapitres :
  1. **Chapitre I** : *Etude biochimique* avec deux sous-chapitres :
    - ✓ Etude qualitative : screening phytochimique : a pour but de détecter les différentes classes des substances secondaires de trois espèces : *T. aphylla*, *T. africana* et *T. gallica*.
    - ✓ Etude quantitative : dosage des métabolites spécialisés : s'agit d'une estimation quantitative des flavonoïdes et des polyphénols ainsi que l'évaluation du pouvoir antioxydant des extraits de *Tamarix africana* et *Tamarix gallica*.
  2. **Chapitre II** : *Activité antibactérienne* : Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Tamarix africana* et *Tamarix gallica* contre trois bactéries : *Bacillus sibiricus* ATCC 315, *Enterococcus faecalis* ATCC 19433 et *Citrobacter freundii* ATCC 8090.

Ce travail se termine par des recommandations pour une étude complète en appliquant l'approche moléculaire dans l'identification des espèces du genre *Tamarix* au Maroc pour pouvoir distinguer les espèces qui présentent des caractères morphologiques très proches.

# **Synthèse bibliographique**

**La famille des *Tamaricaceae* / Le genre  
*Tamarix***

# I. Généralités

## 1. La famille des *Tamaricacées* / *Tamaricaceae*

La famille des *Tamaricaceae* comprend des arbres ou d'arbustes qui présentent des petites feuilles alternes, entières, serrées, généralement sessiles (Battandier, 1907). Les fleurs sont généralement en grappes, rarement solitaires, hermaphrodites, ayant quatre à cinq pétales. Les étamines sont en nombre de 4, 5 et parfois plus. Elles sont insérées sur le disque nectarifère et rarement réunies en fascicule à la base. Le pistil, constitué de 2 à 5 carpelles, possède un ovaire supère et un style court, la placentation est pariétale, rarement cloisonnées. Les ovules sont nombreux. Les graines sont nombreuses, poilues à l'extrémité basale avec un embryon orthotrope (Yang & Gaskin, 2007).

Cette famille a été placée par Rusanov dans l'ordre des *Primulales* (1949, cité par Déloach *et al.*, 2003). Cependant a été classée en tant que famille sœur des *Frankeniaceae*, parce qu'elles partagent des caractères semblables tels que la chimie secondaire, la structure des glandes et les feuilles en forme d'écailles (Kubitzki *et al.*, 2003 cité par Arianmanesh *et al.*, 2016). Ces deux familles ont été classées jusqu'à récemment dans l'ordre des *Violales* (Anderson, 2005 cité par Khabtane, 2015 ; Thorne, 1976, Cronquist, 1988 cité par Arianmanesh *et al.*, 2016) ensuite dans l'ordre des *Tamaricales* (Lewis *et al.*, 2003 ; Dahlgren, 1983, Takhtajan, 1997 cité par Arianmanesh *et al.*, 2016). Par ailleurs des analyses récentes de données de séquences moléculaires ont modifié le placement traditionnel de nombreuses familles de plantes, ainsi les *Tamaricaceae* sont actuellement inclus dans l'ordre des *Caryophyllales* (APG, 2003 cité par khabtane, 2015 ; APG III, 2009 cité par Arianmanesh *et al.*, 2016) (Figure 1) :

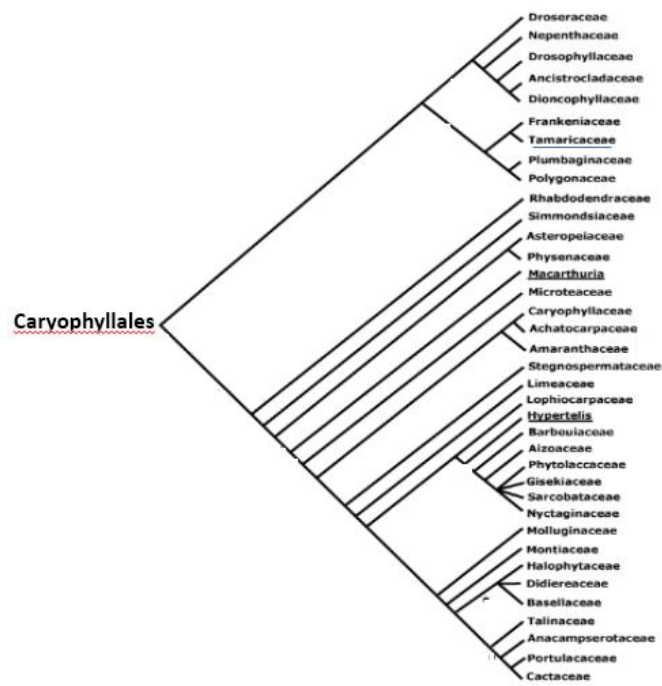


Figure 1 : Position de la famille des *Tamaricaceae* dans le clade des *Caryophyllales* d'après la classification phylogénétique (APG 2003).

La famille des *Tamaricaceae* se trouve dans les régions tempérées et subtropicales d'Afrique et d'Eurasie, dans le désert, les steppes, les zones côtières et le long des rivières (Arianmanesh *et al.*, 2015).

Le nombre de genre de la famille des *Tamaricaceae* a varié en fonction des travaux antérieurs. Baume (1978) et Qaiser & Perveen (2004), la famille des *Tamaricaceae* se compose de quatre genres : *Tamarix*, *Myricaria*, *Reaumuria* et *Halolachna*. *Tamarix* est le seul genre de la famille qui possède des tendances vers des fleurs tétramères, tout en gardant deux verticilles d'étamines. Tandis que *Myricaria*, espèce pentamère, possède deux verticilles d'étamines complètement fusionnés ayant des anthères soudées entre elles au sommet des filets. Chez le genre *Reaumuria*, généralement de type pentamère, le verticille externe a été transformé et fusionné avec le verticille du pétale.

De plus, *Tamarix* atteint un stade évolutif très avancé dans certaine caractéristique, ce qui donne à *Tamarix* une position plus ancestrale primitive au sein de la famille (Baume, 1978) (Figure 2)

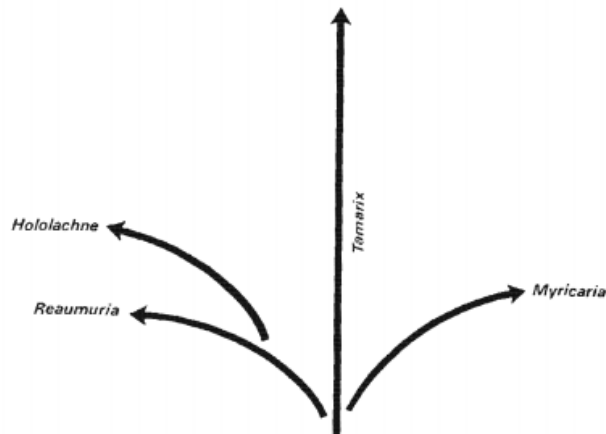


Figure 2 : Schéma montrant les relations entre les genres de *Tamaricaceae* (Baume, 1978).

## 2. Le genre *Tamarix*

### 2.1 Distribution, aspect botanique, et caractéristiques des espèces du genre *Tamarix*

Le genre *Tamarix* nommé auparavant *Tamariscus* (Niloufari, 1977), est issu de la période du Crétacé dans les déserts Turaniens et Moyen-Orient (Rusanov, 1949 ; Kovalev, 1995 cités par Deloach *et al.*, 2003). Il appartient à la famille des *Tamaricaceae*. originaire de la Méditerranée, d'Europe occidentale, d'Afrique du Nord, d'Asie centrale, du nord-est de la Chine et de l'Inde (Hosni, 2000 ; Kuzminsky *et al.*, 2014). Pae ailleurs, certaines espèces vivent dans des parties disjointes au sud du continent africaine notamment en Afrique du sud, en Angola et en Namibie (Ijbari *et al.*, 2014) (Figure 3).



Figure 3 : Zones de distribution native du genre *Tamarix* L. (Nelroy et Jackson, 1996 cité par Allal, 2014).

Les espèces du genre *Tamarix* comprennent des arbres ou des arbustes atteignant 5–6 m de hauteur. Elles peuvent atteindre jusqu'à 20 mètres chez certaines espèces comme *T. aphylla* (Villar *et al.*, 2019).

Les feuilles de *Tamarix* sont généralement sessiles, charnues, nettement réduites ou très petites (Hosni, 2000), donnant aux rameaux l'apparence de certaines espèces de genévriers (Niloufari, 1977) (Figure 4) :

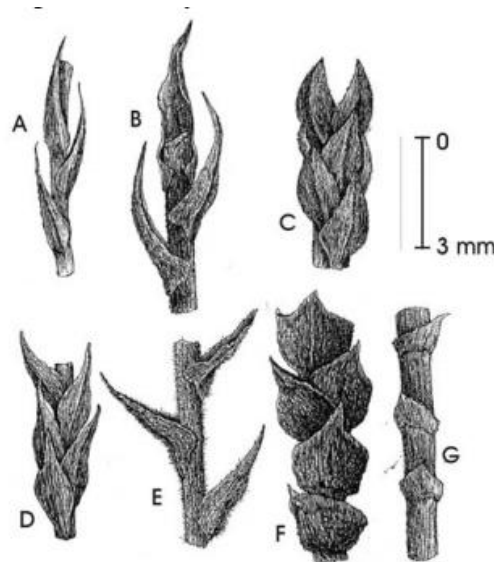


Figure 4 : Différentes formes de feuilles parmi les espèces étudiées de *Tamarix* : **A/** *T. tetragyna* (sessile à base étroite), **B/** *T. nilotica*, **C/** *T. mannifera* var. *arabica* (sessile à base auriculée), **D/** *T. arborea* (base agrippante), **E/** *T. passerinoides* (base semi-amplexicaul), **F/** *T. amplexicaulis* (base amplexicaule), **G/** *T. aphylla* (feuilles réduites)(Hosni, 2000).

Ce sont des plantes à fleurs à longue durée de vie (50 à 100 ans) (Ijbari *et al.*, 2014). Elles se développent dans des habitats secs et arides (Orabi *et al.*, 2011). Par ailleurs, elles peuvent coloniser les habitats riverains d'eau douce des régions tempérées et subtropicales (Qaiser, 1981 ; Zohary, 1987), elles tolèrent même de fortes concentrations en sel (Lesica *et al.*, 2001).

Dans leurs régions d'origine, ces plantes ne montrent pas de phénomène invasif (Kuzminsky *et al.*, 2014). Par ailleurs, aux Etats-Unis d'Amérique (USA), en Australie et d'autres pays du monde, y compris l'Afrique du Sud, diverses espèces de *Tamarix* ont été introduites et sont devenues envahissantes (Mayonde *et al.*, 2015). Si nous prenons le cas de l'Ouest des Etats-Unis, *Tamarix* a occupé plus de 40 000 ha (Imada *et al.*, 2015), ainsi il a été considéré comme une espèce nuisible aux Etats-Unis (Sobhian *et al.*, 1998 ; Lesica et Miles, 2004) du fait qu'il concurrence les communautés de plantes indigènes, il dégrade l'habitat de la faune y compris celui de nombreuses espèces en voie de disparition (Lewis *et al.*, 2003 ; Merrit *et al.*, 2010) et il modifie à la fois la composition des espèces et les processus biologiques de fonctionnement

écosystémique (Lesica et Miles, 2004). De plus, les changements des facteurs environnementaux liés à la prolifération des espèces du genre *Tamarix* comprennent l'augmentation de la salinité des sols, les changements dans la dynamique de l'incendie, la réduction de la valeur récréative et productive de la terre (Natale *et al.*, 2008), et par conséquent, la réduction de la qualité des habitats naturels et la suppression de la diversité des espèces (Merritt *et al.*, 2010). En outre, un peuplement dense de *Tamarix* va croître là où la nappe d'eau est comprise entre 1,5 et 6 m de la surface. Ils utilisent de grandes quantités d'eau qui réduisent le débit des cours d'eau, le niveau d'eau souterraine (Zhang *et al.*, 2002) et capable de dessécher les sources. D'après Edward *et al.* (2005), *Tamarix* est une plante qui peut consommer rapidement et en grande quantité de l'eau quand elle était disponible.

Toutefois, le taux d'évapotranspiration peut varier en fonction de la profondeur de la nappe phréatique et de la salinité des sols. Dans les conditions sèches ou très chaudes, *Tamarix* ne transpire pas toujours à des taux potentiels, c'est une adaptation et la conservation de l'eau dans ces situations (sèches ou très chaudes) est d'une importance écologique (Zhang *et al.*, 2002). Ces plantes sont capables de maintenir un contrôle stomatique plus strict que les espèces indigènes, limitant ainsi la perte d'eau pendant les conditions de sécheresse (Edward *et al.*, 2005). Elles n'ouvrent leurs stomates qu'au lever du jour pendant les heures les plus fraîches et plus humides de la journée. Cela leur permet d'acquérir le CO<sub>2</sub> adéquate sans perdre beaucoup d'eau. Les stomates se ferment pendant les heures les plus chaudes de l'après-midi, ce qui réduit la perte de l'eau. Le taux d'évapotranspiration d'été peut également varier considérablement avec la densité du peuplement et d'autres conditions de stress (Zhang *et al.*, 2002).

Les espèces du genre *Tamarix* sont des phréatophytes facultatives, elles peuvent extraire l'humidité du sol non saturé (Lesica et Miles, 2004) ce qui peut leur permettre de tolérer de longues périodes de sécheresse (Lesica *et al.*, 2001). Cependant ces plantes, considérées comme ripariennes, montrent une résistance face à l'anoxie et à l'inondation, elles peuvent se développer dans des sols saturés en eau et il supporter ainsi une submersion prolongée (Lavaine, 2009).

*Tamarix* peut également croître et survivre dans des habitats où les concentrations en sels sont élevés, c'est une plante halophile (Imada *et al.*, 2015).

Le système racinaire des espèces du genre *Tamarix* est bien développé, il peut avoir une plus grande profondeur d'enracinement, ce qui les permet d'utiliser les eaux souterraines aussi profondes que 6 m, ou plus (Edward *et al.*, 2005). La racine primaire augmente régulièrement vers le bas avec peu de ramifications jusqu'à ce qu'elle atteigne la nappe phréatique (Lesica *et al.*, 2001 ; Zhang *et al.*, 2002), ensuite la ramification des racines secondaire devient abondante



ce qui aboutit à la formation d'un système racinaire étendu est largement responsable de sa compétitivité et la survie en situation de stress (Zhang *et al.*, 2002).

Concernant la reproduction sexuée, *Tamarix* peut atteindre la maturité reproductive en une année, produisant un demi-million ou plus de petites graines par plante et par an. Les jeunes pousses peuvent atteindre 3 à 4 m de haut et produisent de petites fleurs blanches ou roses (Edward *et al.*, 2005). Les graines sont dotées à la base d'une touffe de poils de 2 mm (Zhang *et al.*, 2002), ce qui favorise leur dissémination par les oiseaux, les mammifères, les machines agricoles (Gaskin *et al.*, 2006). Elles sont également disséminées par le vent ou l'eau sur de très longues distances ce qui leur permet de coloniser de nombreux milieux (Edward *et al.*, 2005 ; Gaskin *et al.*, 2006).

Certaines espèces de *Tamarix* peuvent produire un demi-million de petites graines minuscules par an à partir de début mai (*Tamarix laxa*) à octobre (*Tamarix hispida*) (Edward *et al.*, 2005). Les graines produites par les plantes matures de *Tamarix* ont une taille moyenne de l'ordre de 0,5 mm et un poids moyen d'environ 0,1 mg (Zhang *et al.*, 2002 ; Gaskin *et al.*, 2006). Une fois mouillées, les graines fraîches germent habituellement dans les 24 heures qui suivent (Lesica *et al.*, 2001).

Le genre *Tamarix* est caractérisé également par la présence de la reproduction asexuée, il peut se reproduire à partir de fragments de tige et coloniser de vastes surfaces (Ijbari *et al.*, 2014).

## **2.2 Traits morphologiques**

La monographie de Baum (1978), bien qu'elle soit très ancienne, reste la principale référence dans la description du genre *Tamarix*. Selon cet auteur, les espèces de ce genre sont parmi les Angiospermes les plus difficiles à identifier. Les caractères discriminants ne sont pas assez nombreux ce qui crée de grandes similitudes entre certaines espèces en suscitant des doutes quant à leur présence dans certaines zones, comme le cas de *T. gallica* au Maroc. Et à partir de l'année 1978 ou Baum a publié sa monographie, personne ne s'est intéressé à éclaircir le doute qui existe au sujet de la présence de cette espèce au Maroc, de sorte que certaines études mentionnaient sa présence dans plusieurs zones humides et désertiques (Ennabili & Ater, 1996 ; Ennabili & Gharnit, 2003 ; Ennabili & Ater, 2005 ; Ennabili & Radoux, 2006 ; El Mansouri *et al.*, 2011 ; Rihane, 2012) sans donner aucune description des caractères morphologiques des spécimen identifié et leur compatibilité avec les clés de classification.

En outre, la présence de critères de similitudes morphologiques entre les espèces de ce genre, et les descriptions variées des clés taxonomiques empêchent une identification précise des espèces (Figure 5).

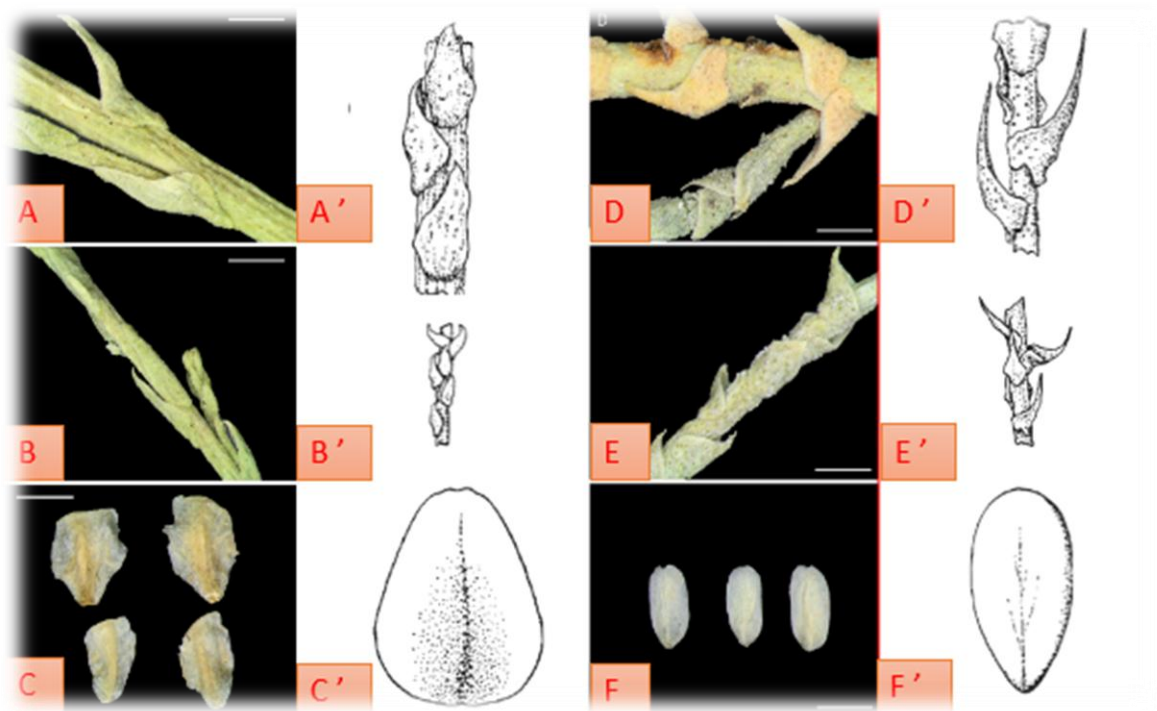


Figure 5 : A, B et C : *Tamarix Smyrnensis* selon Villar *et al.*, 2014 ; A', B' et C' : *Tamarix Smyrnensis* : Baum, 1978. D, E et F : *Tamarix Nilotica* selon Villar *et al.*, 2014 ; D', E' et F' : *Tamarix Nilotica* : Baum, 1978.

En 2017, une étude menée par Elkordy et ses collaborateurs, traitant la morphologie du pollen de six espèces de *Tamarix* au microscope optique et au microscope électronique à balayage, ainsi qu'une étude systématique basée sur 33 caractères morphologiques, montre que *Tamarix nilotica* peut être facilement séparé des autres taxons par sa forme de pollen.

En Iran, l'étude d'Arianmanesh et ses collaborateurs (2016), a été réalisée sur des échantillons, pour tester la congruence chez *Tamarix* entre les caractères morphologiques décrites par Baum (1978) et l'identification des espèces par l'approche moléculaires. Mais, les résultats obtenus ont montré que l'identification morphologique des espèces n'est pas compatible aux identifications issues d'approches moléculaires.

### 2.3 Utilisation, intérêt médical et biologique

*Tamarix* est une plante qui possède de nombreuses valeurs notamment environnementales et commerciales. Le genre est connu comme brise-vent, il contrôle également l'érosion des sols (Baum, 1978). Dans certaine région du globe, il a été planté pour lutter contre la désertification (Zhang *et al.*, 2012) ainsi que pour le combustible et les matériaux de construction (Ijbari *et al.*, 2014).

Par ailleurs, certaines espèces du genre *Tamarix* sont connues pour leurs vertus thérapeutiques. Leur efficacité a été montrée dans le traitement de nombreuses maladies en raison de leurs richesses en molécules actives (Sharma & Parmer, 1998 cité par Orabi *et al.*, 2011).

Au Maroc, une seule étude qui été dédié à la valorisation de *Tamarix*, elle a été réalisée par Sqalli (*et al.*, 2007) sur les extraits aqueux issue de l'infusion ou le décocté ainsi que l'extrait éthanolique des feuilles de *Tamarix africana*. Cette étude a montré la présence de la propriété anti-mycobactérienne de cette espèce pour lutter contre de la tuberculose.

D'autres travaux antérieurs ont montré que les feuilles sont traditionnellement utilisées en Algérie pour le traitement des troubles de l'appareil digestif et des maladies gastroduodénales (Hassiba *et al.*, 2014).

*T. aphylla* a été également citée dans d'autres travaux pour ces vertus (Bibi *et al.*, 2015 ; Al-Jaber & Allehaib, 2017). Elle est utilisée en médecine traditionnelle pour guérir diverses affections, y compris l'hépatite, l'eczéma et les maladies de la peau (Alrumman, 2016). Leurs feuilles sont utilisées comme agent anti-inflammatoire et cicatrisant, son écorce et leurs galls sont utilisées également pour traiter l'hépatite, l'eczéma et d'autres maladies de la peau (Bibi *et al.*, 2015).

La recherche menée par Adnan (*et al.*, 2015), sur les propriétés antibactériennes de *Tamarix aphylla*, a montré que les alcaloïdes extraits à partir des feuilles de cette espèce ont enregistré une activité inhibitrice maximale contre *Staphylococcus aureus* (bactérie à Gram positif) et contre *Pseudomonas aeruginosa* (bactérie à Gram négatif), qui sont deux bactéries responsables d'infections multiples : cutanée, osseuse, urinaire, pulmonaire, etc. Alors que les flavonoïdes ont montré l'effet inhibiteur le plus élevé contre *Salmonella typhi* (bactérie à Gram négatif) qui provoque chez l'être humain des maladies comme la fièvre typhoïde. L'effet des flavonoïdes a été également enregistré contre *Staphylococcus aureus* (Adnan *et al.*, 2015). La décoction de feuilles de *Tamarix aphylla* a également été utilisée pour guérir certaines maladies de la rate (Marwat *et al.*, 2011), la fièvre, le tétanos, la jaunisse, et les rhumatismes (Suleiman, 2019). D'autre part, les feuilles bouillies dans de l'eau puis déposées sur la zone affectée soulagent les rhumatismes et les blessures (Marwat *et al.*, 2011). Ajoutons également que les racines sont utilisées comme pâtes appliquées directement sur les plaies pour traiter les infections cutanées (Suleiman, 2019). Une autre étude, présentée par Iqbal *et al.*, (2015), révèlent que l'extrait d'écorce de *Tamarix aphylla* inhibe la croissance de plusieurs souches bactériennes et fongiques. Ce qui confirme ces activités c'est la forte teneur des extraits de cette plante en polyphénols et en flavonoïdes. Ainsi les résultats de l'étude réalisée par Tabet (*et al.*, 2018), a montré que la teneur en polyphénol de l'extrait de cette plante est de  $398,42 \pm 5,21$  mg GAE /

g MS, et celle en flavonoïdes est de  $120,55 \pm 3,41$  mg EC / g MS. En plus, l'analyse HPLC (chromatographie liquide haute performance), une méthode de séparation des constituants d'un mélange, a montré qu'au moins 8 composés phénoliques ont été détectés dans l'extrait de feuille, dont les plus importants sont l'acide vanillique, la naringine et l'acide caféique. Les graines de cette plante naturelle sont également censées être une source prometteuse pour de nouveaux médicaments car elles contiennent des propriétés antioxydantes et des composés phénoliques. Concernant *T. gallica* l'étude menée par Boulaaba *et al.*, (2013) ont montré que tous les extraits des feuilles et des fleurs de cette espèce inhibaient de manière significative la croissance des cellules cancéreuses (Caco-2 : cellules cancéreuses du côlon), ce qui suggèrent que *T. gallica* est une espèce candidate prometteuse à utiliser comme source de biomolécules anticancéreuses. Deux ans après, en 2015, Boulaaba et ses collaborateurs, montrent que les fleurs de cette espèce possèdent une forte activité contre la bactérie Gram + *Micrococcus luteus*. Les autres espèces de *Tamarix* sont également dotés de nombreuses vertus thérapeutiques, ainsi au Pakistan Samejo *et al.* (2013) ont montré dans leur travail que l'espèce *Tamarix dioica*, est utilisée comme diurétique, carminatif et même pour combattre l'inflammation hépatique et splénique.

### **3. Les métabolites primaires et secondaires**

Le métabolisme primaire comprend toutes les voies de synthèse des composés nécessaires à la croissance et au développement des plantes (Chaabani, 2019). Ainsi, les métabolites de base qui en dérivent jouent un rôle clé et bien établi chez toutes les plantes : acides aminés et protéines, acides gras, sucres, polysaccharides, etc ... (Royer, 2013).

En revanche, le métabolisme spécialisé implique d'autres voies de synthèse de composés qui ne sont pas directement impliqués dans la croissance des plantes (Royer, 2013) et qui ne sont pas essentiels à la vie végétale (Alilou, 2012). Les métabolites spécialisés sont impliqués dans l'interaction de la plante avec son environnement, assurant une protection et une défense contre les UV, et attirant les insectes utiles pour la pollinisation, etc ... (Royer, 2018).

Les plus grands groupes de métabolites secondaires ou spécialisés chez les plantes sont : les alcaloïdes, les terpénoïdes et les composés phénoliques.

#### **3.1 Les composés phénoliques**

Les composés phénoliques (ou polyphénols) regroupent plusieurs milliers de molécules qui caractérisent les espèces végétales (Albrecht *et al.*, 1999 ; Clé *et al.*, 2008 cité par Royer, 2018).

En 2009, Bénard a rapporté dans son travail que jusqu'à cette date, 10 000 composés chimiques issus de plantes ont été mis en évidence.

Les polyphénols sont des molécules organiques très diverses constituées d'un ou plusieurs cycles benzéniques avec une ou plusieurs fonctions hydroxyle. Ils peuvent être divisés en plusieurs catégories selon la complexité du squelette de base (noyau C<sub>6</sub>), le degré de modification du squelette (oxydation, hydroxylation, etc.), et selon les molécules auxquelles ils sont associés (glucides, lipides, protéines, etc) (Benard, 2009).

Ils sont présents dans toutes les parties de la plante, mais leur distribution quantitative varie selon les tissus (Dai & Mumper 2010 ; Waksmundzka-Hajnos & Sherma, 2011 ; Boubekri, 2014). Ils sont localisés dans les vacuoles et dans la paroi cellulaire. La localisation des polyphénols est liée à leur rôle dans la plante et peut être très caractéristique. Leur répartition entre les tissus. Au niveau de la plante entière, il faut noter que certains composés ne s'accumulent que dans des organes bien définis. Par exemple, les composés phénoliques impliqués dans la coloration par l'intermédiaire des anthocyanes sont accumulés au niveau de la peau de certains fruits (pomme rouge, tomate) ou dans les pétales des fleurs, etc. (Boubekri, 2014).

### 3.2 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune, ils possèdent tous la même structure de base (Bruneton, 1999) qui est représentée par un squelette identique formé de deux cycles en C<sub>6</sub> reliés par une chaîne en C<sub>3</sub> (Ben Rahal, 2012) (figure 6).

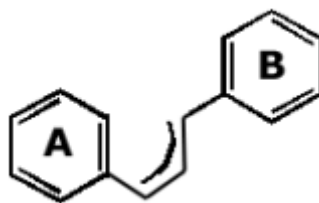


Figure 6 : Structure de base des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont une grande classe de métabolites spécialisés, englobant plus de 10 000 structures, localisés dans différentes cellules et compartiments cellulaires et potentiellement liés à leurs multiples fonctions dans les interactions avec l'environnement végétal. Ils sont synthétisés au niveau du chloroplaste. Certains quittent ces organites et se rassemblent dans des vacuoles (Agati *et al.*, 2012). Ce sont des substances colorées, responsable de la coloration de nombreux fruits, fleurs... (Kebieche, 2009).

Ils sont des molécules liposolubles et hydrosolubles capable de piéger efficacement les radicaux libres et chélateurs des métaux (cuivre, fer) (Kebieche, 2009 ; Ben Rahal, 2012).

### **3.3 Les antioxydants**

Un antioxydant se définit comme toute substance qui, lorsqu'elle est présente en faible concentration comparée à celle du substrat oxydable, retarde ou prévient de manière significative l'oxydation de ce substrat. (Congo, 2012).

En outre, l'antioxydant alimentaire idéal, doit être soluble dans les graisses, efficace à faible dose, et non toxique, n'entraînant ni coloration, ni d'odeur, ni saveur indésirable, résistant aux processus technologiques, et stable dans le produit fini (Pokorny *et al.*, 2001 cité par Kahina, 2019).

# **Situation et présentation du milieu d'étude**

## **I. Présentation des zones d'études**

Différentes régions du Maroc ont été choisies pour mener la présente avec plusieurs objectifs : réaliser un inventaire des espèces du genre *Tamarix* dans notre pays, de déterminer leur aire de répartition, et résoudre le problème de leur identification. Une étude approfondie sur la taxonomie de ces espèces s'est avérée nécessaire afin de dissiper les doutes quant à la présence au Maroc de certaines espèces. Par ailleurs une partie du travail a été consacrés à la caractérisation biochimique qui permettra de valoriser certaines espèces de *Tamarix* connues pour leurs vertus thérapeutiques.

La réalisation d'un inventaire exhaustif du genre *Tamarix* dans les différentes régions biogéographiques du Maroc nous a permis d'analyser, d'examiner les échantillons, et de déterminer l'étendue, la présence, le degré de rareté ainsi que la détermination des périodes de floraison de certaines espèces.

Cette étude a été réalisée sur 560 échantillons répartis entre 51 localités (stations). Ces sites d'étude appartiennent à neuf divisions géographiques parmi les onze divisions citées dans le découpage floristique adoptées par Fennane (1999) (Figure 7). Ces stations présentent une importante variabilité spatiale des situations climatiques, géologiques, topographiques et hydrologiques (Dakki *et al.*, 2003 ; Maire *et al.*, 2013 ; El joubari *et al.*, 2015). Certaines localités subissent une influence des sources d'eaux salines ou des eaux marines qui agit sur le taux de salinité dans le milieu (Dakki *et al.*, 2003 ; Cherkaoui & Bouchafra 2003).



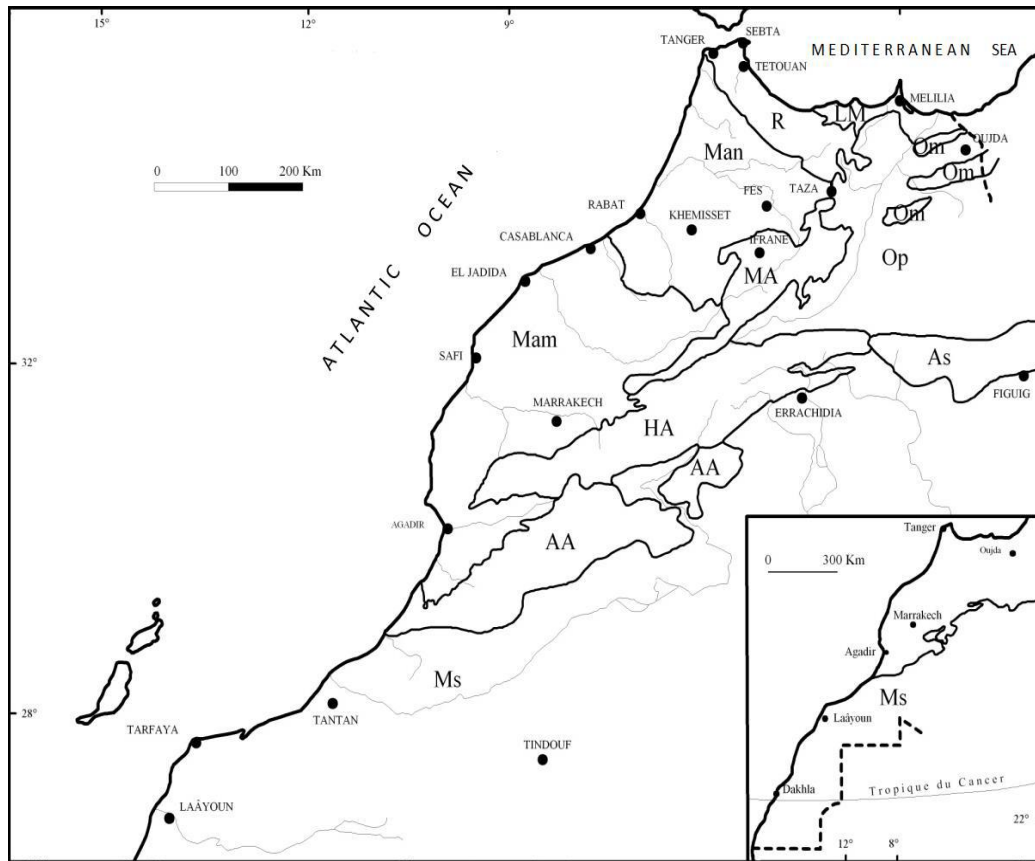


Figure 7 : Divisions géographiques du Maroc. Ms (Maroc saharien), As (Atlas saharien), AA (Anti Atlas), HA (Haut Atlas), MA (Moyen Atlas), Mam (Maroc atlantique moyen), Man (Maroc atlantique nord), Op (Plateaux orientaux), Om (montagnes orientales), LM (côte méditerranéenne), R (Rif). (Fennane *et al.*, 1999).

### 1. Région N1 : R (Rif)

Cette région, qui se situe à l'extrême nord du Maroc, nous avons choisi cinq stations concentrées autour de la région Tanger-Tétouan (Tanger, El alyine, Smir, Martil et Tétouan) et deux dans la province de Larache au niveau du Bas-Loukkos (Barrage de garde et marais de Boucharene) (Figure 8). Le complexe des zones humides du Bas-Loukkosa est classé par le Maroc comme site d'intérêt biologique et écologique (SIBE) de première priorité et inscrit sur la liste de Ramsar des zones humides d'importance internationale en 2005 (Ballouche, 2013). Le climat est de type méditerranéen avec des précipitations annuelles de l'ordre 695 mm à Larache :

**Station 1** : Tanger : Latitude N : 35.94126.215 ; Longitude E : -5.66242218

Cette station, est située à 69 m d'altitude, dans une falaise à quelques kilomètres de Tanger sur la route qui mène à Tétouan. Le sol est de type limono-sableux avec la présence de gros rochers.

**Station 2** : El Alyine : Latitude N : 35.80417067 ; Longitude E : -5.35549163

Elle est sous forme de zone marécageuse, elle se caractérise par la densité et la diversité des espèces végétales, dont certaines sont submergées. Le sol est humide, de nature limono-sableux avec la présence de cailloux (Figure 9).

**Station 3** : Smir : Latitude N : 35.70993183 ; Longitude E : -5.35643577

Cette station, correspond à une basse plaine, qui se situe près de la lagune de Smir. Elle est caractérisée par un sol de nature limono-sableux.

Le climat est de type méditerranéen, caractérisé par des hivers pluvieux et chauds, tandis que l'été est relativement long, chauds et secs. La pluviométrie annuelle moyenne est de 982,2 mm. En ce qui concerne l'hydrologie des marais de Smir, elle résulte de plusieurs apports : continentale et souterraine (El Joubari *et al.*, 2015).

**Station 4** : Martil : Latitude N : 35.61327881 ; Longitude E : -5.28528213

Quant à cette station, elle se trouve à la sortie de la ville de Martil en direction de Tétouan, où différents aménagements sont en cours de réalisation ce qui forme une cause principale du dysfonctionnement de cette station.

**Station 5** : Tétouan : Latitude N : 35.57022329 ; Longitude E : -5.35156488

C'est une station où une importante population de *Tamarix* se développe sur la rive gauche de la rivière. Ce système d'eau courante ne dépasse pas vingt mètres de largeur, avec un faible débit. Les berges présentent une diversité floristique très importante. Le sol est limono-sableux (Figure 10).

**Station 6** : Barrage de garde de Larache : Latitude N : 35.15331939 ; Longitude E : -6.09063148

Le cours d'eau est caractérisé par un lit profond et un substrat limono-sableux avec la présence de cailloux et de gravier. La population de *Tamarix* se développe sur les deux berges (Figure 11).

**Station 7** : Marais de Boucharène : Latitude N : 35.17359784 ; Longitude E : -6.10247611

Ce marais se distingue par un sol humide pendant une longue période de l'année. La végétation est fréquemment submergée y compris les espèces du genre *Tamarix* qui colonisent la station.

## **2. Région N 2 : LM (côte méditerranéenne)**

La région nord du Maroc oriental est représentée par une seule station, celle de Saïdia. Elle est située sur le cours d'eau de la basse Moulouya (Figure 12) :

**Station 8** : Saïdia : Latitude N : 35.10193405 ; Longitude E : -2.35296249

Cette station à 2 m d'altitude, est localisée à proximité de l'embouchure de l'oued Moulouya qui représente le plus large système estuarien de la côte méditerranéenne au Maroc (Dakki *et al.*, 2003). Le sol est de nature limono-sableux avec la présence de petits cailloux.

Le climat de la région est de type méditerranéen, semi-aride, il est caractérisé par des hivers tempérés et des étés très chauds et secs. Les précipitations annuelles sont très irrégulières avec une moyenne annuelle de 317 mm. La présence d'une nappe phréatique salée très proche de la surface est responsable de la salinité et l'alcalinisation très forte des sols (Dardour *et al.*, 2013).

### **3. Région N 3 : Man (Maroc atlantique nord)**

Dans cette région quatre stations ont été choisies, dont trois stations appartiennent à la région administrative Rabat-Sale-Kenitra. Leur proximité de l'océan Atlantique leur a attribué un climat de type méditerranéen subhumide (Monographie générale. La région de Rabat Sale Kenitra, 2015) (Figure 13).

**Station 9** : Merja Fouarat : Latitude N : 37.67008766 ; Longitude E : -6.55192852

C'est l'une des zones humides de la plaine littorale du Gharb, elle est entourée par la ville de Kénitra sur ses rives nord, sud et ouest. Elle est sous forme d'une vaste étendue d'eau peu profonde alimentée en permanence par l'oued Fouarat et par les eaux usées provenant d'une partie des rejets de la ville de Kénitra. Ce site est caractérisé par la présence d'une avifaune nicheuse variée (Lahrouz *et al.*, 2011). A l'est, elle est bordée de zones herbeuses humides (Maire *et al.*, 2013). Elle abrite une faune et une flore très diversifiées (Fareh *et al.*, 2015). La population de *Tamarix* étudiée se développe sur un sol limono-sableux avec la présence de roches et de gravier (Figure 14).

**Station 10** : Merja de Sidi Boughaba : Latitude N : 34.2352929 ; Longitude E : -6.67711257

Cette zone humide est l'un des derniers plans naturels d'eau douce permanents situé sur la côte nord-ouest du Maroc au sud de l'embouchure de l'oued Sebou. Elle est de 100 à 350 mètres de la largeur et d'une profondeur de 0,5 à 2,5m (Thévenot, 1976 ; Cherkaoui et Bouchafra, 2003). Les individus de la population de *Tamarix* se développent le long des berges de la merja de manière discontinue.

**Station 11** : Salé : Latitude N : 34.02237777 ; Longitude E : -6.80669546

Elle est située sur la rive droite de l'oued Bouregreg, l'un des principaux fleuves du Maroc. Le climat est de type sub-humide, la pluviométrie moyenne est de 450 mm (Mahe *et al.*, 2014), le sol est de type limono-sableux avec la présence de rochers (Figure 15).

**Station 12** : Taza : Latitude N : 34.23256094 ; Longitude E : -4.03374195

Cette population se situe à l'entrée de la ville de Taza, en provenance de Fès. La zone se caractérise par un sol limono-sableux et des galets. Le climat est semi-aride avec une tendance plus humide dans les versants atlantiques d'exposition Nord et aride à l'Est du périmètre (El oumri *et al.*, 2007).

La pluviométrie moyenne annuelle est de 500 mm, et la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud est de 34,5 °C (Fougrach *et al.*, 2007) (Figure 16).



Figure 8 : Localisation des stations choisies dans la région du Rif.



Figure 9 : *Tamaricacées* du marécage d'El Alyine.



Figure 10 : *Tamarix* de la station de l'oued Laou.



Figure 11 : Population de *Tamarix* du Barrage de garde de Larache.



Figure 12 : Localisation de la station de Saïdia.



Figure 13 : Localisation des stations choisies dans le Maroc atlantique nord.



Figure 14 : *Tamaricacée* de Merja Fouarat.



Figure 15 : *Tamaricacée* de l'oued Bouregreg à Salé.



Figure 16 : Population de *Tamarix* de l'Oued Abiod traversant Taza.

#### **4. Région N 4 : OP (Plateaux orientaux)**

Cette région est représentée par trois stations (Figure 17) :

**Station 13** : Taourirt : Latitude N : 34.41154785 ; Longitude E : -2.92669773

Cette zone d'étude, est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par des précipitations peu fréquentes et très variables dans le temps (mensuelles et annuelles) et dans l'espace. Elle fait partie du couloir Taourirt-Oujda, elle reçoit une pluviométrie moyenne de 294 mm par an (Acherkouk *et al.*, 2011). La population de *Tamarix* étudiée se situe à la sortie de la ville vers Oujda, au niveau de l'oued Za, qui est un affluent permanent de l'oued Moulouya. Le substrat est de type limono-sableux à sableux (Figure 18).

**Station 14** : Guerssif : Latitude N : 34.21797710; Longitude E : -3.34507942

La station de Guerssif est localisée dans un plateau semi-désertique. Le climat est semi-aride à aride, avec de faibles précipitations qui ne dépassent pas, dans les années pluvieuses, une moyenne de 185 millimètres par an (Monographie de la province de Guerssif, 2019).

La population de *Tamarix* se situe au sud de la ville, sur la berge gauche de l'oued Moulouya près du pont. Le lit du cours d'eau est large d'environ 50 mètre. Cette population se développe sur un sol de nature limono-sableux à sableux (Figure 19).

**Station 15** : Midelt : Latitude N : 32.6797682 ; Longitude E : -4. 72261905

Cette station est située à 1473 m d'altitude, elle appartient à l'étage bioclimatique semi-aride avec un hiver froid (Zamrane, 2016). La population de *Tamarix* est constituée de quelque individus dispersés, le sol est de type sableux à argileux avec la présence de galets (Figure 20).



Figure 17 : Localisation des stations choisies dans le plateau oriental.



Figure 18 : Population de *Tamarix* au bord de l'oued Za.



Figure 19 : Population de *Tamarix* de l'oued Moulouya au niveau de Guerssif.



Figure 20 : *Tamaricacée* de la station de Midelt.

## 5. Région N 5 : MA (Moyen Atlas)

Dans le moyen Atlas 7 localités ont été choisies pour l'étude des populations du genre *Tamarix* (Figure 21).

Dans la région Tadla Azilal, le climat est de type méditerranéen à hiver humide et froid en alternance avec une saison d'été chaude et sèche. Le bioclimat est entre l'aride et le semi-aride. La température moyenne est de 18°C avec un minimum de -3.5°C dans certaines zones de la région et un maximum qui peut aller jusqu'à plus de 40°C. Hors des années sèches, les précipitations dans cette région, enregistrent une moyenne de 100 mm dans la plaine et 600 mm dans les zones montagneuse (Monographie régionale de Tadla Azilal, 2010).

**Station 16** : Ouchreh : Latitude N : 34.43264292; Longitude E : -6.17637634

Elle est située, entre deux collines, sur la partie amont de l'oued Derna. La largeur du cours d'eau ne dépasse pas six mètres, et sa profondeur varie selon les saisons. Le lit et les rives de l'oued sont marqués par la présence de gros blocs de rochers que les crues transportent.

**Station 17** : Ait oudi : Latitude N : 32.44350872 ; Longitude E : -6.20375636



Cette station s'éloigne de la station 16 d'environ 3,5 km, cependant, le sol et le substrat du cours d'eau sont différents. Le lit et les rives sont constitués d'un mélange de roches, de gravier et de sable (Figure 22).

**Station 18** : Oued Srou : Latitude N : 32.83048590 ; Longitude E : -5.61882019

Cette station héberge une population de plusieurs individus de *Tamarix* dispersés le long de la rive droite du cours d'eau. L'oued Srou, affluent de l'oued Oum Errabia, provient des sources d'eau naturelles douces et salées. Le sol est de type limono-sableux avec la présence de cailloux (Figure 23).

**Station 19** : Oued Felat : Latitude N : 33.05642502 ; Longitude E : -5.41630268

Cette station est caractérisée par un fort débit et une vitesse d'écoulement élevée en raison de la pente qui est relativement prononcée. La population de *Tamarix* colonise les rives du cours d'eau qui sont marquées par la présence de blocs et de roches.

**Station 20** : Amassine : Latitude N : 33.00703769 ; Longitude E : -5.56591775

C'est un ruisseau d'eau clair, dont le lit est de faible profondeur et d'une largeur qui ne dépasse pas 5m, avec un substrat formé de blocs de roches et de cailloux (Figure 24).

**Station 21** : Oued Oum Errabia à Khenifra : Latitude N : 32.94249220 ; Longitude E : -5.66834449

La station se situe à 836 m d'altitude avec un sol sableux. La population est formée de jeunes arbres de *Tamarix* qui se développe sur les deux rives de l'oued Oum-Errabia.

**Station 22** : El Kebab : Latitude N : 32.74992558 ; Longitude E : -5.54316043

Au niveau de cette station située à 1044 mètres d'altitude, la population de *Tamarix* colonise les rives de l'oued Srou (un des affluents de l'oued Oum-Errabia). En période de sécheresse, le sol est couvert de dépôts de sel qui proviennent des sources d'eau salées présente dans la région. Le sol est hétérogène, constitué d'un mélange de sable, de roches et de cailloux (Figure 25).



Figure 21 : Localisation des stations choisies dans le moyen Atlas.



Figure 22 : Habitats de *Tamarix* de l'oued Derna.



Figure 23 : Population de *Tamarix* de l'Oued Srou.



Figure 24 : Jeune pousse de *Tamarix* au niveau du ruisseau d'Amassine.



Figure 25 : Population de *Tamarix* de l'oued Srou à proximité d'EL Kebab.

## 6. Région N 6 : Mam (Maroc atlantique moyen)

Huit stations ont été choisies dans le Maroc atlantique moyen (Figure 26) :

**Station 23** : Barrage de Kasba Tadla : Latitude N : 32.59057495 ; Longitude E : -6.26709938

La station est située sur la rive droite de l'oued Oum-Errabia en amont immédiat du barrage Zidania, Elle est soumise aux rejets des eaux usées de la ville de Kasba Tadla. Le sol est de type limono-sableux (Figure 27).

**Station 24** : Kasba Tadla : Latitude N : 32.59205741 ; Longitude E : -6.27656221

La population de *Tamarix* de cette station est distante de la station 23 d'environ un kilomètre. Cependant elles sont formées d'espèces différentes. Le sol est de type limono-sableux avec la présence de gravier. La station est loin de toute source d'eau de surface.

**Station 25** : Tassaout : Latitude N : 32.1461122 ; Longitude E : -7.27878570

La station est localisée sur l'oued Tassaout dont le lit est composé de roches et de sable. Au niveau de cette station le cours d'eau est de faible profondeur. La population de *Tamarix* colonise les deux rives ainsi que le lit du cours d'eau.

**Station 26** : EL Kelaâ des Sraghna : Latitude N : 32.07204730 ; Longitude E : -7.47164726

Elle est située à quelques kilomètres d'EL Kelaâ des Sraghna, et elle est entourée de terres agricoles. Les individus de *Tamarix* sont dispersés.

**Station 27** : Oued El Abid : Latitude N : 32.1394261 ; Longitude E : -7.02635765

Au niveau du pont de l'oued El Abid, une population de *Tamarix* colonise les deux rives sur un sol limono-sableux. La station est entourée de terrains agricoles. Le climat de la région varie du semi-aride à l'aride. Les précipitations annuelles moyennes sont de 350 mm par année (Karaoui *et al.*, 2017).

**Station 28** : Mechra Ben abbou : Latitude N : 32.64703585 ; Longitude E : -7.79737472

La station se trouve sur l'oued Oum-Errabia qui traverse la petite ville de Mechra Ben abbou. La rive gauche de l'oued héberge la population de *Tamarix* sur un sol sableux à limono-sableux.

**Station 29** : Marrakech : Latitude N : 31.6896132 ; Longitude E : -7.98311233

La station est localisée à la sortie de Marrakech, sur la route qui mène à Ben Guerir. Elle est à 402 m d'altitude. La population étudiée s'étend sur la rive gauche de l'oued Tensift, sur un sol limono-sableux avec la présence de roches dans certains endroits.

**Station 30** : Mohammédia : Latitude N : 33.6786844 ; Longitude E : -7.41037487

Situé en milieu urbain, au niveau de l'estuaire de l'oued El Maleh qui a été désigné en 2005 comme 'Site Ramsar'. Il s'agit d'un complexe de plans d'eau dont le remplissage temporaire est lié à la quantité de précipitations (Rihane, 2012). La station est à proximité de la zone industrielle. La population étudiée se développe sur un sol limono-argileux, elle forme les ripisilves du cours d'eau.



Figure 26 : Localisation des stations choisies dans le Maroc atlantique moyen.



Figure 27 : Oued Oum-Errabia, en amont du Barrage de Kasba Tadla.

## 7. Région N 7 : HA (Haut Atlas)

Quatre stations ont été choisies dans la zone du Haut Atlas (Figure 28) :

**Station 31** : Zawyat Ahansal : Latitude N : 31.83607641 ; Longitude E : -6.10427856

A 1735m d'altitude une population de *Tamarix* se développe sur les rives et le lit d'Oued Ahansal, où le sol est formé de roche et de sable.

**Station 32** : Bounwal : Latitude N : 32.47436045 ; Longitude E : -5.99132537

A 1315 mètres d'altitude, une population de *Tamarix* qui se développe sur les berges et le lit du cours d'eau temporaire de Bounwal, dont le substrat est formé de sable, de roche et de cailloux.

**Station 33** : Ben Chrou : Latitude N : 32.42498174 ; Longitude E : -5.98853588

La population étudiée est localisée au niveau de la station Ben Chrou à proximité de Bounwal à 1273 m d'altitude. Elle colonise la rive droite d'un cours d'eau temporaire. Le sol est de nature sableux avec la présence de roche et de gravier.

**Station 34** : Er-Rich : Latitude N : 32.26332992 ; Longitude E : -4.41324234

Elle est situé à la sortie de la ville d'Er-Rich en direction de la ville d'Errachidia, au niveau du pont de l'oued Ziz. Le cours d'eau est caractérisé par un débit faible et un lit large formé d'un mélange de sable, de roches et de gravier. Les arbres et les arbustes de *Tamarix* longent les deux rives de l'oued.

## 8. Région N 8 : AA (Anti Atlas)

**Station 35** : Ouarzazate : Latitude N : 30.92387435 ; Longitude E : -6.95863723

Le bassin d'Ouarzazate occupe la partie centrale située entre le Haut Atlas et l'Anti-Atlas. Ainsi La région d'Ouarzazate fait partie de l'étage bioclimatique aride à saharien (Agoussine *et al.*, 2004).

La station choisie se situe à la sortie de la ville d'Ouarzazate à 1132 m d'altitude au niveau de l'oued Asif Tadili. La largeur du lit majeur du cours d'eau est variable entre 50 m et peut dépasser 150 m dans certains endroits, le substrat est sablo-limoneux. Les individus de *Tamarix* se développent sur les berges des deux rives, ils peuvent même coloniser le centre du lit de l'oued (Figure 29).



Figure 28 : Localisation des stations du Haut Atlas.

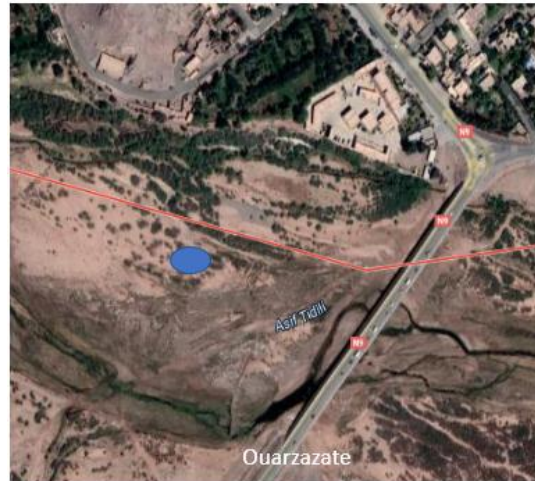


Figure 29 : Localisation des stations de l'Anti Atlas.

## 9. Région N 9 : MS (Maroc saharien)

Au niveau de cette région, nous avons choisie 16 stations (Figure 30) :

**Station 36** : Zagora : Latitude N : 30.31498744 ; Longitude E : -5.83944797

Cette station héberge une population de *Tamarix* qui est considérée parmi les plus denses au Maroc, elle fait partie de la végétation ripisylves de l'oued Draâ qui longe la ville de Zagora et ses oasis. Les individus de *Tamarix* colonisent les berges et le centre du cours d'eau. Le sol est constitué d'un mélange de sable, de gravier et de même des agrégats de pierre.

**Station 37** : M'Hamid El Ghizlane : Latitude N : 29.82217843 ; Longitude E : -5.72876930

C'est une zone complètement aride en raison du manque de pluie durant toute l'année. A cause de la sécheresse l'oued Draâ est à sec, le lit est couvert de sable avec des roches sur les rives et au milieu. La population de *Tamarix* occupe toute la station, cependant les individus sont éloignés.

**Station 38** : Erfoud 1 : Latitude N : 31.48112379 ; Longitude E : -4.21711921

La station se situe au niveau de l'oued Ziz, sur la route qui relie Erfoud à Rissani. La population étudiée est entourée de palmiers et de terres agricoles. Le sol est composé de sable, limon et de roche.

**Station 39** : Erfoud 2 : Latitude N : 31.44859101 ; Longitude E : -4.22692537

Se situe à environ 3 Km en amont d'Erfoud. La population de *Tamarix* est entourée de terres agricoles et de palmiers. Le sol est de type limono-sableux (Figure 31).

**Station 40** : Khnifiss : Latitude N : 28.0281213 ; Longitude E : -12.2399711

La station fait partie de la réserve de Khnifiss qui se trouve, entre les villes de Tan-Tan et Tarfaya, au sud du Maroc. La tamaricacée est une petite population formée de quelques individus qui se développent loin de la lagune sur un sol purement sableux.

**Station 41** : Oued Draâ à TanTan : Latitude N : 28.52835684 ; Longitude E : -10.9478759

La station est située à environ 20 Km en amont de la ville de Tan-Tan. Au bord de l'oued Draâ, sur un sol limono-sableux, la tamaricacée riveraine est dense. L'oued Draâ est presque à sec à part la stagnation de petites flaques d'eau extrêmement trouble à mauvaise odeur (Figure 32).

**Station 42** : Tan-Tan oued Ben khilil : Latitude N : 28.43646844 ; Longitude E : -11.1118555

La formation de *Tamarix* se compose d'arbustes et de jeunes pousses, elle colonise les rives d'une rivière sèche qui traverse le centre-ville de Tan-Tan (Figure 33).

**Station 43** : Laâyoune : Latitude N : 27.16161703 ; Longitude E : -13.1934642

Sur les rives de Sakia al-Hamra, à l'entrée de la ville de Laâyoune, une population dense de *Tamarix* se développe sur un sol sableux (Figure 34).

**Station 44** : Aoufouss : Latitude N : 31.68650015 ; Longitude E : -4.17867779

Ce petit village connaît la présence d'une population dense de *Tamarix* sur le cours moyen du Ziz. Le sol est sableux mélangé par endroit avec des cailloux et de grosses pierres. La végétation est en générale dense sur les deux rives du cours d'eau (Figure 35).

**Station 45** : Rissani : Latitude N : 31.28551937 ; Longitude E : -4.23947811

La ville de Rissani se situe sur les rives des oueds Ghris et Ziz. Cette zone connaissant une situation critique due à la rareté des ressources en eau en plus de la salinisation et l'érosion des sols (El mansouri., 2011). La population étudiée se développe à la sortie de la ville en allant vers Merzouga. Elle est entourée de terres agricoles et de palmiers (Figure 36).

**Station 46** : Merzouga : Latitude N : 31.04870589 ; Longitude E : -4.00533199

Sur le côté gauche de l'entrée de la ville, une population de *Tamarix* est constituée d'arbres et d'arbustes qui poussent sur un sol sableux à limono-sableux (Figure 37). Les individus de *Tamarix* colonisent aussi bien les dunes meubles que celles consolidées.

**Station 47** : Ferkla El Oulia (Tinjdad) : Latitude N : 31.49923841 ; Longitude E : -5.07538318

La station est située dans une zone désertique à 1007 m d'altitude. Les individus de la population de *Tamarix* sont éloignés les uns des autres et ils poussent sur un sol sableux.

**Station 48** : Oued ferkla : Latitude N : 31.55484116 ; Longitude E : -4.90816354

Au bord d'un cours d'eau à sec et d'un terrain couvert de sable et de galets, une population de *Tamarix* s'est installée, elle est constituée d'arbres et d'arbustes épars (Figure 38).

**Station 49** : Errachidia : Latitude N : 31.9341359 ; Longitude E : -4.42229747

La station est située, à 1023m d'altitude, au bord de l'oued Ziz à proximité de la ville d'Errachidia. Les arbres de *Tamarix* longent les rives du lit asséché du cours d'eau sur un sol sableux en présence de quelques galets (Figure 39).

**Station 50** : Ma Youssef : Latitude N : 31.8953400 ; Longitude E : -4.33479309

En aval de la ville de Errachidia, à environ 14 km en direction d'Erfoud, une population d'arbre et d'arbuste de *Tamarix* est installée sur les berges d'un cours d'eau temporaire dont l'écoulement dépend de la fréquence des précipitations. Les jeunes pousses envahissent le lit sec de l'oued de Ma Youssef où le sable et le gravier sont les principaux constituants (Figure 40).

**Station 51** : La commune de Jorf : Latitude N : 31.48577177 ; Longitude E : -4.39916610

La station est située à la sortie de la commune de Jorf (province d'Errachidia). La population de *Tamarix* est étendue au bord de la route qui mène d'Erfoud vers Tinjdad. Les arbres poussent au sein de la palmeraie sur un sol sableux.



Figure 30 : Localisation des stations du Maroc saharien.





Figure 31 : Population de *Tamarix* a l'entré d'Erfoud.



Figure 32 : Les rives d'Oued Draâ, avant TanTan.



Figure 33 : *Tamaricacée* de l'oued Ben Khلیل à Tan-Tan.



Figure 34 : les rives de Sakia al-Hamra, Laâyoune.



Figure 35 : *Tamaricacée* de l'oued Ziz au niveau d'Aoufouss.



Figure 36 : Population de *Tamarix* de Rissani.



Figure 37 : *Tamaricacées* de Merzouga (dunes consolidées et dunes meubles).



Figure 38 : *Tamarix* poussant sur les rives et le lit d'Oued Ferkla.



Figure 39 : Pieds de *Tamarix* sur les berges de l'oued Ziz à Errachidia.



Figure 40 : *Tamaricacée* de la station Ma Youssef.

## II. Aperçu climatique des zones d'études

À l'interface entre l'espace sub-saharien et l'Eurasie, les pays de l'Afrique du Nord sont isolés par plusieurs barrières géographiques : à l'Ouest l'océan Atlantique, au Nord la mer Méditerranée qui la sépare de l'Europe par le détroit de Gibraltar et le détroit de la Sicile, au Sud le Sahara et à l'Est le Nil et la Mer Rouge (Campmas, 2013).

Le Maroc, qui se situe à l'extrême nord-ouest, de l'Afrique où les espèces du genre *Tamarix* présentent certaines caractéristiques permettant de les classer comme phréatophytes, thermophiles, psammophytes et xérophytes, vue leur variante en exigence en eau et de leur adaptation à différente température (Brock, 1994 ; Lesica et Miles, 2004 ; Gries *et al.*, 2005 ; Kerns *et al.*, 2009 ; Chen *et al.*, 2012 ; Xia *et al.*, 2016).

L'influence combinée de la mer et de l'océan, la présence des montagnes d'Atlas et du Rif et du désert du Sahara au sud créent une gamme diverse de climats au Maroc (Maliha *et al.*, 2008 cite par Mokhtari (*et al.*, 2014)). En effet, les étages bioclimatiques lié à l'aire de distribution du genre *Tamarix*, semblent très variés puisqu'on trouve ses espèces dans les différentes régions

bioclimatiques étudiées (Rif, Haut Atlas, Maroc saharien ...), à des habitats et des écosystèmes différentes en fonction de la température, les précipitations et leur altitude.

Concernant *Tamarix africana*, c'est une espèce qui se développe dans la région méditerranéenne (Baum 1978). Au Maroc elle a été citée dans la région de Rif, au niveau de Bellota, qui fait partie du site d'intérêt biologique et écologique de Brikcha/Chefchaouen (Sqalli *et al.*, 2007). Aussi, a Smir selon Ennanili et Gharnit (2003) et à Tanger (l'embouchure de l'oued Tahaddarte), Negro, Allyin, Sifillaow, Grankha, Nekór-Tamellaht et Kert-Hammam d'après Ennabili et Ater (1996), ou la végétation du *Tamaricion africanae* remplace les ripisylves de *Salicitalia purpureae* et *Populeitalia* (Ennabili et Ater, 1996 ; Ennanili et Gharnit, 2003). Cette espèce a été mentionner aussi au niveau de Tétouane par Ennabili et Radoux (2006), et dans le bassin versant de l'oued Inaouène (NO du Maroc) par Libiad (*et al.*, 2012).

Cependant, la restriction de la propagation de *Tamarix africana* espèce a été mentionnée par Bergier (*et al.*, 2011) dans le Bas Draa, ou elle a formé de véritables forêts au bord de certaines Gueltas dans les années 1940s mais s'y présente actuellement sous forme de bandes étroites de 1 à 3 mètres seulement dans les meilleurs des cas.

De plus, cette espèce (*T. africana*) a été signalée par Villar et ses collaborateur (2012) dans le Plateaux orientaux et la côte Méditerranéenne a plusieurs endroits : Taza, Guerssif, Nador, Al Hoceima et Oujda-Taourirt (Oued Jfrei).

Selon Baum (1978), *Tamarix gallica* ne se propage qu'en Italie, Espagne, France et en Suisse (Figure 41), plus précisément dans les endroits humides près du bord de mer, principalement au bord des rivières. Quant à *T. canariensis*, d'après le même chercheur (Baum, 1978), cette espèce connu une répartition plus large avec une zone de propagation qui englobe de nombreux pays d'Afrique du Nord, notamment le Maroc (Figure 42). Ainsi, elle pousse sur les côtes, les lits et les berges des rivières temporaires.

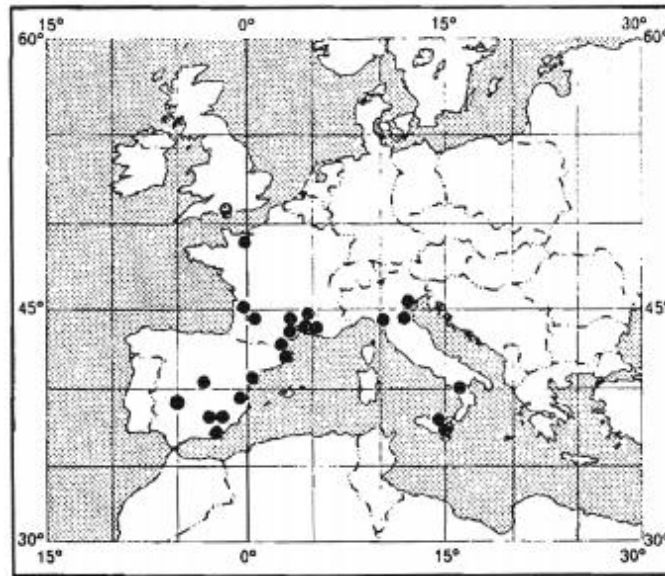


Figure 41 : Répartition de *T. gallica* selon Baum (1978).

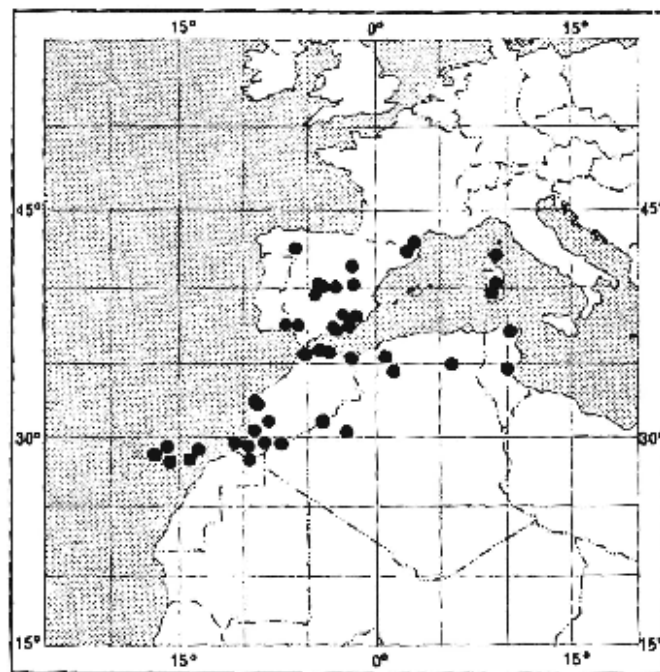


Figure 42 : Répartition de *T. canariensis* selon Baum (1978).

Dans notre étude, nous avons défini l'aire de distribution du genre *Tamarix*, en se basant sur la spatialisation des bioclimats établis par Mokhtari (*et al.*, 2014), pour les différents sites étudiés, (Figure 43, 44 et 45).

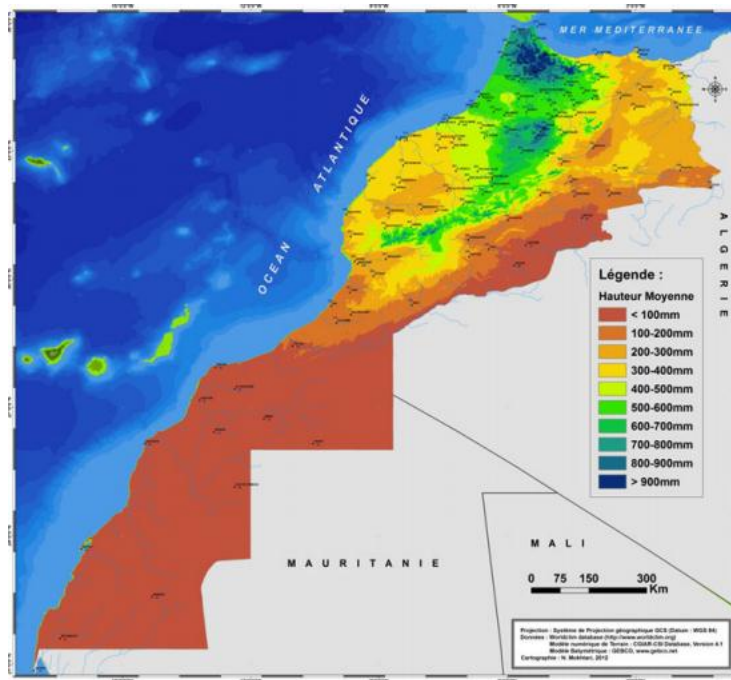


Figure 43 : Carte des hauteurs des précipitations annuelles (Mokhtari *et al.*, 2014).

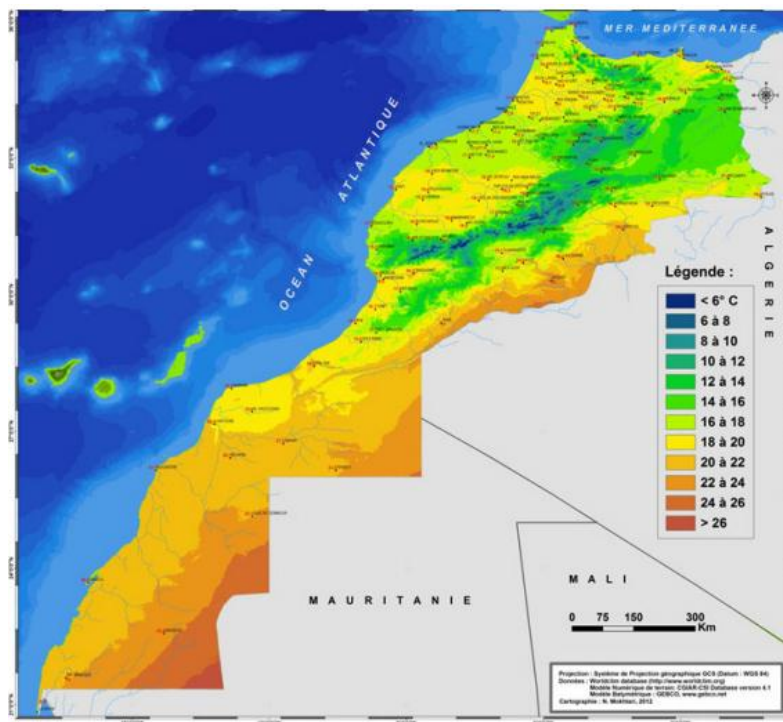


Figure 44 : Carte des températures moyennes annuelles (Mokhtari *et al.*, 2014).

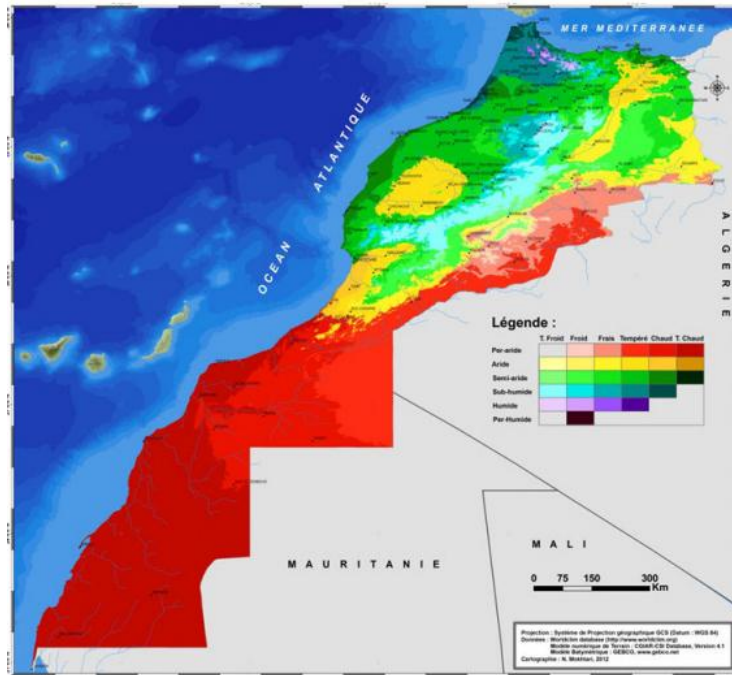


Figure 45 : Carte des bioclimats selon la classification d'Emberger (Mokhtari *et al.*, 2014).

En effet, dans le territoire Marocain, les *Tamarix* ont été trouvées dans plusieurs localités appartenant au Maroc Saharien comme Laayoune, Tan-Tan, Zagora, Erfoud, Errachidia, Rissani et Merzouga... Ces sites font parties de l'étage Per-aride (Mokhtari *et al.*, 2014) dans les variantes frais, tempéré chaud et très chaud, caractérisé par une pluviométrie très faible ( $P < 150$  mm) et un gradient Nord-sud assez prononcé en relation avec la variante thermique (Mokhtari *et al.*, 2014).

*Tamarix* pousse aussi dans des sites font partie de l'étage aride au niveau d'Ouarzazate (Anti atlas), ainsi que dans certains sites appartenant au Maroc atlantique moyen (EL Kelaâ des Sraghna et Mechraa Ben Abbou), et dans le Plateaux orientaux (Taourirt, Guerssif et Midelt) où deux populations poussent sur les rives d'Oued Za, qui représente le grand affluent permanent de la basse Moulouya, alimenté naturellement par des sources d'eau saumâtre, sa direction générale est Sud-est nord-ouest. Cet oued, traverse d'amont en aval l'étage bioclimatique méditerranéen aride dans les Hauts Plateaux, semi-aride dans la chaîne des Horsts et aride a Taourirt (Brahimi et Chafi, 2014) et a Guerssif (Mokhtari *et al.*, 2014).

Concernant le Maroc atlantique moyen, certains sites appartiennent à l'étage semi-aride : Au niveau de l'Oued Maleh qui reçoit la majorité des eaux usées de la ville de Mohammedia (Aitoubaha *et al.*, 2004), et à Kasba Tadla où une des deux populations trouvées poussent sur la rive droite d'Oued Oum Errabia, l'un des grandes rivières marocaine rare au régime hydrologique régulier, sa source d'eau provient du le versant nord-occidental du Haut Atlas, et

du Moyen Atlas, il traverse la plaine de Tadla, puis les plateaux des Phosphates et de Settat, avant de longer la plaine des Doukkala. Cette grande rivière débouche dans l'océan Atlantique, au niveau de la petite ville côtière d'Azemmour.

La station de Saidia se situe près de l'embouchure d'Oued Moulouya, elle fait partie de l'étage aride. Elle correspond au plus grand complexe estuarien méditerranéen au Maghreb et vient du point de vue importance au niveau de l'Afrique du nord après le Delta du Nil (Triplet *et al.*, 2010). Cette région se trouve également sous l'influence des pressions sahariennes, qui sont à l'origine du chergui et du sirocco, vents chauds et secs du Sud et du Sud-Est (Dakki et ses collaborateurs 2003), qui peut être expliqué par l'irradiation saharienne contenée dans les contrées les plus arides et les plus sèches du pays notamment le Maroc Nord-Oriental, sans être complètement désertique (Etudes sur la végétation du Maroc, 1921). Les perturbations atlantiques sont bloquées par les montagnes rifaines notamment le Cap des Trois Fourches et les monts Gourougou et Bni Bou Ifrou, alignés selon une direction Nord-Sud (Hammada, 2007). En raison des apports marins de l'estuaire et à la diminution des apports continentaux après la construction du barrage, la salinité présente un gradient Sud-Nord (Margat, 1961). De plus, la salinité du niveau des eaux souterraines a augmenté rapidement. Ce phénomène est devenu plus grave suite à l'évaporation intense des eaux marines piégées dans les bas-fonds des marais (Hammada, 2007).

Dans l'étage sub-humide, nous avons trouvée *Tamarix* au niveau d'El Alyine, Martil, Tétouane et Smir. Ces sites font partie du domaine du Rif, qui est de type méditerranéen influencé par les courants maritimes et ceux de la chaîne. La salinité des marais du Smir est très variable : elle est en fonction de la marée, des apports continentaux et de la saison. Les températures mensuelles indiquent l'étalement de la saison fraîche, sous l'effet des vents ouest dominants, du mois de novembre jusqu'au mois de mai, alors que la période sèche est dominée par les vents de l'est secs et chauds (Hammada, 2007).

Le Barrage de Laarache, Marais Boucharéne, Merja de Sidi Boughaba, Sale, Marais, Merja de Fouarate se situent aussi dans l'étage sub-humide.

*Tamarix* paraît pousser à des températures moyennes annuelles de 6 à 26 °C selon la répartition spatiale des températures moyennes annuelles pour l'ensemble du Maroc mentionnées par Mokhtari (*et al.*, 2014). La station la plus froide est Zawyat Ahansal qui fait partie du Haut Atlas, d'environ 6 à 8 °C Mokhtari (*et al.*, 2014), alors que la station la plus chaude est celle de M'hamid EL Ghizlane (24 à 26°C).

Dans le Maroc en général, les populations de *Tamarix* se situent entre 1 m au niveau d'El Alyine et Smir et 1735 m d'altitude à Zawyat Ahansal.



# **Matériels et Méthodes**

# I. Prospection et échantillonnage du matériel végétal

## 1. Prospection

La présente étude porte sur 51 sites de 560 spécimens du genre *Tamarix* récoltés dans neuf régions géographiques parmi les onze adoptées par Fennane (1999) (Figure 7). Ce travail a été réalisé durant la période comprise entre avril 2015 et août 2018 sur des populations de *Tamarix* appartenant à diverses zones géographiques et bioclimatiques (Figure 46, Tableau 1).

L'aire de répartition actuelle du genre *Tamarix* n'a pas été complètement délimitée en raison de manque d'information, de moyen de transport pour accéder à certaines stations, par conséquent des études futures sont nécessaires pour explorer toutes les populations du genre *Tamarix* au Maroc.

Dans le présent travail, le choix des 51 stations est basé sur les sites mentionnés dans des travaux antérieurs (Ennabili & Ater, 1996 ; Dakki *et al.*, 2003 ; Ennabili & Gharnit, 2003 ; Ennabili & Ater, 2005 ; Ennabili & Radoux, 2006 ; El Mansouri *et al.*, 2011 ;) ainsi que sur de certains paramètres comme la diversité des facteurs écologiques, l'importance et la taille des populations de *Tamarix* et la facilité d'accès aux différentes stations. Ces stations présentent une diversité de la nature des sols, de la salinité et du couvert végétal (Cherkaoui & Bouchafra, 2003 ; Dakki *et al.*, 2003 ; Acherkouk *et al.*, 2011 ; Zamrane, 2016)

Les spécimens étudiés colonisent des milieux qui possèdent des conditions climatiques, hydrologiques, topographiques et géologiques très différentes : les rives des cours d'eau temporaires (oued Derna) ou permanents (oued Oum Er'rabia, oued Sebou, etc.), les embouchures fluviales (estuaire de la Moulouya, de Bouregreg), les zones côtières, les oasis (Aoufouss), les marais (Smir et bas Loukkos) ainsi que les zones désertiques (Merzouga, Laayoune, M'Hamid El Ghizlane, Ouarzazate, etc.). Cette répartition montre que les espèces du genre *Tamarix* s'adaptent bien aux différents étages bioclimatiques du Maroc (humide, sub-humide, semi-aride, aride et saharien). Selon les travaux antérieurs, certaines espèces du genre *Tamarix* sont considérées comme des phréatophytes (elle dépend de la présence de la nappe phréatique) (Kerns *et al.*, 2009), d'autres sont des plantes thermophiles (qui croît dans des conditions de température élevée) à sub-thermophile et certaines espèces sont des psammophytes (adaptée aux milieux sableux) (Brock, 1994 ; Gries *et al.*, 2005).

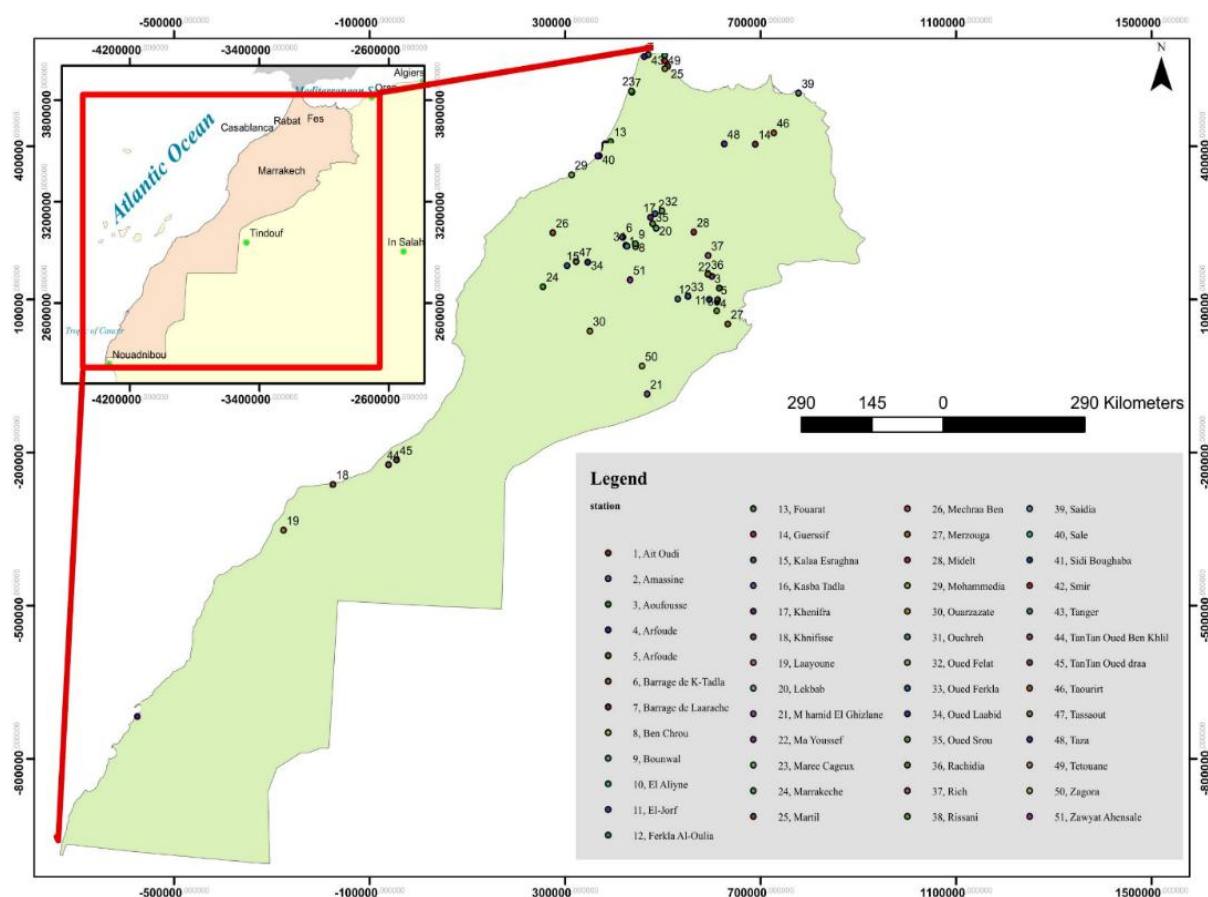


Figure 46 : Localisation des populations de *Tamarix* sur la carte du Maroc.

Tableau 1. Localisation géographique des populations étudiées de *Tamarix*.

Région biogéographique	Site	Altitude en m	Latitude N	Longitude E
<b>Rif</b>	Tanger	69	38.94126215	-5.66242218
	El Aliyne	1	35.80417067	-5.35549163
	Smir	1	35.70993183	-5.35643577
	Martil	4	35.61327881	-5.28528213
	Tetouane	7	35.57022329	-5.35156488
	Barrage de Laarache	2	35.15331939	-6.09063148
	Marais de Boucharène	4	35.17359784	-6.10247611
<b>Côte méditerranéenne</b>	Saidia	2	35.10193405	-2.35296249
<b>Maroc atlantique nord</b>	Merja Foularat	4	37.67008766	-6.55192852
	Merja de Sidi Boughaba	8	34.2352929	-6.67711257
	Salé	5	34.02237777	-6.80669546
	Taza	422	34.23256094	-4.03374195
<b>Plateaux orientaux</b>	Taurirt	366	34.41154785	-2.92669773
	Guerssif	360	34.21797710	-3.34507942
	Midelt	1473	32.6797682	-4.72261905
<b>Moyen Atlas</b>	Ouchreh	646	32.43264292	-6.17637634
	Ait Oudi	628	32.44350872	-6.20375636
	Oued Srou	865	32.83048590	-5.61882019
	Oued Felat	1465	33.05642502	-5.41630268

	Amassine	1037	33.00703769	-5.56591775
	Khenifra	836	32.94249220	-5.66834449
	El Kebab	1044	32.74992558	-5.54316043
<b>Maroc atlantique moyen</b>	Barrage de K-Tadla	477	32.59057495	-6.26709938
	Kasba Tadla	481	32.59205741	-6.27656221
	Tassaout	409	32.1461122	-7.27878570
	EL Kelaâ des Sraghna	499	32.07204730	-7.47164726
	Oued El Abid	365	32.1394261	-7.02635765
	Mechraa Ben Abbou	209	32.64703585	-7.79737472
	Marrakeche	402	31.6896132	-7.98311233
	Mohammedia	5	33.6786844	-7.41037487
<b>Haut Atlas</b>	Zawyat Ahansal	1735	31.83607641	-6.10427856
	Bounwal	1315	32.47436045	-5.99132537
	Ben Chrou	1273	32.42498174	-5.98853588
	Er-Rich	1264	32.26332992	-4.41324234
<b>Anti Atlas</b>	Ouarzazate	1132	30.92387435	-6.95863723
<b>Maroc saharien</b>	Zagora	711	30.31498744	-5.83944797
	M'hamid El Ghizlane	547	29.82217843	-5.72876930
	Erfoud 1	813	31.48112379	-4.21711921
	Erfoud 2	805	31.44859101	-4.22692537
	Khnifisse	16	28.0281213	-12.2399711
	TanTan Oued draa	58	28.52835684	-10.9478759
	TanTan Oued Ben Khilil	47	28.43646844	-11.1118555
	Laayoune	31	27.16161703	-13.1934642
	Aoufouss	892	31.68650015	-4.17867779
	Rissani	757	31.28551937	-4.23947811
	Merzouga	697	31.04870589	-4.00533199
	Ferkla Al-Oulia	1007	31.49923841	-5.07538318
	Oued Ferkal	957	31.55484116	-4.90816354
	Rachidia	1023	31.9341359	-4.42229747
	Ma Youssef	988	31.8953400	-4.33479309
	El-Jorf	818	31.4857717	-4.39916610

## 2. Echantillonnage du matériel végétal

Le protocole et la date d'échantillonnage du matériel végétal adopté varie en fonction des différentes parties traitées dans le présent travail.

### 2.1 Identification des espèces du genre *Tamarix*

Afin d'étudier les variations des différents critères d'identification intra-spécifique et chez le même individu de la même espèce (vu que certains spécimens de la collection de l'herbier de l'institut scientifique portent deux nom différents), un échantillonnage de 10 individus par site a été réalisé. Les individus échantillonnés étaient séparés d'environ 10 mètres les uns des autres de manière à couvrir la diversité au sein des populations (Tian *et al.*, 2012).

Le matériel végétal échantillonné consiste en plusieurs rameaux prélevés sur l'arbre à différentes expositions, ainsi trois rameaux, pris au hasard sur chaque arbre, ont été échantillonnés. Sur chaque rameau trois chatons ont été prélevés, soit au total, 9 chatons par arbre ont été examinés.

Après la récolte, les échantillons ont été mis sous presse dans du papier absorbant afin d'assurer un bon étalement des différentes parties et une meilleure conservation.

Après mise en herbier, les spécimens ont été examinés et identifiés en se basant sur plusieurs caractères morphologiques (forme, type, longueur et largeur) de différents organes : feuille, Chaton, fleur, rachis, bractée, pétales, sépales, étamines, anthères et disque (Figure 47).

Les espèces récoltées ont été identifiées au laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Phytogénétiques de la faculté des Sciences et Technique de Béni Mellal. Différentes clés taxinomiques et monographies ont été utilisées : Bunge, (1852) ; Qaizel & Santa, (1963) ; Baum, (1967, 1978) ; Qaiser (1981) ; Cirujano (1993) ; Fennane *et al.* (1999) ; Valdes *et al.* (2003) ; Villar *et al.* (2012).

En plus de l'identification des spécimens collectés, nous avons examiné les collections du genre *Tamarix* de l'herbier de l'Institut Scientifique de Rabat dont l'objectif de connaître les caractères morphologiques utilisés dans leur identification, de savoir l'étendue de l'aire de leur répartition et pour faire une comparaison avec nos échantillons. Ces collections contiennent des échantillons qui proviennent de différentes régions du Maroc (code : 7966, 8024, 8046, 8053, 8055, 8056, 8064, 8089, 13517, 13518, 13519, 13523, 13524, 13536, 13541, 13558, 23887, 23888, 42748, 45704, 48068, 60731, 61042, 61109, 61110, 61153, 61566, 61802, 62406, 63950, 76123, 76142, 77012, 78333, 104630, 104639, 109576, 109577, 109579, 109560, 109585, 110309, 110496, 110535, 110536, 110538, 110750), ceux originaires de l'Algérie (code : 8029, 8045, 8050, 8065, 8066, 13489, 13507, 13516, 13523, 61042, 61043), de l'Egypte (8035), de l'Espagne (code : Almeria 8052, Baleares 'Mallorca' 49234, Barcelona 13540, Laspalmas 'Gran Canaria' 48093, Tarragone 'cambrils' 13539, Zaragosa 49231), de Californie aux États-Unis d'Amérique (code : 48414, 48415) et de l'Asie (Palestine : 13498 ; Jordan : 13529 ; Syrie : 13545).

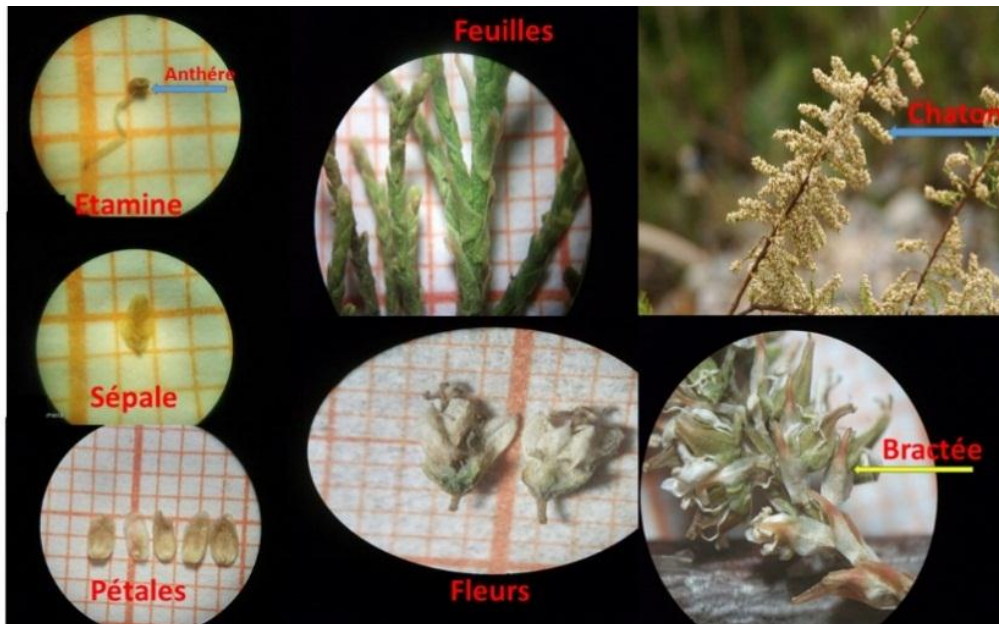


Figure 47 : Photographies des caractères morphologiques de différents organes de *Tamarix* au Maroc.

## 2.2 Variabilité morphologique

Les espèces *T. africana*, *T. gallica* / *T. canariensis* et *Tamarix* sp. présentent de grande similitudes, contrairement aux autres espèces (*T. boveana* et *T. Aphylla*). A cet égard les clés taxinomiques se sont basées sur de nombreux critères comme la forme et la taille des feuilles et des bractées ainsi que sur les différents critères morphologiques des fleurs. Ces outils taxinomiques ont choisi l'anthèse (période où la fleur est complètement ouverte) comme stade de floraison pour une bonne identification des espèces en utilisant certaines mensurations : la longueur et la largeur des chatons, des fleurs et tous les critères (longueur, largeur et forme) des pièces florales (rachis, bractée, pétales, sépales, étamines, anthères et disque) ainsi que leur position les unes par rapport aux autres (Valdes *et al.*, 2002 ; Villar *et al.*, 2012). Par ailleurs la position des fleurs sur le chaton n'a pas été spécifiée, alors que Barry *et al.* (1988) ont montré dans leur travail la présence de variations morphologiques des pièces florales sur un même chaton. 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), à cet égard seules les populations qui répondent à ces critères ont été étudiées.

Les mesures biométriques ont été effectuées sous la loupe binoculaire, sur un papier millimétré. Elles ont porté sur 28 caractères, dont 19 quantitatifs et 9 qualitatifs (Tableau 2).

Tableau 2. Caractères morphologiques analysés.

Caractères quantitatifs	Codes	Caractères qualitatifs	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	Forme des pétales de la base	F Pt B
Longueur des fleurs de la base	Lg Fl B	Forme des pétales du centre	F Pt C
Longueur des fleurs du centre	Lg Fl C	Forme des pétales du sommet	F Pt S
Longueur des fleurs du sommet	Lg Fl S	Forme des anthères	F Ant
Longueur des pétales de la base	Lg Pt B		
Longueur des pétales du centre	Lg Pt C		
Longueur des pétales du sommet	Lg Pt S		
Longueur des sépales	Lg Sp		
Largeur des sépales	Lr Sp		
Nombre des pétales de la base	Nbr Pt B		
Nombre des pétales du centre	Nbr Pt C		
Nombre des pétales du sommet	Nbr Pt S		
Nombre des étamines	Nbr Et		
Nombre des sépales	Nbr Sp		

### 2.3 Variabilité morphologique au cours du suivi

Dans cette partie du travail nous visons à montrer les variations morphologiques des pièces florales au cours du développement des fleurs. Nous avons ainsi choisi deux populations, une de *Tamarix africana* et une de *T. gallica* au niveau de deux stations d'Ait Oudi et Kasba Tadla respectivement. L'échantillonnage a été effectué régulièrement chaque semaine pendant un mois. La méthode d'échantillonnage appliquée est la même que celle décrite précédemment dans la partie « variabilité morphologique de *T. africana*, *T. gallica* / *T. canariensis* et *Tamarix* sp. ». Elle consiste à un suivi des stades de floraison de cinq individus de chacune des deux populations. Chaque rameau est marqué par une bande pour pouvoir le reconnaître lors du suivi (Figure 48). Certaines mesures, notamment la position des bractées et la largeur du chaton, sont prises sur le terrain. Pour les autres mensurations, les fleurs ont été recueillies et conservées dans des boîtes pour être examinées au laboratoire.



Figure 48 : Marquage des chatons pour faciliter le suivie.

#### **2.4 Criblage phytochimique**

Dans cette partie du travail l'étude phytochimique est limitée à trois espèces (*T. africana*, *T. aphylla* et *Tamarix gallica*) présentes dans la région de Beni Mellal-Khénifra, lesquelles espèces sont les plus répandues au Maroc et les populations correspondantes sont facilement accessibles. Ainsi, nous avons collecté le matériel végétal (feuilles, fleurs, tiges, écorces et racines) de *T. africana* (en avril, 2017), de *Tamarix aphylla* et de *T. gallica* (en mai, 2017). Il n'a pas été possible pour nous de collecter simultanément toutes les parties des plantes chez les trois espèces du fait qu'elles présentent des périodes de floraison différentes. En plus, chez certains individus le prélèvement des échantillons de racines s'avère délicat dans les sols rocheux.

Après l'avoir nettoyé et rincé avec de l'eau distillée, le matériel végétal a été séché à l'air libre dans un endroit sec et ombragé pendant 10 jours, puis broyé à l'aide d'un mixeur électrique pour obtenir une poudre fine.

#### **2.5 Dosage des composées biochimiques, activité antioxydante et activité antibactérienne**

Dans cette partie du travail, seules les populations de *T. africana* et des *T. gallica* sont étudiées en raison de leur présence dans la région de Béni Mellal-Khenifra. En plus, en fonction de la disponibilité des produits n'avons travaillé que sur les feuilles et les fleurs. Les individus de *T. africana* ont été collectées vers la fin du mois d'avril 2018, au niveau d'Ait Oudi (pont de Tagzirt) à 10 Km de Beni Mellal (Moyen atlas), alors que ceux de *T. gallica*, ils ont été collectés en mi-mai au niveau d'Oued Laabid à 68 km de Beni Mellal. Après rinçage à l'eau distillée, le



matériel végétal a été séché à l'air libre, dans un endroit sec et ombragé durant 12 jours, puis broyées à l'aide d'un mixeur électrique afin d'obtenir une poudre fine. Cette dernière est ensuite conservée à 4°C jusqu'au moment de son utilisation.

### **3. Valorisation**

#### **3.1 Criblage phytochimique**

##### **3.1.1 Préparation des extraits aqueux**

Pour chaque espèce, 20 g de la poudre fine de différentes parties (feuilles, fleurs, tiges, écorces et racines) ont été macérés dans 120 ml de l'eau distillée pendant 72 h, puis filtrés et conservés à 4 °C jusqu'à leur usage (Bourgou *et al.*, 2016).

##### **3.1.2 Réactions de caractérisation**

Les tests chimiques ont été effectués sur la poudre végétale ou le filtrat, en utilisant les procédures standards d'identification des composants phytochimiques, décrites par Trease & Evans (1989) et Samejo *et al.*, (2011 cité par Samejo *et al.*, 2013) ; Bhadange & Jadhao (2013). Chaque test est répété deux à trois fois en fonction de la disponibilité des réactifs.

###### ***a. Les tanins et les phénols***

Nous avons fait bouillir 0,5 g de l'échantillon végétal (poudre sèche) dans 10 ml d'eau distillée pendant 15 min, après la filtration, quelques gouttes de 0,1 % FeCl<sub>3</sub> y sont ajoutées. L'apparition d'un précipité bleu-noir indique la présence de tanins et de phénols.

###### ***b. Les alcaloïdes***

Les alcaloïdes ont été caractérisés par le réactif de Mayer. Dans un tube à essai, nous avons introduit 2 ml du filtrat, puis, on a ajouté 1 ml de HCl (2N) et quelques gouttes du réactif de Mayer. L'apparition d'un précipité jaune au fond du tube, indique la présence d'alcaloïdes.

###### ***c. Les saponines***

La mise en évidence des saponines est basée sur le test de mousse. On fait bouillir environ 1 g d'échantillon avec 10 ml d'eau distillée pendant 15 minutes, suivie d'une agitation violente et horizontale pendant 5 secondes pour chaque tube. La persistance de la mousse indique la présence de saponines.

###### ***d. Les terpénoïdes***

Dans un tube à essai, on a introduit 5 ml du filtrat, et 2 ml de chloroforme, ensuite quelques gouttes de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré ont été soigneusement ajoutés. L'apparition d'un anneau bleu/vert indique la présence des terpénoïdes.

***e. Les stéroïdes***

Pour tester la présence des stéroïdes dans une plante, on introduit dans un tube à essai 0,5 g de la matière végétale et 10 ml de CHCl<sub>3</sub>. Après la filtration, 1 ml d'anhydride acétique et quelques gouttes de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (concentré) ont été ajoutés. L'apparition d'un anneau vert indique la présence de stéroïdes.

***f. Les flavonoïdes***

Dans un tube à essai, on a fait bouillir 0,5 g de poudre végétale dans 10 ml d'éthanol, ensuite le mélange a été filtré. Ensuite quelques morceaux de ruban de magnésium et cinq gouttes d'HCl concentré ont été soigneusement ajoutés au filtrat. La couleur rouge indique la présence de flavonoïdes.

***g. Les phlobatannins***

Afin de découvrir la présence de phlobatannins dans les organes de la plante, on a fait bouillir dans un tube à essai environ 2 ml de l'extrait filtré avec 2 ml de HCl (1%). L'apparition d'un précipité de couleur rouge indique la présence de phlobatannins.

***h. Les glycosides***

La présence des glycosides est mise en évidence en ajoutant 1 ml d'acide acétique glacial à 2 ml du filtrat de l'extrait végétal. Ensuite cinq gouttes de FeCl<sub>3</sub> et cinq gouttes de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré sont additionnées au mélange. L'observation d'un précipité vert/bleu constitue une preuve de la présence des glycosides dans l'extrait.

***i. Les acides aminés***

Pour la détection des acides aminés, on a ajouté à 2 ml d'extrait aqueux, 5 à 6 gouttes du réactif de la ninhydrine, puis on a chauffé dans un bain d'eau bouillante pendant environ 5 minutes. La réaction est positive avec l'apparition d'une coloration violette.

***j. Les protéines***

Les protéines sont détectées en ajoutant à 2 ml du filtrat, 5 gouttes de NaOH (5%) et 5 gouttes de Cu (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (1%). La couleur violette indique la présence des protéines.

## 3.2 Dosage des composés biochimiques et activité antioxydante

### 3.2.1 Le choix des solvants d'extraction

Nous avons choisi six solvants à savoir : l'hexane, l'éther de pétrole, le dichlorométhane, le chloroforme, le méthanol et l'eau distillée. Ces solvants possèdent des capacités différentes à pénétrer et à diffuser dans la structure végétale et à solubiliser les molécules. Ils sont caractérisés par une polarité opposée ce qui permet l'extraction de différents types de composés (polaires et apolaires) (Cowan, 1999 ; Alilou, 2012). Notons que les solvants susmentionnés sont utilisés séparément.

### 3.2.2 Préparation des extraits

Dans cette partie du travail la préparation des extraits végétaux a été réalisée en utilisant différentes méthodes d'extractions avec des solvants de polarité différentes. Ces approches d'extraction permettent de fractionner grossièrement les divers produits naturels (feuilles et fleurs). De plus, Elles permettent également de déterminer les propriétés de chaque extrait et déterminer le meilleur solvant et la meilleure méthode d'extraction en termes de rendement et de présence de composés actifs.

La figure 49 résume les démarches expérimentales suivies lors de cette étude :

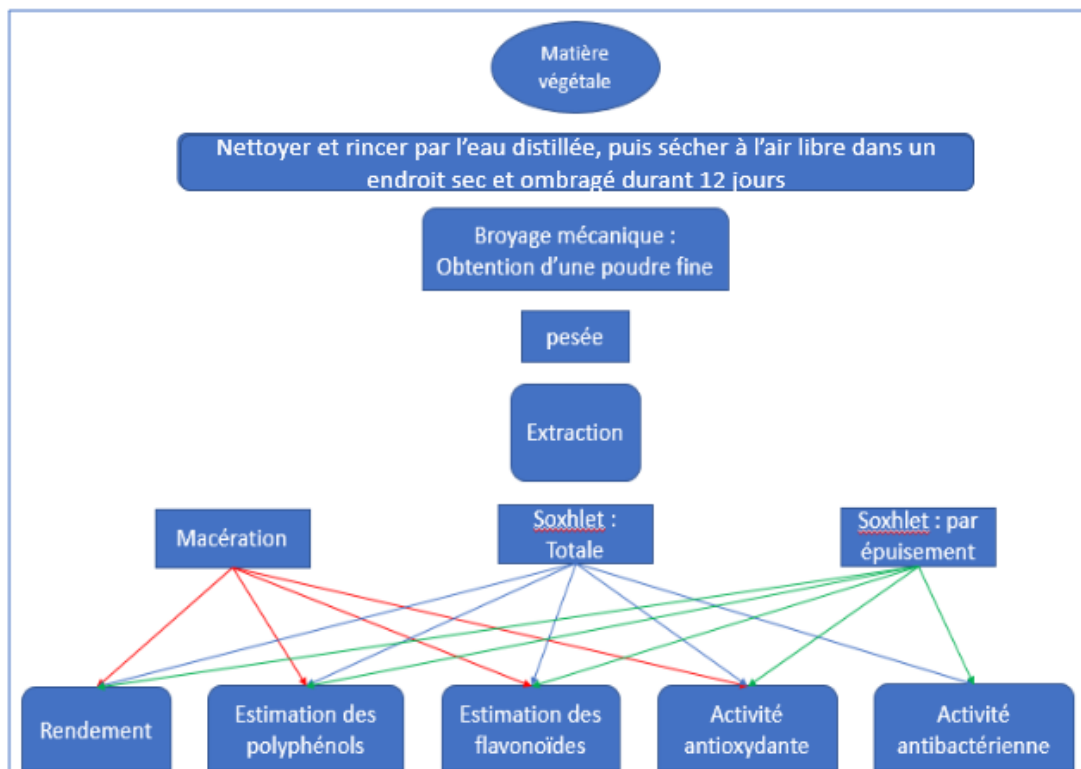


Figure 49 : Schéma illustrant la démarche expérimentale suivie lors de l'étude de la valorisation des espèces du genre *Tamarix*.

### ***a. Extraction par macération***

Les extraits végétaux sont préparés en laissant macérer des quantités de 1.5 g de poudre du matériel végétal (feuille ou fleur) de chaque espèce dans 9 ml de différents solvants (hexane, éther de pétrole, dichlorométhane, chloroforme, méthanol et l'eau distillé), pendant 72 heures à température ambiante.

### ***b. Extraction totale par Soxhlet***

Dans ce type d'extraction une quantité de 20 g de poudre végétale (feuille, fleur) est entassée dans un papier filtre, puis elle est introduite dans l'extracteur du soxhlet. Le ballon est rempli de 120 ml d'un des solvants d'extraction utilisés (éther de pétrole, dichlorométhane, chloroforme, méthanol et l'eau distillée) puis il est porté à ébullition. La température d'extraction est ajustée en fonction du point d'ébullition du solvant à partir duquel le temps d'extraction est mesuré.

### ***c. Extraction par épuisement successif par Soxhlet***

Cette méthode d'extraction correspond à une répétition du cycle d'extraction par soxhlet jusqu'à l'épuisement complet des composés secondaires dans la poudre végétale. Dans cette opération six solvants de polarité croissante ont été utilisés successivement.

Vingt-cinq grammes (25 g) de la poudre végétale (poudre des feuilles ; poudre des fleurs) ont été mis à percoler avec l'hexane pour un volume de 150 ml. La température d'extraction correspond au point d'ébullition du solvant. Le temps d'extraction est mesuré lorsque le solvant commence à bouillir jusqu'à ce que la couleur du solvant dans l'extrait de soxhlet devienne claire.

L'extrait d'hexane est récupéré alors que le marc résiduel après épuisement a été séché à la température ambiante du laboratoire puis percolé avec le deuxième solvant, l'éther de pétrole, pour un volume de 150 ml, pour obtenir un extrait étherique. Le marc résiduel récupéré a été séché à la température ambiante du laboratoire puis percolé avec le dichlorométhane pour un volume de 150 ml, permettant d'obtenir un extrait dichloromethanique. Le marc résiduel restant a été séché à la température ambiante du laboratoire puis percolé avec une solution du chloroforme de volume 150 ml, permettant d'obtenir un extrait chloroformique. Le marc résiduel récupéré a été séché à la température ambiante du laboratoire puis percolé avec le méthanol pour un volume de 150 ml, permettant d'obtenir un extrait méthanolique. Enfin le marc résiduel a été séché à la température ambiante du laboratoire puis percolé avec l'eau distillée de volume 150 ml, l'extrait aqueux a été obtenu (Figure 50).

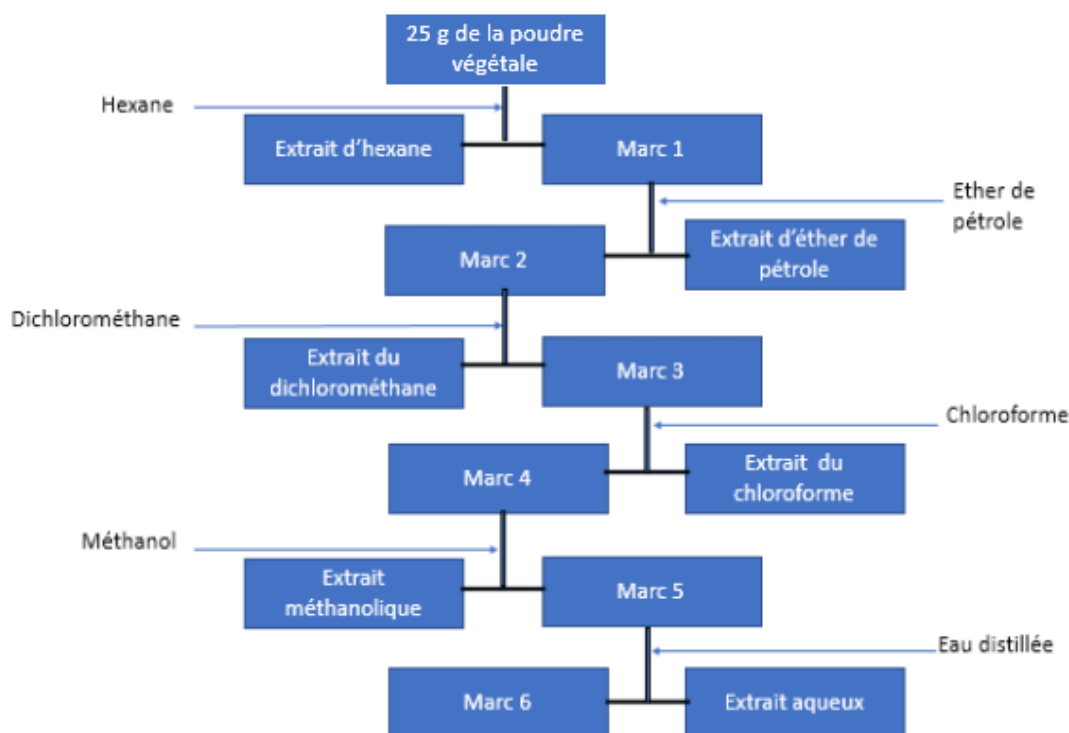


Figure 50 : Extraction par des solvants de polarité croissante de la poudre végétale.

#### *d. Séchage et conservation des extraits*

Les extraits ont été récupérés après filtration à l'aide d'un papier filtre, puis ils ont été mis à évaporation dans l'étuve à ventilation (40 °C) pendant 2 heures (Imen, 2016). Ces extraits ont été ensuite séchés en les laissant sous la hotte pendant 24 heures. Une quantité de 100 mg, destinée à l'étude de l'activité antibactérienne, a été reprise dans 1 ml du DMSO (100 mg/ml). Le reste, qui est destiné au dosage des polyphénols, des flavonoïdes, et à l'activité antioxydantes, a été solubilisé dans le méthanol 80 %.

#### *e. Rendement*

Le rendement de l'extraction (%) a été estimé selon la formule (Boubekri, 2014 ; Imen, 2016):

$$R (\%) = (m/M) \times 100$$

M = prise d'essai pour l'extraction

m = masse d'extrait obtenu

#### *f. Dosage des polyphénols totaux*

La détermination de la teneur en polyphénols est réalisée par le biais du réactif de Folin-Ciocalteu. Cette méthode a été décrite pour la première fois, en 1977, par Slinkard & Singleton. Elle consiste à ajouter 250 µl de chaque extrait à 1.25 ml du réactif de Folin-Ciocalteu (10 %), puis 1 ml du carbonate de sodium (7,5 %) est additionné. Après une durée d'incubation de 30

min à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 765 nm. Le blanc a subi le même protocole mais en remplaçant l'extrait par le méthanol 80 %.

Le contenu phénolique total a été exprimé en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg.EAG/g.MS) (Khoudali *et al.*, 2014).

#### ***g. Dosage des flavonoïdes***

La détermination de la teneur des flavonoïdes a été issue du protocole de Dewanto *et al.*, (2002 cité par Boulaaba *et al.*, 2013), qui consiste à prélever un volume de 75 µl de NaNO<sub>2</sub> (5%) et l'ajouter à 250 µl de chaque extrait. Le mélange est laissé au repos durant 6 minutes avant d'ajouter 150 µl du chlorure d'aluminium fraîchement préparé (AlCl<sub>3</sub>, 6H<sub>2</sub>O, 10%). Une deuxième incubation a été réalisée pendant 5 minutes à température ambiante, suivie de l'addition de 500 µl de NaOH (1 M), ensuite un volume de 1,525 ml de l'eau distillée a été ajouté pour ajuster le volume final de 2,5 ml. Les lectures d'absorption ont été prises à 510 nm. La gamme standard est préparée avec de la rutine. La teneur en flavonoïdes est exprimée en µg d'équivalent rutine par gramme de matière sèche (µg.ERT/g.MS) (Ouerghemmi *et al.*, 2017 ; Boulaaba *et al.*, 2013 ; Karker *et al.*, 2016a)

#### ***h. Evaluation de l'activité antioxydante (DPPH)***

L'activité antioxydante peut être évaluée par plusieurs méthodes notamment ABTS, DPPH, FRAP, β-carotène (Ahmed *et al.*, 2015 ; Jdey *et al.*, 2017 ; Pan *et al.*, 2017). Dans la présente étude nous avons opté pour le DPPH• (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle), cette analyse est simple dans son application est le produit est disponible. Le DPPH est un radical fixé par les composés antioxydants selon un processus de transfert de l'atome d'hydrogène donnant ainsi un composé réduit et stable (DPPH-H).

L'activité de piégeage se traduit par le passage de la couleur de la solution du rose au jaune. Cette conversion est proportionnelle à la concentration et à la puissance de l'antioxydant, elle est facilement quantifiable en mesurant l'absorbance. Une partie aliquote de 50 µl d'une solution de DPPH• métabolique (0,2 mM) est combinée à 200 µl de chaque extrait afin de préparer différentes concentrations (1,87 ; 3,75 ; 6,25 ; 12,5 ; 25 ; 50 ; 100 et 200 µg/ml). Après un repos de 30 minutes à l'obscurité et à température ambiante (Bourgou *et al.*, 2016), l'absorbance est mesurée à 540 nm (Boly *et al.*, 2016).

Parallèlement, un témoin négatif sans extrait (en remplaçant l'extrait par le méthanol 80 %) et un contrôle positif représenté par l'acide ascorbique (Vitamine C) sont également analysés pour faire la comparaison en suivant le même protocole que dans le cas des extraits. L'activité anti-radicalaire de chaque échantillon a été exprimée en pourcentage d'inhibition de DPPH en

utilisant la formule suivante (Linda & Manef, 2018 ; Jdey *et al.*, 2017 ; Ouerghemmi *et al.*, 2017) :

$$\text{DPPH (\%)} = ((A_0 - A_1) / A_0) * 100$$

Où  $A_0$  et  $A_1$  sont les absorbances du contrôle et de l'échantillon après 30 min, respectivement. L'activité antiradicalaire a été exprimée par la concentration d'extrait qui réduit 50 % de DPPH :  $IC_{50}$  ( $\mu\text{g/ml}$ ). Ainsi une faible valeur  $IC_{50}$  indique une activité antioxydante élevée. Les échantillons ont été analysés deux fois.

### 3.3 Activité antibactérienne

L'étude de l'activité antibactérienne est limitée aux extraits obtenus par l'extraction au soxhlet (totale ou par épuisement) en raison de la disponibilité limitée des produits. Cette partie du travail consiste à tester les effets antibactériens des extraits de *T. africana* et *T. gallica*, déterminer leurs concentrations minimales inhibitrices (CMI) et leurs concentrations minimales bactéricides (CMB).

Les germes qui ont été choisis pour tester l'effet antibactérien des extraits végétaux sont responsables de diverses pathologies. Il s'agit des souches de :

- ❖ Deux bactéries de Gram+ :
  - *Bacillus subtilis* ATCC 315 : L'espèce *Bacillus* se trouve principalement dans le sol et dans le tractus gastro-intestinal chez les animaux et les humains (Wiyada, 2012)
  - *Enterococcus faecalis* ATCC 19433 : sont des composants de la population microbiologique normale du tractus gastro-intestinal humain (Holzapfel *et al.*, 2018). Ils sont parmi les principales causes des infections nosocomiales, y compris les infections des voies urinaires, les infections de la circulation sanguine, les infections des plaies et l'endocardite (Qin *et al.*, 2000). L'espèce *Enterococcus faecalis* semble être généralement associée au tractus gastro-intestinal humain ; leur présence dans / sur les aliments peut donc indiquer une origine fécale (Holzapfel *et al.*, 2018)
- ❖ Une bactérie de Gram- :
  - *Citrobacter freundii* ATCC 8090 : Les espèces de *Citrobacter* appartiennent à un groupe de bacilles facultatifs. On les trouve fréquemment dans l'eau, le sol, les aliments et les intestins des animaux et des humains. Ils sont connus pour provoquer un large spectre d'infections touchant les voies urinaires, le foie, les voies biliaires, le péritoine, les intestins, les os, les voies respiratoires, l'endocardie, les plaies, les méninges (Liu *et al.*, 2017).

### **3.3.1 Préparation des suspensions bactériennes**

Mayachiew & Devahastin (2008) décrivent une méthode de diffusion sur disque en milieu gélosé. Le principe de cette méthode est basé sur l'inhibition de la croissance des microorganismes dans une boîte de Pétri après une période d'incubation en contact avec le produit à tester (Himed *et al.*, 2016).

Les souches bactériennes sélectionnées ont été repiquées par la méthode de stries, puis incubées à l'étuve durant 24 heures à une température de 37°C sur un milieu solide (Muller Hinton) afin d'obtenir une culture jeune permettant la préparation de l'inoculum bactérien (Ben Tabet, 2015 ; Saffidine, 2015).

A partir des précultures, nous avons raclé quelques colonies à l'aide d'une anse de platine avant de les mettre dans un bécher contenant de l'eau physiologique stérile. La suspension bactérienne a été bien homogénéisée avant de passer à la mesure de la densité optique au spectrophotomètre. En effet, la concentration de l'inoculum doit être connue, pour cela l'opacité de l'inoculum doit être équivalente à 0,5 Mc Farland. Cette valeur correspond à une densité optique (DO) de 0,1 à 0,12 ( $1-3 \times 10^8$  bactéries/ml ;  $10^8$  UFC/ml) (Comité de l'antibiogramme, 1993 ; Laouini, 2014). Pour cela, 2 ml de la suspension bactérienne ont été mis dans la cuve d'un spectrophotomètre réglé à 550 nm. Dans notre cas, la suspension bactérienne a été ajustée à une DO de 0,1.

### **3.3.2 L'aromatogramme ou l'effet antibactérien**

Après la solidification du milieu Muller Hinton (15 ml) préalablement coulé dans des boîtes de pétries stériles (90 mm), nous avons étalé 1 ml de la suspension bactérienne à la surface du milieu, après 5 min l'excès de la suspension a été éliminé. A l'aide d'une pince stérile, 3 disques de papier filtre stérile (6 mm) ont été placés par boîte. Ces disques ont été chargés avec différentes quantités de l'extrait à tester sur la surface du milieu : 5 µl (correspond à 0,5 mg de l'extrait), 10 µl (1mg) et 15 µl (1,5 mg). Dans une autre boîte, un disque imbibé par 10 µl du DMSO a été également utilisé comme témoin négatif. A côté de ces boîtes, une de référence a été préparé avec des disques du Gentamicine (10 µg) et de l'Erythromycine (15 µg) utilisées comme contrôles positifs.

Les boîtes sont ensuite maintenues à 4 °C pendant 1 heure afin de permettre aux extraits de diffuser dans la gélose avant que les bactéries ne commencent à se multiplier, puis les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 24 heures avant de mesurer le diamètre d'inhibition.

Le nombre de répétitions est de deux fois et le diamètre de l'inhibition de la zone autour de chaque disque est mesuré trois fois à l'aide d'un pied à coulisse.



L'effet antibactérien des extraits de *T. africana* et *T. gallica* sur la souche ciblée est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition (Himed *et al.*, 2016). En fonction du diamètre de la zone d'inhibition, la souche est qualifiée de résistante (-) pour les diamètres de moins de 8 mm ; de sensible (+) pour les diamètres de 8 à 14 mm ; de très sensible (++) pour les diamètres de 15 à 19 mm et d'extrêmement sensible (+++) pour les diamètres de plus de 20 mm (Himed *et al.*, 2016).

### **3.3.3 La détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) et bactéricide (CMB)**

La détermination des Concentrations Minimales Inhibitrices (CMI) des extraits ayant manifesté une activité antibactérienne a été faite par micro-dilution sur plaque (Carson *et al.*, 1995 cité par Clément *et al.*, 2009).

La plaque ELISA est composée de 96 puits (Figure 51) sous forme d'un tableau de 8 lignes (L1 à L8) et de 12 colonnes (C1 à C12). Tous les puits de la plaque sont remplis par 100 µl du bouillon Mueller Hinton stérile. Un volume de 100 µl de chaque extrait (100 mg/ml) a été ajouté dans le premier puit de chaque ligne, puis des dilutions en cascade ont été faites afin d'avoir 8 concentrations (50 à 0,39 mg/ml). Ensuite, un volume de 100 µl d'inoculum de 10<sup>8</sup> UFC/ml a été ajoutée aux puits de manière à avoir un volume final de 200 µl dans chaque puits (Esmail *et al.*, 2015 ; Bachiri *et al.*, 2016). Pour chaque extrait, deux lignes successives ont été réservées pour la répétition du test.

Des puits contenant 100 µl du bouillon Mueller Hinton et 100 µl de l'inoculum ont été utilisées comme contrôles positifs, et d'autres contenant 100 µl du DMSO et 100 µl du bouillon Mueller Hinton (sans inoculum) ont été utilisées comme contrôles négatifs. Les plaques d'ELISA sont recouvertes et incubées à 37°C pendant 18 heures.

La détermination de la CMI se fait, après une période d'incubation de 18 à 24 heures, par lecture directe à l'œil nu. Elle correspond à la petite concentration à laquelle la turbidité du fond des puits induite par la croissance des germes est absente (Toty *et al.*, 2013). Le nombre de répétitions de la détermination de la CMI est de deux fois.

Pour la Concentration Minimale Bactéricide ou la CMB, elle est déterminée à partir de la CMI. A partir des puits, qui ne présentent aucune croissance visible à l'œil nu après l'incubation, 5 µl de leur contenu est repiqué sur de la gélose (Mueller Hinton) préalablement coulée dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre. La lecture est faite après une incubation à 37°C pendant 18 heures. La CMB correspond à la plus petite concentration d'extrait qui ne laisse aucune subculture de bactéries survivantes (Bachiri *et al.*, 2016 ; Ouattara *et al.*, 2017) après un temps

d'exposition à l'antibiotique de 12 à 18 heures (Michel Briand, 1986 cité par Clément *et al.*, 2009).

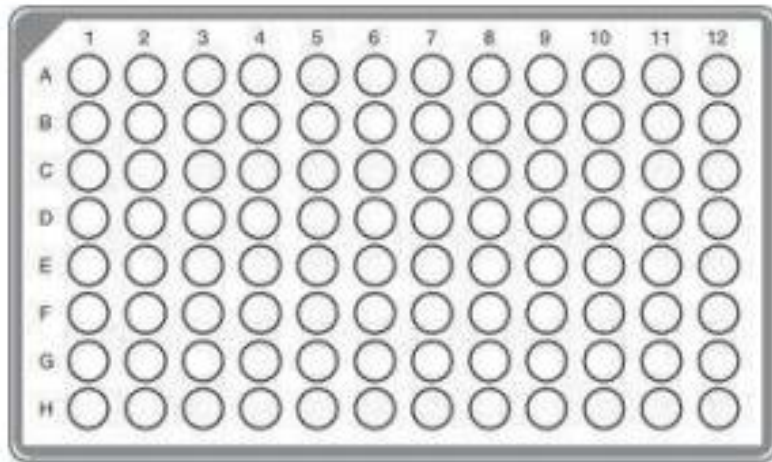


Figure 51 : Plaque Elisa utilisée pour la détermination de la CMI.

## 4. Analyse statistique

### 4.1 Variabilité morphologique

Les valeurs obtenues ont été soumises à des calculs simples (moyenne, maximum, minimum, écart-type), avant de subir une classification à l'aide de deux outils fournis dans le logiciel SPSS : l'analyse en composantes principales (ACP) et l'arbre hiérarchique (CAH).

### 4.2 Biochimie et activité antibactérienne

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS. Les résultats ont été exprimés en moyenne  $\pm$  moyenne d'erreur standard. Les données ont été analysées en utilisant une ANOVA à un seul facteur (analyse de variance unidirectionnelle).

Les valeurs de probabilité (Hadjadj, 2017) :

$p \leq 0,001$  donnent un effet très hautement significatif,

$p \leq 0,01$  un effet hautement significatif,

$p \leq 0,05$  un effet significatif et pour une  $p > 0,05$ , on considère que l'effet n'est pas significatif.

# **Résultats et discussion**

**Etude systématique, morphométrique,  
distribution et écologie des *Tamarix***

**Chapitre I**

***Etude systématique***

**(Annexe 1)**

## 1. Introduction

La famille des *Tamaricaceae* (*Tamaricacées*) est originaire de l'Eurasie et de l'Afrique (Komaroz, 1949 ; Baum, 1967 ; Qaiser, 1982 in Qaiser *et al.*, 2004). Certaines espèces de cette famille sont considérées comme plantes médicinales vues les vertus thérapeutiques qu'elles possèdent (Sqalli *et al.*, 2007 ; Boulaaba *et al.*, 2013 ; Samejo *et al.*, 2013 ; Hassiba *et al.*, 2014 ; Alrumman, 2016 ; Suleiman, 2019). Les plantations des espèces du genre *Tamarix* sont utilisées dans le contrôle de l'érosion des berges des oueds ou pour lutter contre l'ensablement dans les régions sahariennes. Elles sont également utilisées comme plantes ornementales pour la production de nombreux chatons à fleurs roses ou blanches.

Le nombre de genres de la famille des *Tamaricaceae* varie selon les auteurs. Pour Crins (1989) la famille regrouperait cinq genres *Hololachna* Ehrenb., *Myricaria* Desv., *Myrtama* Ovez. et Kinz., *Reaumuria* L., et *Tamarix* L. Pour Zhang (in Wang *et al.*, 2009), la famille des *Tamaricaceae* serait composée de trois genres (*Tamarix*, *Reaumuria* et *Myricaria*). Plus tard, les travaux de Qaiser (2004), Zhang *et al.* (2014) et Kuzminsky (2016) montrent la présence de quatre genres : *Hololachna*, *Myricaria*, *Reaumuria* et *Tamarix*.

La variation du nombre d'espèces entre auteurs concerne également le genre *Tamarix* qui pourrait être attribuée à la complexité de la taxonomie de ce genre qui est due à la grande ressemblance entre les espèces (Kuzminsky *et al.*, 2016, Baum, 1978) ce qui a abouti à la présence de plusieurs classifications.

En 1816, Willdnow établit la première monographie du genre *Tamarix* qui contiennent 16 espèces (Mayonde *et al.*, 2015 ; Baum, 1978 ; Arianmanesh *et al.*, 2015). En 1852, Bunge cite 51 espèces. D'autres études montrent, chez le genre *Tamarix*, la présence de 54 à 90 espèces (Baum, 1978 ; Crins, 1989 ; Qaiser, 1981 ; Yang & Gaskin, 2007, Venturella *et al.*, 2007).

Le Maroc, est caractérisé par une large distribution des espèces du genre *Tamarix*. Jusqu'à présent six espèces y ont été signalés : *T. aphylla*, *T. amplexicaulis*, *T. boveana*, *T. africana*, *T. canariensis* et *T. gallica*. Cependant Baum (1978) a signalé *T. gallica* comme une espèce douteuse au Maroc, alors que de nombreux auteurs l'ont cité dans leurs travaux (Valdés *et al.*, 2002 ; Ennabili & Ater, 1996 ; Ennabili & Gharnit, 2003 ; Ennabili & Ater, 2005 ; Ennabili & Radoux, 2006 ; Benkhnigue *et al.*, 2011 ; El Mansouri *et al.*, 2011 ; Rihane, 2012 ; Orch *et al.*, 2013 ; El joubari *et al.*, 2015).

La taxonomie du genre *Tamarix* L. est très complexe (Zohary, 1972 ; Villar *et al.*, 2012). Cette complexité relative à ce genre (Barry & Luque, 1998 ; Arianmanesh *et al.*, 2015), crée le doute

sur l'existence de certaines espèces dans certaines régions du Maroc et des similitudes peuvent parfois être source de confusion.

C'est ainsi qu'il existe certaines confusions d'identification entre *T. gallica* et *T. canariensis* dues à la présence de caractères intermédiaires entre les spécimens des deux espèces (Baum, 1978 ; Rivas Cembellin *et al.*, 1990 in Barry *et al.*, 1998). D'autres confusions sont également signalées entre *T. boveana* et *T. africana* (Villar *et al.*, 2012) et entre *T. africana* et *T. gallica* (Kuzminsky *et al.*, 2016). La très grande similitude entre ces espèces limite dans certains cas l'efficacité des clés adoptées, ceci est probablement dû à la capacité que possèdent les espèces proches de s'hybrider, ce qui ne facilite pas le découpage taxonomique (Baum, 1978 ; Shafroth *et al.*, 2008 ; Gaskin & Schaal, 2002 ; Gaskin & Shafroth, 2005 ; Deloach *et al.*, 2003).

Le même problème se présente en Espagne pour l'espèce *Tamarix dalmatica*, Villar *et al.* (2012) ont réalisé une étude comparative des caractères morphologiques des différentes espèces de *Tamarix* excluant cette espèce de l'aire Ibérique alors qu'elle figurait dans la flore espagnole. Par ailleurs, en Grèce, Villar et ses collaborateurs (2014) confirment la présence de certaines espèces de *Tamarix* (*Tamarix Nilotica* et *Tamarix smyrnensis*) en se basant sur des caractères différents de ceux utilisés par Baum en 1978. Ces confusions rendent difficiles la description de certaines espèces en se basant sur la monographie de Baum (1978) considérée comme une revue de référence. Lesquelles confusions laissent supposer que les descriptions de certaines espèces de *Tamarix* se basaient sur un nombre limité d'individus récoltés à un lieu donné et pendant une période donnée.

Il nous a donc paru important de s'intéresser au problème d'identification des espèces du genre *Tamarix*, en réalisant un inventaire relativement exhaustif des espèces du genre *Tamarix* au Maroc afin d'observer tous les degrés de variation chez les spécimens récoltés.

## **2. Etude systématique**

D'après le résultat de l'identification des échantillons collectés, trois espèces précédemment déclarées ont été confirmées : *T. aphylla*, *T. africana* et *T. boveana*. Pour *T. aphylla*, l'identification est assez facile, elle peut se faire sur le terrain rien qu'en se basant sur la forme vaginante des feuilles. Alors que *T. africana*, les membres de cette espèce se caractérisent par des feuilles sessiles peuvent atteindre 3,2 mm en longueur, des chatons de 8,4 cm (98,748% des chatons traités sont inférieurs ou égaux à 7 cm) de longueur et de 8 mm de largeur, ainsi que des bractées triangulaires acuminées (71,04 % des bractées sont inférieures ou égales au calice). Concernant les spécimens identifiés comme *T. boveana*, ils se caractérisent par des feuilles très

longues peuvent atteindre 7 mm de longueur, des fleurs tétramères, des bractées linéaires-oblongue dépassant le calice ainsi que des chatons larges qui peuvent atteindre 1,2 cm.

Alors que pour *T. amplexicaulis*, on soupçonne leur existence à Merzouga, Où nous avons trouvé un spécimen de cet espèce, pris dans la même station, conservé dans l'herbier de l'institut scientifique de Rabat (code 63950).

Concernant *T. canariensis* et *T. gallica*, leur existence au Maroc demeurent floues, vue que l'identification de deux chatons différents du même spécimen donne des résultats contradictoires, Cela explique la différence de nomenclature entre les chercheurs pour le même spécimen (Figure 52). Ajoutant aussi que nous avons rencontré des cas, dont les caractéristiques morphologiques n'ont jamais été évoqués dans les clés taxinomiques.

Pour différentes raisons, de nombreuses difficultés se posent dans l'identification de certaines espèces du genre *Tamarix* notamment en raison des clés taxinomiques adoptées pour certains pays, aux appréciations variables des rangs taxinomiques suivant les auteurs, aux monographies qui peuvent comporter certains caractères ambigus, sans négliger l'effet de l'âge et la position des rameaux et des chatons sur certains caractères.

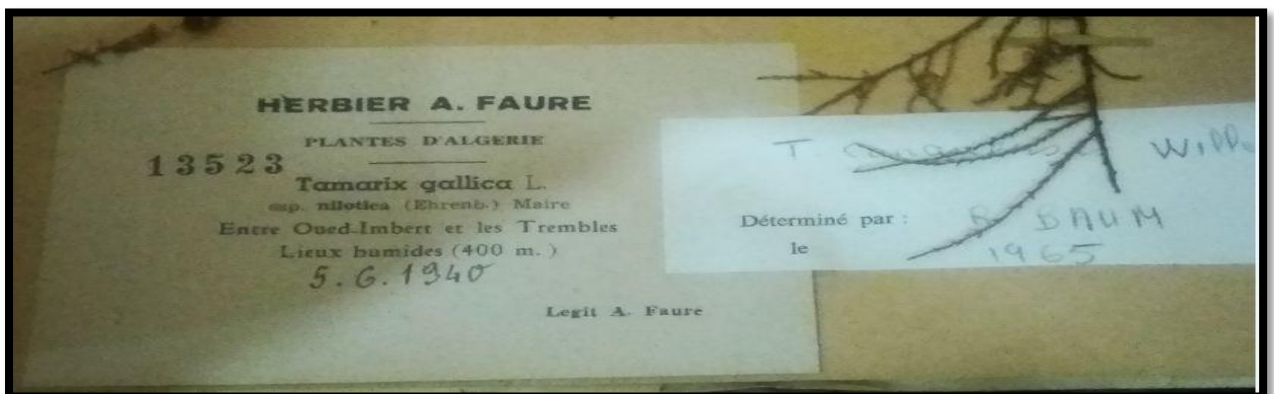


Figure 52 : Spécimen de *Tamarix* portant des identifications différentes.

### 2.1. *T. aphylla* et *T. amplexicaulis*

Selon les descriptions de Baum (1978) ces deux espèces sont morphologiquement très distinctes en se basant uniquement sur la forme et la taille de la feuille. Ce caractère, était considéré par Qaiser (1981) comme un marqueur taxinomique du genre *Tamarix*. Ce caractère a été suffisant pour identifier *T. aphylla*. Par contre, chez *T. amplexicaulis*, ce seul critère n'est pas suffisant pour décrire l'espèce. De ce fait il nous a été difficile d'identifier certains spécimens récoltés à proximité de l'embouchure de l'Oued Draa, où la présence de *T. amplexicaulis* a été signalée dans les fiches Ramsar (Qninba *et al.*, 2003) et également au niveau du bassin Draa (Klose,



2009), et à Tinjdad (Programme de Développement Territorial Durable des Oasis du Tafilalet). Les spécimens récoltés lors de cette étude ne répondent pas à la description de Baum (1978) malgré qu'ils présentent des feuilles ayant un limbe amplexicaule (Figure 53). De ce fait, le caractère « limbe amplexicaule » n'est pas suffisant pour dire qu'il s'agit de *T. amplexicaulis* du fait que les fleurs sont à cinq étamines et non pas six à dix étamines d'après Baum (1978) et Fennane *et al.* (1999).



Figure 53 : Feuilles à limbe amplexicaule.

Par ailleurs certains spécimens récoltés au niveau de Ferkla Oulya, présentent sur le même rameau des feuilles vaginantes qui est un caractère de *T. aphylla* et d'autres feuilles pseudo-vaginantes (Figure 54). Ce qui nous laisse supposer qu'il s'agit d'une espèce hybride.

D'autres individus collectés au niveau de la région de Tafilalet (Merzouga) et du Sahara (Oued Saquia El Hamra), présentent des feuilles amplexicaules plus ou moins denses avec une longueur qui varie entre 1,5 et 1,8mm et un sommet court (Figure 55).



Figure 54 : Feuilles vaginantes et pseudo-vaginantes sur le même rameau.

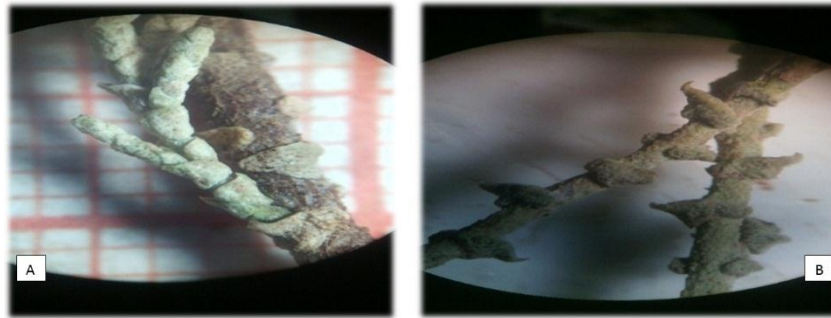


Figure 55 : Feuilles amplexicaules (A : Saquia El Hamra. B : Merzouga).

D'après Baum (1978) cette description nous oriente vers *T. amplexicaulis*. Sauf que les fleurs des spécimens récoltés au Sahara ne possèdent que cinq étamines alors que *T. amplexicaulis* contient entre six et dix étamines. Pour le spécimen récolté à Merzouga, il est caractérisé par des feuilles charnues, qui est une caractéristique des *T. amplexicaulis* (Baum, 1978). Nous avons également noté que cet échantillon ne contient pas de fleurs contrairement à d'autres espèces (*T. canariensis* /*T. gallica*) rencontrés dans cette station, cette différence en période de floraison augmente l'hypothèse qu'il s'agirait de *T. amplexicaulis*.

D'autres difficultés d'identification ont été soulevées, elles sont en relation avec l'âge des rameaux et le niveau d'insertion des feuilles sur les rameaux.

Les travaux antérieurs sur l'oued Draâ (Qninba *et al.*, 2003 ; Klose, 2009) et ceux sur Tinjdad (Programme de Développement Territorial Durable des Oasis du Tafilalet) montre la présence de *T. amplexicaulis* dans ces régions. Cependant les spécimens que nous avons récoltés dans ces zones lors du présent travail ont montré que les feuilles présentent parfois des formes qui ne concordent pas avec celle de cette espèce. De ce fait, la structure de la fleur reste un critère d'identification discriminant dans le cas des *T. amplexicaulis*.

Nous pouvons dire que les difficultés rencontrées peuvent être dues à la présence d'hybrides ou à la présence de nouvelles espèces qu'il faut confirmer par des approches moléculaires.

## **2.2. *T. africana* et *T. boveana***

*T. africana*, est une espèce pentamère (Quezel & santa, 1963 ; Baum, 1968 ; Bunge, 1852) tandis que *T. boveana* peut être soit tétramères (Bunge, 1852 ; Quezel & santa, 1963 ; Sotiaux *et al.*, 1981 ; Baum, 1968, 1978 ; Cirujano, 1993 ; Scholz *et al.*, 2008) soit pentamères (Baum, 1978 ; Cirujano, 1993). De ce fait, Baum (1978) montre qu'il existe certaines ressemblances dans le cas où ces espèces sont pentamères. Dans notre cas, les spécimens de *T. boveana* sont

tétramères et ne présentent pas de problème d'identification. En plus, après l'examen de nombreux échantillons, nous avons pu constater que la forme de la bractée (large et dépasse le calice) et la taille du chaton permettent la distinction entre ces deux espèces. Les chatons des *T. boveana* sont plus large (1,2 cm) que ceux des *T. africana*, ceci concorde avec le résultat de Villaret *al.* (2012) (Figure 56).

Cependant des variations de ces deux caractères sont décelées chez certains individus de la même espèce ou au sein du même individu. Ces variations sont probablement en fonction de la période de récolte.



Figure 56 : Forme du disque chez *T. boveana*.

Les individus de *T. africana* sont caractérisés par des feuilles sessiles qui peuvent atteindre 3,2 mm de longueur. Les bractées sont larges acuminées à triangulaire sans ou avec une marge blanche. Les chatons sont larges de 8 mm.

Les pétales de *T. boveana* sont obovales et ceux de *T. africana* sont de forme ovale, oval-elliptique à elliptique (Baum, 1978 ; Venturella *et al.*, 2007)

Certains spécimens récoltés présentent tous les caractères de *T. africana* sauf pour les pétales qui sont obovales ou obo-elliptique ce qui concorde avec la description de Venturella *et al.* (2007).

Au sud du Maroc et à Laayoune, au mois d'aout, des spécimens ont été récoltés à l'état végétatif sans fleurs. C'est ainsi que le seul caractère d'identification qui reste correspond à la forme et la taille des feuilles. Ces spécimens présentent des feuilles sessiles dont la taille varie entre 4 et 7 mm au niveau des jeunes rameaux (Figure 57) ce qui rappelle les caractères de *T. boveana*. La présence de cette espèce a été mentionnée sur la côte nord-ouest de l'île de Jandía (Iles Canaries). D'après Scholz *et al.* (2008) cette présence est le résultat de la dispersion des graines de l'espèce *T. boveana* qui existent au Sahara au sud du Maroc.



Figure 57 : Forme et longueur des feuilles de *Tamarix boveana* collectée au Sahara.

### 2.3 *T. gallica* et *T. canariensis*

Quant aux doutes concernant l'existence de l'espèce *T. gallica* au Maroc et à sa confusion avec *T. canariensis*, aucune étude n'a été effectuée pour résoudre ce problème.

Les inventaires qui montrent la présence de ces deux espèces au Maroc reposent principalement sur la clé de Baum qui qualifie lui-même *T. gallica* comme espèce douteuse.

Dans le cas de ces deux espèces, les bractées ont été parmi les principaux critères de différenciations. Mais la longueur de la bractée par rapport au calice varie en fonction des descriptions des auteurs.

Chez *T. canariensis*, la bractée est égale ou dépassant le calice selon la monographie de Baum (1968), Cirujano (1993) et le Catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc (Valdes *et al.*, 2003). Alors que selon la Flore pratique du Maroc (Fennane *et al.*, 1999), la taille de la bractée est comparée à la fleur, elle est égale ou dépassant la fleur.

D'autres travaux ont décrit la bractée égale à légèrement supérieur au calice (Venturella *et al.*, 2007).

Chez *T. gallica* la taille de la bractée dépasse la limite supérieure des pédoncules sans atteindre l'extrémité du calice (Natale *et al.*, 2008 ; Cirujano (1993) et Venturella *et al.*, 2007). Quant à Baum (1968) il précise qu'elle ne dépasse pas le milieu du calice. Selon Valdes *et al.* (2003) les bractées sont triangulaires et atteignent le milieu du calice à l'anthèse, et dans la flore pratique du Maroc (Fennane *et al.*, 1999) elles sont souvent plus courtes que le calice.

Dans le présent travail l'examen de nombreux spécimens a révélé que la longueur des bractées diffère au niveau du même individu en fonction de la position des fleurs sur le même chaton, entre les chatons du même rameau ou en fonction de la période de floraison. Cette variation revient à plusieurs facteurs notamment l'effet de la croissance des pédoncules floraux qui

continuent à s'allonger durant la floraison, tandis que les bractées peuvent garder la même taille (Villar *et al.*, 2012).

Quant à la forme de cette pièce florale, Bunge (1852) a décrit que *T. gallica* possède des bractées ovales acuminées. Mais dans la monographie de Baum (1978) elles sont triangulaires acuminées à pointe émoussée. Laquelle forme est attribuée aussi bien à *T. gallica* qu'à *T. canariensis* d'après Venturella *et al.* (2007).

Concernant *T. canariensis*, la forme des bractées est subulée d'après Cirujano (1993), elle est triangulaire acuminées selon Venturella *et al.* (2007) et elle est triangulaire acuminée à subulée dans la description de Baum (1978).

Dans le cas de nos échantillons certains spécimens possèdent, sur le même chaton, des bractées de formes et de tailles variées. Elles sont triangulaires acuminées et/ou triangulaires subulées ce qui concorde avec les descriptions de *T. canariensis* et *T. gallica*.

D'autre part, dans les travaux de Baum (1968, 1978) ; Bunge (1852) ; Venturella (*et al.*, 2007) ; Valdes (*et al.*, 2003), les chatons de *T. gallica* sont glabres. Les spécimens récoltés, qui présentent des caractères similaires des deux espèces, possèdent tous des rachis glabres ce qui renforce la présence de *T. gallica* au Maroc. Par ailleurs, Baum met la présence de cette dernière en doute au Maroc, de ce fait on peut se poser la question si ce caractère est assez suffisant pour faire la différence entre *T. canariensis* et *T. gallica* ?

Dans les clés d'identification la taille des pétales de *T. canariensis* et *T. gallica* présente de légères différences. Chez *T. canariensis* elle varie de 1,25 à 1,5 mm (Baum, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999) alors que dans les travaux de Venturella *et al.* (2007) les pétales peuvent atteindre jusqu'à 2,5mm. Chez *T. gallica* la taille des pétales est de 1.5 à 2 mm (Baum, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999) et elle peut arriver jusqu'à 2.2 mm (Venturella *et al.*, 2007). De ce fait on peut déduire que la taille des pétales peut mener à de fausses identifications. Quant à la forme des pétales, chez *T. canariensis* elle est obovale (Baum, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999) ou obovale à elliptique (Venturella *et al.* 2007). Chez *T. gallica*, les pétales sont elliptiques à ovale-elliptiques (Baum, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999 ; Venturella *et al.*, 2007).

Quant aux pétales des spécimens récoltés, ils présentent des formes et des tailles différentes entre les individus de la même population et au sein du même individu. Les formes décrites sont obovale, obo-elliptique ou elliptique.

Ces similarités décelées ne laissent pas considérer la forme et la taille des pétales comme caractère discriminatif entre *T. gallica* et *T. canariensis*.

Pour les sépales, Baum (1978) montre qu'ils ont une base de forme ovale chez *T. gallica* et plus ou moins effilé chez *T. canariensis* (Figure 58). En se basant sur ce critère, nous pouvons dire

que les spécimens récoltés correspondent à *T. gallica* du fait qu'ils présentent tous des sépales de formes ovales.

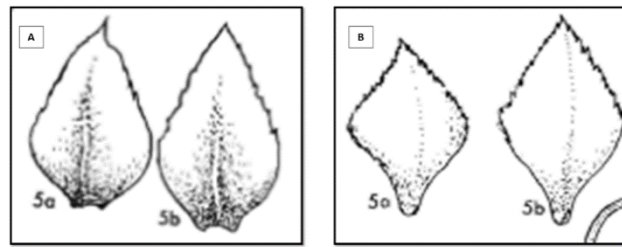


Figure 58 : A) forme des sépales *T. gallica*. B) forme des sépales chez *T. canariensis* (Baum, 1978).

Ajoutons également que la forme du disque nectarifère est parmi les critères d'identification selon Baum (1978), cependant certains auteurs ont mis en doute la fiabilité de ce caractère chez certaines espèces (Arianmanesh *et al.* 2015 ; Zohary, 1987 in Villar *et al.* 2012). C'est ainsi que la figure 59 montre que la forme du disque de *T. canariensis* décrite par Baum (1978) est beaucoup plus semblable à celle de *T. gallica* décrites par Natale *et al.* (2008).

Concernant les disques des spécimens récoltés et identifiés sont tous semblables à ceux décrits par Natale *et al.* (2008) ce qui laisse supposer qu'il s'agit de *T. gallica*.

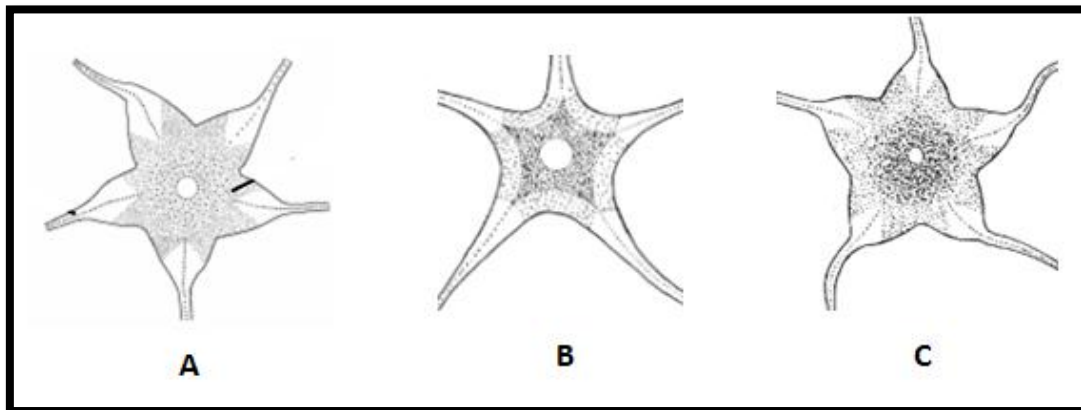


Figure 59 : Forme du disque : **A** : *T. gallica* (Natale *et al.*, 2008) ; **B** : *T. gallica* (Baum, 1978) ; **C** : *T. canariensis* (Baum, 1978).

Des essais de comparaisons, entre les échantillons récoltés et ceux de l'herbier de l'Institut Scientifique de Rabat, ont été réalisés pour pouvoir ressortir les critères taxonomiques qui séparent les deux espèces *T. gallica* et *T. canariensis*. Mais malgré cette tentative le problème d'identification a persisté vu que les deux espèces présentent des critères très semblables.

Ceci crée des confusions d'identification et remet en question la fiabilité des différents caractères utilisés dans les différents travaux pour la séparation entre *T. gallica* et *T. canariensis*. C'est ainsi que Quézel & Santa (1963) dans leur revue "Nouvelle flore de l'Algérie" ont décrit *T. gallica* comme une espèce très polymorphe. En effet ce problème ne peut être résolu que par l'examen du spécimen type ou l'holotype.

En plus il faut noter l'effet de la période de floraison (printanière ou estivale) sur les critères d'identification. Les travaux de Baum (1978) montrent que ces deux espèces présentent des caractères proches et similaires de ceux de *T. africana* au cours de la deuxième floraison (estivale) et aucune étude n'a été réalisée pour définir les caractères qui changent entre la première et la deuxième floraison.

D'après les résultats de la présente étude, nous avons pu constater l'effet de la répartition géographique sur la morphologie de ces espèces et l'influence des variations saisonnières et écologiques (climat, sol, salinité...) des *Tamarix*.

Par ailleurs même l'étude de la variabilité génétique de *T. gallica* et *T. canariensis* effectuée par Terzolie *et al.* (2014) en utilisant les marqueurs microsatellites n'a pas pu différencier ces deux espèces morphologiquement semblables.

Nombreux sont les chercheurs qui s'intéressent à trouver des caractères taxinomiques précis propre à *T. gallica* vu que c'est une espèce médicinale à différentes vertus thérapeutiques (Ksouri *et al.*, 2008).

### **3. Conclusion**

Suite à la synthèse bibliographique et aux identifications des échantillons récoltés nous constatons que de nombreux problèmes et conflits se posent en comparant entre les différentes clés de détermination des espèces du genre *Tamarix*. Ce problème mérite d'être pris attentivement sachant que ces espèces présentent des similarités entre elles et des variabilités morphologiques au sein des individus de mêmes espèces qui sont probablement dues aux taux d'hybridation chez le genre *Tamarix* (Mayonde *et al.*, 2015).

Selon nos observations, afin de résoudre ce problème, ces espèces nécessitent une étude morphologique approfondie, prenant en compte les différents stades de développement et les périodes de floraison.

**Etude systématique, morphométrique,  
distribution et écologie des *Tamarix***

**Chapitre II**

***Etude de la variabilité  
morphologique de certaines  
espèces de Tamarix  
« T. africana, T. gallica / T.  
canariensis et Tamarix. sp. »***

**(Annexe 2)**



## 1. Introduction

Le genre *Tamarix* (famille des *Tamaricacées*), largement réparti dans l'Ancien Monde (Komaroz, 1949 ; Baum, 1967) est composé d'espèces au cycle de vie relativement long, pouvant tolérer un large éventail de conditions environnementales (Decker, 1961 cité par Ksouri *et al.*, 2012). Ce genre contient entre 54 et 90 espèces (Baum, 1978 ; Crins, 1989 ; Qaiser, 1981 ; Yang & Gasking, 2007).

Au Maroc, le genre *Tamarix* est représenté par six espèces, dont une a été déclarée comme espèce douteuse (Baum, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999). Ce genre est connu par la grande similarité morphologique entre ses membres (Baum, 1978), surtout entre *Tamarix africana*, *T. gallica* et *T. canariensis*. Ces espèces sont en plus bien connues, vu leur importance médicinale (Hassiba *et al.*, 2014 ; Hadjadj *et al.*, 2015 ; Boulaaba *et al.*, 2015 ; Karker *et al.*, 2016 ; Benmerachea *et al.*, 2017). Ceci leur a valu depuis longtemps une certaine réputation en médecine traditionnelle, justifiant l'intérêt de les étudier autant sur les plans systématique, répartition géographique, que sur le plan thérapeutique.

La présente recherche a pour objet d'étudier la variabilité morphologique entre les populations classées sous le nom de *Tamarix africana*, *T. gallica* / *T. canariensis* et *Tamarix spp*, en utilisant plusieurs descripteurs afin de pouvoir résoudre les problèmes d'identification de ces espèces.

## 2. Etude de la variabilité morphologique de *Tamarix africana*

### 2.1 Analyses descriptives des caractères évalués de *T. africana*

Les différences observées entre les valeurs extrêmes des caractères quantitatifs étudiés chez *T. africana* sont importantes (Tableau 3).

#### a. Feuilles

La longueur des feuilles varie de 2.2 mm à 2.9 mm avec une moyenne de  $2.489 \pm 0,237$  mm. Dans les travaux de Cirujano (1993) ce caractère varie entre 1.5 mm et 3 mm. Par ailleurs Venturella *et al.* (2007) indiquent que la valeur maximale est de 4 mm.

#### b. Chatons

La longueur des chatons des échantillons collectés de *T. africana*, varie de 2.8 cm à 5.1 cm. Dans les travaux de Quezel & Santa (1963), la longueur est comprise entre 2 et 3 cm. La valeur maximale varie de 1.5 à 5 cm dans l'étude réalisée par Venturella *et al.* (2007), et elle atteint 6.5 cm dans le travail rapporté par Villar *et al.* (2012) et 7 cm dans celui de Baum (1967). 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 Baum (1967) et De Martis & Cartoni (1983), et elle peut atteindre 1 cm selon Venturella *et al.* (2007).

#### **c. 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 (Fennane *et al.*, 1999). 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* (Villar *et al.*, 2012).

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 Baum (1978) et Venturella *et al.* (2007).

#### **d. 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.

#### **e. 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 Villar *et al.* (2012) et différente de celle mentionnées dans les travaux de Baum (1967) et De Martis & Cartoni (1983) 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 Baum (1978) et Venturella *et al.* (2007).

#### **f. 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 Villar *et al.* (2012). Selon la Cirujano (1993), la longueur des sépales varie entre 1 et 1,8 mm et elle atteint 2 mm selon Venturella *et al.* (2007).

#### **g. 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 Venturella *et al.* (2007) et la forme non apiculée par Baum (1978) et Villar *et al.* (2012).

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

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	12,9	9,2	6,7	–
	<b>Manquante</b>	2,1	0,4	0,7	–
Anthère	Apiculée	–	20,6	–	–

	Non apiculée	–	54,3	–	–
	Apiculée et non apiculée	–	19,3	–	–
Feuille	Sessile	–	–	–	100
Rachis	Glabre	–	–	–	100

## 2.2 Traitements des caractères quantitatifs et qualitatifs : ACP et CAH

### a. Corrélations entre les caractères morphologiques de *T. africana*

L'analyse de la matrice de corrélation montre que les corrélations les plus élevées (1) sont celles qui associent la forme des anthères avec la forme des bractées de la base et du centre. Cela indique que ces caractères sont étroitement liés et représentent une grande importance dans l'identification.

Par ailleurs, une corrélation nulle a été observée entre la longueur des bractées de la base et la largeur des sépales. Tandis que les plus fortes corrélations négatives ( $r = -1$ ) sont révélées entre la forme des bractées de la base ou du centre, avec la forme des bractées du sommet du chaton (Tableau 5).

Tableau 5 : Matrice de corrélations entre les variables morphologiques traitées de *T. africana*.

Matrice de corrélation <sup>a</sup>																						
	Lg Fe	Lg Ch	Lr Ch	F Br B	Lg Br B	F Br C	Lg Br C	F Br S	Lg Br S	F Pt B	Lg Fl B	F Pt C	Lg Fl C	F Pt S	Lg Fl S	Lg Pt B	Lg Pt C	Lg Pt S	Lg Sp	Lr Sp	F Ant	
Corrélation	Lg Fe	1,00	-,671	-,315	,457	,670	,457	,682	-,457	,651	,075	,159	-,010	,290	,330	,119	,188	,214	-,027	-,086	,078	,457
	Lg Ch	-,671	1,00	,106	-,778	-,846	-,778	-,807	,778	-,553	,208	-,278	,050	-,418	-,085	-,352	-,237	-,337	-,225	-,258	,002	-,778
	Lr Ch	-,315	,106	1,00	,497	,103	,497	,024	-,497	-,631	,443	,698	,165	,635	,525	,710	,618	,708	,827	,718	,535	,497
	F Br B	,457	-,778	,497	1,00	,866	1,00	,800	-,100	,125	,053	,603	-,069	,706	,426	,706	,506	,654	,661	,661	,243	1,00
	Lg Br B	,670	-,846	,103	,866	1,00	,866	,866	-,866	,433	-,185	,357	-,240	,520	,185	,532	,239	,400	,409	,436	,000	,866
	F Br C	,457	-,778	,497	1,00	,866	1,00	,800	-,100	,125	,053	,603	-,069	,706	,426	,706	,506	,654	,661	,661	,243	1,00
	Lg Br C	,682	-,807	,024	,800	,866	,800	1,00	-,800	,550	-,149	,376	-,305	,511	,341	,455	,322	,385	,359	,416	,069	,800
	F Br S	-,457	,778	-,497	-,100	-,866	-,100	-,800	1,00	-,125	-,053	-,603	,069	-,706	-,426	-,706	-,506	-,654	-,661	-,661	-,243	-,100
	Lg Br S	,651	-,553	-,631	,125	,433	,125	,550	1,00	-,053	-,074	,069	,105	,053	-,015	-,092	-,135	-,236	-,378	,069	,125	-,100
	F Pt B	,075	,208	,443	,053	-,185	,053	-,149	-,053	1,00	,533	,828	,506	,841	,406	,579	,459	,353	-,161	,828	,053	-,053
	Lg Fl B	,159	-,278	,698	,603	,357	,603	,376	-,603	-,074	,533	1,00	,334	,968	,709	,934	,969	,960	,937	,611	,812	,603
	F Pt C	-,010	,050	,165	-,069	-,240	-,069	-,305	,069	,828	,334	1,00	,317	,503	,239	,396	,267	,131	-,419	,654	-,069	-,069
	Lg Fl C	,290	-,418	,835	,706	,520	,706	,511	-,706	,105	,506	,968	,317	1,00	,705	,960	,899	,945	,914	,590	,804	,706
	F Pt S	,330	-,085	,525	,426	,185	,426	,341	-,426	,053	,841	,709	,503	,705	1,00	,596	,746	,648	,554	,161	,769	,426
	Lg Fl S	,119	-,352	,710	,706	,532	,706	,455	-,706	-,015	,406	,934	,239	,960	,596	1,00	,828	,898	,964	,650	,699	,706
	Lg Pt B	,188	-,237	,618	,506	,239	,506	,322	-,506	-,092	,579	,969	,396	,899	,746	,828	1,00	,952	,844	,505	,798	,506
	Lg Pt C	,214	-,337	,708	,654	,400	,654	,385	-,654	-,135	,459	,980	,267	,945	,648	,898	,952	1,00	,923	,683	,747	,654
	Lg Pt S	-,027	-,225	,827	,661	,409	,661	,359	-,661	-,236	,353	,937	,131	,914	,554	,964	,844	,923	1,00	,786	,662	,661
	Lg Sp	-,086	-,258	,718	,661	,436	,661	,416	-,661	-,378	-,161	,611	-,419	,590	,161	,650	,505	,663	,786	1,00	,210	,661
	Lr Sp	,078	,002	,535	,243	,000	,243	,069	-,243	,069	,828	,812	,654	,804	,769	,699	,798	,747	,662	,210	1,00	,243
	F Ant	,457	-,778	,497	1,00	,866	1,00	,800	-,100	,125	,053	,603	-,069	,706	,426	,706	,506	,654	,661	,661	,243	1,00

Les résultats de l'ACP (Figure 60) ont montré que 76,648 % de la variation totale entre les accessions étaient expliqués par les deux premiers composants. L'axe 1 qui représente 53,725 % de la variation total est lié à la longueur des feuilles (Lg Fe), la largeur des chatons (Lr Ch),

la forme des bractées de la base et du centre (F Br B, F Br C), la longueur des bractées de la base, du centre et du sommet (Lg Br B, Lg Br C, Lg Br S), la longueur des fleurs de la base, du centre et du sommet (Lg Fl B, Lg Fl C, Lg Fl S), la forme des pétales du sommet (F Pt S), la longueur des pétales de la base, du centre et du sommet (Lg Pt B, Lg Pt C, Lg Pt S), la longueur des sépales (Lg Sp) et la forme des anthères (F Ant).

L'axe 2 explique les variables associées à la longueur du chaton (Lg Ch), la forme des bractées du sommet (Fr Br S), la forme des pétales de la base et du centre (F Pt B, F Pt C) et la largeur des sépales (Lr Sp).

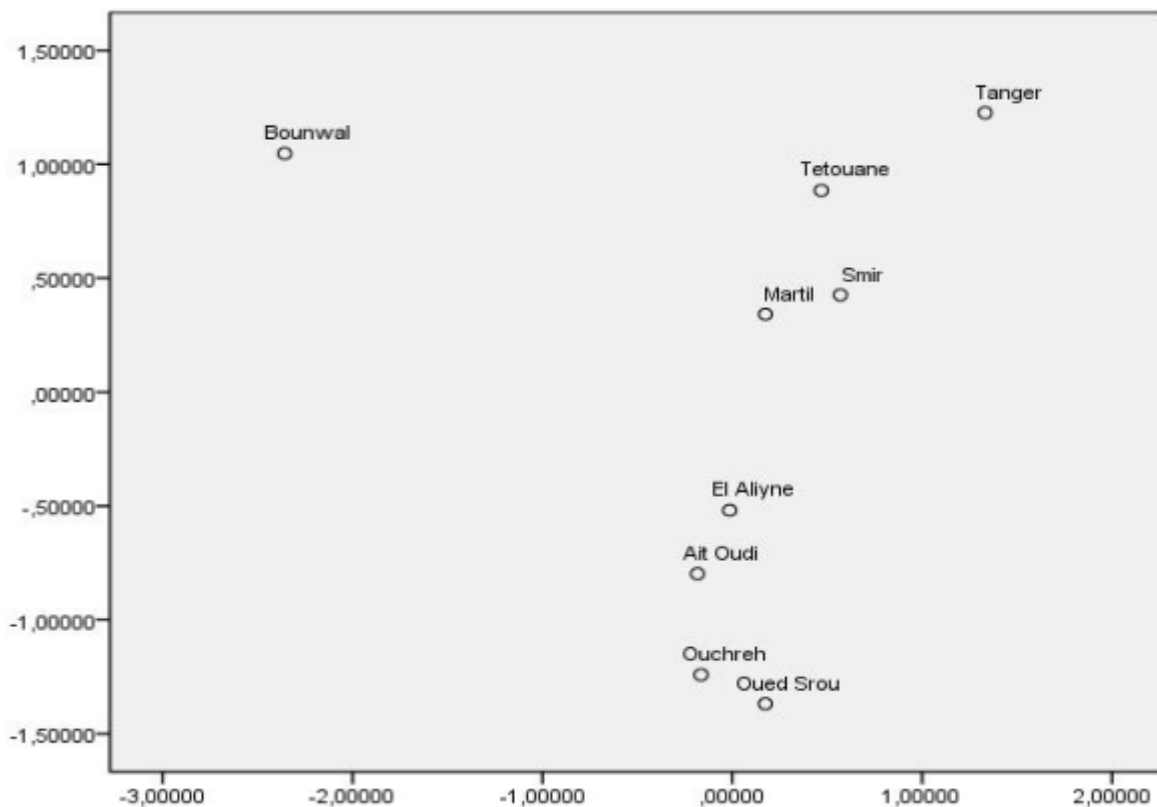


Figure 60 : Diagrammes de dispersion des populations de *T. africana* par l'ACP.

La figure 60 montre la projection des populations sur le plan défini par les deux premiers axes. Le premier groupe composé par une population qui se développe sur les rives d'un cours d'eau temporaire (Bounwal), et qui se situe à une altitude de 1315 m. Ce groupe se distingue par des bractées (de la base et du centre) de forme triangulaire acuminée et qui se situe au centre du calice, des anthères apiculées, de longs chatons (5.1 cm), des fleurs et des pétales qui sont plus petites que celles des individus des autres populations ainsi que les sépales les plus petits en longueur.

Le deuxième groupe se compose de quatre populations (Tanger, Tetouane, Martil et Smir). Elles sont caractérisées par les chatons les plus larges (entre 5.8 et 6.1 cm).

Le troisième groupe, est formé de quatre populations (Ouchrah, Ait Oudi, Oued srou et 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 (Ouchreh, Ait Oudi et Oued Srou) ou au bord des marais (El-Alyine).

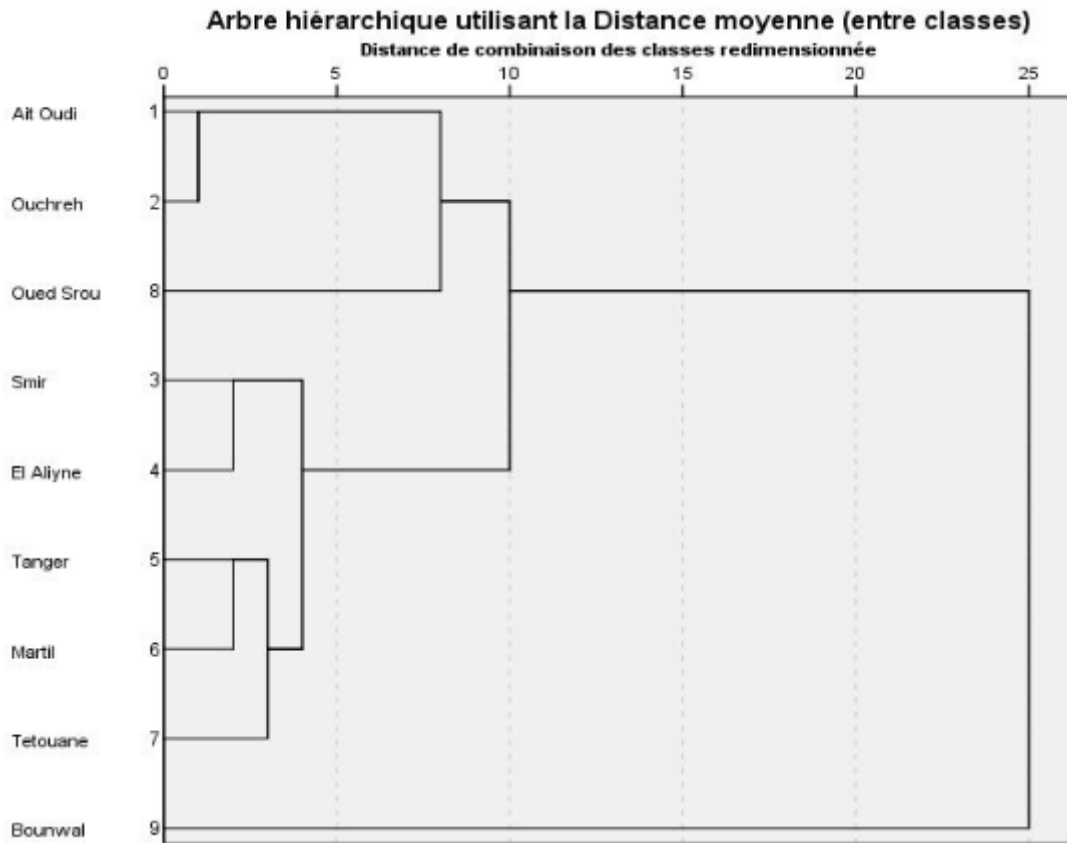


Figure 61 : Arbre hiérarchique (CAH) des populations de *T. africana*.

Le premier groupe est constitué de trois populations (Ait oudi, Ouchreh et Oued Srou), les individus de ces populations colonisent les rives des cours d'eau a substrat rocheux. Et ils sont caractérisé par des caractères morphologiques de taille moyennes. Quant au second groupe, il est composé de cinq populations (Smir, El Aliyne, Tanger, Martil et Tetouane) qui se distinguent par leur exposition aux courants marins, et du point de vue morphologique la plupart des membres de ces populations possèdent les organes les plus grands. Alors que le troisième groupe, La population de Bounwal qui est isolée en raison de ses caractéristiques morphologiques mentionnées précédemment (Figure 61).

### **3. Etude de la variabilité morphologique de *Tamaris gallica* / *Tamarix canariensis*.**

#### **3.1 Analyses descriptives des caractères évalués *T. gallica* / *T. canariensis*.**

##### **a. Feuilles**

Les feuilles des spécimens traités sont de forme sessile a base étroite, leur longueur varie de 1.3 mm à 2.8 mm avec une moyenne de  $1.932 \pm 0,2326$  mm (Tableau 6) ce qui concorde avec la description de Baum (1967 ; 1978). Dans les travaux de Baum (1978) la longueur des feuilles est de 1.5 mm et 2,5 mm pour *T. canariensis* et de 1,5 mm et 2 mm pour *T. gallica*. Par ailleurs, selon Cirujano (1993), les feuilles de *T. gallica* sont de 1,5 à 2,5mm. Et de 1,3 à 2,5 mm pour les feuilles de *T. canariensis*

##### **b. Chatons**

La longueur des chatons varie de 0.6 cm à 6.4 cm avec une moyenne de  $2,08 \pm 0,7551$  cm. Selon Baum (1967 ; 1978) cette dimension peut atteindre 5 cm chez *T. gallica* et *T. canariensis*. Quant à Cirujano (1993), elle est de 5 cm chez *T. gallica* et de 4 cm chez *T. canariensis*.

##### **c. Bractées**

Pour la majorité des individus collectés, les bractées atteignent le centre du calice, cela correspond aux descriptions de Baum, 1968 ; Fennane *et al.*, 1999 ; Valdes *et al.*, 2003 ; Natale *et al.*, 2008 ; Cirujano (1993) et Venturella *et al.*, (2007). Pour la forme, 82,8 % à 85,5 % des bractées (Tableau 7), ont une forme subulée qui est similaire à celles décrites chez *T. canariensis* (Cirujano, 1993 ; Valdes *et al.*, 2003).

##### **d. Fleurs**

La longueur des fleurs présente une légère différence de la base vers le sommet du chaton. Ceci revient au type d'inflorescence où les plus jeunes sont au sommet et les plus âgées sont à la base du chaton.

##### **e. Pétales**

La longueur des pétales varie de 0,8 à 2,2 mm pour les différentes positions sur les chatons et leurs formes sont obovales à obo-elliptiques chez 70,4 à 72,3 % des fleurs. Ces valeurs concordent avec celles mentionnées dans les travaux de Baum (1967, 1968, 1978, 1993) Fennane *et al.* (1999) ; (Valdes *et al.* (2003) et Venturella *et al.* (2007).

##### **f. Sépales**

La longueur des sépales est comprise entre 0.4 mm et 1.1 mm. Ils se présentent tous une forme ovale, ce qui correspond à la description de Baum (1978) pour *T. gallica*.

**g. Anthères**

La forme apiculée est la plus dominante chez les anthères des étamines des différentes fleurs (97,5 %).

Tableau 6. Valeur minimale, maximale, moyenne et coefficient de variation des 19 traits quantitatifs étudiés.

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Lg Fe (mm)	1,300	2,800	1,932	0,2326
Lg Ch (cm)	0,600	6,400	2,080	0,7551
Lr Ch (mm)	2,500	5,000	4,071	0,5403
Lg Br B (par rapport au calice)	1,000	6,000	3,500	1,337
Lg Br C (par rapport au calice)	1,000	6,000	3,620	1,264
Lg Br S (par rapport au calice)	1,000	6,000	3,300	1,131
Lg Fl B (mm)	1,100	2,500	1,676	0,2330
Lg Fl C (mm)	1,200	2,300	1,719	0,2262
Lg Fl S (mm)	1,100	2,500	1,648	0,2204
Lg Pt B (mm)	1,000	2,200	1,358	0,2155
Lg Pt C (mm)	1,000	2,200	1,407	0,2162
Lg Pt S (mm)	0,400	2,000	1,356	0,2116
Lg Sp (mm)	0,400	1,100	0,661	0,1375
Lr Sp (mm)	0,300	1,000	0,457	0,1134
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

Tableau 7. Fréquences (%) des caractères qualitatifs étudiés.

Pièces florales	Forme	Base du chaton %	Centre du chaton %	Sommet du chaton %	Fréquence %
Bractée	Triangulaire acuminée	17,1	15,9	14,4	–
	Triangulaire large acuminée	0,2	0,2	0,2	–
	Triangulaire subulée	82,8	84,00	85,5	–
Pétale	Obovale	62,2	63,0	65,3	–
	Obo-elliptique	8,4	9,3	6,9	–
	Elliptique	29,4	27,7	27,8	–
Anthère	Apiculée	–	97,5	–	–
	Non apiculée	–	0,5	–	–
	Apiculée et non apiculée	–	2,0	–	–
Feuille	Sessile	–	–	–	100
Rachis	Glabre	–	–	–	100



### 3.2 Traitements des caractères quantitatifs et qualitatifs : ACP et CAH

#### a. Corrélations entre les caractères morphologiques de *T. gallica* / *T. canariensis*

L'analyse de la matrice de corrélation montre que plusieurs caractères morphologiques sont corrélés entre eux, néanmoins, les corrélations les plus élevées (de 0.950 à 0.905) sont celles qui associent la forme des bractées, la longueur des fleurs et la longueur des pétales le long du chaton. Par contre la longueur des pétales (à la base et au centre du chaton) n'est significativement corrélée qu'avec la longueur des fleurs insérées au même niveau sur le chaton. Tandis que la longueur des bractées des fleurs du sommet est négativement corrélée ( $r = -0.758$ ) à la longueur des fleurs (Tableau 8).

Tableau 8 : Matrice de corrélations entre les variables morphologiques traitées de *T. gallica* / *T. canariensis*

Matrice de corrélation																						
	F Br B	F Br C	F Br S	F Pt B	F Pt C	F Pt S	F Ant	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	
Corrélation	F Br B	1,00	,933	,926	,196	,249	,159	-,178	,875	,006	-,351	,633	,631	,638	-,581	-,650	-,618	-,715	-,753	-,747	-,734	-,468
	F Br C	,933	1,00	,996	,313	,368	,343	-,221	,634	-,056	-,426	,680	,673	,623	-,518	-,599	-,560	-,672	-,637	-,751	-,605	-,426
	F Br S	,926	,996	1,00	,329	,390	,359	-,232	,640	-,061	-,425	,690	,672	,624	-,501	-,591	-,555	-,654	-,627	-,747	-,581	-,417
	F Pt B	,196	,313	,329	1,00	,924	,893	,170	,042	-,293	-,245	,321	,328	,218	,122	,043	,034	,069	,070	-,090	,292	,186
	F Pt C	,249	,368	,390	,924	1,00	,884	,108	,157	-,331	-,369	,524	,514	,409	,055	-,085	-,064	-,003	-,033	-,206	,151	,103
	F Pt S	,159	,343	,359	,893	,884	1,00	,144	-,022	-,214	-,155	,361	,331	,201	,180	,101	,141	,114	,135	-,063	,329	,289
	F Ant	-,178	-,221	-,232	,170	,108	,144	1,00	-,344	,130	,282	-,358	-,366	-,300	,243	,262	,265	,318	,247	,371	,345	,327
	Lg Fe	,875	,634	,640	,042	,157	-,022	-,344	1,00	,002	-,229	,477	,477	,503	-,474	-,521	-,609	-,612	-,616	-,632	-,607	-,567
	Lg Ch	,006	-,056	-,061	-,293	-,331	-,214	,130	,002	1,00	,424	-,218	-,317	-,282	,414	,427	,390	,329	,296	,394	,162	,154
	Lr Ch	-,351	-,426	-,425	-,245	-,369	-,155	,282	-,228	,424	1,00	-,668	-,744	-,658	,628	,696	,661	,534	,562	,603	,421	,393
	Lg Br B	,633	,680	,690	,321	,524	,361	-,358	,477	-,218	-,668	1,00	,979	,928	-,514	-,623	-,606	-,573	-,615	-,746	-,569	-,544
	Lg Br C	,631	,673	,672	,328	,514	,331	-,386	,477	-,317	-,744	,979	1,00	,937	-,604	-,708	-,661	-,647	-,676	-,790	-,614	-,558
	Lg Br S	,638	,623	,624	,218	,409	,201	-,300	,503	-,262	-,658	,928	,937	1,00	-,672	-,758	-,747	-,690	-,742	-,824	-,644	-,536
	Lg Fl B	-,581	-,518	-,501	,122	,055	,180	,243	-,474	,414	,628	-,514	-,604	-,672	1,00	,950	,927	,910	,915	,861	,765	,619
	Lg Fl C	-,650	-,599	-,591	,043	-,085	,101	,262	-,521	,427	,696	-,623	-,708	-,758	,950	1,00	,937	,910	,933	,899	,834	,637
	Lg Fl S	-,618	-,560	-,555	-,034	-,064	,141	,265	-,609	,390	,661	-,606	-,681	-,747	,927	,937	1,00	,853	,882	,867	,830	,720
	Lg Pt B	-,715	-,672	-,654	,069	-,003	,114	,318	-,612	,329	,534	-,573	-,647	-,690	,910	,910	,853	1,00	,944	,926	,809	,600
	Lg Pt C	-,753	-,637	-,627	,070	-,033	,135	,247	-,616	,286	,562	-,615	-,676	-,742	,915	,933	,882	,944	1,00	,905	,854	,628
	Lg Pt S	-,747	-,751	-,747	-,090	-,206	-,063	,371	-,632	,384	,603	-,746	-,790	-,824	,881	,899	,867	,926	,905	1,00	,791	,645
	Lg Sp	-,734	-,605	-,591	,292	,151	,329	,345	-,607	,162	,421	-,589	-,614	-,644	,785	,834	,830	,809	,854	,791	1,00	,774
	Lr Sp	-,468	-,426	-,417	,186	,103	,289	,327	-,567	,154	,393	-,544	-,558	-,536	,619	,637	,600	,628	,645	,774	1,00	

Les résultats de l'ACP (Figure 62) ont montré que 72,797 % de la variation totale entre les accessions est expliquée par les deux premiers composants. L'axe 1 qui représente à lui seul 55,016 % de la variation total, est liée à la longueur et à la largeur des chaton (Lg Ch, Lr Ch), la longueur des fleurs de la base, du centre et du sommet (Lg Fl B, Lg Fl C, Lg Fl S), la longueur des pétales de la base, du centre et du sommet (Lg Pt B, Lg Pt C, Lg Pt S), la longueur et la largeur des sépales (Lg Sp, Lr Sp) ainsi que la forme des anthères (F Ant).

Le deuxième axe explique les variables associées à la longueur des feuilles ( Lg Fe), la forme des bractées de la base, du centre et du sommet (F Br B, F Br C, F Br S), la forme des pétales

de la base, du centre et du sommet (F Pt B, F Pt C, F Pt S), la longueur des bractées de la base, du centre et du sommet (Lg Br B, Lg Br C, Lg Br S).

La projection des populations sur le plan défini par les deux premiers axes montre que la séparation des groupes de populations des deux espèces, *T. gallica* et *T. canariensis*, entre eux en se basant sur les caractéristiques morphologiques est très difficile à réaliser. En effet, les critères morphologiques utilisés par Baum (1978) ne permettent pas de faire la différence entre *T. gallica* et *T. canariensis* d'où la nécessité de trouver d'autres critères discriminatifs.

Ainsi les individus des populations de Sidi Boughaba, du Barrage de garde de Laarache et des marais de Boucharene se caractérisent par rapport aux autres par des bractées triangulaires acuminées atteignant le centre du calice ce qui nous permet d'orienter l'identification vers l'espèce *T. gallica* d'après les descriptions de certains auteurs (Baum, 1968 ; Cirujano, 1993 ; Fennane *et al.*, 1999 ; Valdes *et al.*, 2003 ; Venturella *et al.*, 2007 ; Natale *et al.*, 2008). Par ailleurs d'autres caractères morphologiques, comme la longueur et la forme des pétales (1,6 mm, obovale), rappellent ceux décrits chez *T. canariensis*, (Baum, 1967, 1978 ; Cirujano, 1993 ; Fennane *et al.*, 1999 ; Valdes *et al.*, 2003 ; Venturella *et al.*, 2007). Ainsi l'absence de caractères discriminants rend l'identification délicate d'où la nécessité de faire un diagnostic fiable des espèces semblables.

Les fleurs des individus des deux populations de Ferkla al Oulya et Ouarzazate sont caractérisés par des bractées triangulaires subulées égalant ou dépassant le calice. Ces critères reviennent aux bractées de *T. canariensis* d'après Baum (1968, 1978) ; Cirujano (1993) et Valdes *et al.* (2003). En revanche, les pétales de forme elliptique rappellent ceux de *T. gallica* (Baum, 1967, 1968, 1978 ; Cirujano, 1993 ; Fennane *et al.*, 1999 ; Valdes *et al.*, 2003 ; Venturella *et al.*, 2007).

Au niveau de la station de Kasba Tadla et de celle de Rissani où la présence de *T. gallica* a été relevée par El Mansouri *et al.*, (2011), les individus portent des fleurs qui possèdent des pétales dont la forme elliptique domine et des bractées de forme triangulaire subulée dont la majorité d'entre elles dépassent légèrement le centre du calice.

Pour la population de Martil, certains individus membres présentent des bractées triangulaires subulées ou acuminées ne dépassant pas le milieu du calice, ce qui rappellent celles de *T. gallica*. Cependant la forme des pétales ne permet pas de lever la confusion avec *T. canariensis*. Pour les populations de Tassaout, de Zagora et de Machraa ben abbou, elles possèdent des bractées subulées atteignant ou dépassant le calice et des pétales obovales rappelant ainsi les caractères de *T. canariensis*, Toutefois, les sépales sont de forme ovale et les rachis sont glabres ce qui nous oriente vers *T. gallica* d'après Baum (1978).

D'après la littérature, ces variations morphologiques apparentes peuvent être en rapport avec les périodes de floraison (deux ou trois) qui caractérisent le genre *Tamarix* le long de l'année. Ainsi Baum (1978) a mentionné que *T. gallica* et *T. canariensis* présentent des caractéristiques différentes entre la première période et la seconde période de floraison.

La représentation des populations dans le plan factoriel de l'ACP (figure 62) montre que la population de Ferkla Al Oulya (les fleurs ont été récoltées pendant la première floraison) est très proche de celle d'El Mhamid (les fleurs ont été récoltées pendant la deuxième floraison). L'analyse montre également la même chose pour les populations de Mechraa Ben Abou (1ère floraison) et de Ouarzazate (2ème floraison), de Guerssif, Taourirt (1ère floraison) et de Zagora, ainsi que celles de Saidia et de Salé (2ème floraison).

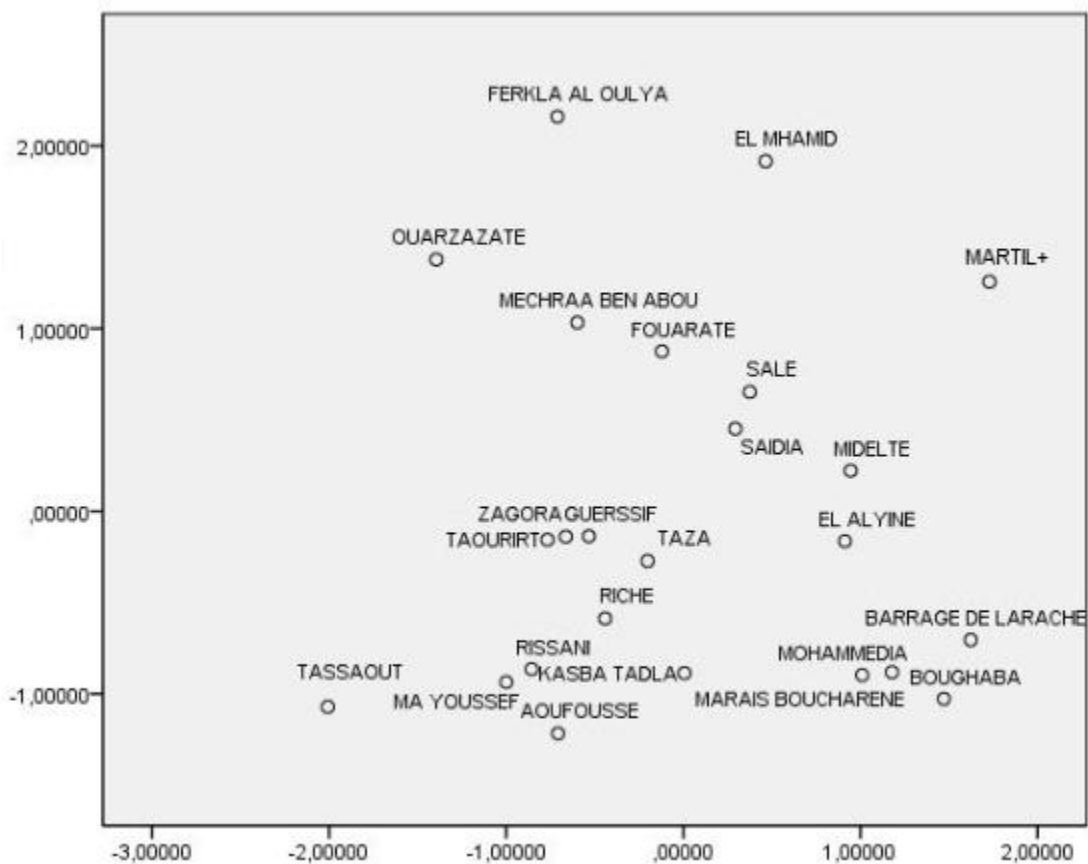


Figure 62 : Diagramme de dispersion des populations de *T. gallica* / *T. canariensis* par l'ACP.

La classification hiérarchique des 24 populations conduit au dendrogramme (figure 63) qui indique une première coupure séparant deux ensembles I et II avec respectivement 19 et 5 populations. Une troncature a permis de structurer l'ensemble I en deux groupes 1 et 2, alors que l'ensemble II est composé d'un seul groupe (groupe 3).

Groupe 1 : Le premier groupe est constitué de 12 populations dont les fleurs présentent des bractées de forme triangulaire subulées dépassant le centre du calice sans atteindre l'extrémité du calice.

Groupe 2 : formé de 7 populations caractérisées par des individus ayant des fleurs à bractées triangulaire subulées et d'autres avec des bractées triangulaires acuminées, dépassant la limite supérieure du pédoncule et sans atteindre le centre du calice.

Groupe 3 : Ce dernier groupe renferme 5 populations avec des fleurs à bractées triangulaires acuminées égales au calice ou le dépassant.

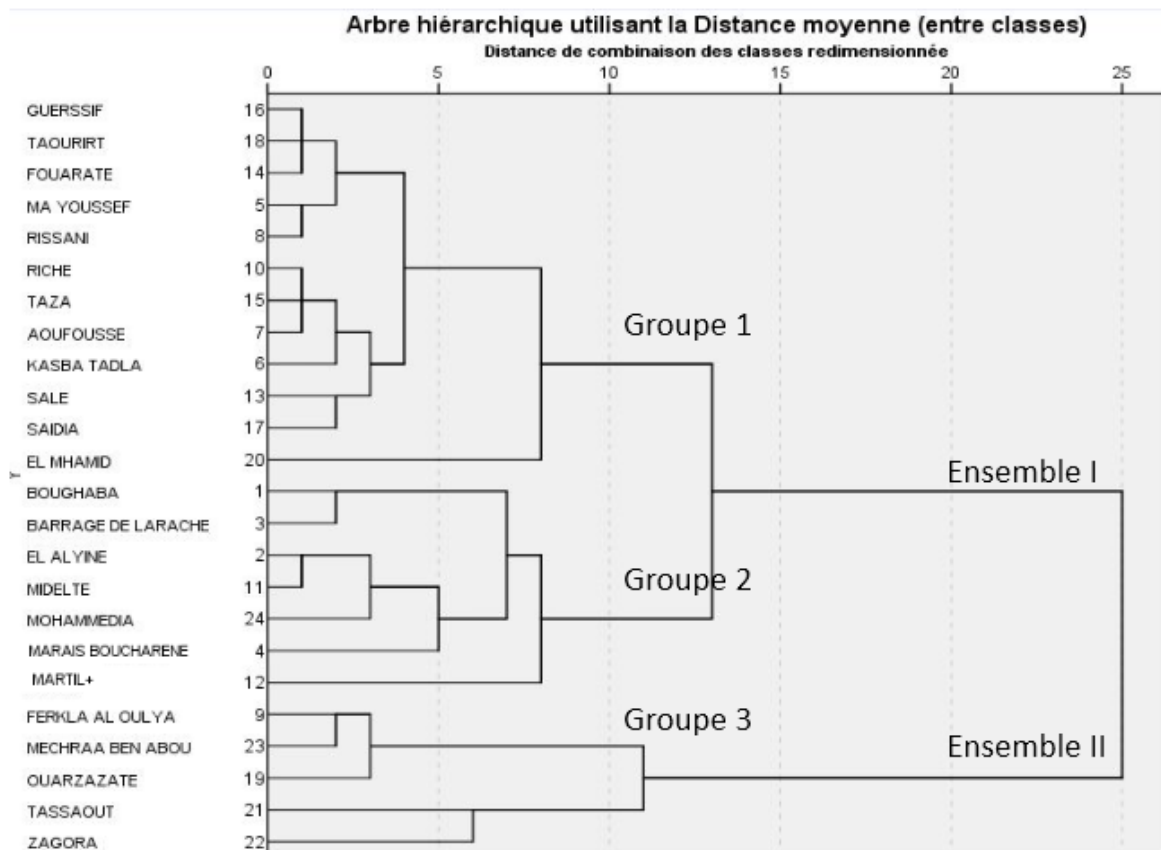


Figure 63 : Arbre hiérarchique (CAH) des populations de *T. gallica* / *T. canariensis*.

Nous constatons que même la CAH n'a pas séparé les populations en fonction de leur période de floraison.

Malgré la situation géographique et les facteurs environnementaux différents entre les stations, nous constatons que la population d'El Mhamid est proche de celle de Saidia et de Sidi Boughaba. Le rapprochement est également enregistré entre les populations de Zagora et de Tassaout, et de Mechraa Ben Abbou et d'Ouarzazate (Ensemble II).

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que les similitudes et les divergences morphologiques qui existent entre les populations étudiées de *T. gallica* / *T. canariensis* ne correspondent pas totalement aux descriptions données par Baum (1967, 1968, 1978) ; Cirujano

(1993) ; Fennane *et al.*, (1999) ; Valdes *et al.*, (2003) et Venturella *et al.*, (2007). Le problème d'identification de ces deux espèces est lié directement au polymorphisme qu'elles présentent, ce qui nécessite la mise en évidence d'autres caractères discriminants.

## 2. Combinaison entre l'ACP et le CAH

L'analyse des données par les deux approches statistiques l'ACP et la CAH montre que les caractères morphologiques cités dans les travaux antérieurs n'aboutit pas à la formation de groupes de populations d'espèces différentes au point qu'il est difficile de confirmer la présence de l'une des deux espèces (*T. gallica* et *T. canariensis*). En plus les individus des deux espèces peuvent cohabiter ensemble au sein d'une même population. Ces résultats sont confirmés par l'examen des spécimens de l'herbier de l'Institut Scientifique de Rabat qui correspondent aux deux espèces sans montrer de grandes différences morphologiques entre eux. Par ailleurs notons parmi les échantillons de cet herbier, la présence de certains spécimens qui portent deux nomenclatures différentes pour le même individu en fonction des auteurs qui l'ont identifié. C'est le cas des échantillons dont les codes d'enregistrement sont les suivants : 13480, 13507, 13516, 13517, 13518, 13519, 13523, 13524, 13536, 13548, 13549, 13550, 13553, 13558 (Figure 52).

Ce problème de confusion d'identification de *T. canariensis* et de *T. gallica* a été montré dans une étude génétique menée par Terzoli *et al.* (2014), laquelle étude a montré l'absence de différence génétique entre les deux espèces.

Ajoutons que depuis 1963 Qaizel & Santa ont considéré *T. gallica* comme espèce extrêmement polymorphe.

Toutefois si on prend en compte le caractère "rachis glabre" et la forme des sépales décrite par Baum (1978) chez *T. gallica*, nous pouvons dire que les spécimens récoltés correspondent bien à *T. gallica* ce qui confirme son existence et sa large répartition au Maroc, néanmoins, nous ne pouvons pas exclure la présence de *T. canariensis* vu le flux de gènes entre le Maroc et les îles Canaries (Barry *et al.*, 1998).

En plus les résultats de cette étude morphologique concordent avec l'étude réalisée en 2014 par Villar où les résultats moléculaires suggèrent que *T. canariensis* serait probablement limité aux îles Canaries, tandis que *T. gallica* montrerait une distribution géographique plus large le long de la Méditerranée et de l'Atlantique. Ce qui signifie que tous les descriptions européennes et nord-africaines de *T. canariensis* pourraient en fait appartenir à *T. gallica*, y compris un grand nombre de synonymes généralement attribués à *T. canariensis* (Villar, *et al.*, 2014).

## 4. Etude de la variabilité morphologique de *T. africana*, *T. gallica* et *Tamarix* sp.

### 4.1 Analyses descriptives des caractères évalués pour *Tamarix* sp.

Les spécimens nommés *Tamarix* sp. Dans le présent travail appartiennent à des populations de Mhamid El-Ghizlane et d'oued Draa. L'espèce correspondante a été identifiée (échantillons de l'herbier) comme étant *T. amplexicaulis* alors que les échantillons récemment collectés ne présentent pas tous les caractères morphologiques pour pouvoir confirmer qu'il s'agit bien de cette espèce.

Les spécimens traités présentent des fleurs pentamères et des feuilles de forme embrassante de 1.5 mm à 2.3 mm avec une moyenne de  $1.964 \pm 0,2736$  mm. Les dimensions des chatons varient entre 0.7 cm et 5 cm avec une moyenne de  $2,331 \pm 0,8429$  cm en longueur, et de 3 cm à 5 mm avec une moyenne de  $3,822 \pm 0,5513$  mm en largeur. La forme triangulaire des bractées est la plus dominante avec certaines différences concernant sa position par rapport au calice. Les fleurs pentamères, sont d'une longueur moyenne qui varie entre 1,554 et 1,65 mm selon leur position sur le chaton, les pétales sont obovales, obo-élliptiques à élliptiques d'une longueur comprise entre 0,8 et 1,8 mm. Les sépales sont de 0,658 mm en longueur et de 0,438 mm en largeur. Le rachis et les anthères présentent une forme fixe chez tous les individus (glabre et apiculée, respectivement) (Tableau 9 et 10).

Tableau 9. Valeur minimale, maximale, moyenne et coefficient de variation des 19 traits quantitatifs étudiés (*Tamarix* sp).

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Lg Fe (mm)	1,5	2,300	1,964	0,2736
Lg Ch (cm)	0,700	5,000	2,331	0,8429
Lr Ch (mm)	3,000	5,000	3,822	0,5513
Lg Br B (par rapport au calice)	3,000	3,000	3,000	0,000
Lg Br C (par rapport au calice)	3,000	6,000	5,110	1,105
Lg Br S (par rapport au calice)	1,000	6,000	4,46	1,316
Lg Fl B (mm)	1,400	2,000	1,639	0,1392
Lg Fl C (mm)	1,300	2,000	1,650	0,1390
Lg Fl S (mm)	1,300	2,000	1,554	0,1433
Lg Pt B (mm)	1,000	1,700	1,282	0,1276
Lg Pt C (mm)	1,000	1,800	1,290	0,1349
Lg Pt S (mm)	0,800	1,600	1,216	0,1347
Lg Sp (mm)	0,500	0,900	0,658	0,0961
Lr Sp (mm)	0,300	0,700	0,438	0,0748
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

Tableau 10. Fréquences (%) des caractères qualitatifs étudiés (*Tamarix* sp).

Pièces florales	Forme	Base du chaton %	Centre du chaton %	Sommet du chaton %	Fréquence %
Bractée	Triangulaire acuminée	2,7	0	0	–
	Triangulaire large acuminée	0	0	0	–
	Triangulaire subulée	97,3	100	100	–
Pétale	Obovale	60,2	60,2	61,9	–
	Obo-elliptique	14,2	13,3	8,0	–
	Elliptique	25,7	26,5	30,1	–
Anthère	Apiculée	–	100	–	–
	Non apiculée	–	0	–	–
	Apiculée et non apiculée	–	0	–	–
Feuille	Amplexicaule / embrassante	–	–	–	100
Rachis	Glabre	–	–	–	100

#### 4.2 Traitements des caractères morphologiques de *T. africana*, *T. gallica* et *Tamarix* sp

##### a. Traitements des caractères quantitatifs et qualitatifs : ACP et CAH

L'analyse en composante principale (ACP)(Tableau 11) montre que le premier axe qui exprime 61,049 % de l'inertie est défini par les variables suivantes : la longueur des feuilles (Lg Fe), la forme des pétales de la base, du centre et du sommet du chaton (F Pt B, F Pt C, F Pt S), la forme des anthères (F Ant), la longueur des chatons (Lg Ch), la largeur des chatons (Lr Ch), la longueur des fleurs de la base, du centre et du sommet du chaton (Lg Fl B, Lg Fl C, Lg Fl S), la longueur des pétales de la base, du centre et du sommet du chaton (Lg Pt B, Lg Pt C, Lg Pt S), la longueur des sépales (Lg Sp) et la largeur des sépales (Lr Sp),

Alors que le deuxième axe exprime 19.023 % de l'inertie, il est corrélé aux variables associées à la forme des feuilles (F Fe), la forme des bractées de la base, du centre et du sommet du chaton (F Br B, F Br C, F Br S), la longueur des bractées de la base, du centre et du sommet du chaton (Lg Br B, Lg Br C, Lg Br S).

Tableau 11. Pourcentage d'information des dimensions de l'ACP (*Tamarix*).

**Variance totale expliquée**

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	13,431	61,049	61,049	13,431	61,049	61,049
2	4,185	19,023	80,073	4,185	19,023	80,073
3	1,168	5,307	85,380			
4	,926	4,208	89,588			
5	,765	3,478	93,067			
6	,574	2,610	95,677			
7	,246	1,116	96,793			
8	,144	,656	97,449			
9	,134	,611	98,060			
10	,108	,490	98,550			
11	,101	,457	99,007			
12	,063	,288	99,295			
13	,037	,169	99,464			
14	,036	,165	99,629			
15	,025	,113	99,742			
16	,017	,076	99,819			
17	,015	,068	99,887			
18	,008	,037	99,924			
19	,006	,027	99,951			
20	,004	,019	99,970			
21	,004	,017	99,986			
22	,003	,014	100,000			

***b. Corrélation entre les caractères***

L'analyse de la matrice de corrélation montre que les corrélations les plus élevées (de 0.905 à 0.950) sont celles qui associent la forme des bractées, la longueur des fleurs et la longueur des pétales le long du chaton, ainsi que la longueur des pétales de la base et du centre avec la longueur des fleurs dans les mêmes positions.

Tandis que les plus fortes corrélations négatives ( $r = -0.758$ ) sont révélées entre la longueur des bractées du sommet avec la longueur des fleurs du centre et du sommet du chaton (Tableau 12).



Tableau 12 : Matrice de corrélations entre les variables morphologiques traitées des *Tamarix*.

Matrice de corrélation																						
Corrélation	F Fe	F Br B	F Br C	F Br S	F Pt B	F Pt C	F Pt S	F Ant	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 Pl B	Lg Pl C	Lg Pl S	Lg Sp	Lr Sp
F Fe	1,00	,305	,286	,280	-,168	-,124	-,150	-,205	-,150	-,044	-,234	,226	,210	,189	-,218	-,230	-,238	-,265	-,269	-,293	-,197	-,158
F Br B	,305	1,00	,962	,798	-,317	-,263	-,245	-,445	-,175	-,520	-,546	,293	,346	,280	-,601	-,626	-,616	-,692	-,679	-,690	-,621	-,610
F Br C	,286	,962	1,00	,835	-,298	-,238	-,190	-,483	-,226	-,573	-,594	,286	,340	,241	-,619	-,642	-,630	-,706	-,673	-,716	-,634	-,630
F Br S	,280	,798	,835	1,00	-,218	-,127	-,211	-,605	-,213	-,336	-,613	,192	,245	,284	-,636	-,675	-,663	-,686	-,689	-,720	-,613	-,578
F Pt B	-,168	-,317	-,298	-,218	1,00	,927	,926	,665	,591	,552	,591	,351	,311	,275	,724	,703	,693	,711	,701	,655	,697	,764
F Pt C	-,124	-,263	-,238	-,127	,927	1,00	,842	,600	,575	,479	,454	,479	,425	,427	,640	,606	,605	,627	,607	,559	,616	,679
F Pt S	-,150	-,245	-,190	-,211	,926	,842	1,00	,669	,562	,458	,566	,400	,373	,253	,707	,699	,665	,668	,608	,623	,670	,731
F Ant	-,205	-,445	-,483	-,605	,665	,600	,669	1,00	,751	,661	,833	,381	,299	,218	,693	,901	,906	,861	,868	,897	,927	,854
Lg Fe	-,150	-,175	-,226	-,213	,591	,575	,562	,751	1,00	,598	,579	,572	,522	,522	,664	,660	,637	,636	,630	,610	,702	,629
Lg Ch	-,044	-,520	-,573	-,336	,552	,479	,458	,661	,598	1,00	,777	,186	,093	,144	,768	,752	,755	,770	,738	,773	,795	,772
Lr Ch	-,234	-,546	-,594	-,613	,591	,454	,566	,833	,579	,777	1,00	,069	-,040	-,083	,902	,902	,905	,877	,865	,904	,878	,847
Lg Br B	,226	,293	,286	,192	,351	,479	,400	,381	,572	,196	,069	1,00	,966	,682	,227	,195	,207	,161	,159	,113	,279	,171
Lg Br C	,210	,346	,340	,245	,311	,425	,373	,299	,522	,093	-,040	,966	1,00	,902	,132	,096	,106	,072	,066	,021	,192	,096
Lg Br S	,189	,280	,241	,284	,275	,427	,253	,218	,522	,144	-,083	,862	,902	1,00	,064	,036	,036	,025	-,005	-,035	,127	,094
Lg Fl B	-,218	-,601	-,619	-,636	,724	,640	,707	,893	,664	,768	,902	,227	,132	,064	1,00	,991	,966	,961	,963	,973	,944	,837
Lg Fl C	-,230	-,626	-,642	-,675	,703	,606	,689	,901	,660	,752	,902	,195	,096	,036	,991	1,00	,989	,978	,985	,977	,947	,838
Lg Fl S	-,238	-,616	-,630	-,683	,693	,605	,665	,906	,637	,755	,805	,207	,108	,036	,986	,989	1,00	,967	,976	,979	,953	,840
Lg Pl B	-,265	-,692	-,706	-,686	,711	,827	,685	,881	,636	,770	,877	,161	,072	,025	,981	,976	,967	1,00	,968	,979	,945	,829
Lg Pl C	-,268	-,678	-,673	-,689	,701	,607	,668	,886	,630	,736	,865	,158	,066	-,005	,983	,995	,976	,968	1,00	,980	,952	,828
Lg Pl S	-,293	-,690	-,716	-,720	,655	,559	,623	,897	,610	,773	,904	,113	,021	-,035	,973	,977	,979	,979	,960	1,00	,956	,826
Lg Sp	-,197	-,621	-,634	-,613	,697	,616	,670	,927	,702	,795	,878	,279	,192	,127	,944	,947	,953	,945	,952	,956	1,00	,826
Lr Sp	-,158	-,610	-,630	-,578	,764	,679	,731	,854	,629	,772	,847	,171	,066	,084	,937	,938	,940	,929	,928	,926	,826	1,00

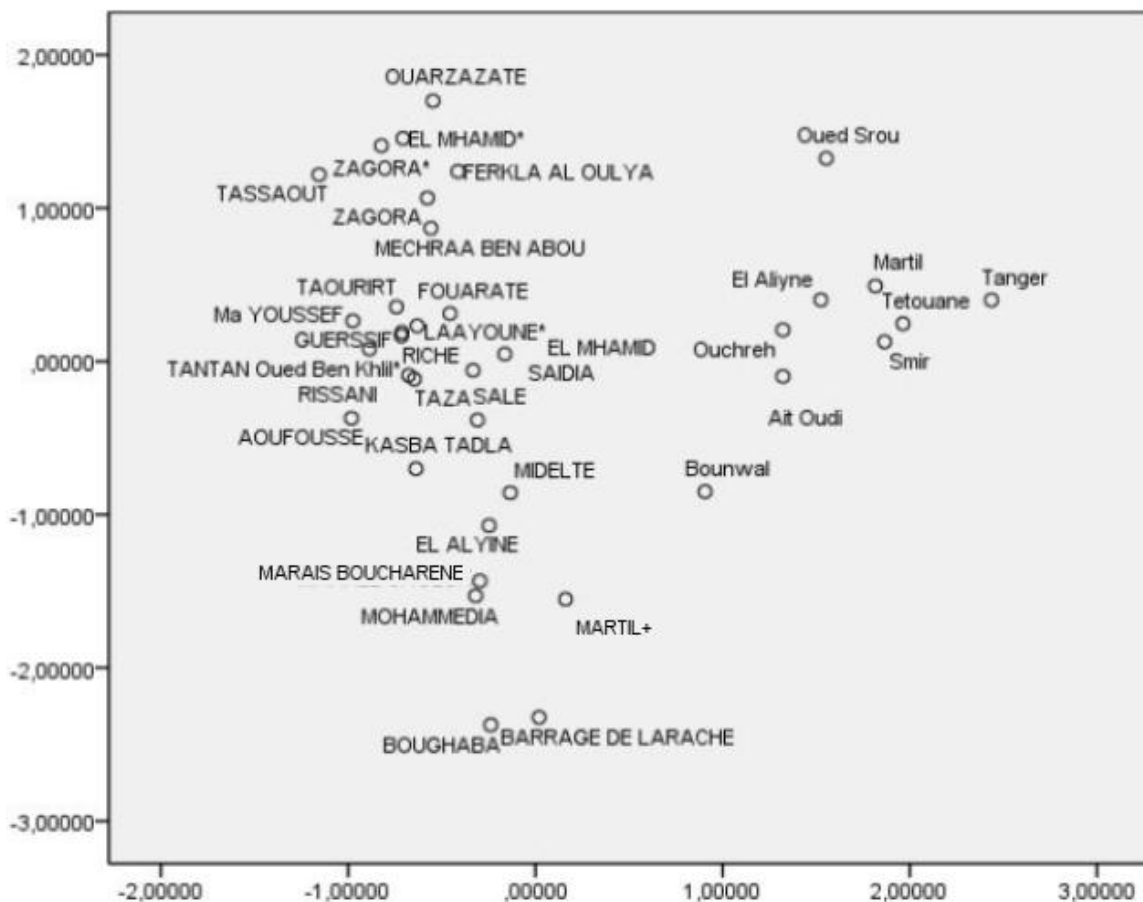


Figure 64 : Diagramme de dispersion des populations de *Tamarix* par l'ACP.

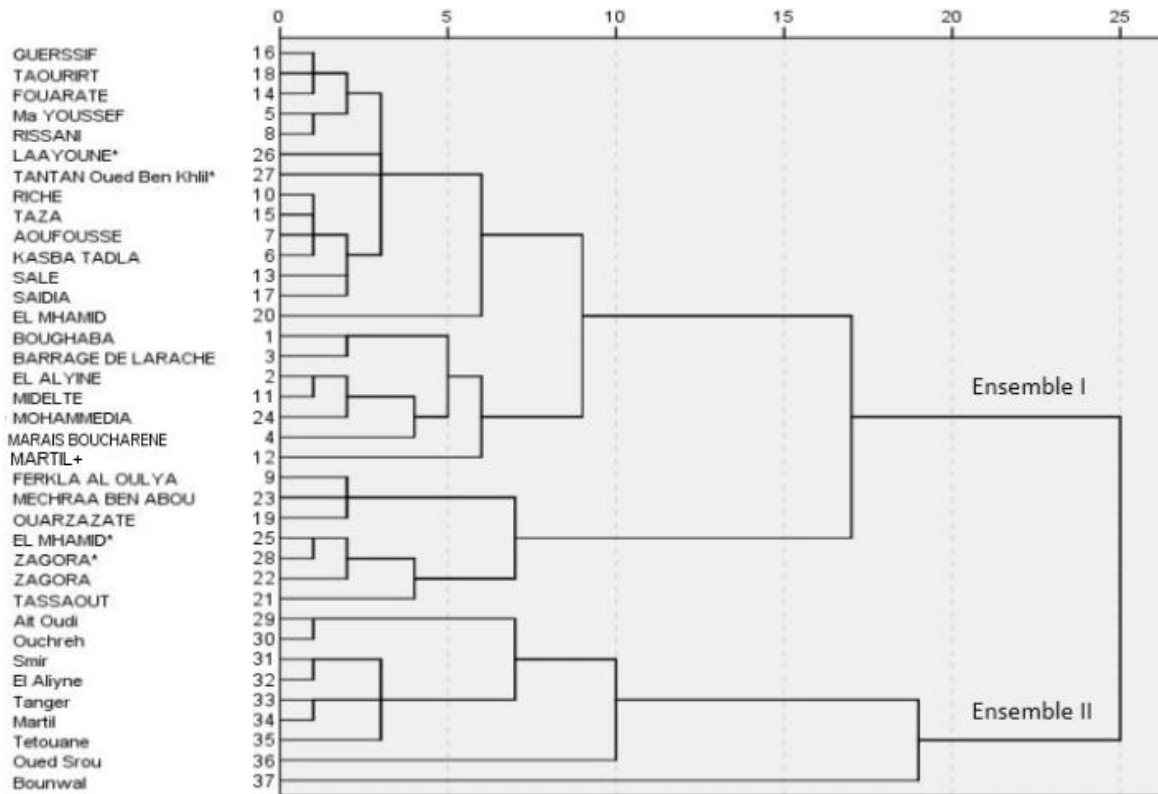


Figure 65 : Arbre hiérarchique des populations de *Tamarix* étudiées.

Les résultats de l'étude (ACP et CAH) indiquent que malgré l'inclusion de plusieurs espèces, *T. africana* a été isolée des autres *Tamarix* (*T. gallica* et *Tamarix sp*) (Figure 64 et 65).

La projection des populations n'a pas isolé les individus à feuilles embrassantes qui caractérisent les populations de Laayoune\*, TanTan, l'oued ben khilil\*, El Mhamid\* et Zagora\*, ce qui signifie que ces individus partagent de nombreux caractères morphologiques avec *Tamarix gallica* à la seule différence que la forme des feuilles est différente. Ainsi l'examen de ces spécimens récoltés dans les stations de l'embouchure d'Oued Draa, le bassin de Draa et Tinjdad nous a posé un problème d'identification, que nous en avons discuté précédemment dans la partie « identification des espèces du genre *Tamarix* du Maroc ».

Ce problème d'identification a été décelé dans l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat où un échantillon avec des feuilles embrassantes a été identifié en 1937 comme étant *T. gallica*, et Baum à refait son identification en 1965, et il lui a attribué le nom de *T. canariensis* (Figure 66), malgré que dans ses travaux réalisés en 1978, il n'a pas été mentionnée que *T. canariensis* peut avoir des feuilles embrassantes. Plus tard Fennane *et al.*, (1999) a mentionné que *T. gallica* peut présenter des feuilles peu embrassantes. Ceci peut expliquer les raisons de la présence de différents noms attribués à un même individu.



Figure 66 : *T. gallica* / *T. canariensis* a feuille embrassante.

## 5. Conclusion

Les résultats obtenus sur la diversité morphologique de *Tamarix africana* au Maroc, montrent des variations phénotypiques importantes entre les différentes populations étudiées. Cette variabilité morphologique observée semble être due à la présence de certains facteurs notamment la situation géographique et l'altitude.

Quant à l'étude de la variabilité morphologique de *Tamarix gallica* / *Tamarix canariensis*, elle nous a permis de montrer l'ampleur de la variabilité morphologique entre les populations de *Tamarix gallica*, qui a été à l'origine des confusions d'identification de l'espèce. De plus, Cette étude a également montré la présence de caractères morphologiques communs partagés entre les populations et leurs compatibilités avec les descriptions qui figurent dans certaines clés d'identification. Ainsi l'analyse des données issues de l'étude de la variabilité morphologique de *T. africana*, *T. gallica* et *Tamarix* sp. a abouti à la formation de deux groupes complètement isolés : le premier est composé de *Tamarix africana* et le second de *Tamarix gallica*.

Ces résultats devraient être complétés par une étude de la diversité génétique pour pouvoir identifier les cas exceptionnels mentionnés précédemment et renforcée par l'étude du profil biochimique de chaque espèce.

**Etude systématique, morphométrique,  
distribution et écologie des *Tamarix***

**Chapitre III**

**Suivi de la croissance des  
pièces florales de *T. africana*  
et *T. gallica***

## **1. Introduction**

Entre le stade de l'apparition des boutons floraux et l'anthèse, les pièces florales évoluent et subissent des variabilités morphologiques. Ayant fait une étude sur les caractères descriptifs et les difficultés affrontés quant à l'identification des espèces, nous avons tenté, dans cette partie du travail d'acquérir quelques connaissances sur l'évolution des caractères morphologiques au cours des étapes de floraison sachant que certaines espèces du genre *Tamarix* présentent de nombreuses similitudes.

A cet égard nous avons essayé de montrer l'importance du choix du meilleur stade de floraison (anthèse) pour l'identification des espèces en indiquant les différences et les changements morphologiques des pièces florales entre chaque étape ainsi que leur influence sur l'identification des échantillons. Nous avons également essayé de montrer les contraintes qui nous ont poussés à réaliser cette partie du travail. De plus, cette étude vise à suivre la croissance des pièces florales des fleurs le long du chaton.

Ainsi à travers les résultats obtenus dans le présent travail nous allons pouvoir confirmer les données émises par Villar *et al.*, (2012) qui a constaté que certaines pièces florales, comme le pédoncule, continuent à s'allonger alors que d'autres parties, comme la bractée, gardent la même taille. De même, l'hypothèse de Baum (1978) concernant l'évolution des caractères morphologiques des fleurs entre la première et la deuxième floraison.

## **2. Suivre de la croissance des pièces florales**

Les données recueillies lors des observations et les mensurations réalisées lors du suivi ont montré la présence d'une augmentation de la longueur des chatons entre la première et la deuxième semaine pour les deux espèces (Figure 67). Cet accroissement peut être dû à l'augmentation de la longueur du rachis, des pédoncules et/ou des fleurs.

Néanmoins, la valeur moyenne de la longueur des chatons reste inférieure à celle mentionnée dans les travaux de Baum (1967, 1978) pour les deux espèces.

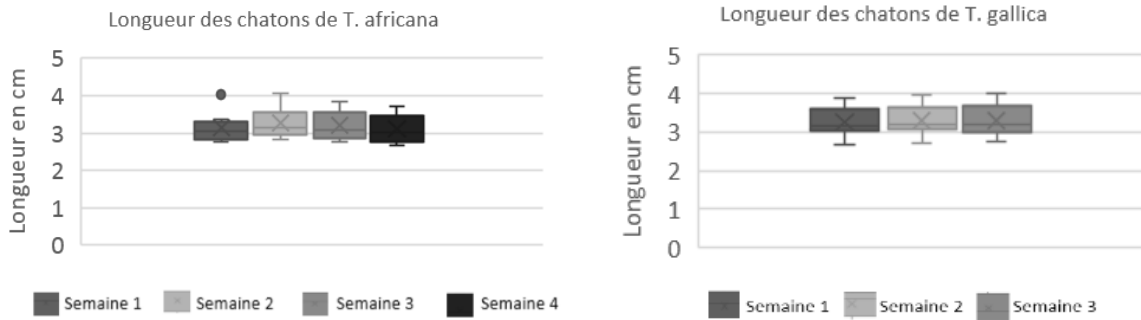


Figure 67. Variation de la longueur des chatons au cours du suivi chez *T. gallica* et *T. africana*

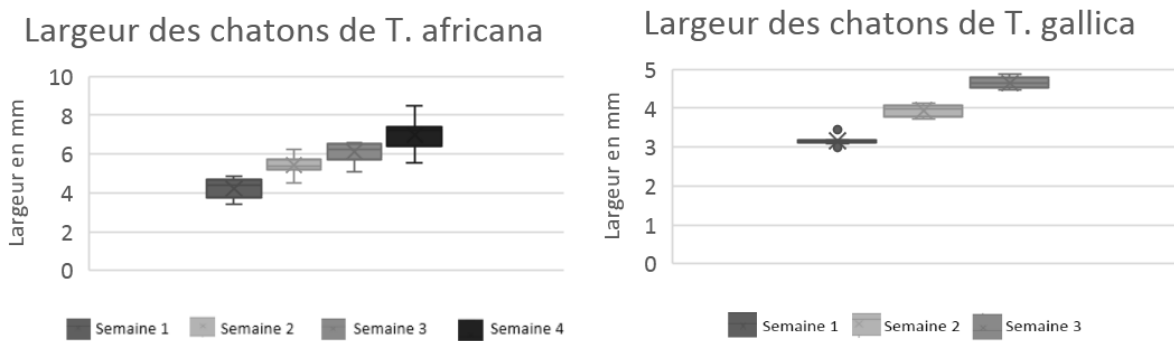


Figure 68. Variation de la largeur des chatons au cours du suivi chez *T. gallica* et *T. africana*.

En ce qui concerne la largeur du chaton, les graphiques de la figure 68 montrent la variation de la largeur des chatons qui augmente chaque semaine chez les deux espèces de *Tamarix*, cela est principalement dû à l'évolution de la taille des fleurs (Figure 69).



Figure 69 : Evolution de la longueur des fleurs de *T. africana* au cours du temps.

Chez les deux espèces, la taille des chatons examinés au cours du suivi est presque égale ou inférieure à la valeur mentionnée dans les différentes clés de déterminations (Quézel & Santa 1963 ; Baume 1967, 1978 ; Cirujano 1993 ; Fennane *et al.* 1999 ; Valdés *et al.* 2003 ; Villar *et al.* 2012).

Les Figures 70 et 71 montrent que la vitesse d'évolution des stades de floraison varie entre les deux espèces et entre les individus de la même espèce. Chez *T. gallica*, pendant la première semaine, les fleurs sont toutes de petite taille et fermées, alors que dès le début de la deuxième semaine, la plupart d'entre elles deviennent complètement ouverte (stade anthèse). Quant à *T. africana*, ce n'est qu'au début de la troisième semaine que la majorité des fleurs sont devenues complètement ouvertes (anthèse).

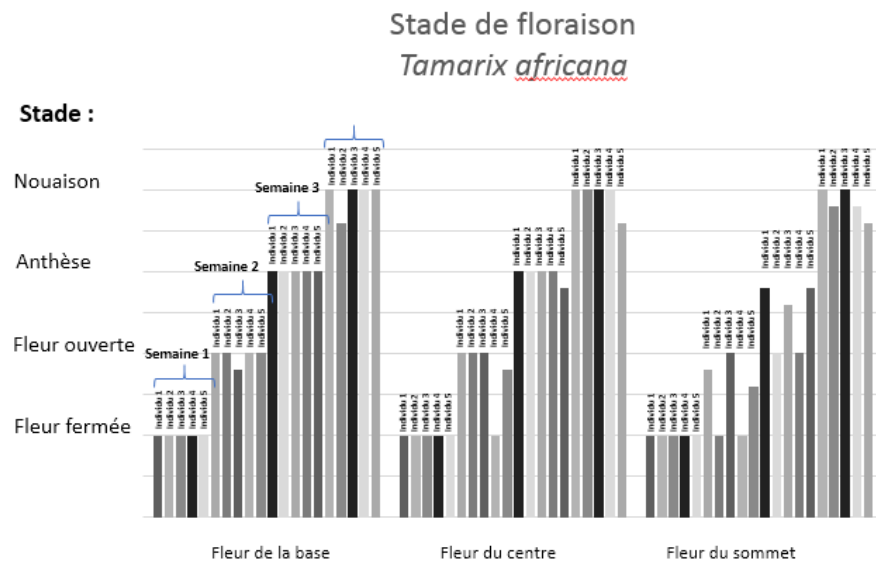


Figure 70 : Différence de la vitesse de l'évolution des stades de floraison chez *T. africana* en fonction de la position des fleurs sur le chaton.

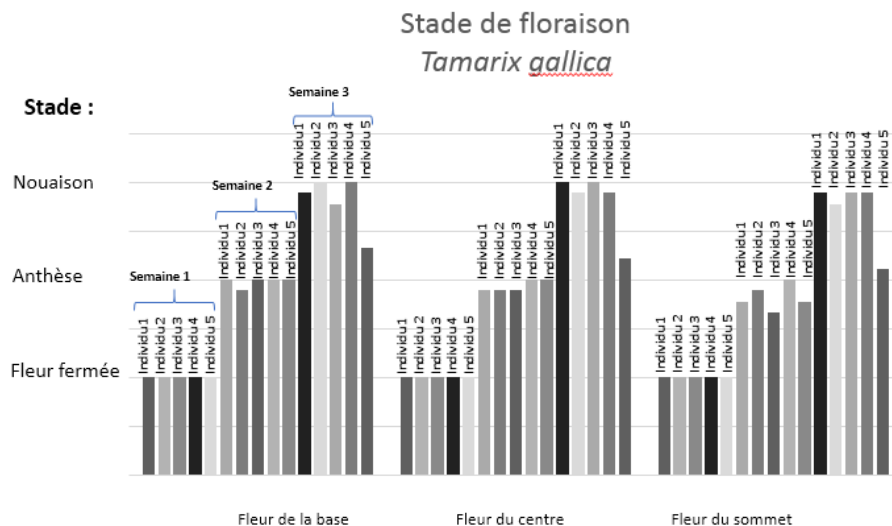


Figure 71 : Différence de la vitesse de l'évolution des stades de floraison chez *T. gallica* en fonction de la position des fleurs sur le chaton.

De plus, les graphiques montrent une différence de la vitesse de développement entre les fleurs en fonction de leur position sur le chaton. Les fleurs les plus grandes ou les plus âgées se situent

à la base du chaton alors que les plus jeunes se trouvent au sommet, c'est une inflorescence de type grappe. Ce caractère doit être pris en considération dans la mesure de la largeur du chaton, à cet égard les mesures de ce caractère ont été réalisées au centre du chaton entre les extrémités des fleurs. La mensuration de certaines pièces florales dépend également de la disposition des fleurs sur le chaton. Ainsi, les graphiques de la figure 72 montrent la différence de la longueur des fleurs entre les périodes de floraison. Cette variation rend l'identification des spécimens plus délicate.

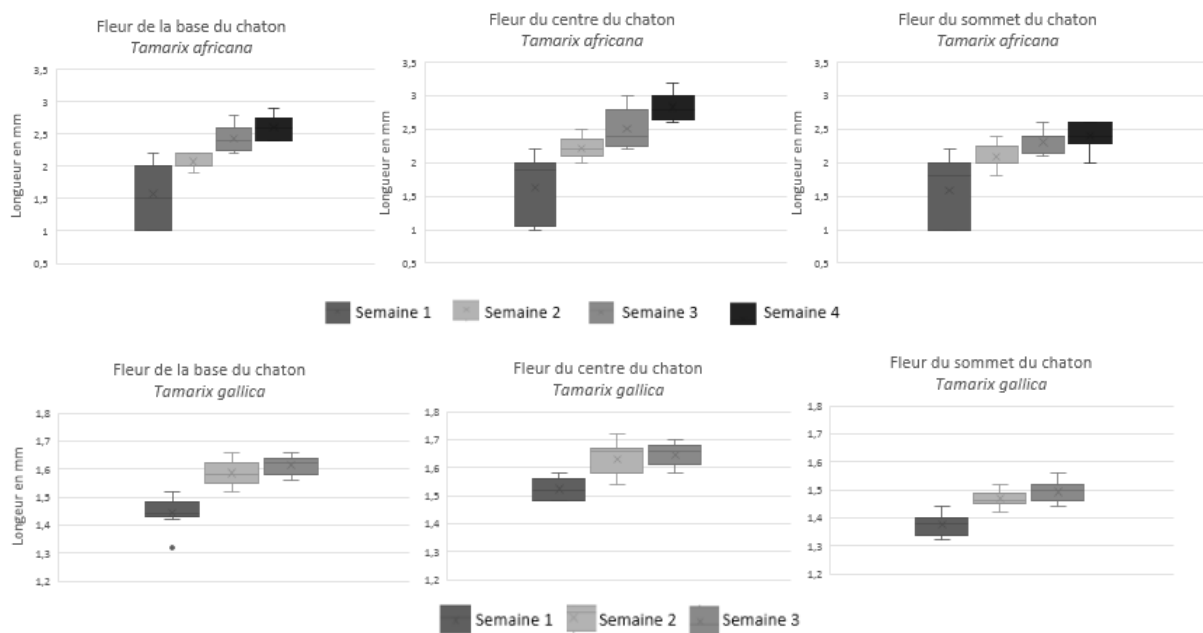


Figure 72 : Variation de la longueur des fleurs au cours du suivi chez *T. gallica* et *T. africana*.

Les résultats du suivi montrent que la longueur des fleurs augmente chaque semaine, quelle que soit sa position sur le chaton et son stade de croissance. Lors de l'examen des différents échantillons nous avons constaté que certaines jeunes fleurs peuvent avoir une longueur qui dépasse celle des fleurs ouvertes non fonctionnelle chez les deux espèces.

Concernant les sépales, leur longueur augmente progressivement en fonction de l'augmentation de la longueur des fleurs indépendamment du stade de floraison (Figure 73).



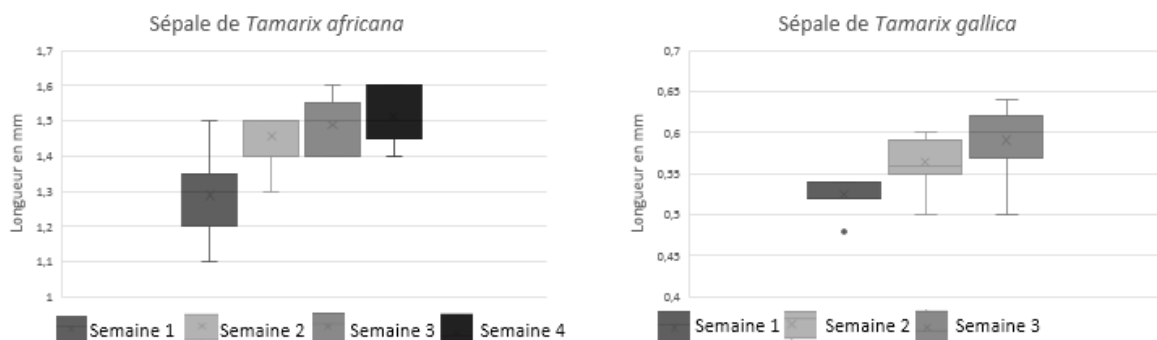


Figure 73 : Augmentation de la longueur des sépales au cours du suivi.

Quant à la position de la bractée par rapport au calice, nous avons constaté qu'elle change avec l'accroissement des autres pièces florales y compris le pédoncule qui contribue à un degré moindre (Figure 74).

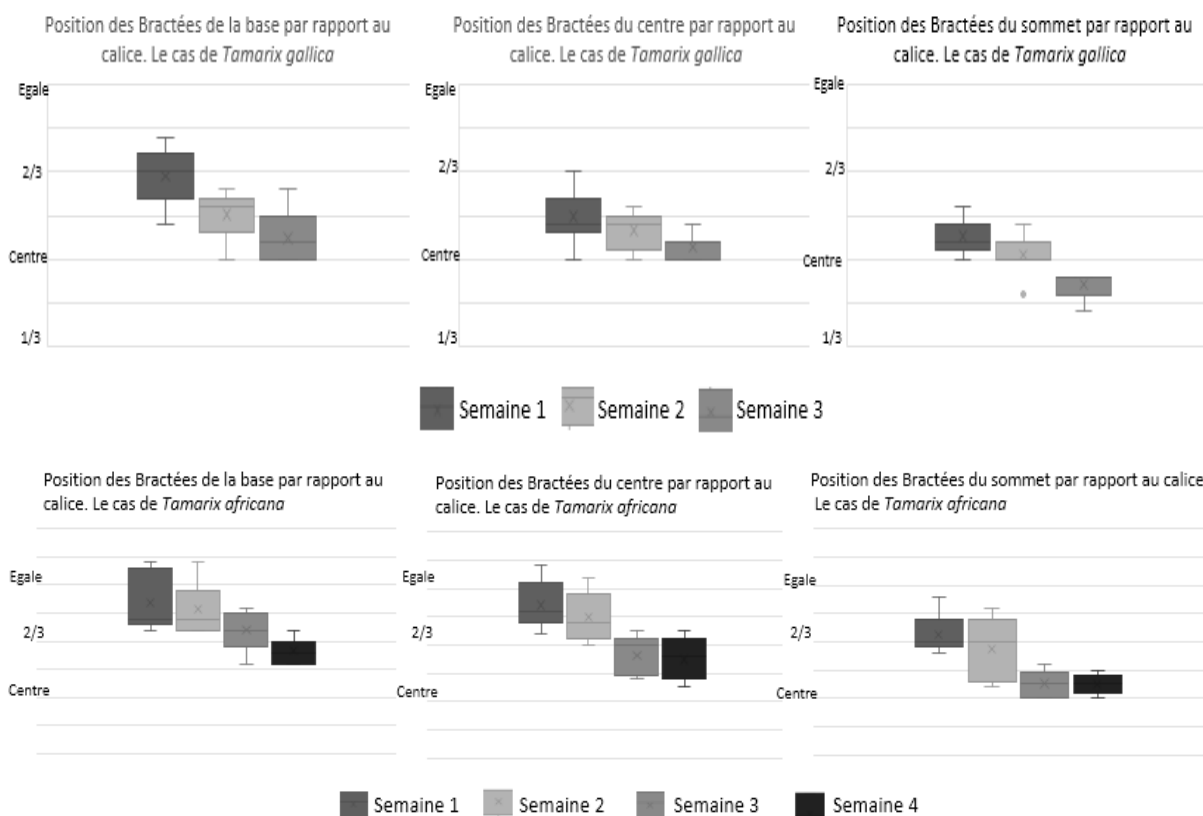


Figure 74 : Variation de la position des bractées par rapport au calice au cours du suivi chez *T. gallica* et *T. africana*.

Les différents graphiques qui illustrent l'évolution des pièces florales le long des stades de croissance montrent bien que chez *Tamarix africana*, de nombreuses caractéristiques des fleurs, fermées ou ouvertes, correspondent aux caractéristiques des fleurs de *Tamarix gallica* mentionnées dans des travaux antérieurs (Quézel & Santa 1963 ; Baume 1967, 1978 ; Cirujano

1993 ; Fennane *et al.*1999) et même de *Tamarix canariensis* (Baume 1967, 1978 ; Cirujano 1993 ; Valdés *et al.*2003 ; Valdés *et al.*2002). Cette ressemblance s'applique principalement à la largeur des chatons et à la longueur des bractées. De plus, la forme de la bractée peut nous mener à une fausse identification. Ainsi chez *Tamarix africana* (Figure 75 : forme A, B et C) les bractées peuvent présenter plusieurs formes dont certaines sont similaires à ceux de *Tamarix gallica* (Figure 75 : forme D, E et F). Ainsi Baum (1978) a mentionné la difficulté de différencier entre ces espèces au cours de la deuxième floraison.

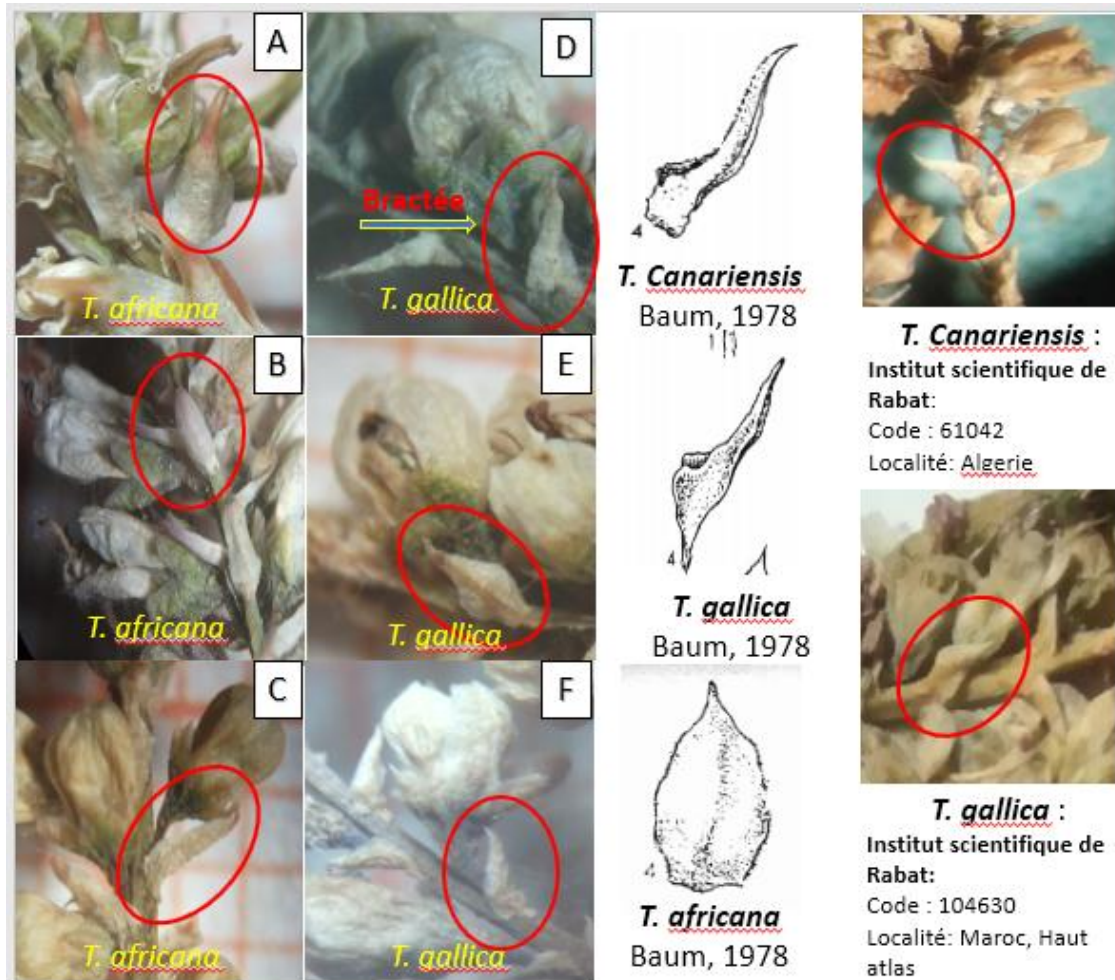


Figure 75 : Forme des bractées de *T. africana*, *T. canariensis* et *T. gallica*.

Au cours du suivi nous avons constaté que dans la population de *Tamarix africana*, il n'y a pas eu de deuxième floraison. Par ailleurs celle de *Tamarix gallica*, la deuxième floraison a eu lieu mais la production des chatons était très faible. En plus nous avons remarqué une diminution de la production des chatons entre les périodes de floraisons. Cependant nos observations nous ont permis de montrer l'évolution de la longueur des bractées qui a augmenté pendant la seconde période de floraison, même la forme des bractées et des pétales a changé (Figure 76).

Ces changements font en sorte qu'il devient difficile de choisir les critères discriminants pour l'identification des espèces.

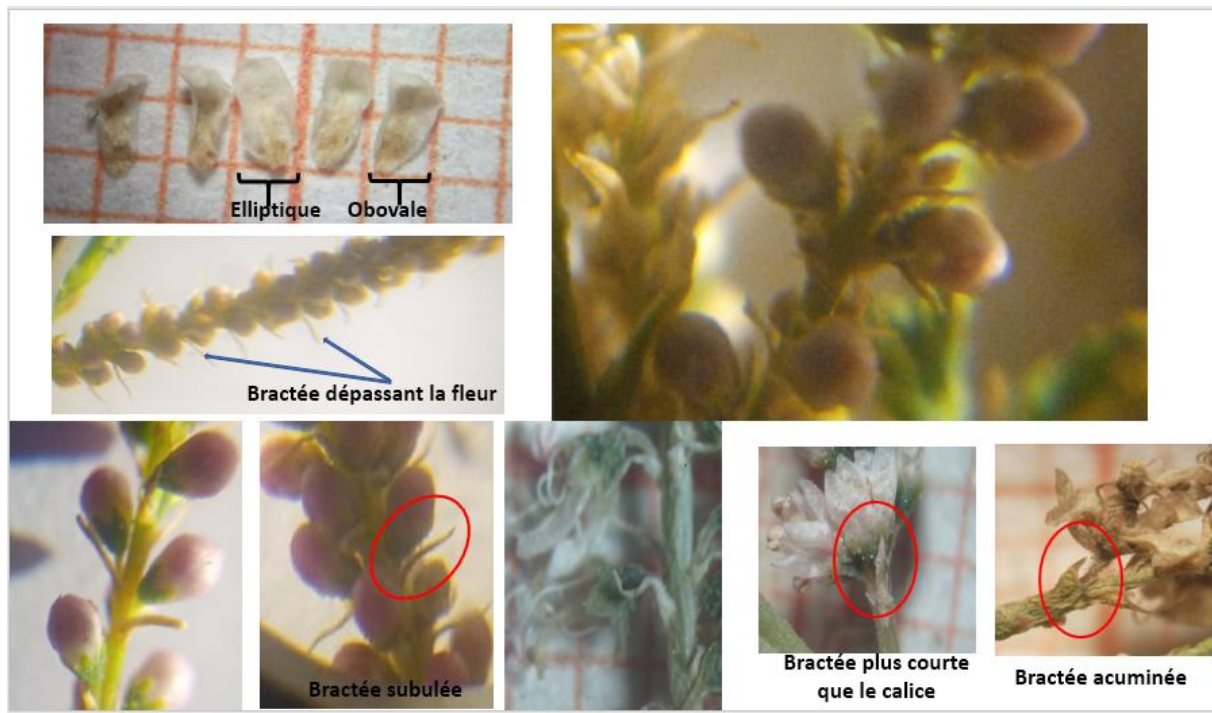


Figure 76 : Variation de la forme et la longueur des bractées et des pétales chez *T. gallica* entre les stades de floraison.

### 3. Conclusion

L'étude des variations morphologiques des individus des deux populations donne une idée globale sur les caractères morphologiques de chaque espèce. Par ailleurs, le suivi d'évolution des pièces florales en fonction du temps, donne une idée plus précise sur la façon dont elles évoluent, ce qui peut contribuer à déterminer les caractéristiques morphologiques de chaque stade de floraison pour chacune des espèces.

Cette étude a démontré la présence des différences morphologiques entre les caractères étudiés en fonction du temps, ce qui nous mène à bien choisir le stade de floraison pour identifier les espèces. Ainsi l'approche que nous avons utilisée précédemment nous a paru raisonnable.

En tenant compte des constatations de Baum (1978) sur les traits de similarités que possèdent certaines espèces de *Tamarix* et des résultats obtenus suite à l'étude du suivi de la croissance des pièces florales, nous pouvons conclure que lors de l'identification des espèces il faut se baser sur le stade anthèse et sur de nombreux critères dont le but de trouver un critère discriminant et de minimiser la probabilité de ressemblance entre les espèces.

**Etude systématique, morphométrique,  
distribution et écologie des *Tamarix***

**Chapitre IV**

***Distribution géographique***

**(Annexe 3)**

## 1. Introduction

Le Maroc, est un pays méditerranéen situé au nord-ouest de l'Afrique. Sa position géographique fait de lui un pays apte à recevoir les espèces végétales des pays voisins ou à les diffuser vers ces pays, à savoir l'Espagne et ses îles au nord et au sud-ouest du Maroc (Scholz *et al.*, 2008), l'Algérie via sa longue frontière du côté de l'est et la Mauritanie à travers une vaste frontière au sud du pays. En général les végétaux dispersés par leurs graines ou par leurs fruits présentent des aptitudes de colonisation de nouveaux territoires et peuvent acquérir de nouveaux caractères adaptatifs (Klein *et al.*, 2015). Cela peut être partiellement responsable de l'apparition de nouvelles formes ou bien de l'expression des traits récessifs qui rendent difficile l'identification de certaines espèces et qui peuvent constituer un obstacle majeur à la compréhension de leur plasticité phénotypique. Lors de la présente étude certains spécimens du genre *Tamarix* récoltés dans les zones désertiques (Erfoud, Rissani, Merzouga, Zagoura, M'hamid, Laayoune, TanTan, Ferkla) présentent une diversité morphologique les rendant difficiles à identifier en raison de leur diversité morphologique. Au niveau de ces zones la possibilité de rencontrer de nouvelles espèces autres que celles citées dans les travaux antérieurs est très probable en raison de l'absence de barrières naturelles à la dispersion des graines qui se fait soit par le vent, soit par les canaux d'irrigation ou par le réseau hydrographique qui traverse ces zones. Ajoutons également l'effet de l'utilisation de ces espèces dans cette région comme brise-vent et dans le maintien des sols contre l'érosion, ce qui favorise la colonisation de nouveaux territoires. Par conséquent, la plantation de ces espèces et leur exploitation dans ces régions ont contribué d'une certaine manière à la propagation et à une adaptation accrue de ces espèces, c'est le cas de l'oasis d'Aoufouss (région d'Erfoud) qui est caractérisée par une extension très remarquable des tamaris.

Plus au sud, nous avons constaté que les régions de Ouarzazate, Zagora et M'hamide El Ghizlane sont caractérisées soit par l'existence de hautes collines ou par des terres sèches et arides rarement arrosées. Lesquels facteurs freinent le développement du couvert végétal y compris *Tamarix* qui forme des populations éparses. La couverture végétale est généralement limitée aux berges des zones humides qui sont représentées par des oasis, des dépressions et des cours d'eau temporaires.

## 2. Distribution des *Tamarix*

Dans la présente étude, les collections relatives au genre *Tamarix* sont composées de cinq ou six espèces. Ce nombre reste à confirmer vu les grandes ressemblances et la complexité

d'identification particulièrement entre les deux espèces *T. gallica* et *T. canariensis*. Ces espèces présentent des variabilités morphologiques intra-individuelles étant donné que deux chatons du même spécimen peuvent présenter des caractères différents en fonction de leur position et de leur exposition.

La présente étude montre que certaines espèces sont caractérisées par une distribution très étendue alors que d'autres ont une distribution très limitée ou éparse.

### **2.1 Espèce a distribution étendue : *T. gallica***

Il s'agit d'arbres ou d'arbustes qui peuvent atteindre jusqu'à dix mètres de hauteur. Cette espèce est caractérisée par une production continue de fleurs pendant une longue période de l'année (sept mois environ), cependant Baum a mentionné dans sa revue en 1978, que la floraison a lieu pendant deux périodes distinctes de l'année. En outre, la période d'apparition des boutons floraux et la durée de la floraison varient selon les régions. Si on prend l'exemple de Kasba Tadla (Maroc atlantique moyen) l'espèce commence à produire les fleurs à partir de mi-avril jusqu'au mois de septembre d'une façon continue (Figure 77). Dans les zones désertiques (Ex : Laayoune), cette période est prolongée jusqu'au mois d'octobre bien que la floraison soit très faible dans ces régions.



Figure 77 : Chatons de *T. gallica* produite en mois Juillet à la station du Barrage de K-Tadla.

#### **a. Répartition**

*T. gallica* ont été retrouvées dans de nombreuses stations étudiées, elles possèdent une large distribution et colonisent différentes régions du Maroc :

- ✓ Zones côtières : région du Rif au niveau des marais d'El Alyine, embouchure de la Moulouya à proximité de Saidia, les marais de Larache, Fouarate et Sidi Boughaba, zones humides de Mohammedia ;
- ✓ Région du plateau de l'est : Midelt, Guerssif et Taourirt ;
- ✓ Moyen Atlas marocain : Kasba-Tadla, El kebab ;
- ✓ Haut Atlas : Riche ;
- ✓ Anti Atlas : Ouarzazate ;
- ✓ Région du Tafilal et Sahara où cette espèce connaît une grande répartition : Erfoude, Aoufouss, Rissani, Zagoura, M'hamide El Ghizlane, TanTan, Laayoune.....

### ***b. Caractéristiques écologiques***

*T. gallica* colonisent aussi bien les zones à basse altitudes (El Alyine) que celles à haute altitudes qui peuvent atteindre 1473 m (Midelt).

La large distribution de ces espèces se traduit par une diversité des écosystèmes et une immense variabilité abiotique. Dans les régions côtières ces espèces sont exposées aux courants marins froids alors que dans les régions sahariennes elles peuvent tolérer des vents secs et des températures maximales moyennes élevées qui sont de l'ordre de 40 °C (Bassin Draa : Monographie générale de la région de Draa-Tafilalet, 2015) ce qui permet de les classer parmi les espèces thermophiles.

La présente étude montre que *T. gallica* peu se développer sur des sols salins, au bord des eaux de surface salines ou bien des nappes phréatiques salines (Saidia, Mohammedia, Laarache). Nous avons noté leur présence sur les rives de certains cours d'eaux provenant de sources d'eau salines (Oued Felat, Oued Srou) (Figure 78), où la conductivité électrique mesurée varie entre 6 S/m pendant la période estivale et 1,6 S/m pendant l'hiver. En fonction du degré de tolérance des végétaux vis-à-vis de la salinité (Shannon *et al.*, 1994, cité par Salama *et al.*, 1999), ces espèces peuvent être considérées comme des halophytes (Hammada *et al.* 2004). Cette caractéristique a été également montrée par Zhang *et al.*, 2002 ; Ohrtman & Lair, 2013 (cité par Imada *et al.*, 2015).



Figure 78 : Dépôt de sel sur les rives d'Oued Srou.

En outre, nous avons remarqué la présence de propriétés allélopathiques chez *T. gallica*. Ce phénomène correspond à une excrétion de composés chimiques à partir des glandes situées au niveau des feuilles. Dans certaines travaux, l'analyse de ces produits excrétés par les feuilles de *Tamarix* a montré qu'il est composé principalement de NaCl et de quelques ions comme K, Ca, Mg (Waisel, 1961 ; Berry, 1970), c'est ainsi que la salinité du sol peut augmenter suite à l'accumulation de ces produits. Ces excrétions peuvent également contenir, chez certaines plantes, des métabolites secondaires (acides phénoliques, flavonoïdes, terpenoïdes *et* *alcaloïdes*) qui provoquent un ensemble d'interactions biochimiques directes ou indirectes d'une plante sur une autre (Dao, 2008).

Les excrétions du sel agissent négativement sur le développement de certaines espèces végétales en limitant leur propagation (Guan *et al.*, 2012 ; Jeevarathinam *et al.*, 2013 ; Fu & Burgher, 2015) (Figure 79). C'est ainsi que le cortège floristique de *T. gallica* est peu diversifié et parfois le sous couvert est absent.



Figure 79 : Absence du sous-couvert.



*T. gallica* se développent généralement sur des sols humides voir même gorgés d'eau, c'est le cas des stations d'El-Alyine, Fouarate qui sont submergé durant environ deux à trois mois (Figure 80). Par ailleurs les travaux de Warren & Turner (1998) ; Lesica & Miles (2004), ont montré que les *Tamarix* peuvent disparaître si la période des inondations dépasse trois mois.



Figure 80 : *T. gallica* submergée au niveau d'El Alyine en mois Avril.

Dans les régions sahariennes, nous constatons que certaines populations de *T. gallica* résistent à la rareté de l'eau, c'est le cas de la population de Zagora où la pluviométrie moyenne annuelle est de 60 mm (Monographie générale de la région de Draa-Tafilalet, 2015). De nombreuses études ont montré que ces espèces, comme d'autres espèces de *Tamarix*, possèdent un système racinaire dense et profond pour pouvoir atteindre les eaux souterraines qui se trouvent jusqu'à une cinquantaine de mètres de profondeur (Merkel & Hopkins, 1957 ; Waisel & Kafkafi, 1996 ; Cleverly *et al.*, 1997). D'après Arzipe *et al.*, (2009) et Lavaine (2013) ces espèces peuvent résister aux milieux secs d'où la présence des jeunes pousses de *T. gallica* dans les régions sahariennes (Figure 81).



Figure 81 : Jeune pousse de *T. gallica* au bord d'oued Draa à M'hamide El Ghizlane.

Dans les zones sahariennes, les populations de *T. gallica* sont moins denses, leur appareil végétatif est moins développé et les tiges sont moins ramifiées en comparaison avec ceux des mêmes espèces récoltées dans les zones côtières ou centrales. Les fleurs présentent également certaines différences, elles sont moins nombreuses et regroupées en inflorescences lâches. Nous pouvons dire que la rareté de l'eau influence d'une manière ou d'une autre la morphologie, la croissance, la répartition et la densité des populations de ces espèces.

*T. gallica* ont le pouvoir de se développer sur des terrains fragiles où elle contribue à la rétention du sol (Adamou *et al.*, 2015). Suite à nos constatations sur le terrain, on peut affirmer que, ces espèces peuvent se développer sur des sols limoneux, argileux et même sablonneux (psammophyte). Ainsi dans certains endroit et grâce à leurs systèmes racinaires elles retiennent le sable en donnant naissance à des dépôts sableux, humides ou secs, appelés nebka (Figure 82).



Figure 82 : Nebka située au bord d'oued Draa à M'hamide El Ghizlane.

D'après cette analyse, *T. gallica* peuvent être considérés comme l'espèce la plus répandue au Maroc grâce à leurs caractéristiques susmentionnées qui leur permettent de pouvoir occuper une mosaïque de régions marocaines (Sahara, plaine, zone montagneuse, zone côtière, marais, lagune, embouchure). Ce qui prouve leur grande plasticité écologique et leur pouvoir d'acclimatation.

## **2.2 Espèce a distribution limitée : *T. africana* et *T. aphylla***

Contrairement aux espèces *T. gallica* qui connaissent une large distribution géographique, *T. africana* et *T. aphylla* ont une distribution limitée à certaines régions du Maroc où elles forment parfois des populations très importantes. Par ailleurs elles peuvent cohabiter avec les précédentes.

*Tamarix africana* est une espèce très répandue dans les stations étudiées de la région du Rif où elle forme des populations denses : Smir, El Alyine, Martil et Tétouane. Dans les marais d'El Alyine, elle cohabite avec *T. gallica*. Dans le Haut Atlas (Zawyate Ahensale) et le Moyen Atlas (Ouchreh et Ait Oudi). Au bord de l'oued Oum Er-rabia des populations éparses apparaissent au niveau des sources d'eau douce et salée au niveau d'Amassine et oued Felat à proximité de Khenifra. En aval, sur les berges de l'oued Srou à proximité d'El-kebab, *Tamarix africana* cohabite avec *T. gallica*. Plus loin, au niveau de Tagzirt, une grande population s'étend sur environ 15 kilomètres le long d'oued Derna. Les individus de cette population possèdent un système racinaire adapté aux substrats rocheux, les racines paraissent bien développées même chez les jeunes pousses (Figure 83). Dans certains endroits, le système racinaire des individus possède la possibilité d'écraser les blocs rocheux pour s'enfoncer dans le sol. Laquelle caractéristique a été signalée par Christine *et al.*, (2007) chez d'autres espèces de *Tamarix*, où l'auteur a décrit leur capacité à modifier les qualités physiques des écosystèmes. *T. africana* se trouve à des altitudes qui peuvent atteindre 1735 m (Zawyate Ahensale) et à des températures moyennes très basses en hiver (-3.5 °C) (Direction Régionale Béni-mellal Khénifra, Juin 2017).



Figure 83 : Racine très puissante chez les jeunes pousses des *T. africana*.

*Tamarix aphylla* est une espèce qui cohabite avec *T. gallica* sur les berges de certains cours d'eau (M'hamide El Ghizlane, Ma Youssef, Guerssif). Des populations sont rencontrées à Kasba Tadla et à El Kelaâ des Sraghna. Dans la région de l'Anti Atlas nous l'avons trouvée à Ouarzazate au bord d'Oued Asif Tidili. Cette espèce est très concentrée dans la région saharienne, notamment celle d'Errachidia, Rissani, Aoufouss, Erfoude, Merzouga et M'hamide

El Ghizlane. Elle est dominante au niveau d'Erfoude et Ris sani sur les sols sablonno-limoneux. Alors qu'au niveau de M'hamide El Ghizlane et Merzouga, c'est la seule espèce de *Tamarix* qui colonise les grandes dunes de sable, comme les barkhanes et les dunes transversales, sous forme de population très éparses réparties de façon discontinue (Figure 84).

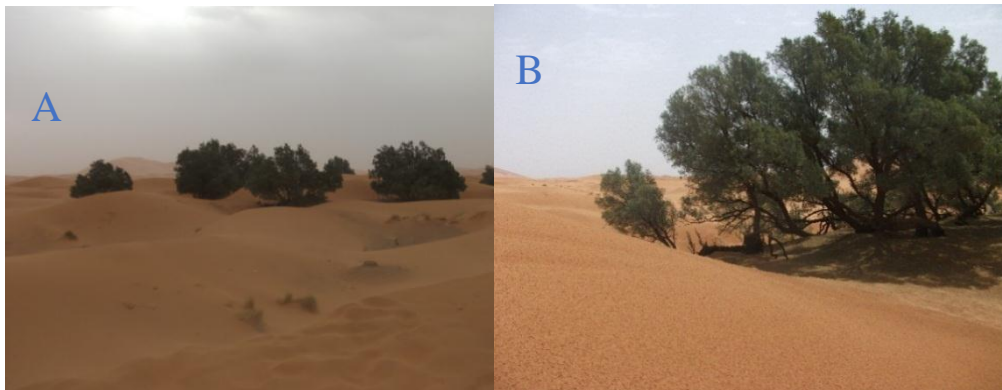


Figure 84 : A) Dune transversale de M'hamide El Ghizlane. B) Barkhane de Merzouga.

D'après les constatations faites sur le terrain, cette espèce se développe sur les sols sablonneux ou argileux avec ou sans graviers. Cette espèce pousse rarement au bord des cours d'eaux permanents, elle est moins exigeante en eau. Ainsi, au niveau des régions sahariennes (Zagora et M'hamide El Ghizlane), elle est utilisée dans la constitution des palissades pour stabiliser les dunes et lutter contre la désertification (Figure 85).



Figure 85 : *T. aphylla* utilisé contre le mouvement de sable à M'hamide El Ghizlane.

Vu le manque de travaux sur la corrélation entre la profondeur de l'enracinement de cette espèce et la nappe phréatique ou l'humidité du sol, nous nous trouvons devant deux hypothèses : (1) la plante possède un système racinaire bien développé pour pouvoir atteindre la nappe phréatique ; (2) ces exigences en eau sont très faibles et dans ce cas on peut la considérer comme une xérophyte (Xia *et al.*, 2016 ; Chen *et al.*, 2012).

Par ailleurs, *Tamarix aphylla* est une halophyte, elle possède, comme les espèces précédemment citées, des glandes sécrétrices situées au niveau des feuilles permettant ainsi l'excrétion de sel

(Binet, 1978 ; Shamir & Steinberger, 2007). Ainsi la chute des feuilles inhibe le développement du sous couvert.

### **2.3 Espèce a distribution très restreinte et des populations dispersées. : *T. boveana* et *T. amplexicaulis***

L'espèce *Tamarix boveana* présente certaines confusions taxinomiques avec *T. africana* dans le cas où les individus possèdent des fleurs pentamères (Baum, 1978). Cependant Villar *et al.*, (2012) a constaté que la longueur et la largeur du chaton est un caractère discriminant entre les deux espèces, les chatons de *T. boveana* sont plus longs et larges que ceux de *T. africana*. Concernant les spécimens de *T. boveana* collectés, ils possèdent tous des fleurs tétramères de ce fait le problème de confusion avec *T. africana* ne se pose pas.

*T. boveana* se caractérise par une aire de répartition distincte où les populations sont très dispersées sur de grandes distances. La population la plus importante est celle qui longe l'embouchure de l'oued Moulouya à proximité de Saidia. Elle se présente sous forme d'une forêt très dense parsemée localement de petites populations de *T. gallica*.

*T. boveana* est une halophyte, elle tolère des degrés de salinité très variables. C'est le cas de la population de l'embouchure de Saidia où la salinité varie entre 1 et 30 g/l (Dakki *et al.*, 2003). Plus loin, au sud-est du pays, une deuxième population se situe à 3 km de la ville saharienne d'Erfoude en provenant d'Aoufouss. Plus au sud-ouest, au niveau de Saquyat al Hamra à l'entrée de la ville de Laâyoune, une troisième population moins dense colonise de grandes distances.

Ainsi *T. boveana* peut être considéré comme une espèce très rare (nombre de localités connues  $\leq 5$  : Hammada *et al.*, 2004 ; Fennane & Ibn Tattou, 1998).

Concernant *T. amplexicaulis*, un seul spécimen parmi les différents échantillons récoltés est supposé correspondre à cette espèce. Cet individu a été collecté au niveau de Merzouga. Cette espèce a été déjà signalée dans cette région en 1980. L'échantillon est conservé dans l'herbier national à l'Institut Scientifique de Rabat (Code : 63950).

La présence de cette espèce a été également signalée dans la lagune de Khnifisse (lac Na'ileh) (N 23887 collecté en 1961 et N 61110 collecté en 1985), au niveau de Grara à 10 km de Dakhla (109576, 109577, 109579) et au niveau d'Imlili (110309). Cependant, aucun spécimen parmi ceux collectés dans la lagune de Khnifiss en juin 2018 ne présente les caractéristiques de *T. amplexicaulis* (forme du disque, forme des feuilles "charnue" et le nombre des étamines). Les échantillons collectés correspondent à *T. gallica* ce qui soulève la question sur les causes de la disparition de *T. amplexicaulis*.

Selon Baum (1978), cette espèce est présente dans le nord du Maroc (région du Rif), mais nous excluons complètement cette hypothèse, d'autant plus que cette espèce n'était pas incluse dans le catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc (Valdes *et al.*, 2003). De plus, tous les échantillons que nous avons examinés proviennent de régions désertiques (région du Maroc Saharien) ce qui correspond à la clé de Fennane (*et al.*, 1999).

Donc, *T. amplexicaulis* est une espèce, qui peut également être classé comme étant très rare et menacée d'extinction.

### 3. Conclusion

Dans le présent travail, des prospections ont été réalisées dont le but d'étudier la répartition du genre *Tamarix*. L'échantillonnage a été effectué au niveau de 51 stations couvrant la majorité des régions marocaines et les espèces ont été identifiées. Cependant, certaines questions restent sans réponse quant à la présence et la répartition géographique de *T. amplexicaulis* et *T. boveana* au Maroc.

Les résultats montrent que les espèces du genre *Tamarix* connaissent une large répartition et une distribution inégale. C'est ainsi que *Tamarix gallica* présente une large distribution, elle a été identifiée dans la majorité des stations prospectées. Par ailleurs *Tamarix africana* et *Tamarix aphylla* connaissent une répartition limitée, alors que *T. boveana* et *T. amplexicaulis* sont deux espèces à distribution très restreinte

La distribution géographique de ces espèces est en relation avec certains facteurs écologiques : climatiques (température, précipitation), hydrologiques (nappe phréatique, salinité) et pédologique (texture du sol). Certains de ces facteurs permettent de classer les espèces comme halophytes, phréatophytes ou psammophytes.

**Etude qualitative et quantitative**

**Chapitre I**

**Etude biochimique :  
screening phytochimique**

## 1. Introduction

Les plantes médicinales ont été utilisées dans pratiquement toutes les cultures comme source de médicaments depuis des temps immémoriaux (Kirtikar et Basu, 1996 ; Sharifi-Rad *et al.*, 2015 ; cité par Devhade, 2015). Les plantes ont été et seront toujours une source de molécules utilisées en thérapeutique. L'importance des plantes en médecine reste encore plus pertinente avec le changement mondial actuel pour obtenir des médicaments à partir de sources végétales (Glombitza *et al.*, 1993 ; Mahabir et Gulliford, 1997 ; cité par Aliyu *et al.*, 2008).

Parmi ces plantes, certaines espèces du genre *Tamarix* sont utilisées en médecine traditionnelle comme astringent, apéritif, stimulant de la transpiration et diurétique (Gaston, 1998 cité par Lefahal *et al.*, 2010 ; Abo-Dola *et al.*, 2015 ; Bibi *et al.*, 2015). Les *Tamarix* méritent d'être étudiées non seulement pour la variété des composés phytochimiques qu'elles contiennent (Ghazanfar, 1994), mais aussi pour la nature de leur activité biologique (Sultanova *et al.*, 2002). Cette étude vise à inventorier les différents métabolites présents dans les extraits de certaines espèces de *Tamarix* (*T. aphylla*, *T. africana* et *T. gallica*) de la région de Beni Mellal-Khénifra. En plus des métabolites secondaires analysés, ces espèces produisent d'autres composés chimiques qui inhibent la croissance du sous-couvert végétal. Ceci a été mis en évidence en se basant sur nos observations faites lors des sorties de terrain. Ainsi nous avons remarqué l'effet des populations de *Tamarix* sur le développement des autres plantes. Ces populations sont caractérisées par le symptôme allélopathique (Gallet et Pellissier, 2002), qui correspond à « tout effet direct ou indirect, positif ou négatif d'une plante sur une autre à travers la production de produits chimiques » (appartenant à différents groupes chimiques) (Doré *et al.*, 2004) Ces substances ont une incidence sur la croissance et le développement des plantes ou des micro-organismes à proximité et perturbent le processus dynamique des écosystèmes agricoles et naturels ( De Albuquerque *et al.*, 2011 cité par Scognamiglio *et al.*, 2015). Il s'agit donc d'une interaction à distance entre les plantes, liée à l'incidence des métabolites d'une espèce sur une autre espèce (Boullard, 1997).

## 2. Résultats et discussion

### 2.1 *Tamarix aphylla*

Dans la présente étude, les résultats du criblage phytochimique réalisé sur les extraits d'organes (racine, tige, feuille et écorce de la tige) de cinq individus de *Tamarix aphylla* (Figure 86) a révélé la présence des phénols et des tannins au niveau des différentes parties de la plante. La présence de ces composés a été rapportée par le travail de Zohra *et al.* (2011 cités par Tabet *et al.*, 2018) qui ont travaillé sur les extraits des feuilles. Cependant Abo-dola (*et al.*, 2015) a



montré dans son travail que l'écorce des tiges de *T. aphylla* ne contient que les tanins. Concernant les saponins, les phlobatanins et les flavonoïdes, ils sont présents dans les différents organes pour la majorité des individus analysés, quant aux terpénoïdes et aux stéroïdes, leur présence est limitée aux feuilles, ce qui concorde avec les résultats de Zohra (*et al.*, 2011), et aux racines.

Par ailleurs, les résultats affichent l'absence des alcaloïdes, des protéines et des glycosides. Pour les alcaloïdes, Zohra (*et al.*, 2011 cité par Tabet *et al.*, 2018) a montré leur absence dans les extraits des feuilles, cependant Abo-dola (*et al.*, 2015) a signalé des traces d'alcaloïdes dans les extraits éthanoliques de l'écorces des tiges de *T. aphylla* (Figure 86).

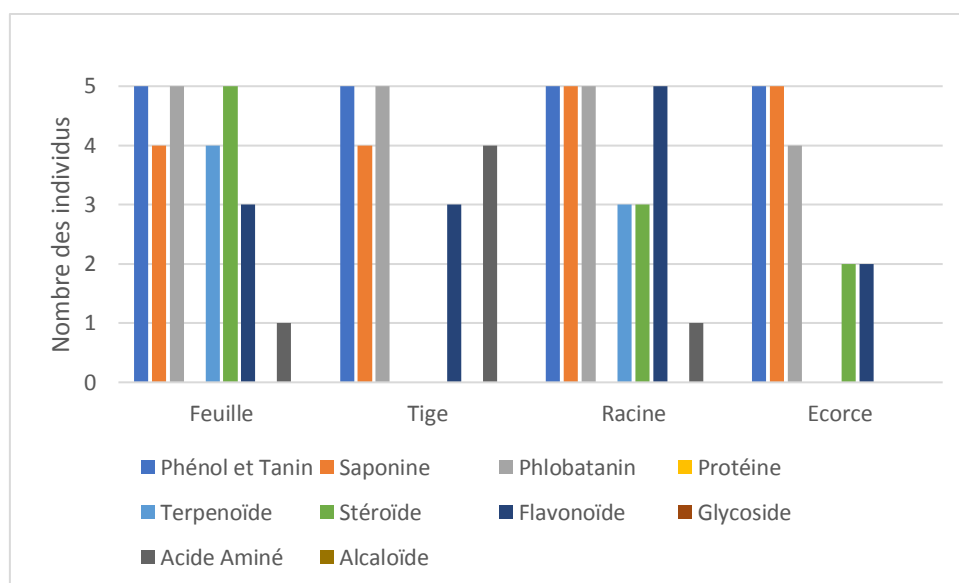


Figure 86 : Constituants phytochimiques de différentes parties de *Tamarix aphylla* collecté a Kasba Tadla.

## 2.2 *Tamarix africana*

Les résultats du screening phytochimiques des deux populations d'Ait Oudi et Oued Srou de *T. africana* de la région Béni Mellal-Khénifra (Figure 87 et 88) montrent la présence des phénols, des tanins, des saponines et des phlobatanins dans les différentes parties de la plante comparée à celle des flavonoïdes dont la présence n'est pas signalée chez tous les individus analysés pour chaque organe.

Quant aux acides aminés, leur présence est limitée à certains individus. En plus ils sont absents dans les extraits des fleurs de la population d'Ait Oudi et dans ceux des fleurs et des tiges dans la population de Srou. Concernant les terpénoïdes, on note qu'ils ne sont présents que dans les feuilles des individus de la population d'Ait Oudi. Par ailleurs, le criblage phytochimiques

prouve l'absence des alcaloïdes, des glycosides et des protéines dans les organes des individus de *T. africana*.

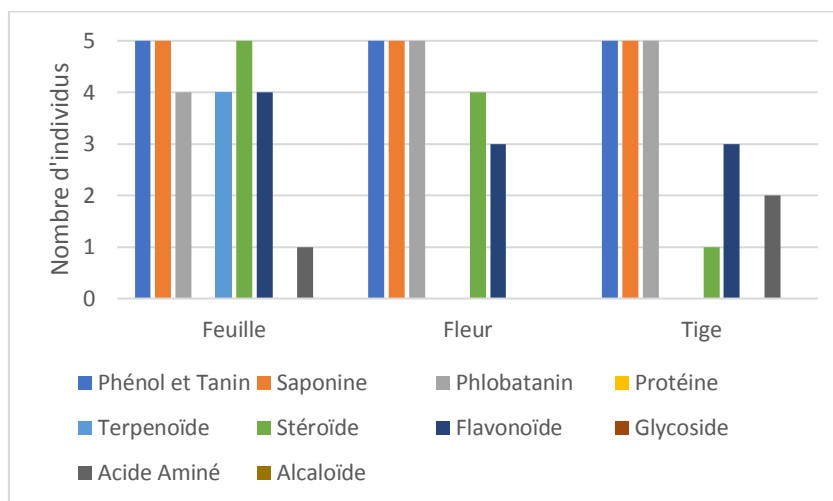


Figure 87 : Constituants phytochimiques de différentes parties de *Tamarix africana* collecté à Ait Oudi (Tagzirte).

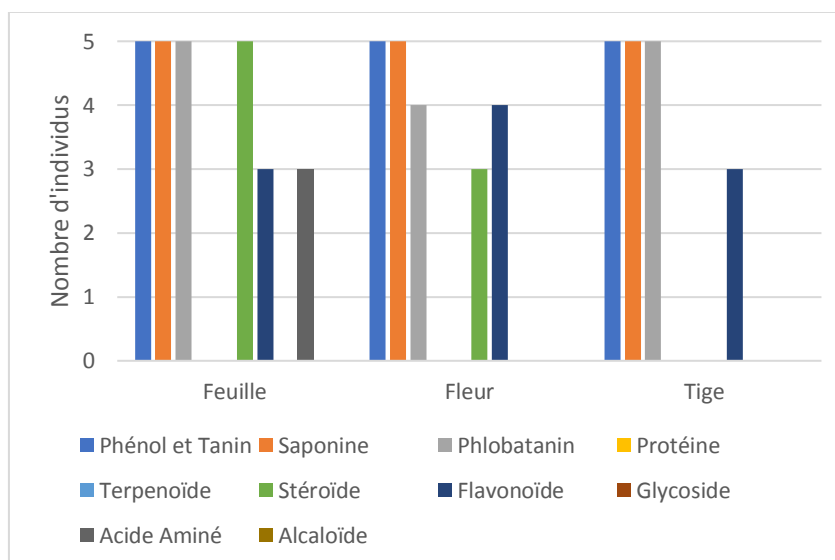


Figure 88 : Constituants phytochimiques de différentes parties de *Tamarix africana* collecté à Oued Srou.

### 2.3 *Tamarix gallica*

Pour les deux populations de *T. gallica* qui sont situées à Oued laabid et à Kasba Tadla, le tri phytochimique réalisé sur les extraits des différents organes des spécimens récoltés, montre la présence des phénols, des tanins, des saponines, des phlobatanins, des flavonoïdes et des stéroïdes (Figure 89 et 90). Les résultats obtenus pour les tanins, les saponines et les flavonoïdes sont en accord avec ceux rapportés par Chaturved *et al.*, (2012).

Quant aux acides aminés et aux terpénoïdes, leur présence est mise en évidence dans les extraits des différentes parties de certains individus des deux populations à l'exception des acides aminés qui sont absents dans l'écorce. Les protéines, les glycosides et les alcaloïdes sont absents dans les extraits de la majorité des parties de la plante. L'absence des alcaloïdes et la présence des saponines et des tanins a été montrée par El Amin (2016) dans les extraits des feuilles et de l'écorce de *T. gallica*, cependant le travail de Chaturved *et al.*, (2012) a mis en évidence la présence des alcaloïdes dans l'extrait méthanolique des parties aériennes de *T. gallica*.

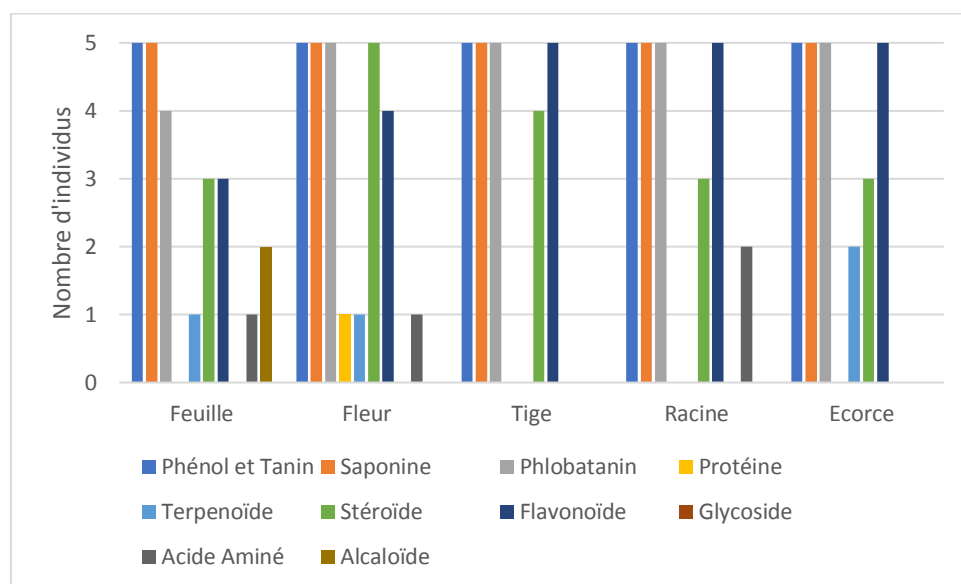


Figure 89 : Constituants phytochimiques de différentes parties de *Tamarix gallica* collecté à Oued Laabid.

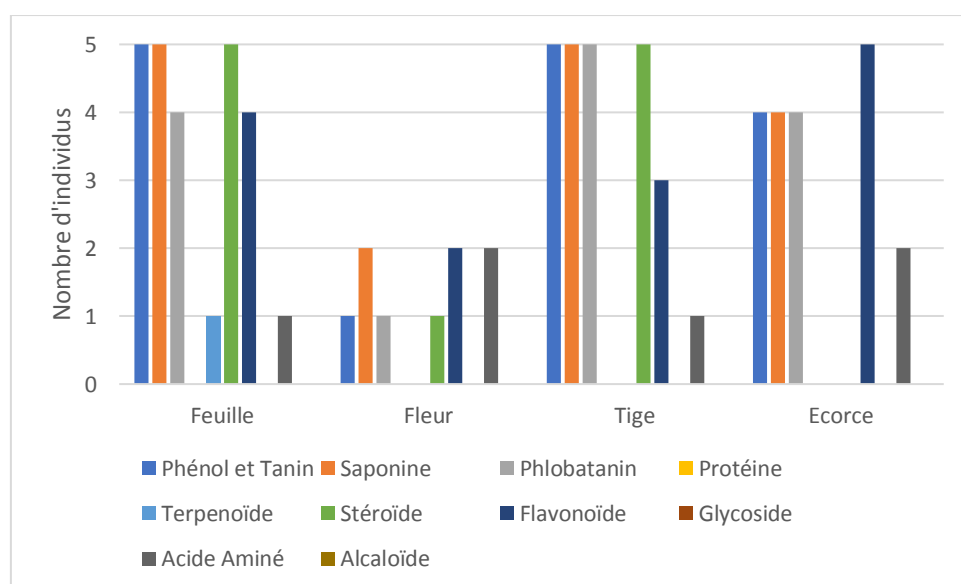


Figure 90 : Constituants phytochimiques de différentes parties de *Tamarix gallica* collecté à Kasba Tadla.

Les tests phytochimiques effectués sur les différents organes des trois espèces de *Tamarix* montrent des différences du virage des couleurs et de l'apparition du précipité en relation avec la quantité de substances phytochimiques présente, par ailleurs un test négatif ne signifie pas forcément l'absence d'un composé phytochimique dans la plante mais il peut indiquer sa présence en faible teneur (Ugbaja *et al.*, 2017). Ainsi les recherches menées par Aliyu (*et al.*, 2008) et Naz (*et al.*, 2013) ont montré que la quantification de certains métabolites non détectés par les tests du dépistage phytochimiques a révélé leur présence en très faibles quantités. A cet égard nous pouvons déduire que la non identification de certains composés dans cette étude ne signifie pas leur absence dans les extraits N'Guessan *et al.*, 2009.

Les tests révélés négatifs peuvent également être dus aux réactifs utilisés, ainsi les études menées sur le dépistage des alcaloïdes (réactif de Mayer, Hager, Dragendorff, Wagner) et des glycosides (Eau de brome, picrate de sodium, test légal) ont montré des résultats différents en utilisant des tests différents (Bhadange & Jadhao, 2013 ; Devhade, 2015)

Ajoutons également l'effet des solvants sur les résultats des tests. Ainsi Cowan (1999) a montré que les solvants peuvent extraire des composés secondaires.

### **3. Conclusion**

L'analyse phytochimique des trois espèces de *Tamarix* (*T. aphylla*, *T. africana* et *T. gallica*) a révélé la présence des phénols, des tanins, des saponines, des phlobatanins, des terpenoïdes, des stéroïdes et des flavonoïdes dans les différentes parties (feuilles, fleurs, écorce, racines et tige) de ces espèces. Cependant certaines différences sont décelées entre les individus de la même population et entre les parties de la plante du même spécimen.

Cette étude a montré la diversité des métabolites secondaires dans les organes des trois espèces étudiées, ce qui pourrait expliquer leurs diverses utilisations en médecine traditionnelle. A l'égard des résultats obtenus, il est nécessaire d'approfondir cet axe de recherche sur ces espèces dans le but de caractériser et de doser leurs principes actifs.

**Etude qualitative et quantitative**

**Chapitre II**

**Etude biochimique : Dosage**

## 1. Introduction

Le Maroc abrite six espèces du genre *Tamarix* (famille des *Tamaricaceae*) qui sont réparties à travers tout le pays (Fennane *et al.*, 1999). Parmi ces espèces certaines sont connues dans les régions sud-marocaines pour leurs vertus thérapeutiques. Ainsi, différentes parties (feuilles et fleurs), du genre *Tamarix*, ont été utilisées dans certaines civilisations asiatique et africaine comme agents anti-inflammatoires, antidiarrhéiques, cicatrisants et antiseptiques, astringent, apéritif, diurétique et stimulant de la transpiration (Younos *et al.*, 2005 ; Saïdana *et al.*, 2008 (cité par Karker *et al.*, 2016a)). Une étude récente de Sqalli *et al.*, (2007) a montré, chez *Tamarix africana*, la capacité des extraits de feuilles à inhiber la croissance de plusieurs mycobactéries responsable de la tuberculose. En effet, les travaux de Bechlaghem *et al.*, (2019) ont révélé la présence de plusieurs composés phénolique dans les feuilles de *T. africana* notamment l'acide gallique, l'acide caféique, la rutine, l'acide chlorogénique, la myricétin et la quercétine. Pour *T. gallica*, Ksouri *et al.*, (2009) ont montré, au niveau des fleurs, la présence de certains composés en particulier l'acide gallique, sinapique, chlorogénique, vanillique, la catéchine, les flavones, la quercétine et son dérivé l'iso-quercétine. Par ailleurs les feuilles présentent de légères différences concernant la présence de certains flavonoïdes. En outre, Urfi *et al.* (2016) a montré chez *T. gallica* la présence d'autres composés comme les anthocyanes, les caroténoïdes, les tanins, les flavonones, les isoflavonones, le resvératrol et l'acide ellagique

Au Maroc, aucune étude n'a été menée pour évaluer les propriétés biologiques des extraits de *Tamarix africana* et de *Tamarix gallica*. De même dans les autres pays, les travaux réalisés à cet égard ne portent pas sur les extraits des fleurs de *T. africana*. Dans ce contexte, notre travail vise à quantifier globalement les composés phénoliques et à évaluer le pouvoir antioxydant de différents extraits de feuilles et de fleurs de ces deux espèces tout en comparant les différents procédés d'extractions utilisés.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1 Rendement des extractions des différentes méthodes d'extractions

Dans l'extraction des composants actifs, à partir des feuilles et des fleurs de *Tamarix africana* et celle de *T. gallica*, six solvants de polarité croissante sont utilisés : l'hexane, l'éther de pétrole, le dichlorométhane, le chloroforme, le méthanol et l'eau distillée. Une fois que les extraits sont secs, leurs rendements sont déterminés par rapport à la quantité initiale. Les résultats des

Figures 91 et 92 représentent le rendement en fonction du solvant et de la méthode d'extraction utilisée pour chaque espèce et pour chaque organe.

Les résultats obtenus montrent que les organes de ces deux espèces sont riches en composés polaires et pauvres en composés apolaires.

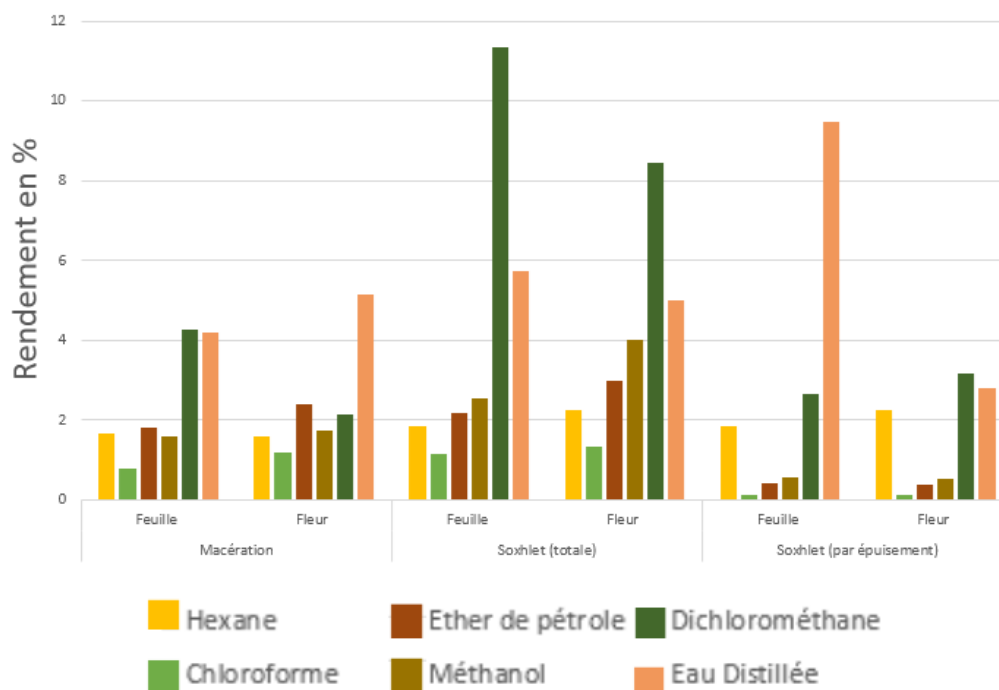


Figure 91 : Rendement d'extraction de *T. africana*

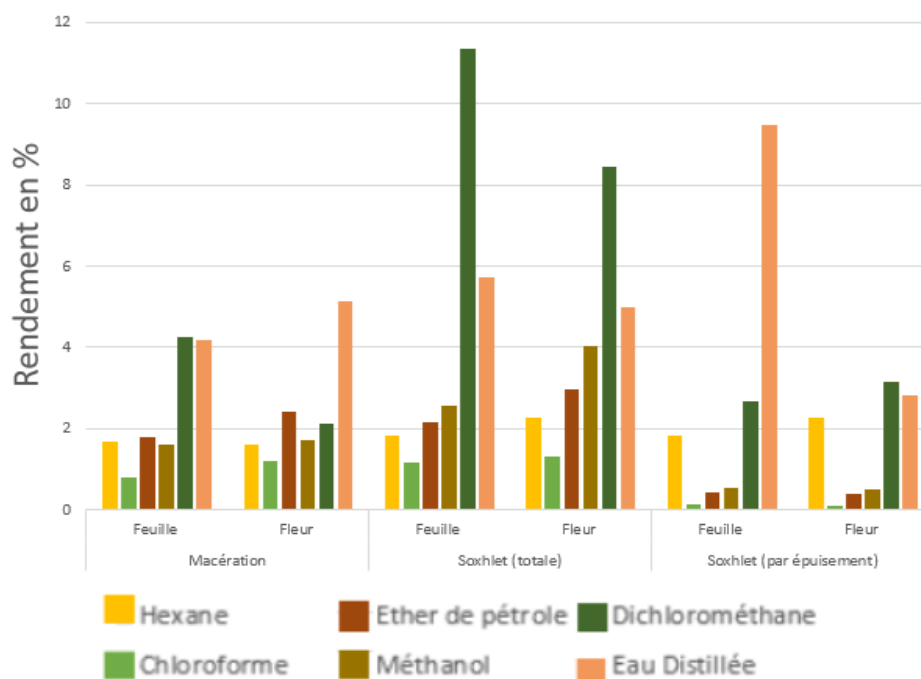


Figure 92 : Rendement d'extraction de *T. gallica*

### *a. Tamarix africana*

Les résultats du rendement des extraits obtenus par la macération des feuilles de *T. africana*, montrent que le méthanol est le meilleur solvant avec une quantité de 4,27 %, suivi par l'eau distillée (4,2 %), le dichlorométhane (1,8 %), l'hexane (1,67 %), le chloroforme (1,6 %) puis en dernier rang l'éther de pétrole (0,8%). Par ailleurs pour les fleurs le meilleur rendement d'extraction est obtenu par l'utilisation de l'eau distillée (5,13 %).

Pour l'extraction totale au soxhlet des feuilles et des fleurs de *T. africana*, les résultats obtenus montrent que le rendement est plus élevé avec le méthanol (11,355 % et 8,445 % respectivement), tandis que le rendement d'extraction le plus faible (1,16 % et 1,325 % respectivement) a été enregistré avec l'éther de pétrole.

La comparaison des extraits obtenus par le même solvant montre que l'extraction totale au soxhlet est la plus efficace. Ainsi les extraits des feuilles et les fleurs de *T. africana*, obtenus par l'extraction totale présentent des rendements relativement plus élevés que ceux obtenus par macération.

Concernant l'extraction par épuisement, les résultats obtenus montrent que le rendement des feuilles et des fleurs de *T. africana* est plus faible que celui obtenu par l'extraction totale (le rendement de l'extraction par l'hexane est le même puisqu'il s'agit du premier solvant d'extraction utilisé).

Toutefois le travail de Bechlaghem *et al.*, (2019), réalisé sur les feuilles de *T. africana* en Algérie, montre que l'extraction par macération présente le rendement le plus important avec 14.60 %.

Les différences de rendement signalées entre nos résultats et ceux de Bechlaghem *et al.*, (2019), peuvent être dues à la variation des conditions climatiques ou à la composition du sol où sont développées les plantes (Linda & Manef, 2018). Ces différences peuvent être également dues au rapport d'extraction solide/liquide (Wollinger *et al.*, 2016), qui est de 0,166 dans notre cas (1 gramme de la matière végétale, poudre de feuille ou de fleur, extraite par 6 ml du solvant), alors que dans le travail de Bechlaghem *et al.*, (2019) il est seulement de 0,05 (1g/20ml). En effet, plus le rapport solide/liquide est grand plus le rendement d'extraction est petit, ce qui peut être expliquée par la saturation du solvant. Ces résultats sont semblables à ceux de Cacace et Mazza (2003, cité par Hyardin, 2008) qui a montré que plus le rapport solvant/échantillon est grand, plus le rendement d'extraction est meilleur.

Le temps d'extraction semble également avoir un effet sur le rendement d'extraction. Le temps d'extraction enregistré dans notre expérience est de 72 heures alors que dans l'étude de



Bechlaghem *et al.*, (2019), il est de 24 heures seulement. Le temps d'extraction peut avoir un effet sur la pénétration du solvant et sa diffusion dans la structure végétale (Ben Amor, 2009) ce qui influence le rendement d'extraction.

### ***b. Tamarix gallica***

Les résultats du rendement d'extraction par macération des feuilles et des fleurs de *T. gallica*, montrent que l'eau distillée est le meilleur solvant puisqu'il permet d'extraire la plus grande quantité (6,933 %, 8,867 respectivement).

Concernant l'extraction totale au soxhlet, le rendement de l'extraction est plus élevé par le méthanol que par les autres solvant aussi bien pour les feuilles que pour les fleurs de *T. gallica* avec respectivement 8,85 % et 13,675 %, tandis que l'extraction avec l'éther de pétrole a donné le rendement le plus faible (0,99 %, 0,525 % respectivement).

De même, les extraits obtenus par le soxhlet (extraction totale) présentent globalement des rendements relativement plus élevés par rapport à ceux obtenus par macération (sauf ceux obtenus par l'éther de pétrole),

Les résultats obtenus indiquent clairement l'efficacité de l'extraction totale au soxhlet. La raison qui pourrait avoir un impact sur le rendement de cette extraction, c'est l'effet de la température qui provoque une dégradation des cellules et une diminution de la viscosité des solvants, ce qui augmente la diffusion des molécules dans le solvant d'extraction (Hyardin, 2008).

L'effet des solvants d'extraction sur le rendement peut être attribué à la capacité de chaque solvant à dissoudre différents composés Sultana *et al.*, (2009), ce qui peut expliquer le résultat du rendement de l'extraction par épuisement du matériel végétal. Selon la recherche menée par Imen (2016), elle a montré, la présence des stérols et des triterpènes dans les extraits hexanoïques. Aussi, selon Cowan (1999), l'éther de pétrole pourrait extraire les alcaloïdes, les terpénoïdes et les coumarines. Quant au dichlorométhane, ce solvant permet d'extraire les terpénoïdes. Le chloroforme, permet d'extraire les terpénoïdes et les flavonoïdes. Pour le méthanol, il permet l'extraction des anthocyanes, des terpénoïdes, des saponines, des tanins, des flavones, des anthocyanines, des xanthoxylines, des lactones, des flavones, des phénones et des polyphénols. Quant à l'eau, ce solvant permet l'extraction des anthocyanes, des tanins, des saponines et des terpénoïdes.

## 2.2 Dosage de polyphénols dans les extraits des différentes méthodes d'extractions

Dans cette partie du travail, l'évaluation des polyphénols dans les 68 extraits obtenus par trois procédés d'extraction, à partir des feuilles et des fleurs de *Tamarix africana* et de celle de *Tamarix gallica*, confirme la présence de ces composés phytochimiques en quantités variable. L'analyse de la variance (ANOVA à un seul facteur) effectuée par le logiciel SPSS, à montrer que la teneur en composés des 68 extraits étaient significativement différents, la même chose pour les extraits obtenus par la même méthode d'extraction (Signification = 0,000 ; Voir les annexes de 4 à 10).

### a. *Tamarix africana*

Les résultats du dosage des polyphénols des différents extraits obtenus par macération, montrent la variabilité de leurs teneurs en fonction de l'espèce, du type d'organe et du solvant d'extraction utilisé (Figure 93).

Les teneurs en polyphénols chez *T. africana* varient de 0,06 à 25,27 mg EAG/g MS dans les feuilles, et de 0,075 mg EAG/g MS à 17,48 mg EAG/g MS dans les fleurs.

Les résultats des extraits des feuilles montrent que le méthanol est le meilleur solvant d'extraction des polyphénols (25,27 mg.EAG/g.MS), suivie de l'eau distillée (15,68 mg.EAG/g.MS), le chloroforme (1,73 mg.EAG/g.MS), le dichlorométhane (1,66 mg.EAG/g.MS), l'hexane (0,067 mg.EAG/g.MS) et l'éther de pétrole (0,06 mg.EAG/g.MS). Alors que pour les fleurs, l'eau distillée apparaît comme étant le solvant le plus efficace (17,48 mg.EAG/g.MS), tandis que l'éther de pétrole reste le solvant d'extraction le moins efficace pour les deux organes de la plante.

Pour les extraits obtenus par extraction totale au soxhlet, les résultats montrent que les extraits méthanoliques affichent les teneurs les plus élevés en polyphénols. La valeur maximale est de 101,80 mg EAG/g. MS dans les extraits des feuilles et de 50,55 mg EAG/g MS dans ceux des fleurs.

Les différences des teneurs en polyphénols dans les extraits des feuilles de *Tamarix africana* en fonction des solvants ont été rapportées dans d'autres travaux mais avec des solvants différents. Ainsi les travaux de Bechlaghem *et al.*, (2019) indiquent les meilleures concentrations avec les extraits aqueux (61,06 mg.EAG/g.MS) et 19,75 mg.EAG/g.MS avec les extraits méthanoliques qui est de l'ordre de 101,80 mg EAG/g. Ms dans notre étude.

Cependant cette valeur reste plus faible que celle obtenue dans les extraits méthanoliques des pousses de *T. africana* mentionnés par Karker *et al.*, 2016a (151,1 mg.EAG/g.MS).

Pour le résultat du dosage des extraits de *T. africana* obtenus par épuisement (soxhlet), la teneur la plus grande est celle de l'extrait aqueux pour les feuilles et les fleurs (52,40 mg.EAG/g.MS ; 19,71 mg.EAG/g.MS respectivement) (Figure 93). Nous remarquons que ces teneurs en polyphénols sont inférieures à celles obtenues par extraction au soxhlet en utilisant le même solvant. Cela peut s'expliquer par le fait qu'une partie des polyphénols a été préalablement extraite avec les solvants utilisés précédemment. Tandis que, l'extraction par l'hexane, suivi de l'éther de pétrole et du dichlorométhane a permis au chloroforme d'extraire plus de composés phénoliques (3,003 mg.EAG/g.MS) que dans le cas de leur utilisation comme premier solvant d'extraction (2,38 mg.EAG/g.MS). Ce qui a probablement augmenté la porosité des cellules au cours de l'extraction (Seikove et Minchev, 2002 cité par Poirot, 2007) des feuilles par l'hexane, l'éther de pétrole et le dichlorométhane, par l'augmentation du volume des pores ce qui facilite la pénétration du solvant (Fabienne, 2014), et c'est le même résultat obtenu pour l'extrait des fleurs au dichlorométhane. Cependant, la teneur en polyphénols présente dans les extraits méthanoliques (feuilles ou fleurs) issus de l'extraction totale au soxhlet, dépasse la somme des teneurs en polyphénols des extraits obtenus par l'extraction par épuisement de tous les solvants, cela peut être dû à l'extraction prolongée à des températures élevées (Tableau 13), ceci peut provoquer selon Leybros et Frémeaux (1990) une dénaturation des produits à extraire, affecter la stabilité des composés phénoliques, ou une thermodestruction de certains composés (les anthocyanes comme exemple).

Tableau 13 : Température et durée d'extraction de chaque méthode d'extraction

Méthode d'extraction	Solvant	Température	Feuille de <i>T. africana</i>	Fleur de <i>T. africana</i>	Feuille de <i>T. gallica</i>	Fleur de <i>T. gallica</i>
Extraction par Macération	Hex	Ambiante	72 H	72 H	72 H	72 H
	Ether	Ambiante	72 H	72 H	72 H	72 H
	Dich	Ambiante	72 H	72 H	72 H	72 H
	Chl	Ambiante	72 H	72 H	72 H	72 H
	Met	Ambiante	72 H	72 H	72 H	72 H
	ED	Ambiante	72 H	72 H	72 H	72 H
Extraction Totale au Soxhlet	Hex	68	24 H	16 H	24 H	23 H
	Ether	36	8 H	7 H	12 H	15 H
	Dich	40	22 H	16 H	17 H	19 H
	Chl	62	24 H	18 H	21 H	16 H
	Met	66	36 H	36 H	40 H	26 H
	ED	100	26 H	24 H	24 H	24 H
Extraction par Épuisement au Soxhlet	Hex	68	24 H	16 H	24 H	23 H
	Ether	36	7 H	5 H	10 H	13 H
	Dich	40	20 H	14 H	16 H	18 H
	Chl	62	20 H	16 H	16 H	13 H
	Met	66	24 H	20 H	22 H	21 H
	ED	100	24 H	20 H	20 H	18 H

### ***b. Tamarix gallica***

Concernant *T. gallica*, les résultats montrent que, pour la majorité des extraits des deux organes (feuille et fleur), l'extraction totale par le soxhlet reste préférable pour extraire les polyphénols. Les feuilles et les fleurs enregistrent un maximum de polyphénols par le soxhlet dans l'extrait méthanolique (34,99 mg.EAG/g.MS ; 70,09 mg.EAG/g.MS respectivement).

Alors que pour la macération, la teneur élevée en polyphénols a été enregistrée dans les extraits aqueux des feuilles et des fleurs : 23,6 mg.EAG/g.MS et 30,39 mg.EAG/g.MS respectivement.

Ces résultats montrent que l'eau distillée et le méthanol restent les deux meilleurs solvants pour extraire les polyphénols.

Ces valeurs sont très élevées par rapport à celles obtenues dans les travaux de Chaturved *et al.*, (2012), où la teneur de l'extrait méthanolique des parties aériennes de *T. gallica* obtenu par macération (48 H) est de 6,99498 mg.EAG/100 g.MS soit 0,0699498 mg.EAG/g.MS.

Ksouri *et al.*, (2009) ont trouvé une teneur en polyphénols de 34,44 dans les extraits méthanoliques des feuilles et de 135,55 mg.EAG/g.MS dans ceux des fleurs. Nos résultats sont aussi inférieurs, par rapport à ceux de Boulaaba *et al.*, (2013) qui sont obtenus par la macération d'un mélange composé de feuille et de fleur dans le méthanol 80 % durant 12 H (85 mg.EAG/g.MS).

Ces différences peuvent être liées aux facteurs climatiques de l'habitat (température élevée, durée d'exposition au soleil élevée, sécheresse, salinité), qui stimulent la biosynthèse de métabolites secondaires notamment celle des polyphénols (Falleh *et al.*, 2008) ; ainsi qu'à la méthode d'extraction qui a été réalisée par agitation dans les travaux de Ksouri *et al.*, (2009), ce paramètre (agitation) assure l'homogénéisation du solvant et de la matière végétale lors de l'extraction et empêche la formation d'une couche limite de solvant au contact de la matière solide (Hyardin, 2008). Ajoutons également l'effet de la combinaison entre les solvants d'extraction. Selon Boulaaba *et al.*, (2013) l'utilisation du méthanol combiné avec l'eau (Méthanol 80 %) aboutit à de fortes teneurs en polyphénols. Cet enrichissement serait probablement dû à l'augmentation de la solubilité des polyphénols par modulation de la polarité du solvant organique (Mohammedi *et al.*, 2011. cité par Souhila *et al.*, (2013).

Le dosage des composés phénoliques, à partir des extraits des feuilles de *T. gallica* obtenus par des solvants de polarité croissante (extraction par épuisement) a permis d'afficher les résultats avec l'ordre suivants : l'extrait méthanolique (34,27 mg.EAG/g.MS), l'extrait aqueux (25,06 mg.EAG/g.MS), extrait dichlorométhanolique (1,41 mg.EAG/g.MS), extrait

chloroformique (0,8 mg.EAG/g.MS), extrait hexanoïque (0,635 mg.EAG/g.MS) et l'extrait d'éther de pétrole (0,005 mg.EAG/g.MS). Cet ordre est différent de celui enregistré dans le cas des fleurs : l'extrait aqueux (46,91 mg.EAG/g.MS), l'extrait méthanolique (38,89 mg.EAG/g.MS), extrait hexanoïque (1,68 mg.EAG/g.MS), extrait dichlorométhanolique (1,24 mg.EAG/g.MS), extrait chloroformique (1,18 mg.EAG/g.MS), et l'extrait d'éther de pétrole (0,096 mg.EAG/g.MS) (Figure 93).

Nous notons que la somme de la teneur en polyphénols des extraits de l'extraction par épuisement est supérieure à la teneur en polyphénols de chaque extrait de l'extraction totale au soxhlet. En outre, nous constatons également que la teneur élevée en polyphénols de certains extraits de fleur obtenus par l'utilisation du même solvant, prouve l'hypothèse que l'extraction du matériel végétal avec plusieurs solvants contribue à extraire plus les polyphénols par l'augmentation de la porosité des cellules au cours de l'extraction (Seikova et Minchev, 2002 cité par Poirot, 2007).

Dans cette partie du travail, nous avons utilisé trois méthodes d'extraction (macération et extraction au soxhlet, totale ou par épuisement) et six solvants. Les résultats obtenus nous ont permis de montrer que l'hexane et l'éther de pétrole ont extrait le moins de composés phénoliques à partir des feuilles et des fleurs chez les deux espèces, contrairement à ce que nous avons obtenu en utilisant le méthanol ou l'eau distillée. Ceci peut être attribué à leur polarité. Ces résultats sont semblables à ceux rapportés par Hamsi (2013) ; Ahmed *et al.*, (2015) ; Mahfoudhi *et al.*, (2016) ; Arun *et al.*, (2016) ; Karker *et al.*, (2016b).

Nous pouvons déduire que quel que soit la méthode d'extraction, le méthanol et l'eau distillée restent les meilleurs solvants pour extraire les polyphénols.

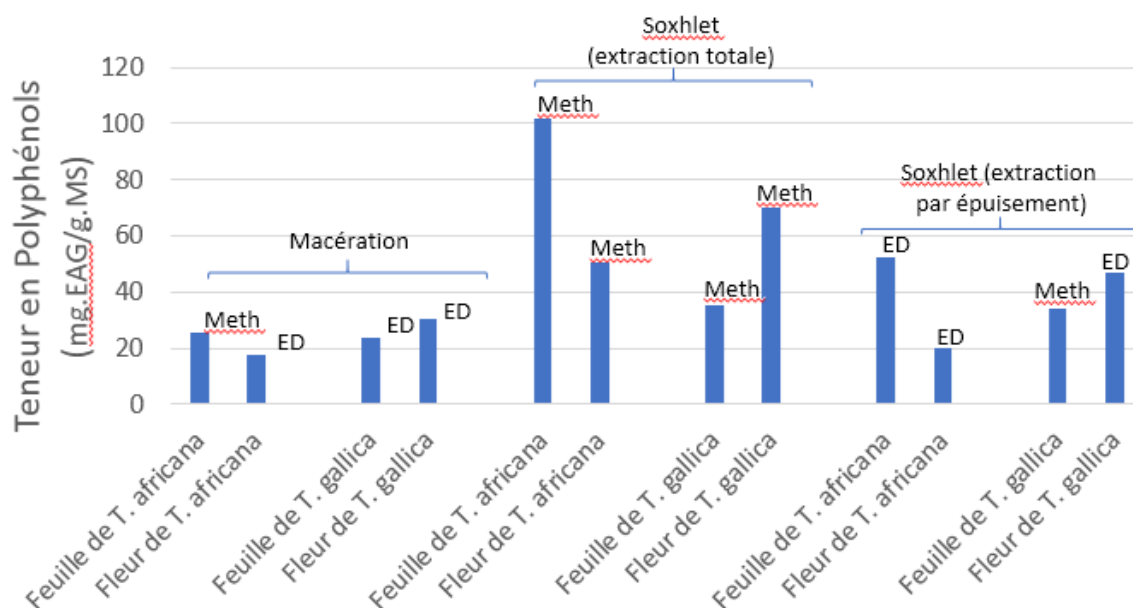


Figure 93 : Teneur totale en polyphénols de certains extraits de feuilles et des fleurs de *T. africana* et *T. gallica*

### 2.3 Dosage des flavonoïdes des extraits des différentes méthodes d'extractions

#### a. *Tamarix africana*

Les résultats du dosage des flavonoïdes des extraits obtenus par macération montrent que les extraits des feuilles de *T. africana* contiennent une quantité comprise entre 30,266 et 579,733  $\mu\text{g.Rt/g.MS}$  alors que ceux des fleurs contiennent des teneurs plus faible entre 12,3 à 277,91  $\mu\text{g.Rt/g.MS}$ .

En comparant les teneurs en flavonoïdes en fonction des solvants nous constatons que les valeurs les plus élevées ont été détecté au niveau des extraits méthanolique, alors que l'éther de pétrole représente le mauvais solvant d'extraction des flavonoïdes pour les deux parties de la plante.

Pour les résultats des extraits obtenus par le soxhlet (totale) de cette espèce, tous les extraits contiennent les flavonoïdes mais avec des teneurs différentes, pour les feuilles elles varient entre 69,462  $\mu\text{g.Rt/g.MS}$  enregistrées dans l'extrait hémoxanique et 990,72  $\mu\text{g.Rt/g.MS}$  dans l'extrait méthanolique, alors que les résultats des extraits des fleurs affichent des valeurs plus faible de 153,53  $\mu\text{g.Rt/g.MS}$  à 630,84  $\mu\text{g.Rt/g.MS}$ .

Pour les feuilles, L'extraction des flavonoïdes avec le méthanol s'est avérée être la meilleure dans les deux méthodes d'extraction.

Les résultats du dosage des flavonoïdes des extraits des feuilles obtenus par épuisement, de *T. africana* sont dans l'ordre décroissant suivant : l'extrait aqueux (343,16 µg.Rt/g/MS), l'extrait méthanolique (235,4 µg.Rt/g/MS), extrait du chloroforme (92,736 µg.Rt/g/MS), extrait d'hexane (69,462 µg.Rt/g/MS), extrait dichlorométhanolique (61,204 µg.Rt/g/MS) et l'extrait d'éther de pétrole (0,847 µg.Rt/g/MS). Alors que ceux des fleurs sont dans l'ordre suivant : l'extrait aqueux (447,99 µg.Rt/g/MS S), l'extrait méthanolique (224,32 µg.Rt/g/MS), extrait hexanoïque (186,353 µg.Rt/g/MS), extrait dichlorométhanolique (79,32 µg.Rt/g/MS), extrait chloroformique (45,63 µg.Rt/g/MS) et l'extrait d'éther de pétrole (0,47 µg.Rt/g/MS) (Figure 94).

Néanmoins, les extraits méthanoliques et aqueux des feuilles de *T. africana* enregistrent des teneurs en flavonoïdes plus faibles que ceux rapporté par Bechlaghem *et al.*, (2019) (2,21 et 1,05 milligramme d'équivalents quercétine par gramme de poids sec, respectivement). La même différence est notée pour les extraits d'hexane et du dichlorométhane.

En outre, une étude réalisée par Karker *et al.* (2016a) sur les pousses de *T. africana* a montré que la teneur en flavonoïdes de l'extrait méthanolique est très importante avec une concentration de 23,9 milligrammes d'équivalent catéchine par gramme de matière sèche.

La différence qui existe entre les résultats obtenus dans cette étude et ceux indiqués dans les travaux antérieurs peut être attribuée aux mêmes facteurs que ceux mentionnés dans le cas du dosage des polyphénols sans négliger l'effet de l'utilisation de gammes d'étalons différentes. Dans notre étude, nous avons utilisé la rutine alors que Karker *et al.* (2016a) Bechlaghem *et al.* (2019) ils ont utilisé la catéchine et la quercétine respectivement. Cette hypothèse peut être renforcée, par les résultats de l'étude de Dghim *et al.*, (2014), qui a montré que la teneur de certains extraits en tanins condensés est très élevée par rapport à la teneur de ces extraits en polyphénols totaux, sachant que la gamme étalon préparée pour quantifier la teneur en tanins condensés (mg EC/g.MS) est faite par la catéchine, alors que la quantité en polyphénols totaux a été exprimée en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g.MS). Ajoutons également l'effet du stade de développement du matériel végétal et les organes utilisés dans l'extraction. Dans la présente étude, l'extraction a été réalisée sur les feuilles et fleurs de *T. africana*, contrairement au travail de Karker *et al.* (2016a) qui a travaillé sur les pousses de cette espèce sans définir l'organe utilisé dans l'extraction.



### ***b. Tamarix gallica***

Pour *T. gallica*, la teneur en flavonoïdes des différents extraits des feuilles obtenus par macération, varient de 38,1 µg.Rt/gMS à 273,84 µg.Rt/gMS, alors que la teneur totale en flavonoïdes des fleurs variait de 9,644 µg.Rt/g/MS à 542,3 µg.Rt/gMS.

La richesse des extraits en flavonoïdes par la méthode d'extraction totale au soxhlet varie entre les feuilles et les fleurs de *Tamarix gallica*. Les résultats montrent des teneurs en flavonoïdes variant de 15,90 µg.Rt/g/MS à 627,24 µg.Rt/gMS dans les feuilles et de 2,99 µg.Rt/g/MS à 2431,87 µg.Rt/g/MS dans les extraits de fleurs.

Pour les deux organes, l'extraction des flavonoïdes s'est révélée plus importants dans les extraits méthanoliques et très basse dans les extraits de l'éther de pétrole (Figure 94).

Selon Ksouri *et al.*, (2009), la teneur des feuilles en flavonoïdes est de 3,91 mg.CE/g.MS et de 12,33 mg.CE/g.MS pour les fleurs. Ces résultats sont plus élevés à ce que nous avons trouvés que ça soit les solvants ou les méthodes utilisées. La même remarque établie selon les résultats de Boulaaba *et al.*, (2013) dont la teneur en flavonoïdes 8,12 mg.CE/g.MS pour le mélange composé de feuille et de fleur. Alors que le résultat obtenu par Chaturde *et al.*, (2012) sur des parties aériennes de *T. gallica* (qui est de 47,61905 mg/100g, équivalent à 476,1905 µg/g) sont inférieurs à ce que nous avons trouvés pour l'extrait obtenu par la macération des fleurs dans le méthanol et aux extraits méthanoliques des feuilles et des fleurs issues de l'extraction par soxhlet.

Pour les extraits des deux organes de *T. gallica* obtenus par extraction par épuisement, les teneurs en flavonoïdes sont plus élevées dans les extraits méthanolique et faibles dans les extraits d'éther de pétrole. Ces résultats varient de 0,82 µg.Rt/g/MS à 532,608 µg.Rt/g/MS pour les feuilles et de 5,05 à 1450,06 µg.Rt/g/MS pour les fleurs.

Nous remarquons que ces teneurs en flavonoïdes sont faibles par rapport à celles obtenues ceux obtenus par extraction au soxhlet en utilisant le même solvant, sauf les extraits aqueux des fleurs de *T. africana* et des feuilles de *T. gallica*.

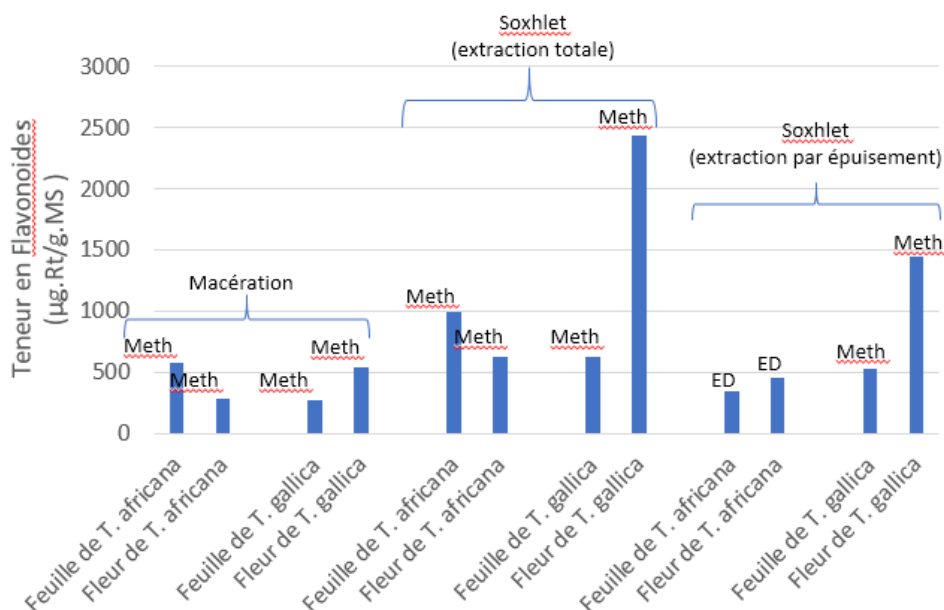


Figure 94 : Teneur totale en flavonoïdes de certains extraits de feuilles et des fleurs de *T. africana* et *T. gallica*

## 2.4 Activité antioxydante des extraits des différentes méthodes d'extractions

*Tamarix africana* et *Tamarix gallica* sont connues comme des sources d'antioxydants naturels. Ainsi les travaux de Ksouri *et al.* (2009) ont rapporté la richesse des fleurs de *T. gallica* en composés phénoliques : acides gallique, sinapique, chlorogénique, syringique, vanillique, p-coumarique, catéchine, iso-quercétine, quercétine et flavone. Urfi *et al.* (2016), a cité en plus la présence, chez cette espèce, des tanins et de l'acide ellagique. Plus récemment en 2019, Bechlaghem (*et al.*, 2019) a mis en évidence, dans les extraits méthanoliques et aqueux des feuilles de *T. africana*, la présence de substances antioxydantes, comme l'acide gallique, l'acide chlorogénique, l'acide caffeique, la rutine et la quercétine.

Dans cette partie du travail, les résultats d'inhibition du DPPH des différents extraits testés montrent que la majorité des extraits ont la capacité de piéger les radicaux libres.

Les valeurs de l'IC<sub>50</sub> des extraits de *T. africana* et de la Vitamine C sont représentées dans la Figure 95. La Vitamine C (acide ascorbique) est utilisée comme réactif standard. Les résultats obtenus indiquent que les extraits issus de la macération des feuilles et des fleurs dans l'hexane et l'éther de pétrole sont plus efficaces que la Vitamine C (IC<sub>50</sub>= 5,23 µg/ml). Les mêmes résultats ont été obtenus pour les extraits aqueux obtenus par extraction totale au soxhlet de ces deux organes et ceux de l'extrait méthanolique des feuilles obtenues par l'extraction par épuisement au soxhlet. Pour l'extraits obtenues par l'extraction par épuisement des feuilles par le dichloromethane, le chloroforme, et l'eau distillée, ainsi que les extraits des fleurs par le

chloroforme, le dichloromethane, le méthanol et l'eau distillée, plus l'extrait d'éther de pétrole des feuilles, chloroformique des feuilles, éther de pétrole des fleurs, méthanolique des fleurs (Soxhlet totale) et du méthanolique des fleurs (macération), ils montrent également une activité importante qui varient entre 6,825 µg/ml et 79,725 µg/ml. Concernant les extraits issus de l'extraction totale au soxhlet des feuilles par le dichlorométhane et le méthanol, des extraits des fleurs par le dichlorométhane et le chloroforme, ainsi que les extraits issus de la macération des feuilles dans le chloroforme, et des fleurs dans l'eau distillée, présentent des activités moyennes qui varient entre 100,35 et 192,76 µg/ml. Alors que les extraits d'hexane des feuilles, hexane des fleurs (extraction par épuisement), dichlorométhanolique des feuilles, méthanolique des feuilles, aqueux des feuilles, dichlorométhanolique des fleurs et du chloroformique des fleurs (macération) montrent les activités les plus faibles en dépassant 204,8 µg/ml.

Les résultats montrent que les extraits des feuilles de *T. africana* présentent des capacités variables à piéger le radical DPPH en fonction du solvant : l'IC<sub>50</sub> est de 730 µg/ml pour les extraits méthanoliques, de 1730 µg/ml pour les extraits aqueux et de 4830 µg/ml pour les extraits du dichlorométhane. En plus ces activités antioxydantes enregistrées sont plus forte comparées à celle rapportées dans le travail de Bechlaghem *et al.* (2019) (entre 0,74 et 4,83 mg/ml, de plus l'activité antioxydante de certain extrait n'a pas été déterminer : extrait d'hexane et l'extrait d'acétone).

Or, pour *T. gallica*, l'IC<sub>50</sub> des extraits obtenus montrent que certains extraits présentent une activité plus efficace que la Vitamine C (Figure 95), il s'agit des extraits aqueux des feuilles et des fleurs obtenus par extraction totale au soxhlet ainsi que les extrait hexasolique issus de la macération de ces deux organes. De plus, certains extraits présentent une activité importante de 6,2 et 97,4 µg/ml, qui sont : l'extrait méthanolique, aqueux et dichlorométhanolique des feuilles et des fleurs, ainsi que l'extrait chloroformique des feuilles issues de l'extraction par épuisement, plus les extraits méthanolique des deux organes et chloroformique des feuilles issues de l'extraction totale, ainsi que les extraits aqueux des feuilles et des fleurs (macération). En outre, les résultats ont montré, la présence de nombreux extraits qui se caractérisent par une activité moyenne varie entre 101,3 µg/ml et 186,1 µg/ml : chloroformique des fleurs, dichlorométhanolique des fleurs, dichlorométhanolique des feuilles (soxhlet totale), éther de pétrole des feuilles, chloroformique des fleurs, dichlorométhanolique des fleurs, chloroformique des feuilles (macération), et d'autres extraits avec une faible activité de 214,59 à 415,67 µg/ml : hexanoïque des feuilles, hexanoïque des fleurs (épuisement), éther de pétrole des feuilles (totale), méthanolique des fleurs, éther de pétrole des fleurs, méthanolique des feuilles et dichlorométhanolique des feuilles (macération).

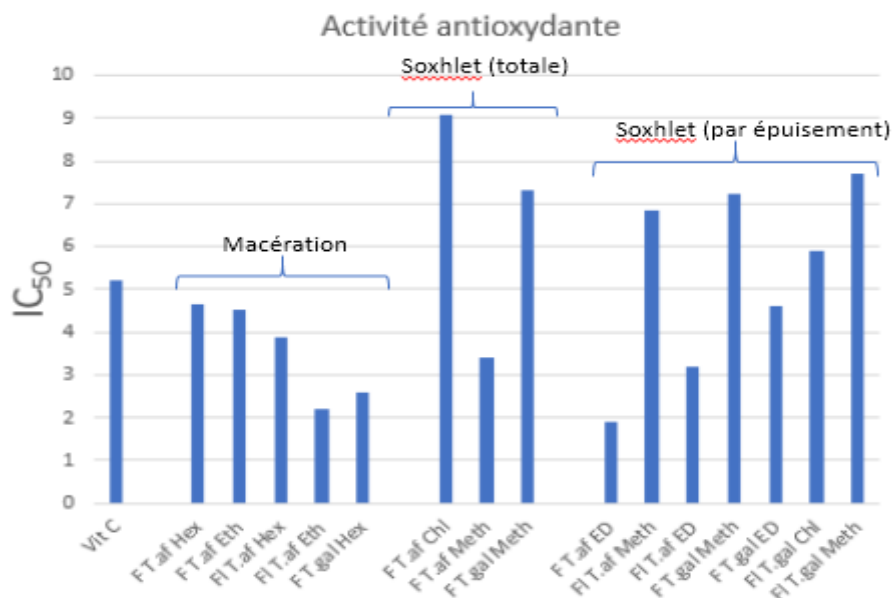


Figure 95 : Activité antioxydante de certains extraits des feuilles et des fleurs de *T. africana* et *T. gallica* vis-à-vis le radical DPPH

Pour la recherche menée par Ksouri *et al.*, (2009), une activité importante a été signalée pour les extraits méthanolique des feuilles et des fleurs de *T. gallica* (14,66 et 33,73 µg/ml ; respectivement). Ces résultats restent inférieurs à ceux enregistrés dans notre travail dans le cas des extraits méthanoliques de ces deux organes obtenus par l'extraction totale au soxhlet ou par épuisement. Par contre, Chaturved *et al.* (2012), a rapporté que les extraits méthanoliques des parties aériennes montrent une IC<sub>50</sub> de 0,5 µg/ml, ce qui indique une activité très forte comparée à nos résultats.

De plus, Boulaaba *et al.*, (2012) a montré que l'extrait méthanolique d'un mélange de feuille et fleur possède une activité très importante de 3,3µg/ml. Cette valeur est proche de celle obtenue par Lefhal *et al.* (2017) à partir des parties aériennes de *Tamarix gallica*, et plus élevée par rapport à celle enregistrée par Jdly *et al.* (2017) (133,5 µg/ml).

En ce qui concerne la relation entre la teneur en polyphénols et l'activité antiradicalaire (DPPH), des recherches ont indiqué que l'activité antioxydante des extraits est étroitement liée à la teneur en polyphénols (Suleiman *et al.*, 2019). De plus Dillard & German (2000 ; cité par Tabet *et al.*, 2018) indique qu'une haute activité du piégeage des radicaux DPPH peut être due à une teneur élevée en composés phénoliques, mais cette hypothèse ne doit pas être généralisée. Cependant, certaines recherches menées par Bourgou *et al.*, (2008), Bakr *et al.*, (2013), Zeng *et al.*, (2013), Kasangana *et al.*, (2015), Khiraoui *et al.*, (2018), ont donné des résultats différents. Cela s'applique à ce que nous avons trouvé lors de cette étude.

En 2011, Bouzid *et al.*, (2011) a montré, que pour le test de blanchissement du  $\beta$ -carotène, les extraits à faible teneur en polyphénols présentent une activité antioxydante importante par rapport aux extraits de forte teneur, ce qui, selon l'auteur, est lié aux différences qualitatives de la nature des composés phénoliques des extraits.

De plus, ceci peut être expliqué par le fait que l'extrait peut contenir des composés phénoliques mineurs qui ne doivent pas être négligés, car la synergie entre eux doit être prise en compte dans l'activité biologique. De même, la structure moléculaire et les différences de nombre et de position du groupe hydroxyle sur le cycle aromatique influencent l'activité antioxydante (Bourgou *et al.*, 2008).

Du côté technique, la différence entre les résultats obtenus et les résultats de recherche de Bechlaghem *et al.* (2019), peuvent être dues à l'utilisation de différents protocoles de mesure et d'indicateurs d'évaluation de l'activité des antioxydants, ce qui réduit la fiabilité de la comparaison des valeurs (Popovici *et al.*, 2009).

En comparant les valeurs de l'IC<sub>50</sub> des extraits obtenus par la macération ou le soxhlet (totale), nous constatons que, pour les deux espèces, seulement les extraits méthanoliques et aqueux obtenus par le soxhlet possèdent une activité antioxydante supérieure à celle des extraits obtenus par macération.

Pour les extraits d'éther de pétrole obtenus par les deux méthodes d'extraction au soxhlet des deux espèces, nous remarquons, que ceux de l'extraction totale (sauf celui des fleurs de *T. gallica*) ont montrés une activité antioxydante forte. Par contre, ceux de l'extraction par épuisement, leur IC<sub>50</sub> n'a pas été déterminée (par la courbe), et si on relie entre l'activité antioxydante et le rendement d'extraction, nous pouvons constater que l'extraction des molécules bioactives responsables de la forte activité antioxydante des extraits d'éther de pétrole issue de l'extraction totale ont été extraits auparavant par l'hexane dans le cas de l'extraction par épuisement.

Dans le cas des extraits obtenus par le même solvant, certains extraits de l'extraction par épuisement, possèdent une activité oxydante supérieure à ceux de l'extraction totale, en effet, ces extraits sont constitués de différents groupes ou composés (structures et propriétés). Donc, Il est possible que certains extraits soient composés de molécules bioactives et les autres par certains composés peu ou pas actifs.

### **3. Conclusion**

La présente étude rapporte pour la première fois la quantification de certaines entités chimiques (polyphénols et flavonoïdes) et l'activités antioxydantes de 68 extraits obtenus par l'extraction

des feuilles et les fleurs de *T. africana* et *T. gallica* par différentes méthodes d'extractions. Les résultats obtenus dans cette étude montrent que plusieurs extraits possèdent des activités antioxydantes supérieures à celle de l'acide ascorbique (Vit C), ce qui rend ces espèces comme source potentielle de molécules bioactives naturelles. De plus le choix des méthodes d'extractions et les solvants d'extractions été très important.

Ces résultats nous mènent à proposer des recherches visant à identifier et isoler les constitutions ou les principes actifs des extraits montrant une forte activité antioxydante ou proche de celle de la vitamine C soit par HPLC, CPG ou chromatographie.

**Etude de**  
**L'activité antibactérienne**

## 1. Introduction

Les infections bactériennes sont causées par une variété de micro-organismes et sont à l'origine des maladies les plus mortelles et des épidémies les plus courantes. De nombreux antibiotiques ont été destinés au traitement de certaines maladies, mais l'abus lors de leur utilisation est à l'origine d'une multirésistance bactérienne (Abdallah *et al.*, 2019). Par conséquent, il est nécessaire de trouver d'autres sources de molécules ayant un effet antimicrobien (Chebaibi *et al.*, 2015).

Dans le but d'exploiter un éventuel potentiel antibactérien des extraits de *Tamarix africana* et *Tamarix gallica*, nous avons testé les extraits des feuilles et des fleurs de ces deux espèces issues de l'extraction au soxhlet (44 extraits) sur la croissance de trois bactéries : *Bacillus sibtillus* ATCC 315, *Enterococcus faecalis* ATCC 19433 et *Citrobacter freundii* ATCC 8090.

## 2. Activité antibactérienne : méthode de diffusion des disques

Dans cette partie, le pouvoir antibactérien de 44 extraits (au soxhlet totale et par épuisement) des deux espèces *T. africana* et *T. gallica* a été testé par la méthode de diffusion sur disque.

La méthode des disques de diffusion est une technique permettant d'avoir une idée préliminaire sur la capacité d'un extrait à inhiber la croissance microbienne (Ben Abdallah *et al.*, 2019).

Les résultats obtenus montrent une inhibition de la croissance bactérienne qui est proportionnelle au diamètre de la zone d'inhibition et une activité inégale des extraits utilisés sur les souches bactériennes testées. Dans l'ensemble, décelée sur *Citrobacter freundii* est plus efficace que sur *Enterococcus faecalis*. Par ailleurs *Bacillus subtilis* a montré une résistance aux extraits testés.

Alors que, pour les deux bactéries, les tableaux de 14 à 21 (Annexe 11 et 12) montrent que l'activité des extraits d'éther de pétrole issu des deux techniques d'extraction est efficace sur *Citrobacter freundii* et l'*Enterococcus faecalis*. Cependant, les extraits du chloroforme des fleurs de *T. africana* issu des deux méthodes d'extractions, ne présentent pas de pouvoir actif contre les deux souches précédentes. Ces observations nous amènent à conclure que les substances antibactériennes ne sont pas solubles dans le chloroforme.

Les Tableaux de 14 à 21 permettent de montrer également la relation entre les volumes et l'effet antibactérien, et de comparer les zones d'inhibitions des extraits à celles des antibiotiques (Figure 96 et 97) :





Figure 96 : Zone d'inhibition autour des disques contenant l'extrait d'éther pétrole des fleurs de *T. africana* obtenu par l'extraction par épuisement au soxhlet tester vis-à-vis la *Citrobacter freundii*



Figure 97 : Zone d'inhibition autour des disques chargé par 10  $\mu$ l du DMSO tester vis-à-vis la *Citrobacter freundii*

Tableau 14 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 5µl (0,5mg) des extraits issus de *T. africana* et *T. gallica* contre la *Citrobacter freundii*.

Méthode d'extraction	Solvant d'extraction	Zone d'inhibition			
		Feuille de <i>T. africana</i>	Fleur de <i>T. africana</i>	Feuille de <i>T. gallica</i>	Fleur de <i>T. gallica</i>
Extraction Totale au Soxhlet	Hexane		0	0	
	Ether de pétrole	9,5 ± 0,5	8,25 ± 0,75	6,25 ± 0,25	6,25 ± 0,25
	Dichloromethane	6,5	6,25 ± 0,25		
	Chloroforme				
	Méthanol	9,5 ± 1,5	7,25 ± 0,75	7,25 ± 0,75	0
	Eau distillée		7 ± 0,7	7	
Extraction par Épuisement au Soxhlet	Hexane				
	Ether de pétrole	6,25 ± 0,25	7,75 ± 0,25	6,5 ± 0,5	8,5
	Dichloromethane	8,5		7	6,5
	Chloroforme	10 ± 0,5		8,75 ± 0,25	6,5 ± 0,5
	Méthanol	6,75 ± 0,5	7	8,25 ± 0,25	
	Eau distillée	8,5 ± 0,5	7,25 ± 0,25	7	7,25 ± 0,25

**P<0,001 ; n = 2 essais pour chaque échantillon**

Tableau 15 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 10µl (1mg) des extraits issus de *T. africana* et *T. gallica* contre la *Citrobacter freundii*.

Méthode d'extraction	Solvant d'extraction	Zone d'inhibition			
		Feuille de <i>T. africana</i>	Fleur de <i>T. africana</i>	Feuille de <i>T. gallica</i>	Fleur de <i>T. gallica</i>
Extraction Totale au Soxhlet	Hexane		8 ± 1	9 ± 0,5	
	Ether de pétrole	10 ± 1	7,75 ± 0,25	7,5 ± 0,5	7 ± 0,5
	Dichloromethane	7,75 ± 0,25	7,75 ± 0,25		
	Chloroforme				
	Méthanol	12 ± 1	10,25 ± 1,75	9,25 ± 1	6,75 ± 0,75
	Eau distillée		9,75 ± 0,75	10,25 ± 0,25	
Extraction par Épuisement au Soxhlet	Hexane				
	Ether de pétrole	6,5	11 ± 2,5	8,5 ± 0,5	12 ± 1
	Dichloromethane	14 ± 0,25		7,75 ± 0,25	7,75 ± 0,25
	Chloroforme	11		10,75 ± 0,25	10,25 ± 0,75

Soxhlet	Méthanol	7,75	10,75 ± 0,75	12,25 ± 0,25	<del> </del>
	Eau distillée	10 ± 1	8,25 ± 0,75	8,5 ± 0,5	10 ± 0,5
<b>P&lt;0,001 ; n = 2 essais pour chaque échantillon</b>					

Tableau 16 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 15µl (1,5mg) des extraits issus de *T. africana* et *T. gallica* contre la *Citrobacter freundii*.

Méthode d'extraction	Solvant d'extraction	Zone d'inhibition			
		Feuille de <i>T. africana</i>	Fleur de <i>T. africana</i>	Feuille de <i>T. gallica</i>	Fleur de <i>T. gallica</i>
Extraction Totale au Soxhlet	Hexane	<del> </del>	11,5 ± 0,5	10	<del> </del>
	Ether de pétrole	13,25 ± 1,75	9,75 ± 0,25	11,5 ± 0,5	8,5 ± 0,5
	Dichloromethane	9,5 ± 1	10 ± 1	<del> </del>	<del> </del>
	Chloroforme	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>
	Méthanol	13,75 ± 1,25	11,25 ± 1,25	12,75 ± 1,25	11 ± 0,5
	Eau distillée	<del> </del>	14 ± 1,5	12,75 ± 0,25	<del> </del>
Extraction par Épuisement au Soxhlet	Hexane	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>
	Ether de pétrole	8,75 ± 0,75	14,5	8,75 ± 0,25	<b>16,25 ± 2,25</b>
	Dichloromethane	14,25 ± 0,25	<del> </del>	11,25 ± 0,75	10,25 ± 0,75
	Chloroforme	12,5 ± 0,5	<del> </del>	11,5 ± 0,5	10,75 ± 1,25
	Méthanol	9,5 ± 0,5	11,5 ± 0,5	14,25 ± 0,25	<del> </del>
	Eau distillée	11	11,25 ± 1,25	11,5 ± 0,5	11,25 ± 0,25
<b>P&lt;0,001 ; n = 2 essais pour chaque échantillon</b>					

Tableau 17 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de certains antibiotiques contre la *Citrobacter freundii*.

[ ]	Gentamicine	Erythromycine
10 µg / disque	<b>16,1</b>	<del> </del>
15 µg / disque	<del> </del>	<b>0</b>

**Pour *Citrobacter freundii*** : parmi les 44 extraits testés, 31 extraits ont pu montrer un effet remarquable (P<0,001 ; Annexe 11), ils ont exercé une activité antibactérienne pour la majorité des concentrations utilisées. Les zones d'inhibition les plus grandes ont été obtenues pour les

volumes de 15  $\mu$ l (1,5 mg). Ce qui nous amené à dire que la quantité des extraits appliquée à un effet direct sur les diamètres des zones d'inhibitions. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par Ogueke (*et al.*, 2007). En testant l'activité de l'extrait éthanolique d'*Euphorbia hirta* sur *E. coli*, *S. aureus* et *P. aeruginosa*, ces auteurs ont constaté que l'augmentation de la concentration dans le disque de 50 à 250 mg/ml s'est accompagnée d'une augmentation significative du diamètre de la zone d'inhibition.

*Citrobacter freundii* peut être qualifiée comme sensible à tous les extraits pour des volumes de 15  $\mu$ l (1,5 mg) et sensible à certains extraits pour des volumes de 5  $\mu$ l (0,5 mg) et 10  $\mu$ l (1 mg). par contre l'Erythromycine (15  $\mu$ g/disque) n'a montré aucune activité.

❖ Pour des volumes de 15  $\mu$ l (1,5 mg) :

Les extraits des feuilles de *T. africana* issus de l'extraction totale ont montré une zone d'inhibition qui varie entre 9,5 mm enregistrée par l'extrait du dichlorométhane et 13,75 mm par l'extrait méthanolique. Pour les fleurs, la plus faible activité a été observée par l'extrait du dichlorométhane avec une zone d'inhibition de 10 mm alors que la plus grande zone d'inhibition a été enregistrée par l'extrait aqueux avec un diamètre de 14 mm.

Quant à *T. gallica*, les résultats des extraits des feuilles révèlent que la zone d'inhibition la plus faible a été observée pour l'extrait d'hexane avec un diamètre de 10 mm, alors que l'extrait méthanolique a enregistré la zone d'inhibition la plus grande qui est de l'ordre de 12,75 mm.

Concernant les extraits issus de l'extraction par épuisement, les résultats révèlent que le diamètre d'inhibition des extraits des feuilles de *T. africana* varie de 8,75 mm (extrait d'éther de pétrole) à 14,25 mm (extraits du dichlorométhane), alors que les extraits des fleurs présentent un diamètre d'inhibition de 11,25 mm pour les extraits aqueux et de 14,5 mm pour l'extrait d'éther de pétrole.

Pour les extraits des feuilles de *T. gallica*, la plus faible activité a été observée pour les extraits d'éther de pétrole (8,75 mm) et la plus grande zone d'inhibition est apparue pour les extraits méthanoliques (14,25 mm). Par ailleurs, les extraits de fleurs testés ont montré une zone d'inhibition qui varie de 10,25 mm (extrait du dichlorométhane) à 16,25 mm (extrait d'éther de pétrole). L'effet de ce dernier extrait, est légèrement plus important que celui enregistré par la Gentamicine (10  $\mu$ g/disque ; 16,1 mm).

En comparant les résultats obtenus pour le test de sensibilité de la souche bactérienne *Citrobacter freundii*, nous pouvons constater que les activités inhibitrices les plus importantes ont été obtenues par les extraits issus de l'extraction par épuisement des deux espèces (*T. africana* et *T. gallica*). Cependant l'activité antibactérienne la plus élevée a été enregistrée par les extraits des feuilles et des fleurs de *T. gallica*.

❖ Pour des volumes de 10 µl (1 mg) :

Les résultats ont montré que l'extrait du dichlorométhane obtenu à partir de l'extraction par épuisement des feuilles de *T. africana* est plus actif sur *Citrobacter freundii* avec une zone d'inhibition de 14 mm. Alors que la plus faible activité antibactérienne a été enregistrée par l'extrait d'éther de pétrole issu de l'extraction par épuisement des feuilles de *T. africana* (6,5mm).

❖ Pour des volumes de 5 µl (0,5 mg) :

La plus forte activité antibactérienne sur *Citrobacter freundii* a été obtenue avec l'extrait du chloroforme obtenue à partir de l'extraction par épuisement des feuilles de *T. africana* (10 mm). Par ailleurs *Citrobacter freundii* a montré une résistance à trois extraits issus de l'extraction totale, qui sont à savoir : extrait d'hexane des fleurs de *T. africana*, extrait d'hexane des feuilles de *T. gallica* et l'extrait méthanolique des fleurs de *T. gallica*.

**En ce qui concerne l'*Enterococcus faecalis*** : parmi les 44 extraits testés, seulement 11 extraits se sont révélés actifs, avec une sensibilité importante pour des volumes de 15 µl, ce qui qualifie cette souche comme sensible, très sensible et extrêmement sensible (Himed *et al.*, 2016).

❖ Pour des volumes de 15 µl (1,5 mg) :

Pour les volumes de 15 µl des extraits, les feuilles de *T. africana* ont montré la plus forte zone d'inhibition (13 mm) par l'extrait méthanolique obtenu par l'extraction totale, et un diamètre de 9,5 mm pour l'extrait d'éther de pétrole issu de l'extraction par épuisement. Concernant les extraits obtenus par l'extraction totale des fleurs de cette espèce, la zone d'inhibition varie entre 8 mm pour l'extrait méthanolique et 11,75 mm pour l'extrait du dichlorométhane. Pour l'extraction par épuisement, l'extrait d'éther de pétrole a montré une zone d'inhibition de 8,5mm.

Concernant *T. gallica*, la méthode de diffusion sur disque a montré que l'extrait aqueux des feuilles obtenu par l'extraction totale présente un diamètre d'inhibition élevé par rapport à tous les autres extraits avec un diamètre de 22 mm. Cette activité antibactérienne est proche de celle enregistrée par la gentamicine (22,4 mm), et plus élevée par rapport à l'Erythromycine (15 µg/disque ; 16,5 mm). Alors que les extraits d'éther de pétrole des feuilles et des fleurs issues de l'extraction par épuisement enregistrent un diamètre de 10 mm.

❖ Pour des volumes de 10 µl (1 mg) :

Pour cette concentration, dix extraits sont actifs sur l'*Enterococcus faecalis*, alors que cette souche est résistante l'extrait d'éther de pétrole, issu de l'extraction par épuisement des fleurs de *T. gallica*. L'extrait aqueux des feuilles de *T. gallica* (extraction totale au Soxhlet) a

enregistré la plus grande activité antibactérienne sur l'*Enterococcus faecalis* (12,5 mm), qui reste moins importante que certains antibiotiques utilisés tels que la Gentamicine (22,4 mm) et l'Erythromycine (16,5 mm).

❖ Pour des volumes de 5 µl (0,5 mg) :

Les résultats obtenus montrent une sensibilité de l'*Enterococcus faecalis* en vers six extraits issue, tandis que cette souche a montré une résistance a cinq extraits dont deux sont issus de l'extraction totale qui sont à savoir : extrait des feuilles de *T. africana* obtenue par le dichlorométhane et l'extrait du chloroforme des fleurs de *T. africana*, et trois extraits d'éther de pétrole issus de l'extraction par épuisement : des fleurs de *T. africana* et des feuilles et des fleurs de *T. gallica*.

Tableau 18 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 5µl (0,5mg) des extraits issus de *T. africana* et *T. gallica* contre l'*Enterococcus faecalis*.

Méthode d'extraction	Solvant d'extraction	Zone d'inhibition			
		Feuille de <i>T. africana</i>	Fleur de <i>T. africana</i>	Feuille de <i>T. gallica</i>	Fleur de <i>T. gallica</i>
Extraction Totale au Soxhlet	Hexane				
	Ether de pétrole	8,25 ± 0,25			
	Dichloromethane	0	8,75 ± 0,75		
	Chloroforme		0		
	Méthanol	7,75 ± 0,25	7,75 ± 0,25		
	Eau distillée			8,25 ± 0,25	
Extraction par Épuisement au Soxhlet	Hexane				
	Ether de pétrole	7	0	0	0
	Dichloromethane				
	Chloroforme				
	Méthanol				
	Eau distillée				
<b>P&lt;0,001 ; n = 2 essais pour chaque échantillon</b>					

Tableau 19 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 10µl (1mg) des extraits issus de *T. africana* et *T. gallica* contre l'*Enterococcus faecalis*.

Méthode d'extraction	Solvant d'extraction	Zone d'inhibition			
		Feuille de <i>T. africana</i>	Fleur de <i>T. africana</i>	Feuille de <i>T. gallica</i>	Fleur de <i>T. gallica</i>
Extraction Totale au Soxhlet	Hexane				
	Ether de pétrole	9,5 ± 0,5			
	Dichloromethane	9 ± 0,5	10,25 ± 0,75		
	Chloroforme		7,75 ± 0,25		
	Méthanol	11 ± 1	9,25 ± 0,75		
	Eau distillée			12,5 ± 0	
Extraction par Épuisement au Soxhlet	Hexane				
	Ether de pétrole	8	7,75 ± 0,25	8 ± 0,5	0
	Dichloromethane				
	Chloroforme				
	Méthanol				
	Eau distillée				
<b>P&lt;0,001 ; n = 2 essais pour chaque échantillon</b>					

Tableau 20 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de 15µl (1,5mg) des extraits issus de *T. africana* et *T. gallica* contre l'*Enterococcus faecalis*.

Méthode d'extraction	Solvant d'extraction	Zone d'inhibition			
		Feuille de <i>T. africana</i>	Fleur de <i>T. africana</i>	Feuille de <i>T. gallica</i>	Fleur de <i>T. gallica</i>
Extraction Totale au Soxhlet	Hexane				
	Ether de pétrole	11,75 ± 0,25			
	Dichloromethane	11,5 ± 1	11,75 ± 0,75		
	Chloroforme		8		
	Méthanol	13 ± 1,5	10,75 ± 1,25		
	Eau distillée			22 ± 2	
Extraction par Épuisement au Soxhlet	Hexane				
	Ether de pétrole	9,5 ± 0,5	8,5	10 ± 0,5	10 ± 1
	Dichloromethane				
	Chloroforme				

Soxhlet	Méthanol				
	Eau distillée				
<b>P&lt;0,001 ; n = 2 essais pour chaque échantillon</b>					

Tableau 21 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) illustrant l'activité antibactérienne de certains antibiotiques contre l'*Enterococcus faecalis*.

[ ]	Gentamicine	Erythromycine
10 µg / disque	<b>22,4</b>	
15 µg / disque		<b>16,5</b>

### 3. Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) et Bactéricide (CMB)

La méthode des microplaques nous a permis de déterminer les CMI dans des concentrations de 50 à 6,25 mg/ml. Selon les résultats obtenus dans notre étude, les bactéries présentent une sensibilité différente vis-à-vis des différents extraits.

Pour *Citrobacter freundii*, sept extraits ont montré les plus grandes activités avec des valeurs de CMI de 6,25 mg/ml, par rapport à un seul extrait pour la souche *Enterococcus faecalis* (Tableau 22 et 23).

Nous avons constaté que les valeurs de CMI sont égales entre les deux souches (de 6,25 à 50 mg/ml) *Citrobacter freundii* et *Enterococcus faecalis*. Par conséquent, et sur la base de ce que Toyang *et al.*, (2012 cité par Saffidine, 2015), les extraits ayant une CMI supérieure de 1000 µg/ml (1 mg/ml), sont considérés comme inactifs. D'après cette classification, tous les extraits testés, peuvent être considérés comme des extraits inactifs.

La valeur élevée de la CMI obtenue revient à plusieurs facteurs, notamment l'effet de la concentration de la suspension bactérienne utilisée. Dans le présent travail, elle est de  $10^8$  bactéries/ml ( $10^8$  UFC/ml), alors que dans les travaux rapportés par Chaouche (2014), Abedini (2013) et Ouattara *et al.*, (2017) elle est de  $5 \times 10^5$  UFC, de  $10^4$  bactéries/ml et de  $10^6$  UFC/ml respectivement. Ajoutons également l'effet du volume des extraits, tous ces facteurs peuvent agir sur la valeur de la concentration minimale bactéricide (CMB).



Tableau 22 : Concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits végétaux contre *Citrobacter freundii*.

Espèce	Méthode d'extraction	Organe	Extrait	Les Concentrations en mg/ml							
				50	25	12,5	6,25	3,125	1,56	0,78	0,39
<i>T. africana</i>	Extraction Totale au Soxhlet	Feuille	Ether de pétrole	-	-	-	-	+	+	+	+
			Dichloromethane	-	-	-	+	+	+	+	+
			Méthanol	-	-	-	-	+	+	+	+
		Fleur	Hexane	-	-	+	+	+	+	+	+
			Ether de pétrole	-	-	+	+	+	+	+	+
			Dichloromethane	-	-	+	+	+	+	+	+
			Méthanol	-	-	-	+	+	+	+	+
			Eau distillée	-	-	-	-	+	+	+	+
	Extraction par Epuisement au Soxhlet	Feuille	Ether de pétrole	-	+	+	+	+	+	+	+
			Dichloromethane	-	-	-	-	+	+	+	+
			Chloroforme	-	-	+	+	+	+	+	+
			Méthanol	-	-	-	+	+	+	+	+
			Eau distillée	-	-	+	+	+	+	+	+
		Fleur	Ether de pétrole	-	-	-	-	+	+	+	+
Méthanol			-	-	+	+	+	+	+	+	
Eau distillée	-	-	+	+	+	+	+	+			
<i>T. gallica</i>	Extraction Totale au Soxhlet	Feuille	Hexane	-	-	+	+	+	+	+	+
			Ether de pétrole	-	-	-	+	+	+	+	+
			Méthanol	-	-	-	-	+	+	+	+
			Eau distillée	-	-	-	-	+	+	+	+
		Fleur	Ether de pétrole	-	-	+	+	+	+	+	+
			Méthanol	-	-	-	+	+	+	+	+
	Extraction par	Feuille	Ether de pétrole	-	+	+	+	+	+	+	+
			Dichloromethane	-	-	-	+	+	+	+	+
			Chloroforme	-	-	-	+	+	+	+	+
			Méthanol	-	-	-	+	+	+	+	+
Eau distillée	-		-	+	+	+	+	+	+		

	Epuisement au Soxhlet	Fleur	Ether de pétrole	-	-	+	+	+	+	+	+
			Dichloromethane	-	-	+	+	+	+	+	+
			Chloroforme	-	-	+	+	+	+	+	+
			Eau distillée	-	-	+	+	+	+	+	+
<b>P&lt;0,001 ; n = 2 essais pour chaque échantillon</b>											

(-) absence de croissance visible (pas de trouble)

(+) croissance (présence de trouble)

Tableau 23 : Concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits végétaux contre *Enterococcus faecalis*.

Espèce	Méthode d'extraction	Organe	Extrait	Les Concentrations en mg/ml							
				50	25	12,5	6,25	3,125	1,56	0,78	0,39
<i>T. africana</i>	Extraction Totale au Soxhlet	Feuille	Ether de pétrole	-	-	-	-	+	+	+	+
			Dichloromethane	-	-	-	+	+	+	+	+
			Méthanol	-	+	+	+	+	+	+	+
		Fleur	Dichloromethane	-	-	+	+	+	+	+	+
			Méthanol	-	-	+	+	+	+	+	+
			Eau distillée	-	-	-	+	+	+	+	+
	Extraction par Epuisement au Soxhlet	Feuille	Ether de pétrole	-	-	+	+	+	+	+	+
		Fleur	Ether de pétrole	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>T. gallica</i>	Extraction Totale au Soxhlet	Feuille	Eau distillée	-	-	-	+	+	+	+	+
	Extraction par Epuisement au Soxhlet	Feuille	Ether de pétrole	-	-	-	+	+	+	+	+
		Fleur	Ether de pétrole	-	-	+	+	+	+	+	+
<b>P&lt;0,001 ; n = 2 essais pour chaque échantillon</b>											

(-) absence de croissance visible (pas de trouble)

(+) croissance (présence de trouble)

Pour la détermination de la CMB, 5 µl du contenu de chaque puit a été prélevé et ensemencé sur une gélose Mueller-Hinton. Le rapport CMB / CMI indique la nature de l'activité antibactérienne. En se référant aux travaux de Fauchere & Avril (2002 cités par Ouattara *et al.*, 2017) :  $CMB / CMI \leq 2$ ,  $CMB / CMI > 2$  représentent des activités bactéricides et bactériostatiques respectivement.

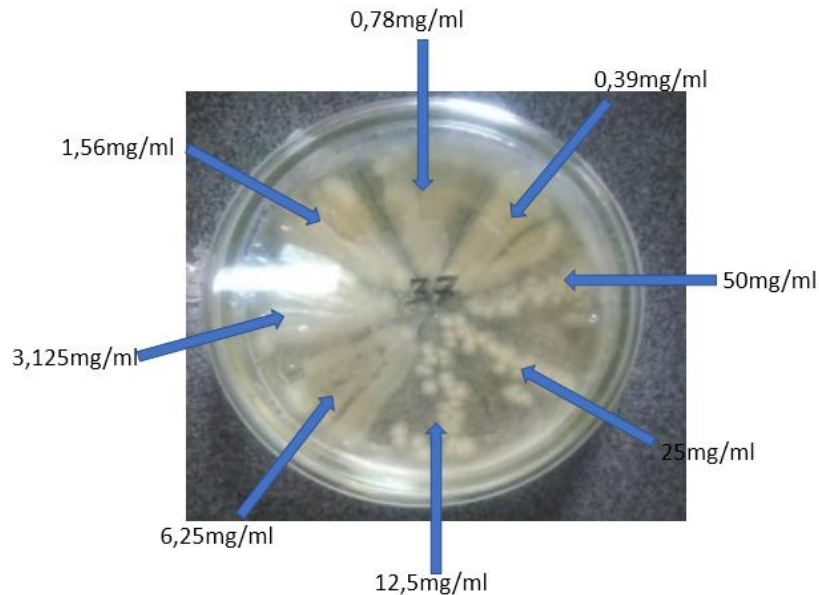


Figure 98 : Détermination de la CMB de l'extrait méthanolique des feuilles de *T. africana* issue de l'extraction par épuisement sur *Enterococcus faecalis*.

D'après les résultats obtenus lors de cette étude préliminaire, nous constatons de manière générale que les bactéries n'ont pas été inactivées en présence des extraits végétaux (Figure 98). Le rapport CMB / CMI est supérieur à 2 pour les deux souches étudiées. Par conséquent les extraits des deux espèces exercent une action bactériostatique contre ces souches.

#### 4. Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer l'activité antibactérienne des feuilles et des fleurs de *T. africana* et *T. gallica* sur trois souches bactériennes (*Citrobacter freundii*, *Enterococcus faecalis* et la *Bacillus subtilis*) et aussi de déterminer les CMI et les CMB, qui sont de nature essentiellement bactériostatique. Les différences marquées, peuvent être dues à la nature phytochimique des substances qu'elles contiennent. Pour cette raison, cette étude doit être complétée par une purification, un fractionnement, afin d'isoler les molécules bioactives responsables de ces activités.

## Conclusion générale et perspectives

Le travail que nous venons d'exposer comprend une étude taxinomique et la variabilité morphologique que présentent les six espèces du genre *Tamarix* dans différentes régions du Maroc ainsi que leur valorisation.

### ***Identification, écologie, air de distribution et variabilité morphologique***

Les données obtenues lors de cette partie du travail nous ont permis d'éclaircir la confusion entre les espèces similaires notamment *T. gallica* et *T. canariensis* et de dissiper le doute sur la présence de *T. gallica* au Maroc. Ces données nous ont également permis d'approuver l'existence de *T. africana*, *T. aphylla*, *T. boveana* et *T. gallica*. Quant à *T. canariensis*, espèce similaire à *T. gallica*, nous ne pouvons pas exclure son existence vu la possibilité des flux de gène entre les espèces du Maroc et ceux des îles Canaries qui représente son habitat originaire. Concernant *Tamarix amplexicaulis* elle nécessite l'exploration d'autres régions du Maroc pour confirmer sa présence. Par ailleurs, certains spécimens n'ont pas été identifiés du fait qu'ils présentent certains critères morphologiques qui ne sont pas mentionnés dans les clés taxinomiques de la flore du Maroc, ainsi il nous a été difficile de leur attribuer un nom précis. L'étude de la variabilité morphologique des pièces florales en suivant leur évolution en fonction des stades de floraison nous a montré l'importance d'identifier les spécimens récoltés pendant la période d'anthèse où les différentes parties de fleurs ont acquis leur parfait développement. Les résultats obtenus lors de cette étude ont également montré certaines des causes qui peuvent conduire à une fausse identification. Parmi ces causes nous citons la différence des périodes de floraison entre les espèces, la fréquence et la durée de floraison.

L'étude de l'air de distribution des espèces du genre *Tamarix* au Maroc a montré qu'elles sont inégalement réparties dans les neuf régions géographiques prospectées. En plus, certaines espèces peuvent se développer dans des endroits présentant des conditions climatiques, hydrologiques et pédologiques différentes, ce qui montre leur grande plasticité écologique.

### ***Screening et dosage phytochimique***

Les résultats obtenus du screening phytochimique de trois espèces *T. aphylla*, *T. africana* et *T. gallica* de la région Béni Mellal-Khénifra ont montré que les feuilles, les fleurs, les racines et l'écorce de ces espèces représentent un réservoir et une diversité de métabolites spécialisés : phénols, des tanins, des saponines, des phlobatanins, des terpenoïdes, des stéroïdes et des flavonoïdes. Par ailleurs, les tests de présence de protéines, des glycosides et des alcaloïdes dans les extraits sont négatifs. Ils peuvent être soit absents soit présents mais en faible quantité.

Les analyses ont décelé également certaines différences entre les individus de la même population et entre les parties de la plante du même spécimen.

Le dosage des polyphénols et des flavonoïdes réalisés sur 68 extraits de feuilles et de fleurs de deux espèces, *T. africana* et *T. gallica*, a montré la variabilité de la teneur en ces composés en fonction de l'espèce, du type d'organe de la méthode d'extraction et du solvant d'extraction utilisé. L'utilisation de trois méthodes d'extraction (macération, extraction totale au soxhlet, et extraction par épuisement), nous a permis de constater que les organes des deux espèces sont riches en composés polaires et pauvres en composés apolaires. Concernant l'évaluation de la teneur en polyphénols chez *T. africana*, elle a montré que les extraits aqueux obtenus par épuisement possèdent les teneurs les plus élevées aussi bien pour les feuilles que pour les fleurs. Quant à la teneur en flavonoïde chez cette espèce, les feuilles sont généralement plus riches que les fleurs. L'évaluation de la teneur en ces composés a révélé que la méthode d'extraction, le solvant utilisé et le stade de développement de la plante influence cette teneur chez la plante. Pour les feuilles, l'extraction des flavonoïdes par les méthodes de la macération et de l'extraction totale au soxhlet avec le méthanol s'est avérée être la meilleure.

Alors que pour *T. gallica*, les résultats obtenus ont révélé, que pour la majorité des extraits des deux organes (feuille et fleur), l'extraction totale par le soxhlet en utilisant l'eau distillée et le méthanol reste la méthode préférable pour mieux extraire les polyphénols. Pour les flavonoïdes, l'extraction s'est révélée plus importante dans les extraits méthanoliques des deux organes obtenus par le procédé d'extraction totale au soxhlet.

### ***Pouvoir antioxydant***

L'étude du pouvoir antioxydant des différents extraits par la méthode DDPH a montré que plusieurs extraits possèdent des activités antioxydantes importantes. Cependant le choix des méthodes d'extractions et des solvants agit sur cette activité. Ainsi, chez les deux espèces, les extraits méthanoliques et aqueux obtenus par l'extraction totale au soxhlet montrent le meilleur pouvoir antioxydant.

De même, les résultats ont montré que le pouvoir antioxydant des extraits a été indépendant des quantités de phénols totaux, ce qui ne concorde pas avec les résultats rapportés dans les travaux antérieurs. Ceci peut être probablement en relation avec la période de récolte, le stade de développement de la plante et par l'efficacité de la technique d'extraction, ce qui a abouti à l'obtention de faible quantité de molécules antioxydantes dans les extraits et par la suite un faible capacité antioxydante de la plante.

## ***Activité antibactérienne***

L'étude de l'évaluation de l'activité antibactérienne, par la méthode de diffusion des disques, des extraits des feuilles et des fleurs de *T. gallica* et *T. africana*, obtenus par les deux procédés d'extraction (totale au soxhlet et par épuisement), a révélé la présence de différences de sensibilité selon les souches bactériennes et l'extrait utilisé. Dans l'ensemble, l'activité antibactérienne décelée sur *Citrobacter freundii* est plus importante que sur *Enterococcus faecalis*. Toutefois, La bactérie Gram positif *Bacillus sibtillus* a montré une résistance à tous les extraits testés.

Le test de l'effet des extraits et celui de l'antibiotique (gentamicine) sur la bactérie Gram négatif *Citrobacter freundii* a présenté une sensibilité à l'extrait d'éther de pétrole des fleurs de *T. gallica* qui s'est révélé supérieure à celle de l'antibiotique la gentamicine. Alors que pour l'*Enterococcus faecalis*, c'est l'extrait aqueux des feuilles obtenus par l'extraction totale qui a une activité antibactérienne proche de celle enregistrée par la gentamicine.

La détermination des paramètres antibactériens (CMI et CMB) réalisée par la méthode de la microdilution en milieu liquide a révélé que ces paramètres varient en fonction de la nature des extraits pour les deux souches (*Citrobacter freundii* et *Enterococcus faecalis*).

Les valeurs de la **Concentration Minimale Inhibitrice (CMI)** et de la **Concentration Minimale Bactéricide (CMB)** dépendent de la concentration de la suspension bactérienne et du volume des extraits utilisés dans le test. La CMB correspond à la concentration des extraits qui exercent une action bactériostatique contre les souches bactérienne.

Le calcul du rapport CMB/CMI a révélé que tous les extraits testés exercent une action bactériostatique contre les bactéries *Citrobacter freundii* et *Enterococcus faecalis*.

## **PERSPECTIVES**

Nous estimons que ce travail apporte de nombreuses informations sur le genre *Tamarix* au Maroc. Toutefois, vu que l'étude n'a porté que sur neuf régions géographiques, il serait intéressant d'élargir la prospection de différentes régions où existent ou peuvent exister d'autre population de *Tamarix*.

Il est également nécessaire de :

- Mieux éclaircir un certain nombre de points de désaccord concernant la classification du genre *Tamarix* ;

- Faire une étude détaillée sur la comparaison des différents caractères morphologiques entre les populations en se basant sur plusieurs stades de croissance ;
- Compléter la partie consacrée à la variabilité morphologique par l'étude des grains de pollen, des capsules et des graines de ces espèces. Cette étude pourra permettre de trouver des caractères discriminants de chaque espèce ;
- Conserver et prêter attention à certaines espèces qui, d'après notre prospection, sont rare ou même menacées (*T. amplexicaulis* et *T. boveana*). D'après les travaux antérieurs, ces espèces représentent une source de nombreux composés ayant des activités biologiques et pharmacologiques.
- Identifier et isoler les principes actifs des extraits qui montrent une forte activité antioxydante par d'autres procédés notamment par la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC), par la chromatographie en phase gazeuse (CPG) ou par la chromatographie sur couche mince ;
- Réaliser un inventaire des espèces du genre *Tamarix* des pays voisins ce qui apportera certainement des nouveautés sur les spécimens non identifiés lors de notre étude ;

Enfin, vu les difficultés rencontrées lors de l'identification des espèces du genre *Tamarix*, nous pensons que l'application de l'approche moléculaire pourra renforcer les conclusions dans cette étude. A cet égard, il nous semble utile de signaler que les résultats préliminaires de l'étude génétique sont encourageants, cette partie est déjà entamé via deux techniques : RAPD et ISSR. Les protocoles d'extraction de l'ADN, le choix des amorces et le protocole d'amplification par PCR ont été mis au point et ont été commencé., cependant nous n'avons pas pu achever cette partie du travail pour de multiples raisons. Les résultats préliminaires sont exposés en annexe (Annexe de 13 à 17).

# Bibliographie

Abedini Amin. 2013. Thèse. Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles d'*Hyptis atrorubens* Poit. (Lamiaceae), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes. Université Lille 2, Droit et Santé.

Abo-Dola M.A., Lutfi M.F., Bakhiet A.O. & Mohamed A.H. 2015. Anti-Inflammatory, Analgesic, Antipyretic and the Membrane-Stabilizing Effects of *Tamarix aphylla* Ethanolic Extract. *European Journal of Medicinal Plants*. 5(4): 341-348.

Acherkouk M., Maatougui. A. et El houmaiz. M. A. 2011. Communautés végétales et faciès pastoraux dans la zone de taourirt-tafoughalt du maroc oriental : écologie et inventaire floristique. *Acta botanica malaciata*. 125-136.

Adamou A., Kouidri M., Boutmedj A., Houyou Z. & Ouakid M.L., 2015. Evaluation d'un projet de fixation de dunes dans une steppe sud-algéroise : Moyen de lutte contre l'ensablement et amélioration de la productivité pastorale. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial*. N° 36.

Adnan M., Tariq A., Bibi R., Abdelsalam N.M., Rehman H., Murad W., Ahmad S., Israr M., Sabahat S., Ullah R., Akber A., Ud din J. & Abdul A., 2015., antimicrobial potential of alkaloids and flavonoids extracted from *Tamarix Aphylla* leaves against common human pathogenic bacteria. *Afr J Tradit Complement Altern Med*. 12 (2) :27-3.

Agati G., Azzarello E., Pollastri S., Tattini M., 2012. Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. *Plant Science* 196. 67–76.

Agoussine M., Saidi M. E. & Igmoullan. B. 2014. Reconnaissance des ressources en eau du bassin d'ouarzazate. *Bulletin de l'institut scientifique, rabat, section sciences de la terre*, n°26, 81-92.

Ahmed. D., Khan. M. M. et Saeed. R. 2015. Comparative Analysis of Phenolics, Flavonoids, and Antioxidant and Antibacterial Potential of Methanolic, Hexanic and Aqueous Extracts from *Adiantum caudatum* Leaves. *Antioxidants* 2015, 4, 394-409

Aitoubaha Z., Mahari S. et Souabi S., 2004. Impact de lapollution sur les coléptères de la canopée du *Tamarix* à Mohammedia. *Al Awamia*. 112 Vol. 1 N°4.

Albrecht h., yoder j. I., phillips d. A. 1999. "flavonoids promote haustoria formation in the root parasite *triphysaria versicolor*". *Plant physiology*. 119(2): 585-592.

Al Farsi M.A. & Lee C.Y. 2008. Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food chemistry*.108 : 977-985.

Alilou H. 2012. Etude phytochimique et antifongique de deux plantesdu Sud du Maroc : *Asteriscus graveolens* subsp. *Odorus* (Schousb.) Greuter et *asteriscus imbricatus* (Cav.) DC. Faculté des Sciences Agadir.

Aliyu A.B., Musa A.M., Oshanimi J.A., Ibrahim H.A. and Oyewale A.O. 2008. Phytochemical analyses and mineral elements composition of some medicinal plants of northern nigeria. *Journ. Pharm. Sci.*, March, 2008, Vol. 7 No. 1, P. 119– 125.

Al Jaber. N. et Allehaib. L. 2017. The Pharmacological Activity of Some *Tamaricaceae* Plants. *Nat Prod Chem Res*. 5:3



Allal H.F. 2014. Thèse. Contribution à l'étude du genre *Tamarix* : aspects botaniques et Phyto-écologique dans la région de Tlemcen. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de L'Univers. Université de Tlemcen.

Alrumma. S. A., 2016. Phytochemical and Antimicrobial Properties of *Tamarix aphylla* L. Leaves Growing Naturally in the Abha Region, Saudi Arabia. Arab J Sci Eng. 41:2123–2129

Anderson C. L., Bremer K., & Fris E. M. 2005, Dating phylogenetically basal eudicots using *rbcl* sequences and multiple fossil reference points, American J. Bot. 92: 1737-1748.

Arianmanesh R., Mehregan I., Nejadstari T. & Assadi M. 2015. Molecular phylogeny of *Tamarix* (Tamaricaceae) species from Iran based on ITS sequence data, Pelagia Research Library, European Journal of Experimental Biology. 5 (6) : 44-50.

Arianmanesh R., Mehregan I., Assadi M. & Nejadstari T. 2016. Comparative Morphology of the Genus *Tamarix* (Tamaricaceae) in Iran. International Letters of Natural Sciences. Vol. 60, pp 1-12.

Arizpe D., Mendes A. & Rabaça J.E. 2009. Sustainable riparian zones, à management guide. Bachiri L. Echchegadda G. Ibijbjen J. & Nassiri L. 2016. Etude phytochimique et activité anti bactérienne de deux espèces de lavande autochtones au Maroc : « *Lavandula stoechas* L. Et *Lavandula dentata* L ». European Scientific Journal. Vol12. No. 30.

Arun K., Kumari Pingal and Somasundaram Thirugnanasambandan Somasundaram. 2016. Phenolic composition, Antioxidant activity and FT-IR Spectroscopic Analysis of Halophyte *Sesuvium portulacastrum* L. Extract. International Research Journal of Biological Sciences. Vol. 5(1), 1-13.

Bachiri. L., Echchegadda. G., Ibijbjen. J. et Nassiri. L , 2016. Etude Phytochimique Et Activité Antibactérienne De Deux Espèces De Lavande Autochtones Au Maroc : « *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. ». European Scientific Journal. vol.12, No.30

Ballouche Azize. 2013. Contribution à l'histoire récente de la végétation du Bas-Loukkos (province de Larache, Maroc). Physico-Géo. Géographie Physique et Environnement. Volume 7.

Bakr R.O., El Raey M.A. & Ashour R.S. 2013. Phenolic content, radical scavenging activity and cytotoxicity of *Tamarix nilotica* (Ehrenb.) Bunge growing in Egypt. Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy. Vol 5 (3). 47-52.

Barry A.R. & Luque A. 1998. Ecology and distribution of the genus *Tamarix* L (Tamaricales: Tamaricaceae) on the Island of grand Canaria. Bol. Mus. Mum. Funchal. Sup. No 5 : 47-58.

Battandier M.A. 1907. Revision des *Tamarix* algériens et description de deux espèces nouvelles, Bulletin de la société botanique de France, 54 :5, 252-257

Baum B.R. 1967. Introduced and naturalized tamarisks in the United States and Canada, *Baileya*. 15. 19-25.

Baum B.R. 1968. A new species of *Tamarix* from South-Eastern Iran, *Oesterreichische Botanische Zeitschrift*. 114. 379-382.

Baum B.R. 1978. The Genus *Tamarix*. Academy of Sciences and Humanities. Jerusalem.

Bergier P. 2011. Où voir les oiseaux dans le Sahara Atlantique marocain. *Go-South Bull.* (2011), numéro spécial.

Bénard C. 2009. Thèse. Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de cultures sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Nancy Université – INRA.

Benkhniq O., Zidane L., Fadli M., El yacoubi H., Rochdi A.& Douira A. 2011. Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). Acta Bot. Barc. 53 : 191-216.

Ben Abdallah R., D. Frikha, S. Maalej et S. Sassi. 2019. Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne et antifongique de quatre espèces algales marines in vitro evaluation of the antibacterial and antifungal activities of marine algae. J.I. M. Sfax, N°31. 38 – 44.

Ben Abid, A. 1985. Les écosystèmes forestiers et préforestiers du Maroc : diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. For. Méd., 7 (1) :53-67

Ben Amor Bouthaina. 2009. Thèse. Maîtrise de l'aptitude technologique de la matière végétale dans les opérations d'extraction de principes actifs : texturation par détente instantanée contrôlée (DIC). Université de la Rochelle.

Ben Tabet L.N. 2015. Thèse. Etude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredolia aretioides* et *Echium vulgare* de l'ouest Algérien. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

Bechlaghem N.C., Benhammou N.B., Belyagoubi L., Gismondi A., Nanni V., Di Marco G., Canuti L., Canini A., El Haci I.A. & Bekkara F.A. 2019. 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.

Benmerachea A., Benteldjoune M., Magidb A.A., Abedinib A., Berrehala D., Kabouchea A., Gangloff S.C., Nazabadiokob L.V. & Kabouchea Z. 2017. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of *Tamarix balansae* J. Gay aerial parts. Natural Product Research.

Ben Rahal N. 2012. Thèse. Extraction, identification et caractérisation des molécules bioactives de la graine et de l'huile de *Silybum marianum*. Etude de leurs activités antioxydante et antitumorale. Université de Lorraine.

Berry W.L. 1970. Characteristics of salts excreted by *Tamarix aphylla*. Amer.J. Bot. 57. 1226-1230.

Bhadange D.G. & Jadhao A.B. 2013. Phytochemical analysis of *Tamarix ericoides* Rott (Tamaricaceae) - a medicinally important plant of West Vidarbha region. The SIJ Transactions on Advances in Space Research & Earth Exploration (ASREE). Vol. 1. No. 1.

Bibi S., Afzal M., Naziaaziz K., Shahanaaziz and Raheem A. 2015. Antifungal activity of *Tamarix aphylla* (L.) Karst. Stem-bark extract against some pathogenic fungi. International Journal of Pharmacological Research. Volume 5 Issue 2.

Bibi S., Muhammad Afzal, Nazia Aziz, Burhan ud Din, Muhammad bin Yamin Khan, Anum Khan, Hezba Komal. 2015. Antifungal Activity of *Tamarix aphylla* (L.) Karst. Stem-Bark Extract Against Some Pathogenic Fungi. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 15 (4): 541-545.

Binet P. 1978. Introduction : Caractéristiques physiologiques liées à l'halophilie et à la résistance aux sels, Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques. 125. 3-4. 73-93.

Boly R, Lamkami T, Lompo M, Dubois J, Guissou I P. 2016. DPPH Free Radical Scavenging Activity of Two Extracts from *Agelanthus dodoneifolius* (Loranthaceae) Leaves. International Journal of Toxicological and Pharmacological Research 2016; 8(1); 29-34.

Boubekri C. 2014. These. Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques. Université Mohamed Khider – Biskra.

Boulaaba M., Tsolmon S., Ksouri R., Han J., Kawada K., Smaoui A., Abdelly C. & Isoda H. 2013. Anticancer effect of *Tamarix gallica* extracts on human colon cancer cells involves Erk1/2 and p38 action on G2/M cell cycle arrest. *Cytotechnology*. 65: 927-936.

Boulaaba M., Snoussi M., Saada M., Mkadminia K., Smaoui A., Abdelly C., Ksouri R. 2015. Antimicrobial activities and phytochemical analysis of *Tamarix gallica* Extracts. *Industrial Crops and Products* 76.1114–1122.

Boullard, B. 1997. *Plantes et champignons : dictionnaire*. 2<sup>ème</sup> édition. Estem, Paris. P. 24.

Bourgeou S., Ksouri R., Bellila A., Skandrani I., Falleh H. & Marzouk B. 2008. Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. Shoots and roots. *Comptes rendus. Pharmacologie, toxicologie*. 331 : 48-55.

Bourgeou. S., Serairi Beji R., medini. F. et ksouri. R. 2016. Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbia helioscopia*. Volume 28(12)

Bouزيد W., Yahia M., Abdeddaim M., Aberkane M.C. & Ayachi A. 2011. Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de l'Aubépine monogyne. *Lebanese Science Journal*. Vol. 12. No. 1.

Brahimi A. et Chafi A. 2014. Etude écotoxicologique de l'oued Za et de son affluent Oued Tizeghrane

(Basse Moulouya, Maroc Oriental). *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (5). 1671-1682

Brock J.H. 1994. *Tamarix* spp. (salt cedar), an invasive exotic woody plant in arid and semi-arid riparian habitats of Western USA. In: de Waal LC, Child LE, Wade PM, Brock JH (Eds.) *Ecology and Management of Invasive Riverside Plants*. Wiley and sons Ltd. West Sussex. 28-44.

Bruneton. J. 1999. *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3<sup>ème</sup> Edition. Tec et Doc (Ed). Paris, 575p.

Bunge A. 1852. *Tentamen Generis Tamaricum species Accuratus Definiendi*, Dorpat.

Cacace JE & Mazza G. 2003. Optimization of extraction of anthocyanins from black currants with aqueous ethanol. *Journal of Food Science* 68, 240-248.

Campmas E. 2013. Thèse. Caractérisation de l'occupation des sites de la région de Témara (Maroc) au Pléistocène supérieur et nouvelles données sur la subsistance des hommes du Paléolithique moyen d'Afrique du Nord : Exemples des approches taphonomiques et archéozoologiques menées sur les

faunes d'El Harhoura 2 et d'El Mnasra. Université Bordeaux 1. École doctorale Sciences et Environnements

Carson C.F. & Riley T.V. 1995. Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *Journal of Applied Bacteriology*. 78. 264 -269.

Chaabani E. 2019. Thèse. Eco-extraction et valorisation des métabolites primaires et secondaires des différentes parties de *Pistacia lentiscus*. Université de Carthage. Tunisie.

Chaouche Tarik Mohammed. 2014. Thèse. Contribution a l'étude des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de quelques plantes médicinales. Université Abou-Bakr-Belkaid Tlemcen.

Chaturvedi S., Drabu S. & Sharma M. 2012. Antioxidant activity total phenolic and flavonoid content of aerial parts of *Tamarix gallica*. *International Journal of Phytomedicine* 4. 174-180.

Chen, Y.P., Chen, Y.N., Xu, C.C. & Li, W.H. (2012). Groundwater depth affects the daily course of gas exchange parameters of *Populus euphratica* in arid areas. *Environ. Earth Sci.* 66, 433-440.

Cherkaoui et Bouchafra. 2003. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar. Merja Sidi Boughaba.

Christiane Gallet - François Pellissier, 2002, Interactions allélopathiques en milieu forestier, *Rev. For. Fr.* LIV -6 ;

Christine R., Drew W.M., Jeffrey T.A., Boland C.J. & Gaskin. 2007. Invasion of tamarisk (*Tamarix* spp.) in a southern California salt marsh. *Biol Invasions*. 9. 875-879.

Clé C., Hill L. M., Niggeweg R., Martin C. R., Guisez Y., Prinsen E., Jansen M. A. 2008. Modulation of chlorogenic acid biosynthesis in *Solanum lycopersicum*; consequences for phenolic accumulation and UV-tolerance. *Phytochemistry*. 69(11): 2149-2156.

Clément O.E. L. 2009. Thèse. Etude phytochimique, activités antimicrobiennes et antioxydantes de quelques plantes aromatiques et médicinales africaines. Université de Ouagadougou.

Cleverly J.R., Smith S.D., Sala A. & Devitt A.D. 1997. Invasiveness of *Tamarix ramosissima* in a Mojave Desert floodplain: the role of drought. *Oecologia*. 111. 12-18.

Cirujano S. 1993. *Tamarix* L. In: Castroviejo, S. & al. (eds.), *Flora Ibérica* 3, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid. 437-443.

Comité de l'antibiogramme, de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM). 1993. *Bull. Soc. Fr. Microbiol.* 8. 3.

Congo m.y.m. 2012. Etude des propriétés antiradicalaire et antiproliférative d'extraits de feuilles et de rameaux de *Salvadora persica*. (Salvadoraceae). Université De Ouagadougou. Burkina Faso.

Cowan M. M. 1999. Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 546-582.

Crins W.L. 1989. The Tamaricaceae in the southeastern United States, *Arnold Arboretum*. 70. 403-425.

Cronquist A. 1988. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*, New York, Botanical Gardens.

Dahlgren R.M.T. 1983. General aspects of angiosperm evolution and macrosystematics, *Nord. J. Bot.* 3. 119-149.

Dai, J. & Mumper, R. J. 2010. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules* 15(10), 7313-52.

Dakki M., Bouchta el fellah & Mohamed fekhaoui., Boubker el houadi., Abdelaziz benhoussa 2003. Diagnostic pour l'aménagement des zones humides du nord-est du Maroc : 1. Embouchure de la moulouya.

Dao V.T. Thèse. 2008. Effets de l'environnement sur la croissance et l'accumulation de métabolites secondaires chez *Datura innoxia* Mill. Cultivé en conditions hors sol. Impact des facteurs biotiques et abiotiques. Institut national polytechnique de Lorraine. Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires.

De Albuquerque M.B., Dos Santos R.C., Lima L.M., Melo Filho P.A., Nogueira RJMC, Da Camara CAG, Ramos A.R. 2011. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agron Sustain Dev* 31:379-395. *Journal of Allelochemical Interactions*. V 1.

Dardour M., El Arbi Daroui, Azzouz Boukroute, Nour-Eddine Kouddane, Abdelbasset Berrichi. 2013. Inventaire et état sanitaire des arbres d'alignement de la ville de Saïdia (Maroc oriental). *Nature & Technologie. Sciences de l'Environnement*. Pp 02 à 09.

Decker J.P. 1961. Salt secretion by *Tamarix pentandra*, *Forest Sci* 7. 214-217.

Deloach C.J., Lewis P.A., Herr J.C., Carruthers R.I., Tracy J.L. & Johnson J. 2003. Host specificity of a leafbeetle, *Diorhabda elongata deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae) from Asia, for biological control of saltcedars (*Tamarix*: Tamaricaceae) in the western United States. *Biol. Control*. 117-147.

De Martis B. & Cartoni A. 1983. *Tamarix Passerinoidea* DEL. Ex DESV. (Tamaricaceae) nuova per l'Italia, *Atti Soc. Tosc. Sci, Nat. Mem. Serie B*. 90. 133-137.

Devhade JB. 2015. Preliminary phytochemical investigations and medicinal properties of *Tamarix ericoides* Rottl. *The Pharma Innovation Journal*. 4(7): 24-26.

Dewanto V., Wu X., Adom K. K. & Liu R. H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014.

Dghim F., Sami, Mekki boukhris, Mohamed. 2013. Composition chimique et activité antioxydante d'un arbuste des zones arides : *periploca angustifolia* Labill (apocynaceae). *J. Soc. Chim. Tunisie*, 2013, 15, 163-173

Dillard C. J. & German J. B. 2000. Phytochemicals: nutraceuticals and human health. *J. Sci. Food Agric*. 1744-1756.

Direction Régionale Béni-mellal Khénifra. 2017. *Annuaire Statistique de la Région Tadla-Azilal*.

Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. & Vidal N., 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*. 97: 654-660.

Doré T., Sène M., Pellissier F., Gallet C. 2004. Approche agronomique de l'allélopathie. *Cahiers Agricultures* 13, 249- 256.

Edward P.G & Pamela L. N. 2005. Comparative ecophysiology of *Tamarix ramosissima* and native trees in western U.S. riparian zones. *Journal of Arid Environments*. 61. 419-446.

El Amin M. 2016. A Review of Biological and Pharmacological activities from the aerial part of Tamarisk. *G. International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*, 5(4) :22-36.

El Faiz, A., Doumas, H., Hafidi, M., Meddich, A., & Ouhammou, A. 2016. Biodiversité des espaces verts publics de la commune urbaine de Marrakech (CUM)(Maroc).

El Haoud. H., Boufellous. M., Berrani. A., Tazougart. H. et Bengueddour. R., 2018. Screening phytochimique d'une plante medicinale : *Mentha Spicata* L. American Journal of Innovative Research and Applied Sciences.

El Joubari M., Hajji K., Himmi O., El Alami M., Agbani M. A. & Louah A. 2015. Etude des Macroinvertébrés (Gastéropodes, Diptères et Odonates) des marais de Smir-Restinga (Nord-Ouest du Maroc). Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology. 68. 17-31.

El kordy A. & Faried A. 2017. Pollen morphology and numerical analysis of tamarix l. (tamaricaceae) in egypt and its systematic implication. bangladesh j. plant taxon. 24(1): 91–105.

El Mansouri L., Ennabili A. & Bousta D. 2011. Socioeconomic interest and valorization of medicinal plants from the Rissani oasis (SE of Morocco). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 10 (1) : 30-45.

El Oumri M., Osrirhi A., Moussadek R., Moatamid Z., Ambri A., Goebel W. 2007. Vocation agricole des terres de la zone de Taza -Rapport et cartes. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes.

Emad A.M. & Gamal, E.E. 2013. Screening for Antimicrobial Activity of some plants from Saudi Folk Medicine. Glob. J. Res. Med. Pl. Indig. Med. 2: 189-197.

Ennabili A. & Ater M. 1996. Flore (pteridophyta et spermatophyta) des zones humides du maroc méditerranéen : inventaire et écologie. Acta Botanica Malacitana. 21 : 221-239.

Ennabili A & Ater M. 2005. Diversité floristique et production de biomasse des macrophytes des marais de Smir. Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série générale. N° 4. 17-25.

Ennabili A. & Gharnit N., 2003. Effets d'aménagements du littoral tetouanais (nord-ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (spermatophyta). Acta Bot. Barc. 48 : 199-216.

Ennabili A. & Radoux M. 2006. Teneurs en azote, phosphore et potassium (nPK) d'hygrophytes au Maroc méditerranéen. Acta Bot. Barc. 50 : 459-464

Esmail A., Chahboun N., Mennane Z., Amiyare R., Abed H., Barrahi M. Qebibo A. Ouhssine M. & Berny E.H. 2015. Étude de l'activité antimicrobienne des margines issues de Fès Boulman vis-à-vis de souches pathogènes. J. Mater. Environ. Sci. 6 (3). 869-876.

Études Sur La Végétation Du Maroc. 1921. Bulletin de la Société Botanique de France, 68:6, 9-152, DOI: 10.1080/00378941.1921.10836796.

Everitt B.L. 1980. Ecology of salt cedar- a plea for re-search. Environmental Geology. 3. 77-84.

Fabienne S. 2014. Thèse. Extraction, caractérisation et étude électrochimique de molécules actives issues de la forêt amazonienne pour la protection du zinc contre la corrosion. Université des Antilles et de la Guyane. Institut d'Enseignement Supérieur de la Guyane.

Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Bouraoui N.K., Trabelsi N., Boulaaba M. & Abdelly C. 2008. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. Organs, and their biological activities. Comptes rendus. Pharmacologie, toxicologie.

Falleh H., Oueslati S., Guyot S., Ben Dali A., Magné C., Abdelly C. & Ksouri R., 2011. LC/ESI-MS/MS characterisation of procyanidins and propelargonidins responsible for the strong antioxidant activity of the edible halophyte *Mesembryanthemum edule* L. Food Chem. 127: 1732-1738.

Fareh M., Franchimont Jacques, Omar El Rhaouat, Driss Belghyti and Khadija El Kharrim. 2015. Hénologie des ardéiformes de la zone humide fouarat de kénitra (maroc). International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol. 13 No. Pp. 257-267.

Fauchere I.L., Avril J.L., 2002. Bactériologie générale et médicale. Editions Ellipses. 122 p

Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A. & El Oualidi J. 1998. Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol. 1. Trav. Inst. Sci., Rabat, Série Bot. N 36.

Fennane M. & Rejdali M. 2016. Plantes aromatiques et médicinales du Maroc : Richesse, diversité et menaces. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie. 38.

Fougrach H., Badri. W & malki. M. 2007. Flore vasculaire rare et menacée du massif de Tazekka (région de Taza, Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2007, n°29, 1-10.

Frossard P.A. et Évette A. 2009. Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion en rivière : une tradition millénaire en constante évolution. Ingénieries N° spécial. 99 à 109.

Fu B.H. & Burgher I. 2015. Riparian vegetation NDVI dynamics and its relationship with climate, surface water and groundwater. J. Arid Environ. 113, 59-68.

Gasking J.F. & Schaal B.A. 2002. Hybrid Tamarix widespread in US invasion and undetected in native Asian range. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 99: 1125-11259.

Gaskin J.F. & Shafroth P.B. 2005. Hybridization of Tamarix ramosissima and T.Chinensis (saltcedars) with T. Aphylla (athel) (family Tamaricaceae) in the southwestern USA determined from DNA sequence data. Madrono. 52 : 1-10.

Gaskin J. F. and kazmer D. J. 2006. comparison of ornamental and wild saltcedar (tamarix spp.) along eastern montana, USA riverways using chloroplast and nuclear DNA sequence markers. wetlands, vol. 26, no. 4, pp. 939–950.

Gaston, B., 1998. La grande flore en couleurs. France, Suisse, Belgique et pays voisins, tome 1. E'ditions Berlin Paris,373.

Ghazanfar S. A. 1994. Handbook of Arabian Medicinal Plants. 1st edn. Boca Raton, FL: CRC Press. Pp: 203-204

Glombitza K.W., Mahran G.H., Mirhom Y.W., Michael K.G. and Motawi T.K. 1993. Hypoglycemic and Antihyperglycemic effects of Zizyphus spinachristi in rats. Planta Med., 60: 244-247.

Gries D., Foetzki A., Arndt S.K., Bruelheide H., Thomas F. M., Zhang X. & Runge M. 2005. Production of perennial vegetation in an oasis-desert transition zone NW China-allometric estimation, and assessment of flooding and use effects. Plant Ecol. 181:23 -43.

Guan X.Y., Wang S.L., Gao Z.Y. & Fu X.J. 2012. Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district. Acta Ecol. Sin. 32. 1202-1210.

Hadjadj Soumia. 2017. Thèse. Analyses phytochimiques et activités biologiques des extraits de deux plantes médicinales du Sahara septentrional Est Algérien. Université Kasdi -Merbah Ouargla.

Hamidi, S. 1990. Thèse. Etude de la migration de *Sylvia atricapilla* au Maroc. Etude biométrique et exploitation des données du baguage. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Mohamed V, Rabat.

Hammada S., Dakki M., ibn Yattou M., Ouyahya A. & Fennane M. 2004. Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du maroc. Flore rare, menacée et halophile. Acta Botanica Malaciata. 29. 43-66.

Hamsi Nouria. 2013. Thèse. Contribution à l'étude de l'optimisation de l'extraction solide-liquide des lipides par Soxhlet du caroubier (*Ceratonia siliqua*) de la région de Tlemcen. Université Abou Bakkr Belkaid-Tlemcen.

Hassiba B., Kamel G., Seddik K., Smain A. Et Sihem S. 2014. Phytochemical analysis and anti-lipid peroxidation activity of tamarix africana l. Extracts. Global J Res. Med. Plants & Indigen. Med. Volume 3, Issue 7, 278–285.

Himed L., Merniz S. & Barkat M. 2016. Evaluation des activités antioxydante et antibactérienne de l'huile essentielle de Citrus limon (variété Lisbon) extraite par hydrodistillation. Algerian Journal of Natural Products. 4 : 1. 252-260.

Holzappelw., A. Arini, M. Aeschbacher, R. Coppolecchia and B. Pot. 2018. Enterococcus faecium SF68 as a model for efficacy and safety evaluation of pharmaceutical probiotics. Beneficial Microbe.H.A. 2000. Tamaricaceae in the flora of Egypt. Tackholmia, 20(1): 17-31.

Hyardin A. 2008. Thèse. Etude de la fonctionnalité alimentaire de plats industriels. Institut National Polytechnique de Lorraine.

Ijbari H., Sheidai M., Mehrabian A., Noor mohammadi Z. & Ghasem zadeh -baraki S. 2014. K-means clustering and structure analyses of genetic diversity in tamarix l. Accessions. Turkish journal of botany. 38. 1080-1094.

Imada S., Matsuo N., Acharya K. & Ya manaka N. 2015. Effects of salinity on fine root distribution and whole plant biomass of *Tamarix ramosissima* cuttings. Journal of arid environment. 114. 84-90.

Imen Nasri. 2016. Thèse. Etude phytochimique et activités biologiques de *Diplotaxis* sp. : application à l'étude des cellules souches coliques pathologiques. Université de Toulouse.

Iqbal H., Muhammad Ishfaq, Muhammad Naseer Abbas, Ijaz Ahmad, Ali Rehman, Syed Badar Amin, Bibi Ibtisam Shagufta and Musarat Ullah. 2015. In vitro antimicrobial Study of *Tamarix aphylla* in View of Phytochemical Constituents. Pharmacologia. 333.336.

Jeevarathinam C., Rajasekar S. & Miguel A.F. 2013. Vibrational resonance in groundwater - dependent plant ecosystems. Ecol. Complex. 15. 33-42.

Jdey A., Falleh H., Ben Jannet S., Hammi K.M., Dauvergne X. Ksouri R. & Magné C. 2017. Phytochemical investigation and antioxidant, antibacterial and anti-tyrosinase performances of six medicinal halophytes. South African Journal of Botany. 112. 508-514.

Kahina. A., 2019. Thèse. Composition Chimique et activités biologiques de métabolites secondaires de *Crithmum maritimum* L., de *Melissa officinalis* L. et de *Thymus pallezensis* de Noé et effet de l'irradiation gamma sur les huiles essentielles du thym. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach –Alger-.

Karaoui I., Abdelkrim Arioua, Abdelkhalek El Amrani Idrissi, Wafae Nouaim, Driss Elhamdouni, Kamal Ait Ouhamchich, Mohammed Hssaisoune, Rachid Hnini. 2017. Evaluation of the River-Shallow Aquifer Exchange Process Effect on Surface Water Quality Deterioration. Journal of Geoscience and Environment Protection, 5, 123-134.



Karker M., De Tommasi N., Smaoui A., Abdelly C., Ksouri R. & Braca A. 2016b. New Sulphated Flavonoids from *Tamarix africana* and Biological Activities of Its Polar Extract. *Planta Med.* 82 : 1374-1380.

Karker M., Falleh H., Msaada K., Smaoui K., Abdelly C., Legault J. & Ksouri R. 2016a. Antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of the medicinal halophyte *Reaumuria vermiculata*. *Excli Journal.* 15. 297-307.

Kasangana P.B., Haddad P.S. & Stevanovic T., 2015. Study of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of *Myrianthus Arboreus* (Cecropiaceae) Root Bark Extracts. *Antioxidants.* 4. 410-426.

Kebieche M. 2009. Activité biochimique des extraits flavonoïdiques de la plante *Ranunculus repens* L : effet sur le diabète expérimental et l'hépatotoxicité induite par l'Epirubicine. Université Mentouri Constantine.

Kerns B.K., Bridgett J. Naylor, Michelle Buonopane, Catherine G. Parks, and Brendan Rogers. 2009. Modeling Tamarisk (*Tamarix* spp.) Habitat and Climate Change Effects in the Northwestern United States. *Invasive Plant Science and Management.* 2. 200-215.

Khabtane A. 2015. Thèse. Contribution à l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre *Tamarix* dans différents écotopes de la zone steppique de Khenchela (Est Algerien). Université des Frères Mentouri Constantine. Algerie.

Khiraoui A., Al Faiz C., Hasib A., Bakha M., Benhmimou A., Amchra F.Z. & Boulli A. 2018. Antioxidant Ability, Total phenolic and Flavonoid contents of Leaf extract of *Stevia rebaudiana* Bertoni Cultivated in Morocco. *International Journal of Scientific & Engineering Research.* Vol 9.

Khoudali S., Benmessaoud D., Essaqui A., Zertoubi M., Azzi M. & Benaissa M. 2014. Étude de l'activité antioxydante et de l'action anti corrosion de l'extrait méthanolique des feuilles du palmier nain (*Chamaerops humilis* L.) Du Maroc. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (3) : 887-898.

Kirtikar KR, Basu BD. 1996. *Indian Medicinal Plants*, iind Edition, International Book Distributor, Dehradun, India. IV:1096-1100.

Klein E.K., Fady B., Gaüzère J., Lefèvre F., Oddou-Muratorio S. & Pichot C. 2015. Migration, dispersion des pollens et des graines : interaction de processus démographiques et génétiques. INRA, UR 629 Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes (URFM), F-84000 Avignon 2 INRA, UR 546 Unité Biostatistique et Processus Spatiaux (biosp), F-84000 Avignon. *Innovations Agronomiques.* 47. 81-95.

Klose A. 2009. Soil characteristics and soil erosion by water in a semi-arid catchment (Wadi Drâa, South Morocco) under the pressure of global change. Doctoral thesis. University of Bonn.

Komaroz M. 1949. *Flora USSR.* L, Academ. Nauk, USSR. 290-321.

Kovalev O.V. 1995. Co-evolution of the Tamarisks (Tamaricaceae) and Pest Arthropods (Insecta; Arachnida: Acarina) with special reference to biological control prospects. In: *Proceedings of Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg*, vol. 259. Pensoft Publishers, Moscow.

Ksouri R., Falleh H., Megdiche W., Trabelsi N., Mhamdi B., Chaieb K., Bakrouf, Magné A.C., Abdelly C. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. And related polyphenolic constituents. *Food and Chemical Toxicology.* 47. 2083–2091.

- Ksouri R., Ksouri W. M., Jallali I., Debez A., Magné C., Hiroko I. & Abdelly C. 2012. Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. *Crit Rev Biotechnol*; 32: 289–326.
- Kubitzki. K., Bayer. C. 2003. Flowering Plants, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, 2003.
- Kuzminsky E., De Angelis P., Abou Jaoudé R., Abbruzzese G., Terzoli S., Angelaccio C., De Dato G., Monteverdi M.C. & Valentini R. 2016. Biodiversity of Italian *Tamarix* spp. Populations: their potential as environmental and productive resource. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*.
- Lahrouz. S., Dakki. M. et Gmira. N. 2011. Le macérage de Fouwarate (Kenitra, Maroc) : Site de conservation d'oiseaux menacés par l'urbanisation. *Afrique Science*, Vol. 7, N°1
- Laouini S. 2014. Thèse. Etude phytochimique et activité biologique d'extrait de des feuilles de *Phoenix dactylifera* dans la région du Sud d'Algérie (la région d'Oued Souf). Université Mohamed Khider Biskra. Faculté des Sciences et technologie.
- Lavaine C. 2009. Génie végétal en milieu alpin Evaluation des capacités de bouturage et de la résistance à la sécheresse de *Myricaria germanica*. Cemagref de Grenoble (UR EM). Ecole Normale supérieure de Lyon (UMR 5600).
- Lavaine, C., Evette, A., Piégay, H., Brahic, P. 2011. Génie végétal contre l'érosion des berges de cours d'eau dans un contexte de changement climatique : quelles nouvelles espèces utiliser ? 1ères Rencontres Interdisciplinaires Doctorales de l'Aménagement Durable (RIDAD 2011).
- Lavaine C. Thèse. 2013. Evaluation des capacités biotechniques de boutures de Salicaceae et Tamaricaceae sur un gradient de sécheresse. École Normale Supérieure de Lyon.
- Lefahal M., Benahmed M., Louaar S., Zallagui A., Duddeck H., Medjroubi M. & Akkal S. 2010. Antimicrobial Activity of *Tamarix gallica* L. Extracts and Isolated Flavonoids. *Advances in Natural and Applied Sciences*. 4 (3): 289-292.
- Lefahal M., Nabila Zaabat , Lakhdar Djarri , Merzoug Benahmed , Kamel Medjroubi , Hocine Laouer et Salah Akkal. 2017. Evaluation of the antioxidant activity of extracts and flavonoids obtained from *Bunium alpinum* Waldst. & Kit. (Apiaceae) and *Tamarix gallica* L. (Tamaricaceae). *Curr. Issues Pharm. Med. Sci.*, Vol. 30, No. 1, Pages 5-8.
- Lesica P. & Miles S. 2001. Tamarisk growth at the northern margin of ITS naturalized range in montana, USA. *WETLANDS*. 21. 2. 240-246.
- Lesica P. & Miles S. 2004. Ecological strategies for managing tamarisk on the C.M. Russell National Wildlife Refuge, Montana, USA. *Biological Conservation*. 119. 535-543.
- Lewis A., deLoach P.C.J., Herr C.J., Tom L.D. & Raymond I.C. 2003. Assessment of risk to native *Frankenia* shrubs from an Asian leaf beetle, *Diorhabda elongata deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae), introduced for biological control of saltcedars (*Tamarix* spp.) In the western United States. *Biological Control*. 27. 148-166.
- Leybros J. Et Frémeaux P. 1990. Extraction solide-liquide. Aspects théoriques In : Les techniques de l'ingénieur.
- Libiad. M., Khabbach. A. et Ennabili. A. 2012. Végétation ripicole et gestion des eaux de surface, cas du bassin versant de l'oued Inaouène (NO du Maroc). *Revue AFN Maroc*. N°6-8
- Linda K. & Manef A. 2018. Dosage des poly phénols et étude de l'activité antioxydante et antimicrobienne des différents extraits des feuilles du *Globularia alypum* L. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. Volume 12. Issue 1 Ver. 68-74.

Liu L., Wang N., Ying-Jung Wu A., Lin C., Lee C., Liu C. 2017. *Citrobacter freundii* bacteremia: risk factors of mortality and prevalence of resistance genes. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*.

Mahe G., Hamid Ben abdefadel, Claudine Dieulin, Meryem Elbaraka, Mohamed Ezzaouini, Kenza Khomsi, Nathalie Rouche, Mohamed Sinan, Maria Snoussi, Armand Tra Bi Et Abdelaziz Zerouali. 2014. *Evolution des débits liquides et solides du Bouregreg*. ARGDT, Rabat, Maroc, ISBN 978-9954-33-482-9, 21-36.

Mahabir D. And Gulliford M.C. 1997. Use of medicinal plants for diabetes in Trinidad and Tobago. *Rev. Panam Salud Publica*, 1: 1-16.

Mahfoudhi A., Abdelkader Ben Salem, Meriem Garrab, Saoussen Hammami, Mohamed Gorcii(c), Maha Mastouri(c), Zine Mighri. 2016. Antioxidant and antimicrobial activities of *Tamarix aphylla* (L.) Karst. Growing in Tunisia. *Moroccan Journal of Chemistry*. 4N°4. 987-995.

Maire B., Karim LAÏDI & Alain MATHURIN. 2013. La valeur patrimoniale croissante de la zone humide de Fouarat (Kenitra) pour quelques espèces-clés de l'avifaune marocaine. *Go-South Bull.* 10, 198-202.

Maliha S. N., Deborah, J. C., William, G. K. & Samuel, S. 2008. Regional Assessment of Landscape and Land Use Change in The Mediterranean Region, Morocco Case Study (1981–2003). P.H. Liotta et al. (eds.), *Environmental Change and Human Security*, Springer Science + Business Media B.V. 143–165.

Margat J. 1961. Les eaux salées au Maroc : hydrogéologie et hydrochimie. *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 151, pp. 7-137.

Marwat S.K., Rehman F., AJAB Khan M., Ahmad M., Zafar M. AND Ghulam S. 2011. Medicinal folk recipes used as traditional phytotherapies in district dera ismail khan, kpk, pakistan. *Pak. J. Bot.*, 43(3): 1453-1462.

Mayachiew P. & Devahastin S. 2018. Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts. *Food Science and Technology*. 41. 1153-1159.

Mayonde S.G., Cron G.V., Gaskin J.F. & Byrne M.J. 2015. Evidence of *Tamarix* hybrids in South Africa, as inferred by nuclear ITS and plastid trnS–trnG DNA sequences. *South African Journal of Botany*. 96 : 122-131.

Merkel D.L. & Hopkins H.H. 1957. Life history of salt cedar (*Tamarix gallica* L.). *Transactions Of the Kansas Academy of Science*. 60. 360-369.

Merritt D.M. & Poof N.L. 2010. Shifting dominance of riparian *Populus* and *Tamarix* along Gradients of flow alteration in western North American rivers. *Ecological Applications*. 20 (1).135-152.

Michel B.Y. 1986. Mécanismes moléculaires de l'action des antibiotiques. *Collections de Biologie moléculaire*. Edition Masson. 370 p.

Mohammed Z. And Atik F. 2011. Impact of solvent extraction type on total polyphenols content and biological activity from *Tamarix aphylla* (L.) Karst. *Inter. J. Pharma. Bio. Sci.* Vol. 2. Pp. 609-615.

Mokhtari N., mrabet R., lebailly P. et Bock L. 2014. Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 2 (1) :50-66.

Monica Scognamiglio, Brigida D'Abrosca, Assunta Esposito and Antonio Fiorentino, 2015. Metabolomics: an unexplored tool for allelopathy studies. Journal of allelochemical interactions.

Monographie générale de la région de Draa-Tafilalet. 2015. Royaume du Maroc, Ministère de

L'intérieur, Direction générale des collectivités locales.

Monographie régionale de Tadla Azilal, 2010. Haut-Commissariat au plan.

Monographie générale. La région de Rabat Sale Kenitra, 2015.

Monographie de la province de Guercif. 2019. Haut-Commissariat au Plan. Direction Régionale de l'Oriental.

Natale E.S., Gaskin J., Zalba M., Ceballos M. & Reinoso H.E. 2008. Especies del género Tamarix (Tamaricaceae) invadiendo ambientes naturales y seminaturales en Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 43 (1-2) : 137-145.

NAZ F., Syeda Qamarunnisa, Zabta Khan Shinwari, Abid Azhar And Syed Irtifaq Ali. 2013. Phytochemical Investigations Of Tamarix Indicawilld. And Tamarix Passernioidesdel. Ex Desv. Leaves From Pakistan. Pak. J. Bot., 45(5): 1503-1507.

NELROY E. J. 1996, Chemical Control of Saltcedar (Tamarix ramosissima), Saltcedar Management Workshop, The Agricultural Group, Monsanto Company.

N'GUESSAN K., Beugré KADJA, Guédé N. ZIRIHI, Dossahoua TRAORÉ & Laurent AKÉ-ASSI. 2009. Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). Sciences & Nature Vol. 6 N°1 : 1-15.

Niloufari P. 1977. Les tamarix de l'Iran, Turquie et Pakistan avec les remarques sur les Tamarix du monde. Orman Fakultesi dergisi. Istanbul Universitesi.

Ogueke C. C., Ogbulie J. N., Okoli I. C. & Anyanwu B. N. 2007. Antibacterial activities and toxicological potentials of crude ethanolic extracts of euphorbia hirta. Journal of American Science. 3 (3) : 11-16.

Ohrman M. K. & Lair K. D. 2013. Tamarix and salinity: an overview. In: Sher, A., Quigley, M.F. (Eds.), Tamarix: a Case Study of Ecological Change in the American West. Oxford University Press. New York. 123-145

Orch H., Zidane L. & Douira A. 2013. Contribution à la connaissance de la Flore vasculaire du massif d'Izarène (Nord-Ouest Maroc). Journal of Animal & Plant Sciences. Vol.20.

Ouattara L.H., Kabran G.R.M., Guessennnd N.K., Konan K.F., Mamyrbekova-Bekro J.A., Bekro Y.A. 2017. Activités antibactériennes in vitro des extraits d'écorces de racines de Mezoneuron benthamianum et de tiges de Paullinia pinnata : 2 plantes de la pharmacopée Ivoirienne. Revue comes – Série Pharm. Méd. Trad. Afr., 2016 ; 18(1) : 31-40.

Ouerghemmi I., Rebey I.B., Rahali Z., Bourgou S., Pistelli L., Ksouri R., Marzouk B. & Tounsi M.S. 2017. Antioxidant and antimicrobial phenolic compounds from extracts of cultivated and wild-grown Tunisian Ruta chalepensis. J food drug analysis 25: 350-359.

Orabi M.A.A., Taniguchi S., Terabayashi S. & Hatano T. 2011. Hydrolyzable tannins of Tamaricaceous plants IV: Micropropagation and ellagitannin production in shoot cultures of Tamarix tetrandra, Phytochemistry. 72. 1978-1989.

Pan. F., Su. T. J., Cai. S. M. et Wu. W. 2017. Fungal endophyte-derived Fritillaria unibracteatar.

wabuensis: diversity, antioxidant capacities in vitro and relations to phenolic, flavonoid or saponin

compounds. Scientific Reports.

Piette P. 2016. Métrologie appliquée à la kinésithérapie : mesures, tests et bilans, concepts fondamentaux, EMC. Kinesithérapie.

Poirot Rachel. 2007. Méthodologie pour le passage en continu d'extraction de soluté à partir de matière végétale. Institut National Polytechnique De Toulouse.

Pokorny J., Yanishlieva N. & Gordon M. H., 2001. Antioxidants in food: practical applications. CRC press.

Popovici C., Saykova I. & Tylkowski B. 2009. Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. Revue de génie industriel. 4 : 25-39.

Programme de Développement Territorial Durable des Oasis du Tafilalet REF : MAR/2010/059 consultation pour l'aménagement et la valorisation du sentier pedestre eau autour de la source de tasbelbat a Tinejdad rapport phase diagnostic diagnostic B.E.T.

Qaiser M. 1981. The genus Tamarix Linn. (Tamaricaceae) in Pakistan. Pak. J. Bot. 13. 107-158.

Qaiser M. 1982. Tamaricaceae. In: Flora of Pakistan. (Eds.) : E. Nasir and S.I. Ali. Rawalpindi. 4 : 1-65

Qaiser M. & Perveen A. 2004. Pollen flora of pakistan-XXXVII. Tamaricaceae, Pak. J. Bot. 36 (1) : 1-18.

Qin I., Kavindra V. Singh, George M. Weinstock And Barbara E. Murray. 2000. Effects of Enterococcus faecalis for Genes on Production of Gelatinase and a Serine Protease and Virulence. Infection and immunity, p. 2579–2586.

Qninba A., Benhoussa A., Hammada S. & Azeroual A. 2003. Fiche Descriptive Sur Les Zones Humides Ramsar (FDR). Catégories approuvées dans la Recommandation 4.7 modifiée par la Résolution VIII.13 de la Conférence des Parties contractantes.

Quezel P. & Santa S. 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Edition du centre national de la recherche scientifique.

Rihane A. 2012. Reproduction du Fuligule nyroca Aythya nyrocadans l'estuaire de l'Oued El Maleh, Mohammedia. Go-South Bull. 9 : 155-160.

Rivas Cembellin M.M., Leon arencibia M.C. & De la torre W.W. 1990. El genero Tamarix L, (Tamaricaceae) : Consideraciones acerca de los taxones presentes en Canarias, Vierarea. 19 : 29-44.

Royer M. 2018. These. Etude des relations entre croissance, concentrations en métabolites primaires et secondaires et disponibilité en ressources chez la tomate avec ou sans bioagresseurs. Université de Lorraine.

Rusanov F.N., 1949. The Middle Asian tamarisks. Izv. Akad. Nauk Uzbek SSR, Tashkent (in Russian).

Saffidine K. 2015. Thèse. Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de Carthamus caeruleus L. Et de Plantago major L. Université Ferhat Abbas. Setif.

- Sharma S.K., Parmar V.S. 1998. Novel constituents of *Tamarix* species. *J. Sci. Ind. Res.* 57, 873–890.
- Saïdana D., Mahjoub M. A., Boussaada O., Chriaa J., Chéraif I., Daami M., Mighri Z. & Helal A.N. 2008. Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of *Tamarix boveana* (Tamaricaceae). *Microbiol Res*, 163: 445–455.
- Salama F.M., El-naggar S.M. & Ramadan T. 1999. Salt Glands of some Halophytes in Egypt. *Phyton* (Horn, Austria). 39. 91-105.
- Shamir I. & Steinberger Y. 2007. Vertical Distribution and Activity of Soil Microbial Population in a Sandy Desert Ecosystem/ *Microbial Ecology*. 53. 340-347.
- Shannon M.C., Grieve C.M. & Francois L.E. 1994. Whole-plant response to salinity. In: Wilkinson r. E. (ed.), *plant – environment interactions*. 199-244.
- Samejo M.Q., Memon S., Bhangar M.I. & Khan K.M. 2011. Preliminary phytochemicals screening of *Calligonum polygonoides* Linn. *J Pharm Res.* 4 : 4402 -4403.
- Samejo M.Q., Sumbul A., Shah S., Memon S.B. & Chundrigar S. 2013. Phytochemical screening of *Tamarix dioica* Roxb. *Ex Roch. Journal of pharmacy research.* 7. 181-183.
- Scognamiglio M., D’Abrosca B., Esposito A. And Fiorentino A. 2015. Metabolomics: an unexplored tool for allelopathy studies.
- Scholz S., Osorio V.EM., De la torre W.W., Andreyes-betancort J. A. 2008. Notas sobre el género tamarixl. *En fuerteventura. Bot. Macaronésica.* 27: 127-132.
- Seikova I., mintchev A. 2002. Varying porosity kinetic model for direct and reactive Solid-liquid extraction. *Hungarian Journal of Industrial Chemistry*, 30, pp 95-101.
- Shafroth S., Stromber, J. & Patten D. 2000. Woody riparian vegetation response to different Alluvial water table regimes. *Western North American Naturalist.* 60. 66-76.
- Shafroth P.B. & Mark K.B. 2008. Restoration Ecology and Invasive Riparian Plants: An Introduction to the Special Section on *Tamarix* spp. In *Western North America. Restorationecology* Vol. 16. No. 1. 94-96.
- Sharifi-Rad J, Sharifi-Rad M, Hoseini-Alfatemi SM, Iriti M, Sharifi-Rad M. 2015. Composition, Cytotoxic and Antimicrobial Activities of *Satureja intermedia* C.A.Mey Essential Oil. *International Journal of Molecular Sciences. Int. J Mol. Sci.* 2015; 16(8):17812-17825.
- Slinkard K. & Singleton V. 1977. *Am. J. Enol. Viticult.* 28: 49–55.
- Souhilaa M., Mustaphaa K. Et Nacérab M. 2013. Etude de l’extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d’artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, n° 09. Pp 35 à 40.
- Sqalli H., El ouarti A., Ennabili A., Ibn souda S., Farah A., Haggoud A., Houari A. & Iraqui M., 2007. Evaluation de l’effet anti-mycobactérien de plantes du centre-nord du Maroc. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 146, 271-288.
- Sotiaux A. & Sotiaux O. 1981. *Tamarix boveana* (tamaricaceae) et *bowlesiaincana* (apiaceae)a mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears.* 25 : 175-177.
- Sudbrock A. 1993. Tamarisk control-fighting back: an overview of the invasion, and a low-impact way of fighting it..*Restor Manage Notes.*11: 31 -34.

Suleiman M.H.A. 2019. Thnobotanical, Phytochemical, and Biological Study of *Tamarix aphylla* and *Aerva javanica* Medicinal Plants Growing in the Asir Region, Saudi Arabia. Tropical Conservation Science.

Sultana B, Anwar F and Ashraf M. 2009. Effect of extraction solvent/technique on the Antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules* 19 : 2167-80.

Sultanova NA, Abilov zha, Omurkamzinova VB, Chaudri IM. 2002. Flavonoids of The Aerial Part of *Tamarix hispida*. *Chemistry of Natural Compounds* 38: 98-99.

Tabet A., Boukhari A. & Nouidjem Y. 2018. Phenolic content, HPLC analysis and Antioxidant activity extract from *Tamarix articulata*. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*.

Takhtajan A. 1997. Diversity and classification of flowering plants. New York, Columbia University Press.

Terzoli S., Beritognolo I., Sabatti M. & Kuzminsky E., 2010. Development of a novel set of EST-SSR markers and cross-species amplification in *Tamarix africana* (Tamaricaceae). *American Journal of Botany*: 45–47.

Thévenot M. 1976. Les oiseaux de la reserve de sidi-bou-rhaba. Laboratoire de Zoologie, Institut Scientifique.

Thorne R.F. 1976. Aphylogenetic classification of angiospermae, *E. Biol.* 9. 35-106.

Tian H., Kang M., Liu Y., Ye Q. & Yao X. 2012. High genetic diversity in remnant natural populations of *Myricaria laxiflora*, a species once considered to be extinct in the wild. *Aquatic botany*. 103 :48-53.

Toty A.A., Guessennd N., Bahi C., Kra A.M., Otokore D.A. & Dosso M. 2013. Evaluation in-vitro de l'activité antibacterienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harungana madagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistantes. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. V 82. P. 12 – 21.

Toyang N.J., Ateh E.N., Keiser J., Vargas M., Bach H., Tane P., Sondengam L.B., Davis H., Bryant J. And Verpoorte R. 2012. Toxicity, antimicrobial and anthelmintic activities of *Vernonia guineensis* Benth. (Asteraceae) crude extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 144: 700–704.

Trease G.E., Evans W.C. & Brailliar T.C. 1989. In: *Pharmacognsy*. 11th ed. Macmillian Publishers.

Ugbaja C.C., Fawibe O.O., Oyelakin A.S., Fadimu I.O., Ajiboye A.A., Agboola D.A. 2017. Comparative Phytochemical and Nutritional Composition of *Trichosanthes cucumerina* (L.) And Some *Solanum lycopersicum* (L.) Cultivars in Nigeria. *American Journal of Plant Sciences*, 8, 297-309.

Triplet P., Dakki M., Cherkaoui I., Lope M. & Dufour A. 2010. Mission consultative Ramsar– Rapport n° 71 : Moulouya, Maroc (2010).

Urfi M.K., Md. Mujahid, Badruddeen, juberakhtar, Mohammad Khalid, Mohammad Irfan Khan and Afreen Usmani. 2016. *Tamarix gallica*: For traditional uses, phytochemical and pharmacological potentials. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(1): 809-814.

Valdes B., Rejdali M., El Kadmiri A., Jury S.L. & Montserrat J.M. 2003. Catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc, incluant des clés d'identification. CSIC. Madrid. Vol 1. 491. 214-216.

- Venturella G., Baum B. & Mandracchia G. 2007. The genus *Tamarix* (Tamaricaceae) in Sicily: first contribution. *Flora Mediterranea*.
- Villar J.L., Alonso M.A., Juan A. & Crespo M.B. 2012. Does *Tamarix dalmatica* (Tamaricaceae) occur in Spain ?, *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 69. 253-258.
- Villar J.L., Alonso M.A., Vicente A., Juan A. & Crespo M.B. 2014. The genus *Tamarix* (Tamaricaceae) in Crete (Greece). *Willdenowia*. 44: 321 -326.
- Villar J.L., Alonso M.A., Juan A., Gaskin J.F. and Crespo M.B. 2019. Out of the Middle East: New phylogenetic insights in the genus *Tamarix* (Tamaricaceae). *Journal of Systematics and Evolution*.
- Waisel Y. 1961. Ecological studies on *Tamarix aphylla* (L.) Karst. III –The salt economy-Plant Soil. 13. 356-364.
- Waksmundzka-Hajnos M. & Sherma J. 2011. High Performance Liquid Chromatography in Phytochemical science. *Chromatographic Science Series*, 477-478.
- Warren D.K. & Turner R.L. 1975. Saltcedar (*Tamarix chinensis*) seed production, seedling establishment and response to inundation. *Journal of the Arizona Academy of Science*. 10. 135-144.
- Wiyada M. 2012. Classification of *Bacillus* Beneficial Substances Related to Plants, Humans and Animals. *J. Microbiol. Biotechnol.* (2012), 22(12), 1597–1604.
- Wollinger A., Elodie Perrin, Jamal Chahboun, Valerie Jeannot, Didier Touraud, Werner Kunz. 2016. Antioxidant activity of hydro distillation water residues from *Rosmarinus officinalis* L. Leaves determined by DPPH assays. *Comptes Rendus Chimie*. 19. 754-765.
- Xia J., Zhang S., Zhao X., Liu J. & Chen Y. 2016. Effects of different groundwater depths on the distribution characteristics of soil -*Tamarix* water contents and salinity under saline mineralization conditions. *Catena*. 142. 166.176.
- Yang Q.E. & Gasking J. 2007. Tamaricaceae. In Z. Y. Wu. P. H. Raven, and D. Y. Hong (eds.), *Flora of China*. Science Press. Beijing. And Missouri Botanical Garden. St. Louis. Vol 3. 58-66.
- Younos C., Soulimani R., Seddiqi N., Baburi O. & Dicho A., 2005. Étude ethnobotanique et historique des tamaris (*Tamarix* sp., Tamaricaceae) et leurs usages actuels en Afghanistan. *Phytotherapie*, 3: 248–251
- Wang Y., Liu Y., Liu S. & Huang H. 2009. Molecular phylogeny of *Myricaria* (Tamaricaceae): implications for taxonomy and conservation in China. *Botanical Studies*. 50: 343-352.
- Zamrane Zinebe. 2016. Thèse. Recherche d'indices de variabilité climatique dans des séries hydroclimatiques au Maroc : identification, positionnement temporel, tendances et liens avec les fluctuations climatiques : Cas des grands bassins de la Moulouya, du Sebou et du Tensift. Université Montpellier.
- ZHANG D., YIN L. & PAN B. 2002. Biological and ecological characteristics of *Tamarix* L. And its effect on the ecological environment. *Science In China (Series D)*.
- Zhang D.Y. 2005. Discuss on some systematical problems of Tamaricaceae. *Acta Bot. Yunn.*27: 471-478.
- Zhang Q. And Zhang X. 2012. Impacts of predictor variables and species models on simulating



*Tamarix ramosissima* distribution in Tarim Basin, northwestern China. *Journal of Plant Ecology*.

Zhang M., Meng H., Zhang H., Vyacheslav B.V. & Sanderson S. C. 2014. Himalayan Origin and Evolution of *Myricaria* (Tamaricaceae) in the Neogene. *Plos one*.

Zeng J., Cai W., Yang W. & Wu W., 2013. Antioxidant Abilities, Phenolics and Flavonoids Contents in the Ethanolic Extracts of the Stems and Leaves of Different *Stevia rebaudiana* Bert Lines. *Sugar Tech.*15(2): 209–213.

Zohary M. 1987. *Tamarix* L. In: Zohary, M. (ed.), *Flora Palestina*2: 350-362. Reprint. The Academy of Sciences and Humanities. Jerusalem.

Zohary M. 1972. *Tamarix*. - Pp. 351-364 in: Zohary M. (ed.), *Flora palaestina* 2. Academy of Sciences and Humanities.

Zohra, M., Fawzia, A. 2011. Impact of solvent extraction type on total polyphenols content and biological activity from *Tamarix aphylla* (L.) Karst. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2(1). 609-615.

# ANNEXE

# Les erreurs d'identification des espèces du genre *Tamarix* L. au Maroc : clés non uniformes et espèces polymorphes

*The identification errors of species of the genus Tamarix L. species in Morocco: non-uniform keys and polymorphic species*

Abdesslam BIHAOUI\*, Abdelmajid HADDIOUI & Soumaya HAMMADA

Laboratoire de biotechnologies et valorisation des ressources phylogénétiques. Faculté des sciences et techniques, université Sultan Moulay Slimane, BP 523, 23000 Béni Mellal, Maroc

\* Auteur correspondant : bihaouiabdesslam@gmail.com

Received: 29 July, 2019; First decision: 6 Sept., 2019; Revised: 2 Nov., 2019; Second decision: 6 Dec., 2019; Revised: 13 Dec., 2019; Accepted: 14 Jan., 2020

### Résumé

Ce travail met en évidence la diversité et les caractères morphologiques qui contribuent à des identifications fausses des *Tamarix* (Tamaricaceae) au Maroc. Ces difficultés d'identification expliquent la controverse sur le nombre d'espèces de *Tamarix* présentes au Maroc et dans le monde. Trois taxons précédemment recensés au Maroc sont confirmés : *T. africana* Poiret, *T. boveana* Bunge et *T. aphylla* Karst, alors que *T. amplexicaulis* Ehrenb pourrait être présent dans une seule station (Merzouga). Pour d'autres taxons : *T. canariensis* Willd et *T. gallica* L., leur détermination nécessite des études plus approfondies compte tenu de leurs ressemblances.

### Abstract

This work highlights the morphological diversity and characteristics that contribute to false identifications of *Tamarix* (Tamaricaceae) in Morocco. These difficulties of identification explain the

controversy over the number of *Tamarix* species present in Morocco and around the world. Three taxa previously recorded in Morocco are confirmed: *T. africana* Poiret, *T. boveana* Bunge and *T. aphylla* Karst, while *T. amplexicaulis* Ehrenb could be present in a single station (Merzouga). Concerning other taxa: *T. canariensis* Willd and *T. gallica* L., their determination requires further study in view of their similarities.

### Introduction

La famille des *Tamaricaceae* (Tamaricacées) est originaire de l'Eurasie et de l'Afrique (Komaroz 1949 ; Baum 1967 ; Qaiser 1982 in Qaiser & Perveen 2004). Certaines espèces de cette famille, par les vertus thérapeutiques qu'elles possèdent, sont considérées comme des plantes médicinales. Des plantations des

**Mots clés :** Maroc, *Tamaricaceae*, *Tamarix*, taxon.

**Keywords:** Morocco, *Tamaricaceae*, *Tamarix*, taxa.

espèces du genre *Tamarix* sont utilisées pour lutter contre l'érosion des berges des oueds et l'ensablement dans les régions sahariennes. Elles sont également utilisées comme plantes ornementales pour la production de nombreux chatons à fleurs roses ou blanches.

Le nombre de genres de la famille des *Tamaricaceae* varie selon les auteurs. Pour Crins (1989) la famille regroupe cinq genres : *Hololachna* Ehrenb., *Myricaria* Desv., *Myrtama* Ovez. et Kinz., *Reaumuria* L., et *Tamarix* L. Pour Zhang (2005 in Wang *et al.* 2009), la famille des *Tamaricaceae* est composée de trois genres (*Tamarix*, *Reaumuria* et *Myricaria*). Les travaux de Qaiser (2004), Zhang *et al.* (2014) et Kuzminsky (2016) montrent la présence de quatre genres : *Hololachna*, *Myricaria*, *Reaumuria* et *Tamarix*.

La variation du nombre d'espèces entre auteurs concerne également le genre *Tamarix* et peut être attribuée à sa complexité taxonomique et à la grande ressemblance entre les espèces (Baume 1978 ; Kuzminsky *et al.* 2016). Cette complexité conduit à l'existence de plusieurs classifications.

En 1816, Willdenow établit une première monographie du genre *Tamarix* sur 16 espèces (Baum 1978 ; Arianmanesh *et al.* 2015 ; Mayonde *et al.* 2015). En 1852, Bunge cite 51 espèces. D'autres études énumèrent de 54 à 90 espèces (Baum 1978 ; Qaiser 1981 ; Crins 1989 ; Yang & Gaskin 2007, Venturella *et al.* 2007).

Le Maroc est caractérisé par une large distribution des espèces du genre *Tamarix*. Jusqu'à présent six espèces y ont été mentionnées : *T. aphylla*, *T. amplexicaulis*, *T. boveana*, *T. africana*, *T. canariensis* et *T. gallica*. Cependant Baum (1978) considère *T. gallica* comme une espèce douteuse au Maroc, alors que de nombreux auteurs l'ont citée dans leurs travaux (Ennabili & Ater 1996 ; Valdés *et al.* 2002 ; Ennabili & Gharnit 2003 ; Ennabili & Ater 2005 ; Ennabili & Radoux 2006 ; Benkhiguel *et al.* 2011 ; El Mansouri *et al.* 2011 ; Rihane 2012 ; Orch *et al.* 2013 ; El Joubari *et al.* 2015).

La complexité de la taxonomie du genre *Tamarix* L. (Zohary 1972 ; Barry & Luque 1998 ; Villar *et al.* 2012 ; Arianmanesh *et al.* 2015), questionne l'existence de plusieurs espèces pour plusieurs régions du Maroc. Des similitudes peuvent en effet être source de confusion.

Il existe ainsi des confusions entre *T. gallica* et *T. canariensis* dues à la présence de caractères intermédiaires chez les spécimens des deux espèces (Baum 1978 ; Rivas Cembellin *et al.* 1990 in Barry & Luque 1998). D'autres confusions sont également signalées entre *T. boveana* et *T. africana* (Villar *et al.* 2012) et entre *T. africana* et *T. gallica* (Kuzminsky *et al.* 2016). Les similitudes entre ces espèces sont susceptibles de limiter l'efficacité des clés adoptées. La capacité de croisement entre espèces proches ne facilite pas le découpage taxonomique (Baum 1978 ; Gaskin & Schaal 2002 ; Gaskin & Shafroth 2005 ; Deloach *et al.* 2003 ; Shafroth & Mark 2008).

Un problème similaire est observable en Espagne pour l'espèce *T. dalmatica*. Villar *et al.* (2012) ont réalisé une étude comparative des caractères morphologiques des différentes espèces de *Tamarix* excluant *T. dalmatica* de l'aire ibérique alors qu'elle figurait dans la flore espagnole. Par ailleurs, en Grèce, Villar *et al.* (2014) confirment la présence de certaines espèces de *Tamarix* (*T. nilotica* et *T. smyrnensis*) en se basant sur des caractères différents de ceux utilisés par Baum (1978). Ces confusions rendent difficile la caractérisation de certaines espèces en se basant sur les travaux de Baum (1978) considérés néanmoins comme une référence.

Ces confusions pourraient avoir comme origine des descriptions faites sur un nombre limité d'individus à un lieu donné et pendant une période donnée.

Il nous a donc paru nécessaire de revisiter l'identification des espèces du genre *Tamarix* au Maroc en y réalisant un inventaire relativement exhaustif des espèces du genre *Tamarix* afin de recenser l'ensemble des variations du genre.

## Matériels et méthodes

La présente étude porte sur 51 populations de 560 spécimens du genre *Tamarix* récoltés dans neuf des onze régions géographiques du Maroc (Fennane *et al.* 1999) durant une période comprise entre avril 2015 et août 2018 (figure 1). Ces populations colonisent des milieux possédant des conditions climatiques, hydrologiques, topographiques et géologiques très différentes : les rives des cours d'eau temporaires (oued Derna) ou permanents (oued Oum Er'rabia, oued Sebou,

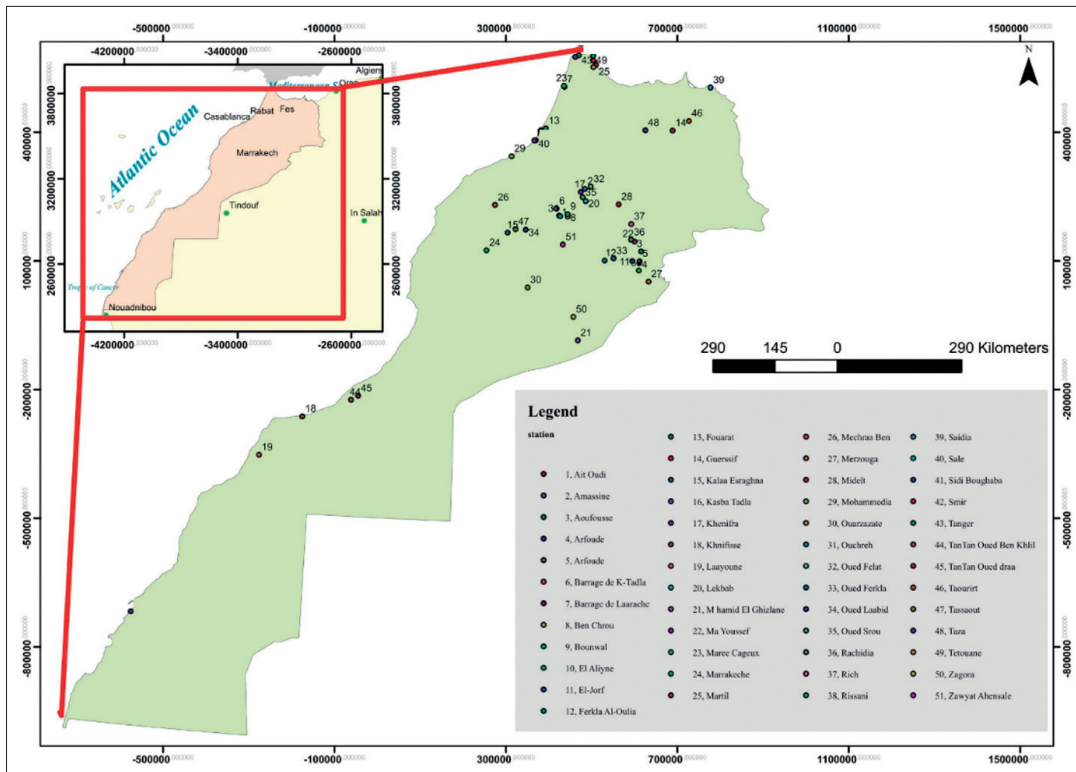


Figure 1 – Localisation des populations de *Tamarix* sur la carte du Maroc.

Figure 1 – Localization of *Tamarix* populations on the map of Morocco.

etc.), les embouchures fluviales (estuaire de la Moulouya, de Bouregreg), les zones côtières, les oasis (Aoufousse), les marais (Smir et bas Loukkos) ainsi que les zones désertiques (Merzouga, Laâyoune, M'Hamid El Ghizlane, Ouarzazate, etc.). Cette répartition montre que les espèces du genre *Tamarix* s'adaptent bien aux différents étages bioclimatiques du Maroc (humide, sub-humide, semi-aride, aride et saharien). Parmi ces espèces, certaines sont considérées comme des phréatophytes (Kerns *et al.* 2009), d'autres sont des plantes thermophiles à sub-thermophiles ou des psammophytes (Brock 1994 ; Gries *et al.* 2005).

Afin d'étudier les variations des différents critères d'identification entre individus d'une même population et au sein d'un même individu, un échantillonnage de 10 individus par population a été réalisé. Les individus échantillonnés étaient séparés d'environ 10 mètres les uns des autres de manière à couvrir la diversité existant au sein des populations (Tian *et al.* 2012).

Pour chaque spécimen, plusieurs rameaux placés à différentes expositions ont été collectés.

Après mise en herbar, les spécimens ont été identifiés en se basant sur plusieurs caractères morphologiques (forme, type, longueur et

largeur) de différents organes : feuille, chaton, fleur, rachis, bractée, pétale, sépale, étamine, anthère et disque.

Les espèces récoltées ont été identifiées au laboratoire de biotechnologies et valorisation des ressources phytogénétiques de la faculté des sciences et techniques de Béni Mellal. Différentes clés d'identification ont été utilisées : Baum (1967, 1978), Qaiser (1981), Cirujano (1993), Fennane *et al.* (1999), Valdés *et al.* (2003). En outre, nous avons comparé les espèces identifiées avec celles de l'Herbier national de l'Institut scientifique de Rabat qui porte sur différents pays : Algérie, Égypte, Espagne, Jordanie, Maroc, Palestine et Syrie (tableaux 1, 2 et 3).

## Résultats

La présence de trois espèces précédemment recensées a été confirmée : *T. aphylla*, *T. africana* et *T. boveana*. Pour *T. aphylla*, l'identification a directement été réalisée sur le terrain en se basant sur la forme vaginante des feuilles. Alors que chez *T. africana*, les individus se caractérisent par des feuilles sessiles qui peuvent atteindre 3,2 mm en

**Tableau 1 – Variation des caractères morphologiques de *T. aphylla* et *T. amplexicaulis*, en fonction des auteurs.**

**Table 1 – Variation of the morphological characters of *T. aphylla* and *T. amplexicaulis*, depending on authors.**

Espèce		<i>T. aphylla</i>	<i>T. amplexicaulis</i>
Organe	Feuille		
	Forme	Vaginante (Baume 1978, 1967, 1968, Quézel & Santa 1963; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Valdés <i>et al.</i> 2003)	Amplexicaule (Baume 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) Avec une pointe courte (Baume 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) Charnue (Baume 1978)
	Longueur		1,5 à 1,8 mm (Baume 1978) 1,5 mm (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Chaton	Longueur	6 cm (Baume 1967, 1968, 1978)	7 cm (Baume 1978)
	Largeur	4 mm (Baume 1967) 5 mm (Baume 1968, 1978)	9 mm (Baume 1978)
Fleur	Longueur		8 mm <i>T. pauciovulata</i> (Quézel & Santa 1963) 5 mm <i>T. balansae</i> (Quézel & Santa 1963) 5 mm (Fennane <i>et al.</i> 1999)
	Type	Pentamère (Baume 1968, 1978)	Pentamère (Baume 1978)
Pétale	Longueur	2,5 mm (Baume 1967, 1968)	
	Forme	Oblongue-elliptique à ovale-elliptique (Baume 1967, 1968, 1978)	Ovale-elliptique, ovale (Baume 1978) Obovale (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Bractée	Position	Dépasse le pédoncule (Baume 1967)	
	Forme	Bractée triangulaire à largement triangulaire, acuminée (Baume 1978)	Non amplexicaule (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Étamine	Nombre	5 (Baume 1978 ; Quézel & Santa 1963)	6-10 (Baume 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) 6-10 pour <i>T. pauciovulata</i> (Quézel & Santa 1963) 10 pour <i>T. balansae</i> (Quézel & Santa 1963)
Remarque			Baume (1978) a inclus <i>T. pauciovulata</i> et <i>T. balansae</i> dans <i>T. amplexicaulis</i>

longueur, des chatons de 8,4 cm de longueur (plus de 98 % des chatons observés ont une longueur inférieure ou égale à 7 cm) et de 8 mm de largeur, ainsi que des bractées de

forme triangulaire acuminées ayant pour la majorité (71 %) une longueur inférieure ou égale au calice. Les spécimens identifiés comme *T. boveana* se caractérisent par des



**Figure 2 – Spécimens de *Tamarix* possédant des nomenclatures différentes.**

**Figure 2 – Specimens of *Tamarix* with different nomenclatures.**

Tableau 2 – Variation des caractères morphologiques de *T. boveana* et *T. africana*, en fonction des auteurs.Table 2 – Variation of the morphological characters of *T. boveana* and *T. africana*, depending on authors.

Espèce		<i>T. boveana</i>	<i>T. africana</i>
Feuille	Forme	Sessile, à base étroite (Baume 1978)	Sessile (Baume 1978, 1967, 1978) Base étroite (Baume 1978)
	Longueur	4 mm (Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) 7 mm (Villar <i>et al.</i> 2012)	1,5 à 3 mm (Cirujano 1993 ; Valdés <i>et al.</i> 2003) 2,5 mm (Baume 1978) 4 mm (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Chaton	Longueur	8 cm (Cirujano 1993) 12 cm (Villar <i>et al.</i> 2012) 15 cm (Baume 1978)	7 cm (Baume 1967, 1978) 6,5 cm (Villar <i>et al.</i> 2012)
	Largeur	9 mm (Baume 1978) 12 mm (Cirujano 1993) 13 mm (Villar <i>et al.</i> 2012)	7 mm (Villar <i>et al.</i> 2012) 7 mm (8) (Valdés <i>et al.</i> 2003) 9 mm (Baume 1978) 12 mm (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Rachis	Type		Papilleux (Baume 1978)
Fleur	Longueur		4 mm (Fennane <i>et al.</i> 1999)
	Type	Tétramère (Bunge 1852 ; Quézel & Santa 1963 ; Sotiaux <i>et al.</i> 1981 ; Baume 1968, 1978 ; Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Scholz <i>et al.</i> 2008) Généralement tétramère (Villar <i>et al.</i> 2012) Pentamère (Baume 1978 ; Cirujano 1999 ; Fennane <i>et al.</i> 1999)	Pentamère (Bunge 1852 ; Quézel & Santa, 1963 ; Baume 1967, 1978 ; Villar <i>et al.</i> 2012)
Pétale	Longueur	4 mm (Cirujano 1993)	3 mm (Quézel & Santa 1963 ; Baume 1967, 1968, 1978)
	Forme	Obovale (Baume 1978 ; Cirujano 1993 ; Venturella <i>et al.</i> 2007) Elliptique-oblongue à obovale (Villar <i>et al.</i> 2012)	Ovale (Baume 1967 ; Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) Ovale-elliptique à elliptique (Baume 1978 ; Venturella <i>et al.</i> 2007) Ovale à elliptique (Villar <i>et al.</i> 2012) Obovale ou obo-elliptique (Venturella <i>et al.</i> 2007).
Bractée	Position	Dépasse le calice (Cirujano 1993 ; Villar <i>et al.</i> 2012) Dépasse les fleurs (Fennane <i>et al.</i> 1999)	Égalant presque le calice (Villar <i>et al.</i> 2012) Inférieure ou égale au calice (Fennane <i>et al.</i> 1999)
	Forme	Linéaire (Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) Oblongue (Villar <i>et al.</i> 2012)	Triangulaire à oblongue (Villar <i>et al.</i> 2012) Étroitement oblongue et peu aiguë à triangulaire ovale et acuminée (Baume, 1978)
Sépale	Longueur	3 mm (Cirujano 1993) 2 mm (Baume 1978)	1 à 1,8 mm (Cirujano 1993)
Anthère	Forme		Apiculée (Cirujano 1993) Non apiculée (Barry <i>et al.</i> 1988) Souvent non apiculée (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Étamine	Nombre	4 ou 5 (Baume 1978 ; Cirujano 1993)	5 (Cirujano 1993)

feuilles longues pouvant atteindre 7 mm de longueur, des fleurs tétramères, des bractées linéaires-oblongues dépassant le calice ainsi que des chatons larges pouvant atteindre 1,2 cm.

Concernant la présence de *T. amplexicaulis*, l'absence de pièce florale ne nous permet pas de lever tout doute sur l'identification du spécimen que nous avons collecté à Merzouga dans la même station que celle mentionnée sur l'échantillon conservé dans l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat (code 63950). Ce spécimen se caractérise par des feuilles amplexicaules et charnues pouvant atteindre 1,8 mm de longueur. Ces caractères

répondent aux descriptions de Baum (1978) pour les feuilles de *T. amplexicaulis*.

Concernant *T. canariensis* et *T. gallica*, leur existence au Maroc demeurent floues, l'identification basée sur l'examen de chatons d'un même spécimen pouvant conduire à des déterminations différentes. Cela explique les différences de nomenclature entre observateurs pour un même spécimen (figure 2). Ajoutons également la présence d'individus dont les caractéristiques morphologiques n'ont jamais été évoquées dans les clés taxinomiques (tableau 4).

**Tableau 3 – Variation des caractères morphologiques de *T. canariensis* et *T. gallica*, en fonction des auteurs.**

**Table 3 – Variation of the morphological characters of *T. canariensis* and *T. gallica*, depending on authors.**

Espèce		<i>T. canariensis</i>	<i>T. gallica</i>
Organe			
Feuille	Forme	Sessile (Baume 1967, 1978) Base étroite (Baume 1978)	Sessile (Baume 1967, 1978) Base étroite (Baume 1978), Pas ou peu embrassante à la base (Fennane <i>et al.</i> 1999)
	Longueur	1,3 à 2,5 mm (Cirujano 1993) 1,5 à 2,5 mm (Baume 1978)	1,5 à 2,5 mm (Cirujano 1993) 1,5 à 2 mm (Baume 1978)
Chaton	Longueur	4 cm (Cirujano 1993) 5 cm (Baume 1967, 1978)	5 cm (Cirujano 1993 ; Baume 1967, 1978)
	Largeur	3 à 4 mm (Cirujano 1993) 5 mm (Baume 1967, 1978 ; Valdés <i>et al.</i> 2003)	5 mm (Cirujano 1993 ; Baume 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) 4 mm (Quézel & Santa 1963 ; Baume 1967)
Rachis	Type	Papilleux (Quézel & Santa 1963 ; Baume 1978, ; Cirujano 1993)	Glabre (Bunge 1852 ; Baume 1968, 1978 ; Valdés <i>et al.</i> 2003 ; Venturella <i>et al.</i> 2007)
Fleur	Longueur		
	Type	Pentamère (Baume 1978, 1967 ; Cirujano 1993)	Pentamère (Baume 1967, 1978 ; Cirujano 1993)
Pétale	Longueur	1,25 à 1,5 mm (Baume 1978, 1967 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Valdés <i>et al.</i> 2003) 2,5 mm (Baume 1967 ; Venturella <i>et al.</i> 2007)	1,5 à 1,75 mm (Baume 1967) 2 mm (Baume, 1968, 1978 ; Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) 1,7 mm (Valdés <i>et al.</i> 2003) 2,2 mm (Venturella <i>et al.</i> 2007).
	Forme	Obovale (Baume, 1967, 1978 ; Cirujano, 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Valdés <i>et al.</i> 2003) Obovale à elliptique (Venturella <i>et al.</i> 2007).	Elliptique à ovale-elliptique (Baume 1967, 1968, 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Venturella <i>et al.</i> 2007). Elliptique (Valdés <i>et al.</i> 2003) Elliptique à ovale (Cirujano 1993)
Bractée	Position	Égale ou dépassant le calice (Baume 1968 ; Cirujano 1993 ; Valdés <i>et al.</i> 2002) Égale ou dépassant la fleur (Fennane <i>et al.</i> 1999)	Dépasse la limite supérieure des pédoncules sans atteindre l'extrémité du calice (Cirujano 1993 ; Venturella <i>et al.</i> 2007 ; Natale <i>et al.</i> 2008) Atteint le milieu du calice à l'anthèse (Baume 1968 ; Valdés <i>et al.</i> 2003) Plus courte que le calice (Fennane <i>et al.</i> 1999)
	Forme	Subulée (Cirujano 1993 ; Valdés <i>et al.</i> 2003) Triangulaire acuminée (Venturella <i>et al.</i> 2007) Triangulaire acuminée à subulée (Baume 1978)	Triangulaire (Cirujano 1993 ; Valdés <i>et al.</i> 2003) Ovale acuminée (Bunge 1852); Triangulaire acuminée à pointe émoussée (Baume 1978)
Sépale	Longueur	1 mm (Cirujano 1993)	1 mm (Cirujano 1993)
	Forme	La base est plus ou moins effilée (Baume 1978)	La base est de forme ovale (Baume 1978)
Anthère	Forme	Apiculée (Baume, 1978 ; Barry <i>et al.</i> 1988 ; Cirujano 1993)	
Étamine	Nombre	5 (Baume 1978 ; Cirujano 1993)	5 (Baume 1978 ; Quézel & Santa 1963)
Remarque	Nombre		Extrêmement polymorphe (Quézel & Santa 1963)

## Discussion

De nombreuses difficultés se posent dans l'identification de plusieurs espèces du genre *Tamarix* notamment en raison des clés taxinomiques adoptées pour certains pays, aux appréciations variables des rangs taxinomiques suivant les auteurs, aux monographies qui peuvent comporter certains caractères ambigus, sans négliger l'effet de l'âge et la position des rameaux et des chatons sur certains caractères.

## *T. aphylla* et *T. amplexicaulis*

Baum (1978) distingue ces deux espèces en se basant uniquement sur la forme et la taille de la feuille. Ces caractères sont considérés par Qaiser (1981) comme un marqueur taxinomique du genre *Tamarix*. Ces caractères foliaires permettent d'identifier *T. aphylla*. Chez *T. amplexicaulis*, ces seuls critères ne nous paraissent pas suffisants pour déterminer l'espèce. Il nous a été difficile d'identifier certains spécimens récoltés à proximité de l'embouchure de l'oued Draa où la présence de *T. amplexicaulis* est pourtant signalée



Tableau 4 – Caractère morphologique des spécimens traités.

Table 4 – Morphological character of the treated specimens.

Espèce	<i>T. aphylla</i>	<i>T. amplexicaulis</i>	<i>T. africana</i>	<i>T. boveana</i>	<i>T. canariensis/ T. gallica</i>	Cas 1	Cas 2
Caractéristiques	*Feuille : <i>vaginante</i>	*Feuille : amplexicaule de 1,8 mm à sommets court, charnue.	*Feuille : sessile, de 3,2 mm *Bractée : triangulaire large acuminée *Chaton : largeur : 8 mm *Fleur : pentamère.	*Feuille : sessile de 4 à 7 mm *Fleur : tétramère *Bractée : linéaire, dépassant le calice.	*Feuille : sessile, embrassante, peut atteindre 2,8 mm (un seul individu) *Rachis : glabre *Chaton : largeur : 5 mm *Pétale : obovale, obo- elliptique et elliptique *Bractée : triangulaire acuminée, triangulaire subulée *Sépale : ovale.	*Feuille : amplexicaule, à sommets long.	*Feuille : vaginante et pseudo- vaginante.
Clés	Baume 1978, 1967, 1968 ; Quézel & Santa 1963 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Valdés <i>et al.</i> 2003	Baume 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999	Baume, 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Valdés <i>et al.</i> 2003 ; Venturella <i>et al.</i> 2007	Bunge 1852 ; Quézel & Santa 1963 ; Baume 1968, 1978 ; Sotiaux <i>et al.</i> 1981 ; Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Villar <i>et al.</i> 2012			
Remarque	Présence avérée	Soupçonnée	Présence avérée	Présence avérée	Douteuse	Taxon non valide	Taxon non valide

dans les fiches Ramsar (Qninba *et al.* 2003) et également au niveau du bassin Draa (Klose 2009), ainsi qu'à Tinejdad (PDTDOT 2010). Les spécimens récoltés lors de cette étude ne répondent pas aux caractères définis par Baum (1978) malgré la présence d'un limbe foliaire amplexicaule (figure 3). Le caractère « limbe amplexicaule » n'est en effet pas suffisant pour confirmer la détermination de

*T. amplexicaulis*, les fleurs possédant cinq étamines et non six à dix selon Baum (1978) et Fennane *et al.* (1999).

Par ailleurs certains spécimens récoltés au niveau de Ferkla Oulia présentent sur le même rameau des feuilles vaginantes, ce qui est un caractère de *T. aphylla* et d'autres feuilles pseudo-vaginantes (figure 4) suggérant une hybridation entre *T. aphylla* et *T. amplexicaulis*.

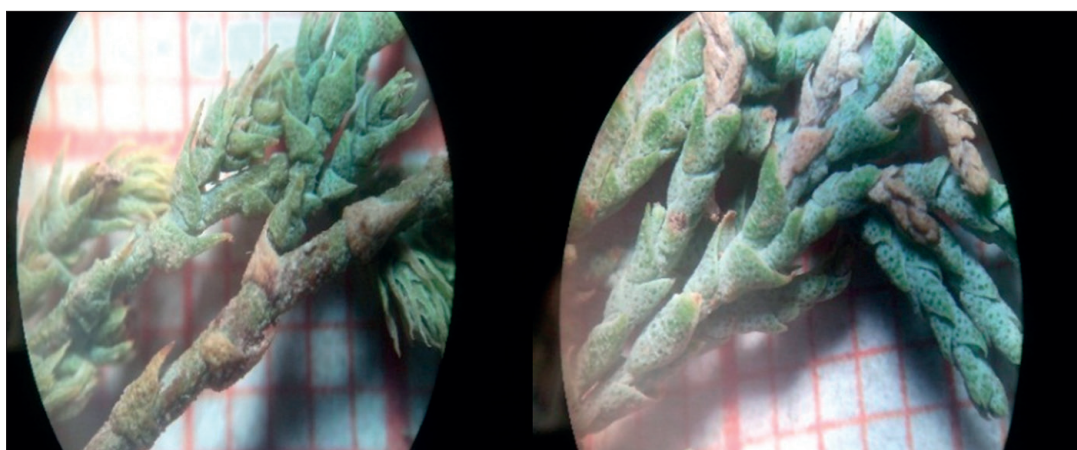


Figure 3 – Feuilles à limbe amplexicaule.

Figure 3 – Amplexicaul leaves.

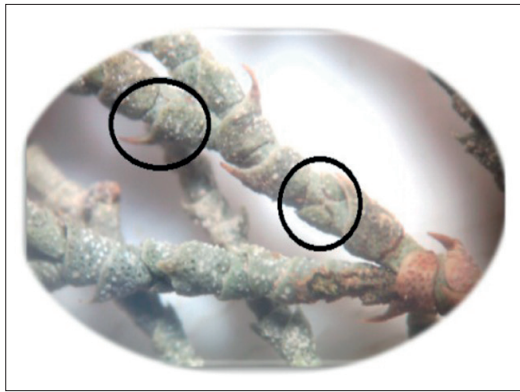


Figure 4 – Feuilles vaginantes et pseudo-vaginantes sur le même rameau.

Figure 4 – Vaginant and pseudo-vaginant leaves on the same branch.

D'autres individus collectés dans la région de Tafilalet (Merzouga) et du Sahara (oued Sakia El Hamra) présentent des feuilles amplexicaules plus ou moins denses avec une longueur qui varie entre 1,5 et 1,8 mm et un sommet court (figure 5).

D'après Baum (1978) ces caractères correspondent à *T. amplexicaulis*. Néanmoins les fleurs des spécimens récoltés au Sahara ne possèdent que cinq étamines alors que *T. amplexicaulis* contient entre six et dix étamines. Le spécimen récolté à Merzouga possède des feuilles charnues, ce qui est une caractéristique des *T. amplexicaulis* (Baum 1978). Nous avons également observé que cet échantillon ne contient pas de fleurs contrairement à d'autres espèces (*T. canariensis*/*T. gallica*) également rencontrées dans cette station. Cette absence observée en pleine période de floraison renforce l'hypothèse qu'il s'agisse de *T. amplexicaulis*.

D'autres difficultés d'identification ont été soulevées, elles sont en relation avec l'âge des

rameaux et le niveau d'insertion des feuilles sur les rameaux.

Les travaux antérieurs sur l'oued Draa (Qninba *et al.* 2003 ; Klose 2009) et ceux sur Tinejdad (PDTDOT 2010) énoncent la présence de *T. amplexicaulis* dans ces régions. Cependant les spécimens récoltés dans ces zones lors du présent travail montrent des feuilles présentant parfois des formes qui ne concordent pas avec celles de cette espèce. De ce fait, la structure de la fleur reste un critère d'identification discriminant dans le cas des *T. amplexicaulis*.

Les difficultés rencontrées peuvent être dues à la présence d'hybrides, au fait que le nombre d'étamines soit un caractère peu stable ou éventuellement à la présence de nouvelles espèces qu'il serait nécessaire de confirmer par des approches moléculaires.

#### *T. africana* et *T. boveana* :

*T. africana* est une espèce pentamère (Quézel & Santa 1963 ; Baum 1968 ; Bunge 1852) alors que *T. boveana* peut être soit tétramère (Bunge 1852 ; Quézel & Santa 1963 ; Sotiaux *et al.* 1981 ; Baum 1968, 1978 ; Cirujano 1993 ; Scholz *et al.* 2008) soit pentamère (Baum 1978 ; Cirujano 1993). Baum (1978) montre qu'il existe certaines ressemblances dans le cas où ces espèces sont pentamères. Dans notre cas, les spécimens de *T. boveana* sont tétramères et ne présentent pas de problème d'identification. Après l'examen de nombreux échantillons, nous avons pu constater que la forme de la bractée (large et dépassant le calice) et la taille du chaton permettent la distinction entre ces deux espèces. Les chatons des *T. boveana* sont plus larges (1,2 cm) que ceux des *T. africana* (8 mm), cela

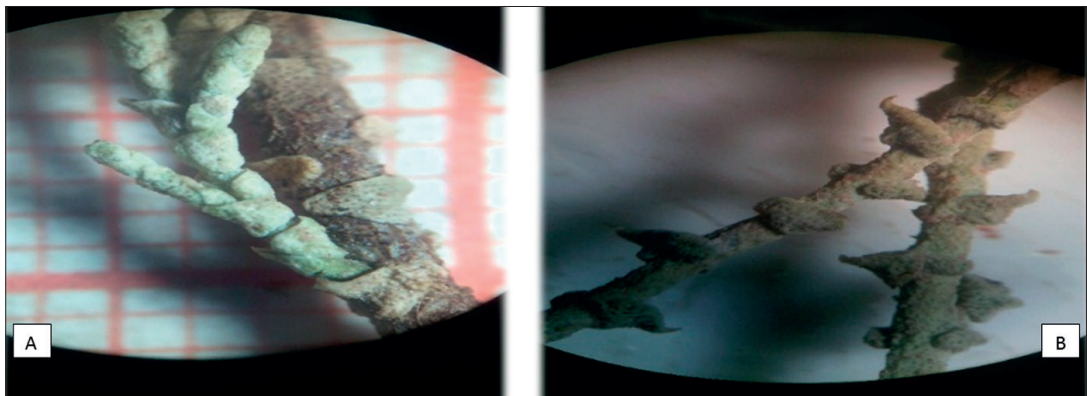


Figure 5 – Feuilles amplexicaules (A : Saquia El Hamra. B : Merzouga).

Figure 5 – Amplexicaul leaves (A: Saquia El Hamra. B: Merzouga).

concorde avec les observations de Villar *et al.* (2012) (figure 6). Cependant des variations de ces deux caractères sont décelées chez certains individus de la même espèce ou au sein du même individu. Ces variations pourraient dépendre de la période de récolte.

Les individus de *T. africana* sont caractérisés par des feuilles sessiles qui peuvent atteindre 3,2 mm de longueur. Les bractées sont larges, acuminées à triangulaires, sans ou avec une marge blanche. Les chatons sont larges de 8 mm. Les pétales de *T. boveana* sont obovales et ceux de *T. africana* sont de forme ovale, ovale-elliptique à elliptique (Baum 1978 ; Venturella *et al.* 2007). Certains spécimens récoltés présentent tous les caractères de *T. africana* sauf pour les pétales qui sont obovales ou obo-elliptiques, ce qui concorde avec la description faite par Venturella *et al.* (2007).

Au sud du Maroc et à Laayoune, au mois d'août, des spécimens ont été récoltés à l'état végétatif sans fleurs. Le seul caractère d'identification restant correspondait alors à la forme et la taille des feuilles. Ces spécimens présentaient des feuilles sessiles dont la taille varie entre 4 et 7 mm au niveau des jeunes rameaux (figure 7), ce qui rappelle les caractères de *T. boveana*. La présence de cette espèce a été mentionnée sur la côte nord-ouest de l'île de Jandía (îles Canaries). D'après Scholz *et al.* (2008) cette présence est le résultat de la dispersion des graines de l'espèce *T. boveana* présente au Sahara au sud du Maroc.

### ***T. gallica* et *T. canariensis* :**

Aucune étude ne permet de lever les doutes concernant l'existence de l'espèce *T. gallica* au Maroc et sa confusion avec *T. canariensis*. Les inventaires montrant la présence de ces deux espèces au Maroc reposent principalement sur la clé de Baum (1978), qui qualifie lui-même la présence de *T. gallica* comme douteuse.

Dans le cas de ces deux espèces, les bractées ont été parmi les principaux critères de différenciation. Mais la longueur de la bractée par rapport au calice varie en fonction des descriptions des auteurs. Chez *T. canariensis*, la bractée est égale ou dépasse le calice selon la monographie de Baum (1968), Cirujano (1993) et le Catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc (Valdés *et al.*, 2003) alors que selon la *Flore pratique du Maroc* (Fennane *et al.* 1999), la taille de la bractée est égale ou dépasse celle de la fleur. D'autres

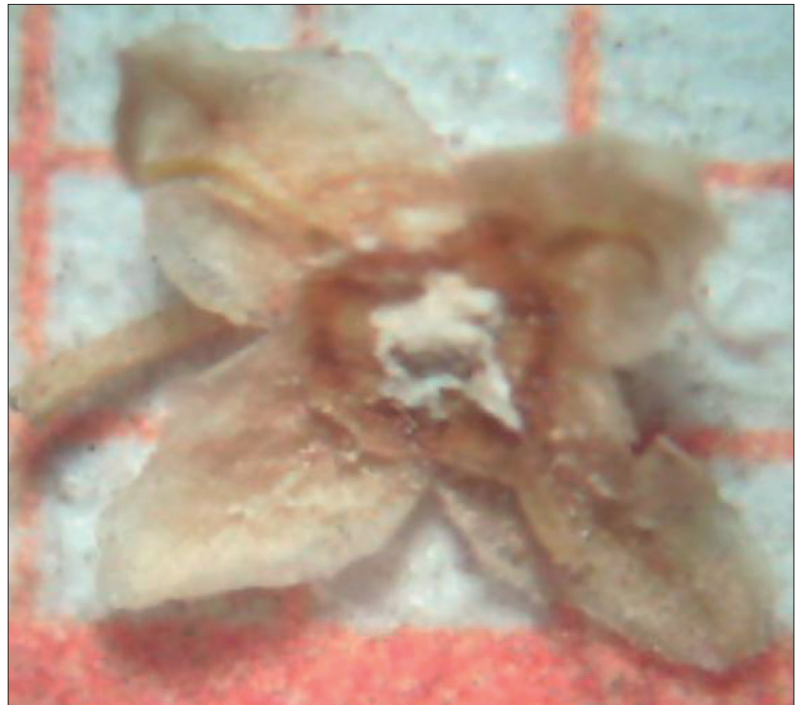


Figure 6 – Forme du disque chez *T. boveana*.

Figure 6 – Form of the disk in *T. boveana*.

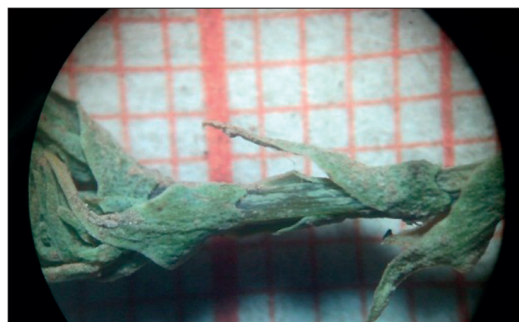


Figure 7 – Forme et longueur des feuilles de *T. boveana* collectées au Sahara.

Figure 7 – Form and length of leaves of *T. boveana* collected in the Sahara.

travaux ont décrit la bractée égale à légèrement supérieure au calice (Venturella *et al.* 2007). Chez *T. gallica* la taille de la bractée dépasse la limite supérieure des pédoncules sans atteindre l'extrémité du calice (Natale *et al.* 2008 ; Cirujano 1993 ; Venturella *et al.* 2007). Quant à Baum (1968) il précise qu'elle ne dépasse pas le milieu du calice. Selon Valdés *et al.* (2003) les bractées sont triangulaires et atteignent le milieu du calice à l'anthesis, et dans la *Flore pratique du Maroc* (Fennane *et al.* 1999) elles sont souvent décrites comme plus courtes que le calice.

Dans le présent travail l'examen de nombreux spécimens révèle que la longueur des bractées diffère au niveau du même individu

en fonction de la position des fleurs sur le même chaton, entre les chatons du même rameau ou en fonction de la période de floraison. Les variations concernent plusieurs facteurs, notamment la croissance des pédoncules floraux qui continuent à s'allonger durant la floraison, tandis que les bractées peuvent garder la même taille (Villar *et al.* 2012).

Pour Bunge (1852), *T. gallica* possède des bractées ovales acuminées. Mais dans la monographie de Baum (1978) elles sont triangulaires acuminées à pointe émoussée. Laquelle forme est attribuée aussi bien à *T. gallica* qu'à *T. canariensis* d'après Venturella *et al.* (2007). Concernant *T. canariensis*, la forme des bractées est subulée d'après Cirujano (1993), elle est triangulaire acuminée selon Venturella *et al.* (2007), et triangulaire acuminée à subulée dans la description de Baum (1978). Dans nos échantillons certains spécimens possèdent, sur le même chaton, des bractées de formes et de tailles variées. Elles sont triangulaires acuminées et/ou triangulaires subulées, ce qui concorde avec les descriptions de *T. canariensis* et *T. gallica*.

Par ailleurs, dans les travaux de Baum (1968, 1978), Bunge (1852), Venturella *et al.* (2007) et Valdés *et al.* (2003), les chatons de *T. gallica* sont glabres. Les spécimens des deux espèces récoltés, qui présentent des caractères similaires, possèdent tous des rachis glabres, ce qui renforce l'hypothèse que *T. gallica* soit présente au Maroc. Baum (1978) met la présence de cette dernière en doute pour le Maroc et on peut se poser la question de la capacité de ce seul caractère à discriminer *T. canariensis* et *T. gallica*.

Dans les clés d'identification, la taille des pétales de *T. canariensis* et *T. gallica* présente de légères différences. Chez *T. canariensis* elle varie de 1,25 à 1,5 mm (Baum 1978 ; Fennane *et al.* 1999) alors que dans les travaux de Venturella *et al.* (2007) les pétales peuvent mesurer jusqu'à 2,5 mm. Chez *T. gallica* la taille des pétales est de 1,5 à 2 mm (Baume, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999) et elle peut atteindre 2,2 mm (Venturella *et al.* 2007). La taille des pétales pourrait donc conduire à de fausses identifications. La forme des pétales, chez *T. canariensis*, est obovale (Baum 1978 ; Fennane *et al.* 1999) ou obovale à elliptique (Venturella *et al.* 2007). Chez *T. gallica*, les pétales sont elliptiques à ovales-elliptiques (Baum 1978 ; Fennane *et al.* 1999 ; Venturella *et al.* 2007).

Chez nos spécimens les pétales présentent des formes et des tailles différentes entre les individus de la même population et au sein du même individu : obovales, obo-elliptiques ou elliptiques. Ces similarités conduisent à ne pas considérer la forme et la taille des pétales comme un caractère discriminant entre *T. gallica* et *T. canariensis*.

Concernant les sépales, Baum (1978) montre qu'ils possèdent une forme ovale chez *T. gallica* et plus ou moins effilée chez *T. canariensis* (figure 8). En se basant sur ce critère, nous pouvons affirmer que les spécimens récoltés correspondent bien à *T. gallica* du fait qu'ils présentent tous des sépales de forme ovale.

La forme du disque nectarifère fait partie des critères d'identification selon Baum (1978), cependant certains auteurs ont mis en doute la fiabilité de ce caractère chez plusieurs espèces (Arianmanesh *et al.* 2015 ; Zohary 1987 *in*

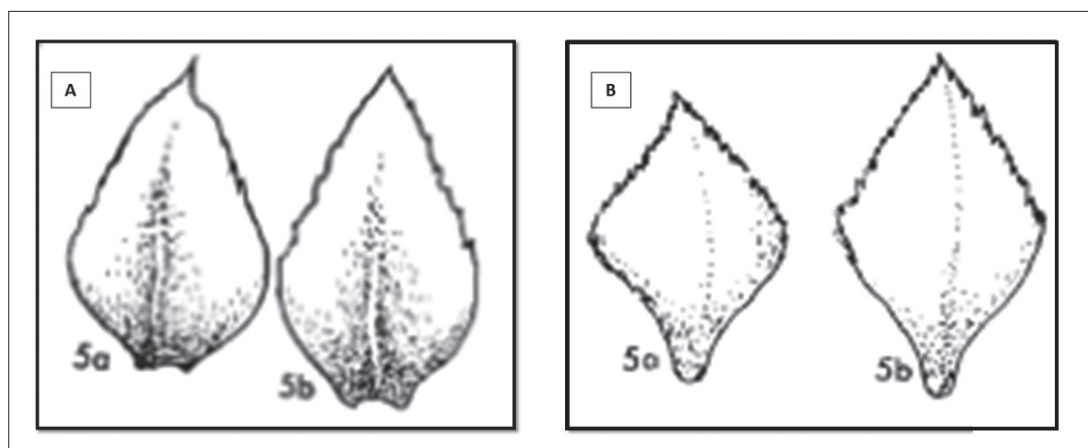


Figure 8 – A) forme des sépales chez *T. gallica*. B) forme des sépales chez *T. canariensis* (Baume 1978).  
 Figure 8 – A) Sepal form in *T. gallica*. B) Sepal form in *T. canariensis* (Baume 1978).

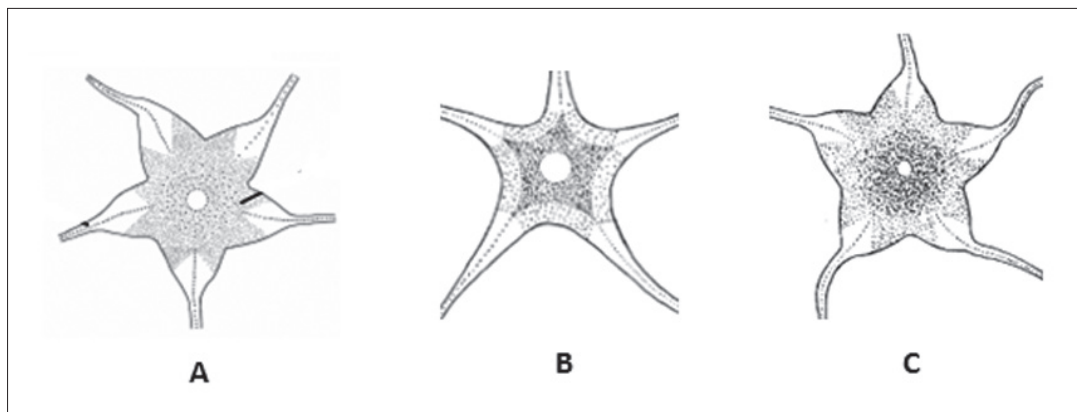


Figure 9 – Forme du disque : A) *T. gallica* (Natale et al., 2008) ; B) *T. gallica* (Baum, 1978) ; C) *T. canariensis* (Baum, 1978).

Figure 9 – Forme of the disk: A) *T. gallica* (Natale et al., 2008) ; B) *T. gallica* (Baum, 1978) ; C) *T. canariensis* (Baum, 1978).

Villar *et al.* 2012). Ainsi la forme du disque de *T. canariensis* (figure 9) décrite par Baum (1978) est semblable à celle de *T. gallica* décrite par Natale *et al.* (2008). Les disques des spécimens récoltés et identifiés, tous semblables à ceux décrits par Natale *et al.* (2008), suggèrent qu'il s'agit de *T. gallica*.

Des comparaisons entre les échantillons récoltés et ceux de l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat ne permettent pas de distinguer *T. gallica* et *T. canariensis*.

Ce constat questionne la fiabilité de certains caractères utilisés dans les différents travaux pour la séparation entre *T. gallica* et *T. canariensis*. C'est ainsi que Quézel & Santa (1963) dans leur revue *Nouvelle Flore de l'Algérie* ont décrit *T. gallica* comme une espèce très polymorphe.

La période de floraison (printanière ou estivale) joue sur les critères d'identification. Les travaux de Baum (1978) montrent que ces deux espèces présentent, au cours de la deuxième floraison (estivale), des caractères proches et similaires de ceux de *T. africana* et aucune étude n'a été réalisée pour définir les caractères susceptibles de changer entre la première et la deuxième floraison.

## Conclusion

De nombreux problèmes et conflits se posent entre les différentes clés de détermination concernant les espèces du genre *Tamarix*. Ce problème mérite d'être attentivement considéré sachant que ces espèces présentent des similarités entre elles et des variabilités

morphologiques au sein des individus de mêmes espèces potentiellement dues aux taux élevés d'hybridation chez *Tamarix* (Mayonde *et al.* 2015). Une étude morphologique approfondie basée sur un suivi des stades de développement des différentes pièces florales durant les différentes périodes de floraison s'avère nécessaire pour résoudre ce problème.

## Remerciements

Nous remercions vivement José Luis Villar pour ses commentaires. Nos remerciements s'adressent également à Mohamed Ibn Tattou qui nous a aimablement reçus à l'Institut scientifique de Rabat.

## Références bibliographiques

- Arianmanesh, R., Mehregan, I., Nejadstari, T. & Assadi, M. (2015). Molecular phylogeny of *Tamarix* (*Tamaricaceae*) species from Iran based on ITS sequence data, Pelagia Research Library. *European Journal of Experimental Biology* 5(6), 44-50.
- Baum, B.R. (1967). Introduced and naturalized tamarisks in the United States and Canada. *Baileya* 15, 19-25.
- Baum, B.R. (1968). A new species of *Tamarix* from South-Eastern Iran. *Oesterreichische Botanische Zeitschrift* 114, 379-382.
- Baum, B.R. (1978). *The Genus Tamarix*. The Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.
- Barry, A.R. & Luque, A. (1998). Ecology and distribution of the genus *Tamarix* L (*Tamaricales: Tamaricaceae*) on the Island of Grand Canaria. *Bol. Mus. Mum. Funchal. Sup.* 5: 47-58.
- Benkhiguel, O., Zidane, L., Fadli, M., El Yacoubi, H., Rochdi, A. & Douira, A. (2011). Étude

- ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). *Acta Bot. Barc.* 53, 191-216.
- Brock, J.H. (1994). *Tamarix* spp. (salt cedar), an invasive exotic woody plant in arid and semi-arid riparian habitats of Western USA. In: *Ecology and Management of Invasive Riverside Plants*. (eds de Waal, L.C., Child, L.E., Wade, P.M. & Brock, J.H.). Wiley and sons Ltd. West Sussex, pp. 28-44.
- Bunge, A. (1852). *Tentamen Generis Tamaricum* species Accuratus Definiendi, Dorpat.
- Cirujano, S. (1993). *Tamarix* L. In: *Flora Iberica* 3. (eds Castroviejo, S., et al.). Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid, pp. 437-443.
- Crins, W.L. (1989). The *Tamaricaceae* in the southeastern United States. *J. Arnold Arboretum* 70, 403-425.
- DeLoach, C.J., Lewis, P.A., Herr, J.C., Carruthers, R.I., Tracy, J.L. & Johnson, J. (2003). Host specificity of a leafbeetle, *Diorhabda elongata deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae) from Asia, for biological control of saltcedars (*Tamarix: Tamaricaceae*) in the western United States. *Biol. Control.* 27(2), 117-147.
- El Joubari, M., Hajji, K., Himmi, O., El Alami, M., Agbani, M.A. & Louah, A. (2015). Étude des macroinvertébrés (Gastéropodes, Diptères et Odonates) des marais de Smir-Restinga (nord-ouest du Maroc). *Entomologie faunistique* 68, 17-31.
- El Mansouri, L., Ennabili, A. & Bousta, D. (2011). Socioeconomic interest and valorization of medicinal plants from the Rissani oasis (SE of Morocco). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 10(1), 30-45.
- Ennabili, A. & Ater, M. (1996). Flore (pteridophyta et spermatophyta) des zones humides du Maroc méditerranéen : inventaire et écologie. *Acta Botanica Malacitana* 21, 221-239.
- Ennabili A. & Ater M. (2005). Diversité floristique et production de biomasse des macrophytes des marais de Smir. *Travaux de l'Institut scientifique. Rabat. Série générale* 4, 17-25.
- Ennabili, A. & Gharnit, N. (2003). Effets d'aménagements du littoral tétouanais (nord-ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (spermatophyta). *Acta Bot. Barc.* 48, 199-216.
- Ennabili, A. & Radoux, M. (2006). Teneurs en azote, phosphore et potassium (npk) d'hygrophytes au Maroc méditerranéen. *Acta Bot. Barc.* 50, 459-464.
- Fennane, M., Ibn Tatou, M., Mathez, J., Ouyahya, A. & El Oualidi, J. (1999). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol. 1. *Trav. Inst. Sci. Rabat. Série. Bot* 36.
- Gasking, J.F. & Schaal, B.A. (2002). Hybrid *Tamarix* widespread in US invasion and undetected in native Asian range. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99, 1125-1129.
- Gaskin, J.F. & Shafroth, P.B. (2005). Hybridization of *Tamarix ramosissima* and *T. chinensis* (saltcedars) with *T. aphylla* (athel) (family *Tamaricaceae*) in the southwestern USA determined from DNA sequence data. *Madroño* 52, 1-10.
- Gries, D., Foetzki, A., Arndt, S.K., Bruelheide, H., Thomas, F.M., Zhang, X. & Runge, M. (2005). Production of perennial vegetation in an oasis-desert transition zone NW China-allometric estimation, and assessment of flooding and use effects. *Plant Ecol.* 181, 23-43.
- Kerns, B.K., Naylor, B.J., Buonopane, M., Parks, C.G. & Rogers, B. (2009). Modeling Tamarisk (*Tamarix* spp.) Habitat and Climate Change Effects in the Northwestern United States. *Invasive Plant Science and Management* 2, 200-215.
- Klose, A. (2009). *Soil characteristics and soil erosion by water in a semi-arid catchment (Wadi Drâa, South Morocco) under the pressure of global change*. Doctoral thesis, University of Bonn.
- Komaroz, M. (1949). *Flora USSR*. L. Academ. Nauk. USSR, pp. 290-321.
- Kuzminsky, E., De Angelis, P., Abou Jaoudé, R., Abbruzzese, G., Terzoli, S., Angelaccio, C., De Dato, G., Monteverdi, M.C. & Valentini, R. (2016). Biodiversity of Italian *Tamarix* spp. populations: their potential as environmental and productive resource. *Rendiconti Linnei. Scienze Fisiche e Naturali* 25, 439-452.
- Mayonde, S.G., Cron, G.V., Gaskin, J.F. & Byrne, M.J. (2015). Evidence of *Tamarix* hybrids in South Africa, as inferred by nuclear ITS and plastid trnS-trnG DNA sequences. *South African Journal of Botany* 96, 122-131.
- Natale, E.S., Gaskin, J., Zalba, M., Ceballos, M. & Reinoso, H.E. (2008). Especies del género *Tamarix* (*Tamaricaceae*) invadiendo ambientes naturales y seminaturales en Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 43(1-2), 137-145
- Orch, H., Zidane, L. & Douira, A. (2013). Contribution à la connaissance de la flore vasculaire du massif d'Izarène (nord-ouest Maroc). *Journal of Animal & Plant Sciences* 20.
- PDTDOT. (2010). *L'Aménagement et la Valorisation du sentier pédestre autour de la source de Tasbelbat à Tinejdad. Rapport phase diagnostic*. Programme de développement territorial durable des oasis du Tafilalet. REF : MAR/2010/059. <https://docplayer.fr/41970794-Rapport-phase-diagnostic.html>
- Qaiser, M. (1981). The genus *Tamarix* Linn. (*Tamaricaceae*) in Pakistan. *Pak. J. Bot.* 13(2), 107-158.
- Qaiser, M. (1982). *Tamaricaceae*. In: *Flora of Pakistan* (eds Nasir, E. & Ali, S.I.), Rawalpindi, 4, 1-65
- Qaiser, M. & Perveen, A. (2004). Pollen flora of Pakistan - XXXVII. *Tamaricaceae*, *Pak. J. Bot.* 36(1), 1-18.
- Quézel, P. & Santa, S. (1963). *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II*. Édition du Centre national de la recherche scientifique.
- Qinba, A., Benhoussa, A., Hammada, S. & Azeroual, A. (2003). *Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR)*. Catégories approuvées dans la Recommandation 4.7 modifiée par la Résolution VIII.13 de la Conférence des parties contractantes.
- Rihane, A. (2012). Reproduction du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* dans l'estuaire de l'oued El Maleh, Mohammedia. *Go-South Bull.* 9, 155-160.
- Rivas Cembellin, M.M., Leon Arencibia, M.C. & De La Torre, W.W. (1990). El genero *Tamarix* L. (*Tamaricaceae*): Consideraciones acerca de los taxones presentes en Canarias. *Vierarea* 19, 29-44.
- Shafroth, P.B. & Mark, K.B. (2008). Restoration ecology and invasive riparian plants: An introduction to the special section on *Tamarix* spp. in Western North America. *Restoration Ecology* 16, 94-96.
- Scholz S., Osorio, V.E.M., De La Torre, W.W. & Andreyes-betancort J.A. (2008). Notas sobre el género *Tamarix* en fuerteventura. *Bot. Macaronésica* 27, 127-132.

- Sotiaux, A. & Sotiaux, O. (1981). *Tamarix boveana* (Tamaricaceae) et *bowlesiaincana* (Apiaceae) a Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears* 25, 175-177.
- Tian H., Kang, M., Liu, Y., Ye, Q. & Yao, X. (2012). High genetic diversity in remnant natural populations of *Myricaria laxiflora*, a species once considered to be extinct in the wild. *Aquatic Botany* 103, 48-53.
- Valdés, B., Rejdali, M., El Kadmiri, A., Jury, S.L. & Montserrat, J.M. (2003). *Catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc, incluant des clés d'identification*. CSIC, Madrid, 1, 214-216.
- Venturella, G., Baum, B. & Mandracchia, G. (2007). The genus *Tamarix* (Tamaricaceae) in Sicily: first contribution. *Flora Mediterranea* 17, 25-46
- Villar, J.L., Alonso, M.A., Juan, A. & Crespo, M.B. (2012). Does *Tamarix dalmatica* (Tamaricaceae) occur in Spain? *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 69, 253-258.
- Villar, J.L., Alonso, M.A., Vicente, A., Juan, A. & Crespo, M.B. (2014). The genus *Tamarix* (Tamaricaceae) in Crete (Greece). *Willdenowia* 44, 321-326.
- Yang, Q.E. & Gasking, J. (2007). *Tamaricaceae*. In *Flora of China*. (eds Wu, Z.Y., Ravon, P.H. & Hong, D.Y.), Vol 13. Science Press, Beijing. And Missouri Botanical Garden, St. Louis, pp. 58-66.
- Wang, Y., Liu, Y., Liu, S. & Huang, H. (2009). Molecular phylogeny of *Myricaria* (Tamaricaceae): implications for taxonomy and conservation in China. *Botanical Studies* 50, 343-352.
- Willdenow, K.L. (1816). Beschreibung der Gattung *Tamarix*. *Abb. Akad. Berlin Physik* 1812-1813, 76-85.
- Zhang, D.Y. (2005). Discuss on some systematical problems of *Tamaricaceae*. *Acta Bot. Yunn.* 27, 471-478.
- Zhang, M., Meng, H., Zhang, H., Vyacheslav, B.V. & Sanderson, S.C. (2014). Himalayan Origin and Evolution of *Myricaria* (Tamaricaceae) in the Neogene. *PLOS ONE* e9758
- Zohary, M. (1972). *Tamarix*. In: *Flora palaestina* 2. (eds Zohary, M.). The Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, pp. 351-364.
- Zohary, M. (1987). *Tamarix* L. In: *Flora palaestina* 2. (eds Zohary, M.). Reprint. The Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, pp. 350-362.

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

Abdesslam BIHAOUI<sup>1\*</sup>, Mohamed DAKKI<sup>2</sup>, Abdelmajid HADDIOUI<sup>1</sup> et Soumaya HAMMADA<sup>1</sup>

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

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

---

\* Correspondance, courriel : [bihaouiabdesslam@gmail.com](mailto:bihaouiabdesslam@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*).

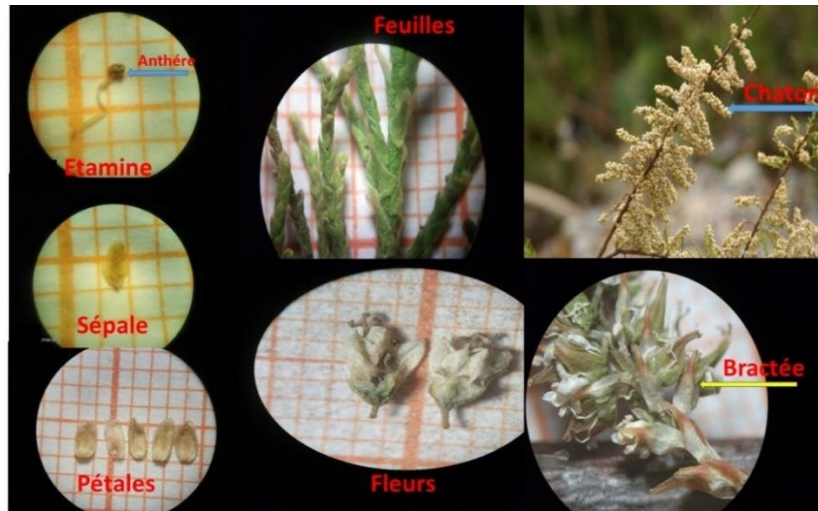


Figure 1 : Photographies montrant les pièces florales traités

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.

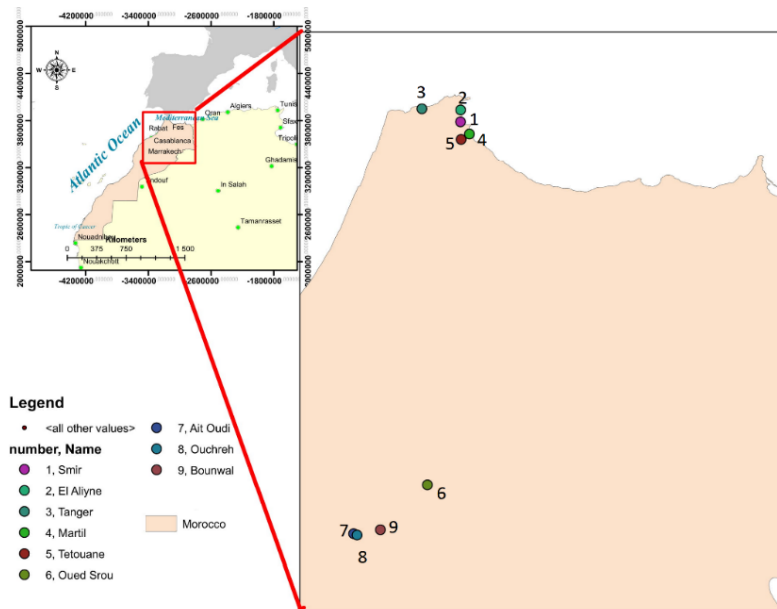


Figure 2 : Localisation des populations de *T. africana* sur la carte du Maroc

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 3 cm. 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**

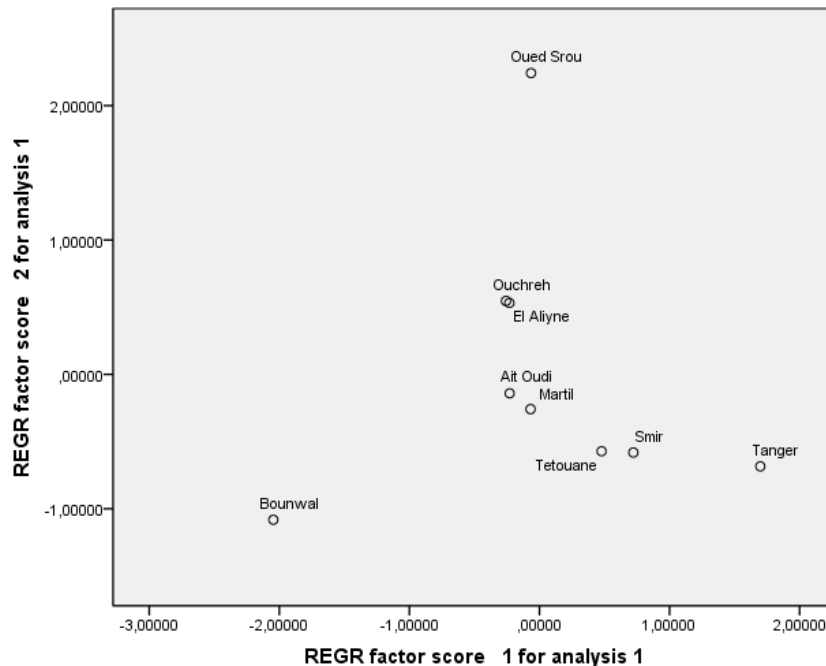
	Lg Fe	Lg Ch	Lr Ch	Lg Br B	Lg Br C	Lg Br S	Lg Fl B	Lg Fl C	Lg Fl S	Lg Pt B	Lg Pt C	Lg Pt S	Lg Sp	Lr Sp
Lg Fe	1,000	-,671	-,315	,670	,682	,651	,159	,290	,119	,188	,214	-,027	-,066	,078
Lg Ch	-,671	1,000	,106	-,846	-,807	-,553	-,278	-,418	-,352	-,237	-,337	-,225	-,258	,002
Lr Ch	-,315	,106	1,000	,103	,024	-,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

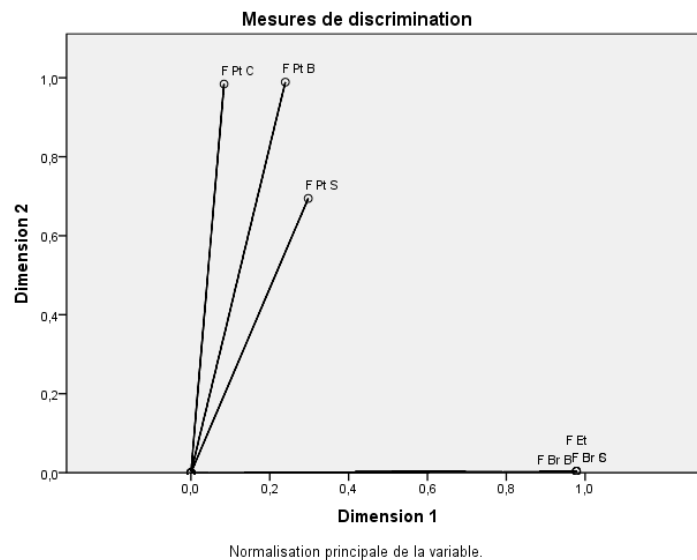
La corrélation des caractères qualitatifs est représentée dans le **Tableau 7** montre des corrélations positives très importantes ( $r = 1$ ), qui lient les formes des bractées entre elles le long du chaton et lient la forme des anthères et la forme des bractées. De plus, des corrélations positives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

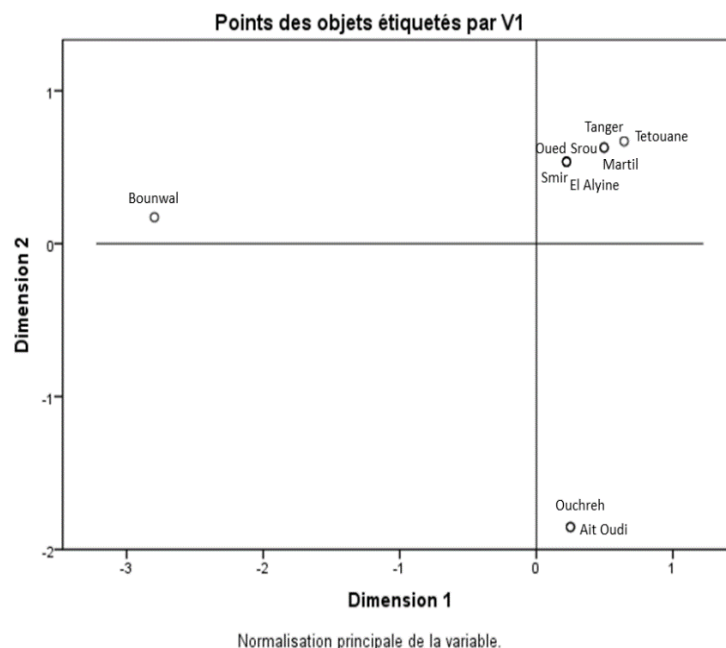
Le **Tableau 8**, montre que le coefficient alpha, évalue la consistance interne ou l'homogénéité [26] avec une valeur moyenne de 0,843 pour les des deux dimensions ce qui laisse supposer la présence d'une cohérence interne relativement élevée entre les variables qualitatives.



**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*).

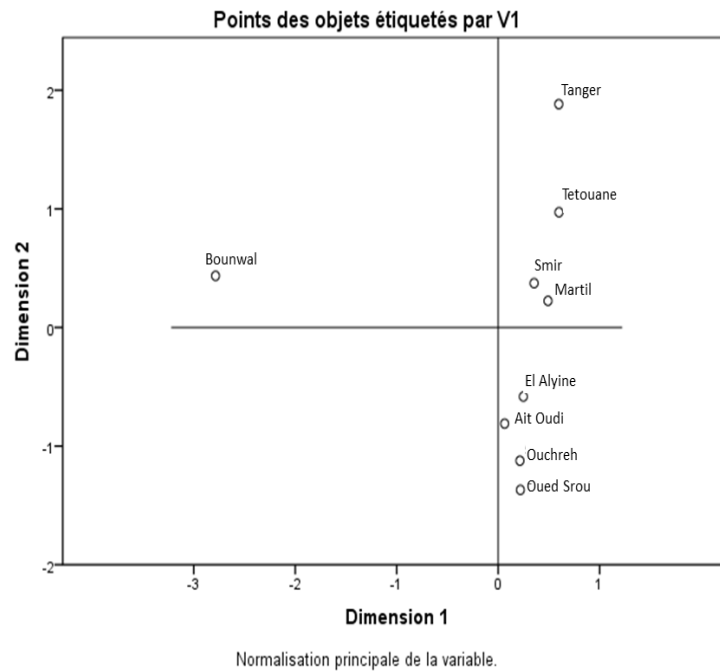
**Tableau 9 : Matrice de corrélations entre les variables morphologiques traitées**

	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	,476	,512	,137	,488	,499	,500	,511	,002	,508	,489	,533	,493	,493	,493
Lg Ch	,517	1,000	,685	,994	,989	,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	,476	,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	,068	,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	,576	,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)

# Distribution géographique des espèces du genre *Tamarix* L. (Tamaricaceae) au Maroc

## *Geographical distribution of Tamarix L. (Tamaricaceae) in Morocco*

Abdesslam BIHAOUI\*, Abdelmajid HADDIOUI, Soumaya HAMMADA

Laboratoire de biotechnologies et valorisation des ressources phylogénétiques. Faculté des sciences et techniques, université Sultan Moulay Slimane, BP 523, 23000 Béni Mellal, Maroc

\* Auteur correspondant : bihaouiabdesslam@gmail.com

Received: 119 May, 2020; First decision: 12 May, 2020; Revised: 8 June, 2020; Accepted: 22 June, 2020

### Résumé

Durant le présent travail 51 stations ont été choisies pour étudier le genre *Tamarix*, réparties sur la majorité des régions marocaines. Les spécimens récoltés ont été identifiés en utilisant différentes clés de détermination. Les caractères morphologiques et écologiques ainsi observés lors de l'étude des échantillons montrent que les espèces de ce genre possèdent une grande plasticité et une forte capacité d'adaptation aux conditions écologiques des milieux qu'elles occupent. C'est ainsi que certaines espèces du genre *Tamarix* sont des phréatophytes alors que d'autres sont des psammophytes. La présence de certaines espèces de ce genre dans les régions sahariennes (M'hamide El Ghizlane, Merzouga, etc.) montre qu'elles sont thermophiles. D'autres encore tolèrent des zones se situant à des hautes altitudes dont les températures sont très basses (Bounwal 1 052 m, Ben Chrou 1 273 m) ou se développent à proximité de sources. L'étude montre également la capacité de ces espèces à coloniser des écosystèmes côtiers où les eaux sont saumâtres ou salées. Outre ces adaptations, certaines espèces sont utilisées comme brise-vent ou contre l'érosion du sol en raison de leur système racinaire profond ainsi qu'à leur résistance à la sécheresse. Cette étude met

en évidence la distribution et la diversité des habitats dans lesquels les espèces de *Tamarix* peuvent coexister. Cette étude nous a permis de confirmer la présence de certaines espèces déjà signalées dans ces stations, et par la suite d'actualiser la répartition des espèces du genre *Tamarix* au Maroc.

### Abstract

For the present work, 51 sites, spread over the majority of the Moroccan regions, were chosen to study the genus *Tamarix*. Harvested specimens were identified using different determination keys. The morphological and ecological characters observed show that the species of this genus have a great plasticity and a strong capacity of adaptation to the ecological conditions of the environments which they occupy. Some species of the genus *Tamarix* are phreatophytic while others are psammophytes. The presence of some species of this genus in the Saharan regions (M'hamide El Ghizlane, Merzouga, etc.) shows that they are thermophilous. Besides, others tolerate areas located at high altitudes with very low temperatures (Bounwal 1 052 m, Ben Chrou 1 273 m)

**Mots clés :** Tamaricaceae, *Tamarix*, phréatophytes, psammophytes, thermophiles.

**Keywords:** Tamaricaceae, *Tamarix*, phreatophytic, psammophytes, thermophilous.

or develop near springs. The study also shows the ability of these species to colonize coastal ecosystems where the waters are brackish or salty. In addition to these adaptations, some species are used as shelterbelts or against soil erosion, since their root system is deeper than co-existing species and that they are resistant to drought. This study highlights the distribution and diversity of habitats in which *Tamarix* species can coexist. This study allowed us to confirm the presence of certain species already reported in these locations, and subsequently to update the distribution of species of the genus *Tamarix* in Morocco.

## Introduction

Le Maroc est un pays méditerranéen situé au nord-ouest de l'Afrique. Sa position géographique fait de lui un pays apte à recevoir les espèces végétales des pays voisins ou à les diffuser vers ces pays, à savoir l'Espagne et ses îles au nord et au sud-ouest du Maroc (Scholz *et al.* 2008), l'Algérie via sa longue frontière à l'est et la Mauritanie à travers une

vaste frontière au sud du pays. En général les végétaux dispersés par leurs graines ou par leurs fruits présentent des aptitudes à coloniser de nouveaux territoires et peuvent acquérir de nouveaux caractères adaptatifs (Klein *et al.* 2015). Ceci peut entraîner l'apparition de nouvelles formes ou bien l'expression des traits récessifs qui rendent difficile l'identification de certaines espèces et qui peuvent constituer un obstacle majeur à la compréhension de leur plasticité phénotypique.

Au Maroc, la famille des *Tamaricaceae* est représentée par un seul genre *Tamarix*. En 1978, Baum a signalé la présence de cinq espèces dans le territoire marocain et il a considéré la présence de *Tamarix gallica* comme douteuse. Cependant des travaux postérieurs (Ennabili & Ater 1996 ; Ennabili & Gharnit 2003 ; Ennabili & Ater 2005 ; Ennabili & Radoux 2006 ; Benkhniqne *et al.* 2011 ; El Mansouri *et al.* 2011 ; Rihane 2012 ; Orch *et al.* 2013 ; El Joubari *et al.* 2015) ont signalé la présence de *T. gallica* (tamaris de France) dans certaines stations sans donner

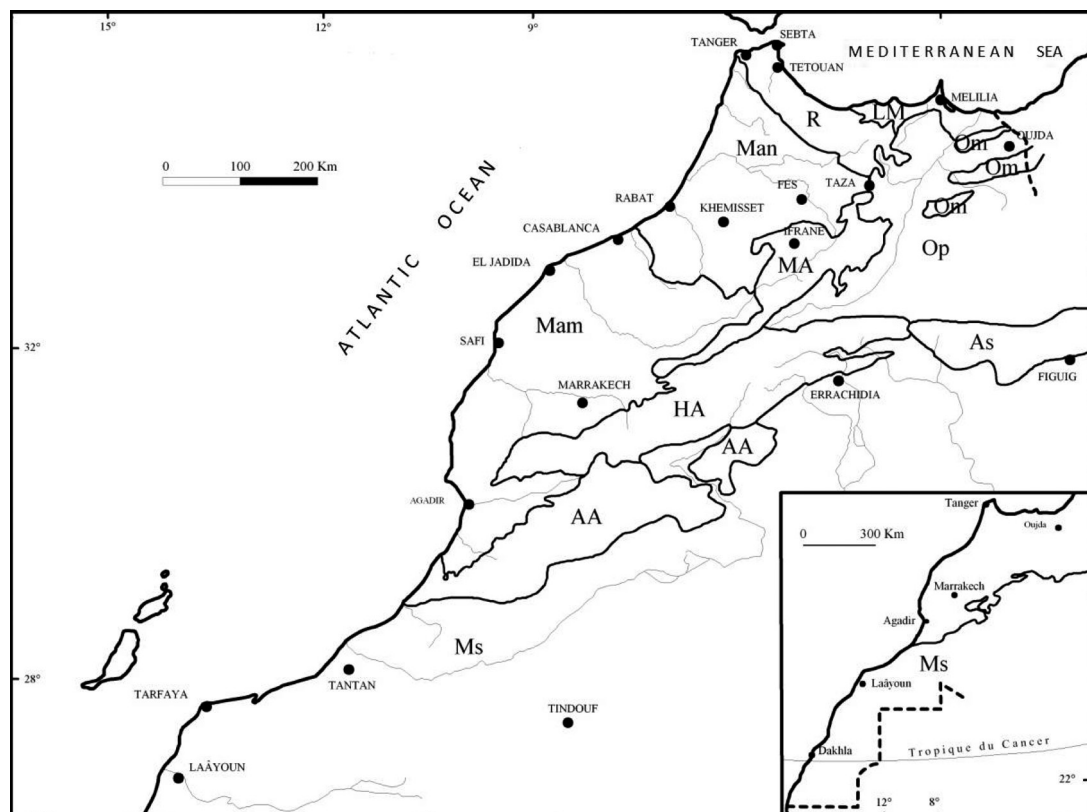


Figure 1 – Divisions géographiques du Maroc. Ms (Maroc saharien), As (Atlas saharien), AA (Anti Atlas), HA (Haut Atlas), MA (Moyen Atlas), Mam (Maroc atlantique moyen), Man (Maroc atlantique nord), Op (plateaux orientaux), Om (montagnes orientales), LM (côte méditerranéenne), R (Rif). (Fennane *et al.*, 1999).

Figure 1 – Geographical divisions of Morocco. Ms (Saharan Morocco), As (Saharan Atlas), AA (Anti Atlas), HA (High Atlas), MA (Middle Atlas), Mam (Middle Atlantic Morocco), Man (North Atlantic Morocco), Op (Oriental Plateaus), Om (eastern mountains), LM (Mediterranean coast), R (Rif). (Fennane *et al.*, 1999).

aucune description des spécimens récoltés. Par ailleurs la flore des pays voisins (Algérie, Espagne) mentionne sa présence dans leur territoire, ce qui augmente la probabilité de son existence au Maroc. Ces contradictions entre les travaux de Baum et ceux des autres auteurs sont dues à des lacunes dans la détermination de caractères morphologiques discriminants des espèces du genre *Tamarix*, y compris l'espèce *T. gallica* (Bihaoui *et al.* 2020).

Dans la présente étude nous avons pu identifier plus de 560 individus répartis entre les 51 stations prospectées couvrant ainsi la majorité des régions marocaines. Ces stations présentent des conditions bioclimatiques et hydrologiques très diversifiées qui semblent avoir un effet sur l'aspect morphologique des espèces et leur distribution. L'objectif de la présente étude vise donc principalement à déterminer l'aire de répartition des différentes populations de *Tamarix* au Maroc et leur degré de distribution (étendue, limitée ou restreinte) ainsi qu'à caractériser, chez les espèces de *Tamarix*, l'existence de caractères morphologiques leur conférant une bonne adaptation aux extrêmes du milieu.

## Matériels et méthodes

Le Maroc comprend 11 grandes régions biogéographiques parmi lesquelles 9 régions ont fait l'objet de prospection dans la présente étude (figure 1), lesquelles sont représentées par 51 stations étudiées entre mars 2015 et août 2018 (tableau 1). Le choix de ces stations est basé sur divers paramètres notamment la diversité des facteurs écologiques (altitude, température, salinité, hydrologie), l'importance et la taille des populations de *Tamarix* et la facilité d'accès aux stations. Ces zones diffèrent les unes des autres par leur nature (source, oued, marais, oasis, dune, montagne, lagune), leur situation géographique, climatique ainsi que leur hydrologie. Elles présentent également des diversités dans la nature des sols, la salinité, la profondeur de la nappe phréatique et le couvert végétal.

L'identification des spécimens collectés est basée sur différentes clés taxinomiques et monographies : Bunge (1852) ; Quézel & Santa (1963) ; Baum (1967, 1978) ; Qaiser (1981) ; Cirujano (1993) ; Fennane *et al.* (1999) ; Valdés *et al.* (2003) ; Villar *et al.* (2012).

**Tableau 1 – Localisation géographique des populations de *Tamarix* étudiées.**  
**Table 1 – Geographical location of the studied populations of *Tamarix*.**

Station	Altitude en m	latitude N	longitude E
Ouchreh	646	32.43264292	- 6.17637634
Ait Oudi	646	32.44350872	- 6.20375636
Smir	1	35.70993183	- 5.35643577
El Aliyne	1	35.80417067	- 5.35549163
Martil	4	35.61327881	- 5.28528213
Tetouane	7	35.57022329	- 5.35156488
Oued Srou	865	32.83048590	- 5.61882019
Ben Chrou	1273	32.42498174	- 5.98853588
Oued Felat	1465	33.05642502	- 5.41630268
Amassine	1037	33.00703769	- 5.56591775
Zawyate Ahensale	1735	31.83607641	- 6.10427856
Bounwal	1315	32.47436045	- 5.99132537
Saidia	2	35.10193405	- 2.35296249
Arfoude	805	31.44859101	- 4.22692537
Khnefisse	16	28.0281213	- 12.2399711
Tassaout	409	32.1461122	- 7.27878570
TanTan Oued Draa	58	28.52835684	- 10.9478759
TanTan Oued Ben Khilil	47	28.43646844	- 11.1118555
Kalaa Esraghna	499	32.07204730	- 7.47164726
Mechraa Ben Abou	209	32.64703585	- 7.79737472
Oued Laabid	365	32.1394261	- 7.02635765
Barrage de K-Tadla	477	32.59057495	- 6.26709938
Kasba Tadla	481	32.59205741	- 6.27656221
Khenifra	836	32.94249220	- 5.66834449
Laâyoune	31	27.16161703	- 13.1934642
Ouarzazate	1132	30.92387435	- 6.95863723
Zagora	711	30.31498744	- 5.83944797
M'hamide El Ghizlane	547	29.82217843	- 5.72876930
Lekbab	1044	32.74992558	- 5.54316043
Taza	422	34.23256094	- 4.03374195
Guerssif	360	34.21797710	- 3.34507942
Taurirt	366	34.41154785	- 2.92669773
Rich	1264	32.26332992	- 4.41324234
Mohammedia	5	33.6786844	- 7.41037487
Salé	5	34.02237777	- 6.80669546
Fouarate	4	37.67008766	- 6.55192852
Sidi Boughaba	8	34.2352929	- 6.67711257
Marée Cageux	4	35.17359784	- 6.10247611
Barrage de Laarache	2	35.15331939	- 6.09063148
Tanger	69	38.94126.215	- 5.66242218
Arfoude	813	31.48112379	- 4.21711921
Aoufousse	892	31.68650015	- 4.17867779
Rissani	757	31.28551937	- 4.23947811
Merzouga	697	31.04870589	- 4.00533199
Ferkla Al-Oulia	1007	31.49923841	- 5.07538318
Oued Ferkal	957	31.55484116	- 4.90816354
Midelt	1473	32.6797682	- 4.72261905
Rachidia	1023	31.9341359	- 4.42229747
Ma Youssef	988	31.8953400	- 4.33479309
El-Jorf	818	31.4857717	- 4.39916610
Marrakeche	402	31.6896132	- 7.98311233



En plus de l'identification des spécimens collectés, nous avons examiné les collections du genre *Tamarix* de l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat. Ces collections contiennent également des échantillons qui proviennent de différentes régions du Maroc (code : 7966, 8024, 8046, 8053, 8055, 8056, 8064, 8089, 13517, 13518, 13519, 13523, 13524, 13536, 13541, 13558, 23887, 23888, 42748, 45704, 48068, 60731, 61042, 61109, 61110, 61153, 61566, 61802, 62406, 63950, 76123, 76142, 77012, 78333, 104630, 104639, 109576, 109577, 109579, 109560, 109585, 110309, 110496, 110535, 110536, 110538, 110750) ; d'Algérie (code : 8029, 8045, 8050, 8065, 8066, 13489, 13507, 13516, 13523, 61042, 61043) ; d'Égypte (8035) ; d'Espagne : Almeria (8052), Baléares Majorque (49234), Barcelone (13540), Las Palmas (48093), Tarragone "cambrils" (13539), Saragosse (49231) ; de Californie (48414, 48415) ; de Palestine (13498) ; de Jordanie (13529) et de Syrie (13545).

La consultation des échantillons de l'herbier nous a permis d'explorer les divergences

morphologiques intra et interspécifiques, et de comparer les spécimens récoltés avec ceux présents dans l'herbier, notamment dans les stations de Smir, de l'oued Maleh à Mohammedia, de l'embouchure de l'oued Moulouya, de Rissani, de Saidia, de l'oued Inaouéne, de l'oued Draa et de la lagune Khnifiss (Dakki 2003 ; Ennabili & Gharnit 2003 ; Qninba *et al.* 2003 ; Hammada *et al.* 2004 ; Ennabili & Ater 2005 ; El Mansouri *et al.* 2011 ; Rihane 2012).

### Distribution des *Tamarix*

Dans la présente étude, les collections relatives au genre *Tamarix* sont composées de cinq ou six espèces. Ce nombre reste à confirmer en raison de grandes ressemblances et de la complexité d'identification particulièrement entre les deux espèces *T. gallica* et *T. canariensis*. Ces espèces présentent des variabilités morphologiques intra-individuelles, deux chatons du même spécimen pouvant présenter des caractères différents en fonction de leur position et de leur exposition.

Depuis longtemps, *Tamarix gallica* est considérée comme une espèce très polymorphe et de ce fait elle n'a pas été bien décrite (Sudbrock 1993 cité par Ijbari *et al.* 2014 ; Quézel & Santa 1963). C'est ainsi qu'il nous a été difficile de confirmer la présence de l'une ou de l'autre des deux espèces (*T. gallica* et *T. canariensis*) en nous basant sur certains caractères morphologiques susceptibles de cohabiter au sein d'une même population. Si nous considérons le caractère « rachis glabre » et la forme des sépales décrite par Baum (1978), nous constatons que les spécimens récoltés possèdent ces caractères, ce qui suggère que *T. gallica* existe au Maroc et qu'elle est répandue. Selon Quézel & Santa (1963), la description de *T. gallica* reste vague, ce qui ne permet pas de la différencier de *T. canariensis*. Ces descriptions nous conduisent à nous interroger sur les caractères discriminants de chacune des espèces citées par ces auteurs. Par ailleurs les spécimens de l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat, identifiés comme étant *T. canariensis* ou *T. gallica*, ne montrent pas de grandes différences morphologiques entre eux. Parfois le même spécimen porte des noms d'espèces différents en fonction des auteurs qui l'ont identifié. C'est le cas des échantillons dont les codes d'enregistrement sont les suivants : 13480, 13507,



Figure 2 – Spécimen de *Tamarix* portant des identifications différentes.  
Figure 2 – *Tamarix* specimen with different identifications.

13516, 13517, 13518, 13519, 13523, 13524, 13536, 13548, 13549, 13550, 13553, 13558 (figure 2).

Nous en déduisons une variation morphologique intraspécifique ou des similitudes morphologiques interspécifiques entre *T. gallica* et *T. canariensis*. En raison de cette difficulté et du fait que ces espèces possèdent la même aire de répartition, nous avons utilisé la nomenclature *T. gallica/T. canariensis*.

La présente étude montre que certaines espèces sont caractérisées par une distribution très étendue alors que d'autres ont une distribution très limitée ou éparse.

### Espèce à distribution étendue : *T. gallica/T. canariensis*

Il s'agit d'arbres ou d'arbustes qui peuvent atteindre dix mètres de hauteur. Ces espèces sont caractérisées par une production continue de fleurs pendant une longue période de l'année (sept mois environ). Cependant Baum (1978) mentionne que la floraison a lieu pendant deux périodes distinctes de l'année. En outre, la période d'apparition des boutons floraux et la durée de la floraison varient selon les régions. Par exemple à Kasba Tadla (Maroc atlantique moyen) l'espèce commence à produire les fleurs à partir de mi-avril jusqu'au mois de septembre d'une façon continue (figure 3). Dans les zones désertiques (ex : Laâyoune), cette période est prolongée jusqu'au mois d'octobre bien que la floraison y soit très faible.

### Répartition

*T. gallica/T. canariensis* ont été retrouvées dans de nombreuses stations étudiées. Elles possèdent une large distribution et colonisent différentes régions du Maroc :

- zones côtières : région du Rif dans les marais d'El Alyine, l'embouchure de la Moulouya à proximité de Saida, les marais de Larache, Fouarate et Sidi Boughaba, les zones humides de Mohammedia ;
- région du plateau de l'Est : Midelt, Guerssif et Taourirt ;
- Moyen Atlas marocain : Kasba-Tadla, Lekbab ;
- Haut Atlas : Riche ;
- Anti Atlas : Ouarzazate ;
- région du Tafilal et Sahara, où cette espèce connaît une grande répartition : Arfoude, Aoufousse, Rissani, Zagoura, M'hamide El Ghizlane, TanTan, Laâyoune.



Figure 3 – Chatons de *T. gallica/T. canariensis*.

Figure 3 – Racemes of *T. gallica/T. canariensis*.

### Caractéristiques écologiques

*T. gallica/T. canariensis* colonisent aussi bien les zones à basse altitude (El Alyine) que celles à haute altitude qui peuvent atteindre 1 473 m (Midelt). La large distribution de ces espèces se traduit par une diversité des écosystèmes et une immense variabilité abiotique. Dans les régions côtières elles sont exposées aux courants marins frais, alors que dans les régions sahariennes elles peuvent tolérer des vents secs et des températures maximales moyennes élevées qui sont de l'ordre de 40 °C (bassin Draa : monographie générale de la région de Draa-Tafilalet 2015), ce qui permet de les classer parmi les espèces thermophiles.

La présente étude montre que *T. gallica/T. canariensis* peuvent se développer sur des sols salins, au bord des eaux de surface salines ou bien des nappes phréatiques salines (Saidia, Mohammedia, Laarache). Nous avons noté leur présence sur les rives de certains cours d'eau provenant de sources d'eau salines (oued Felat, oued Srou) (figure 4), où la conductivité électrique mesurée varie entre 6 S/m pendant la période estivale et 1,6 S/m pendant l'hiver. Par leur tolérance vis-à-vis de la salinité (Shannon *et al.* 1994, cité par Salama *et al.* 1999), ces espèces peuvent être considérées comme des halophytes (Hammada *et al.* 2004). Cette caractéristique a été également montrée par Zhang *et al.* 2002 ; Ohrtman & Lair 2013 (cité par Imada *et al.* 2015).

En outre, nous avons observé la présence de propriétés allélopathiques chez



Figure 4 – Dépôt de sel sur les rives de l’oued Srou.  
 Figure 4 – Salt deposit on the banks of Oued Srou.

*T. gallica/T. canariensis*. Ce phénomène correspond à une excrétion de composés chimiques à partir des glandes situées au niveau des feuilles. Ces produits excrétés par les feuilles de *Tamarix* sont principalement composés de NaCl et de quelques ions comme K, Ca, Mg (Waisel 1961 ; Berry 1970). Ainsi, la salinité du sol peut augmenter suite à l’accumulation de ces produits. Ces excrétions peuvent également contenir, chez certaines plantes, des métabolites secondaires (acides phénoliques, flavonoïdes, terpénoïdes et alcaloïdes) qui provoquent un ensemble d’interactions biochimiques directes ou indirectes d’une plante sur une autre (Dao 2008).

Les excrétions du sel agissent négativement sur le développement de certaines espèces végétales en limitant leur propagation (Guan *et al.* 2012 ; Jeevarathinam *et al.* 2013 ; Fu &

Burgher 2015) (figure 5). Cela semble devoir expliquer la faible diversité du cortège floristique de *T. gallica/T. canariensis* et parfois l’absence de couvert herbacé.

*T. gallica/T. canariensis* se développent généralement sur des sols humides voire gorgés d’eau, c’est le cas des stations d’El-Alyine, Fouarate qui sont submergées durant environ deux à trois mois (figure 6). Les travaux de Warren & Turner (1975) et Lesica & Miles (2004) ont ainsi montré que les tamaris peuvent disparaître si la période d’inondation excède trois mois.

Dans les régions sahariennes, nous constatons que certaines populations de *T. gallica/T. canariensis* résistent à la rareté de l’eau, c’est le cas de la population de Zagora où la pluviométrie moyenne annuelle est de 60 mm (Monographie générale de la région de Draa-Tafilalet 2015). De nombreuses études ont montré que ces espèces, comme d’autres espèces de *Tamarix*, possèdent un système racinaire dense et profond permettant d’atteindre les eaux souterraines jusqu’à une cinquantaine de mètres de profondeur (Merkel & Hopkins 1957 ; Waisel & Kafkafi 1996 ; Cleverly *et al.* 1997). D’après Arzipe *et al.* (2009) et Lavaine (2013) ces espèces peuvent résister dans les milieux secs, d’où la présence des jeunes pousses de *T. gallica/T. canariensis* dans les régions sahariennes (figure 7).

Dans les zones sahariennes, les populations de *T. gallica/T. canariensis* sont moins denses, leur appareil végétatif est moins développé et les tiges sont moins ramifiées en comparaison des spécimens récoltés dans les zones côtières ou centrales. Les fleurs présentent également certaines différences, elles sont moins nombreuses et regroupées en inflorescences lâches.



Figure 5 – Absence du sous-couvert.  
 Figure 5 – Absence of the under-covered.

La rareté de l'eau influence la morphologie, la croissance, la répartition et la densité des populations de ces espèces.

*T. gallica/T. canariensis* sont capables de se développer sur des terrains fragiles où elles facilitent la rétention du sol (Adamou *et al.* 2015). Ces espèces peuvent se développer sur des sols limoneux, argileux et même sablonneux (psammophytes). Ainsi, grâce à leurs systèmes racinaires elles retiennent le sable en donnant naissance à des dépôts sableux, humides ou secs, appelés nebkas (figure 8).

D'après cette analyse, *T. gallica/T. canariensis* peuvent être considérées comme les espèces les plus répandues au Maroc. Les caractéristiques susmentionnées leur permettent d'occuper une mosaïque de régions (Sahara, plaine, zone montagneuse, zone côtière, marais, lagune, embouchure) et démontrent leur grande plasticité écologique et leur pouvoir d'acclimatation.

#### Espèces à distribution limitée : *T. africana* et *T. aphylla*

Contrairement aux espèces *T. gallica/T. canariensis* qui connaissent une large distribution géographique, *T. africana* et *T. aphylla* ont une distribution limitée à certaines régions du Maroc où elles forment parfois des populations très importantes. Elles peuvent cohabiter avec les précédentes.

*Tamarix africana* est une espèce très répandue dans les stations étudiées de la région du Rif où elle forme des populations denses : Smir, El Alyine, Martil et Tétouane. Dans les marais d'El Alyine, elle cohabite avec *T. gallica/T. canariensis* ainsi que dans le Haut Atlas (Zawyate Ahensale) et le Moyen Atlas (Ouchreh et Ait Oudi). Au bord de l'oued Oum Er-rabia des populations éparées apparaissent au niveau des sources d'eau douce et salée au niveau d'Amassine et de l'oued Felat à proximité de Khenifra. En aval, sur les berges de l'oued Srou à proximité d'Elkhab, *Tamarix africana* cohabite avec *T. gallica/T. canariensis*. Plus loin, au niveau de Tagzirt, une grande population s'étend sur environ 15 kilomètres le long de l'oued Derna. Les individus de cette population possèdent un système racinaire adapté aux substrats rocheux, les racines paraissent bien développées même chez les jeunes pousses (figure 9). Dans certains endroits, le système racinaire des individus possède la faculté d'écraser les blocs rocheux



Figure 6 – *T. gallica/T. canariensis* submergées.

Figure 6 – *T. gallica/T. canariensis* submerged.



Figure 7 – Jeune pousse de *T. gallica/T. canariensis* au bord de l'oued Draa à M'hamide El Ghizlane.

Figure 7 – Young shoot of *T. gallica/T. canariensis* on the edge of Wadi Draa in M'hamide El Ghizlane.



Figure 8 – Nebka située au bord de l'oued Draa à M'hamide El Ghizlane.

Figure 8 – Nebka located on the edge of Oued Draa in M'hamide El Ghizlane.

pour s'enfoncer dans le sol. Cette caractéristique a été signalée par Christine *et al.* (2007) chez d'autres espèces de *Tamarix*, où l'auteur a décrit leur capacité de modifier les qualités physiques des écosystèmes.



Figure 9 – Racine très puissante chez les jeunes pousses des *T. africana*.

Figure 9 – Very powerful root in young shoots of *T. africana*.

*T. africana* est présente à des altitudes qui peuvent atteindre 1 735 m (Zawyate Ahensale) et à des températures moyennes basses en hiver ( $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (Direction régionale Béni Mellal-Khénifra 2017).

*Tamarix aphylla* cohabite avec *T. gallica*/*T. canariensis* sur les berges de certains cours d'eau (M'hamide El Ghizlane, Ma Youssef, Guerssif). Des populations sont rencontrées à Kasba Tadla et à El Kelaâ des Sraghna. Dans la région de l'Anti Atlas nous l'avons trouvée à Ouarzazate au bord de l'oued Asif Tidili. Cette espèce est concentrée dans la région saharienne, notamment celle d'Errachidia, Rissani, Aoufousse, Arfoude, Merzouga et M'hamide El Ghizlane. Elle est dominante dans les régions d'Arfoude et

Rissani sur les sols sablonno-limoneux. Dans celle de M'hamide El Ghizlane et Merzouga, elle est la seule espèce de *Tamarix* à coloniser les grandes dunes de sable, comme les barkhane et les dunes transversales, sous forme de populations éparses réparties de façon discontinue (figure 10).

D'après nos observations, cette espèce se développe sur les sols sablonneux ou argileux avec ou sans graviers. Elle se développe rarement au bord des cours d'eau permanents car elle est moins exigeante en eau. Ainsi, en région saharienne (Zagora et M'hamide El Ghizlane), elle est utilisée dans la constitution des palissades pour stabiliser les dunes et lutter contre la désertification (figure 11).



Figure 10 – A) Dune transversale de M'hamide El Ghizlane. B) Barkhane de Merzouga.

Figure 10 – A) Dune transversale of M'hamide El Ghizlane. B) Barkhane of Merzouga.



Figure 11 – *T. aphylla* utilisée contre le mouvement de sable.

Figure 11 – *T. aphylla* used against the movement of sand.

Deux hypothèses semblent pouvoir expliquer cette distribution : (1) la plante possède un système racinaire bien développé pour pouvoir atteindre la nappe phréatique ; (2) ses exigences en eau sont très faibles et dans ce cas on peut la considérer comme une xérophyte (Xia *et al.* 2016 ; Chen *et al.* 2012).

Par ailleurs, *Tamarix aphylla* est une halophyte : elle possède, comme les espèces précédemment citées, des glandes sécrétrices situées au niveau des feuilles permettant ainsi l'excrétion de sel (Binet 1978 ; Shamir & Steinberger 2007). Ainsi la chute des feuilles inhibe le développement du sous-couvert.

#### Espèces à distribution très restreinte et à populations dispersées : *T. boveana* et *T. amplexicaulis*

L'espèce *Tamarix boveana* présente certaines confusions taxinomiques avec *T. africana* dans le cas où les individus possèdent des fleurs pentamères (Baum 1978). Cependant Villar *et al.* (2012) ont constaté que la longueur et la largeur du chaton sont des caractères discriminatoires entre les deux espèces – les chatons de *T. boveana* sont plus longs et larges que ceux de *T. africana*. Les spécimens de *T. boveana* collectés possédant tous des fleurs tétramères, la question de la confusion avec *T. africana* ne se pose pas.

*T. boveana* se caractérise par une aire de répartition disjointe où les populations sont très dispersées sur de grandes distances. La population la plus importante est celle qui longe l'embouchure de l'oued Moulouya à proximité de Saidia. Elle se

présente sous forme d'une forêt très dense parsemée localement de petites populations de *T. gallica*/*T. canariensis*. *T. boveana* étant une halophyte, elle tolère des degrés de salinité très variables. C'est le cas de la population de l'embouchure de Saidia où la salinité varie entre 1 et 30 g/l (Dakki 2003).

Plus loin, au sud-est du pays, on trouve une deuxième population à 3 km de la ville saharienne d'Arfoude en provenant d'Aoufousse. Plus au sud-ouest, au niveau de Saquyat al Hamra à l'entrée de la ville de Laâyoune, une troisième population moins dense colonise de grandes distances.

En conséquence, *T. boveana* peut être considérée comme une espèce très rare (nombre de localités connues  $\leq 5$  : Hammada *et al.* 2004 ; Fennane & Ibn Tattou 1998).

Concernant *T. amplexicaulis*, un seul spécimen parmi les différents échantillons récoltés est supposé correspondre à cette espèce. Cet individu a été collecté au niveau de Merzouga. Cette espèce a été déjà signalée dans cette région en 1980. L'échantillon est conservé dans l'Herbier national à l'Institut scientifique de Rabat (code : 63950).

La présence de cette espèce a été également signalée dans la lagune de Khnifisse (lac Na'ileh) (N 23887 collecté en 1961 et N 61110 collecté en 1985), au niveau de Grara à 10 km de Dakhla (109576, 109577, 109579) et au niveau d'Imlili (110309). Cependant, aucun spécimen parmi ceux collectés dans la lagune de Khnifiss en juin 2018 ne présente les caractéristiques de *T. amplexicaulis* (forme du disque, forme des feuilles charnues et nombre d'étamines). Les échantillons

collectés correspondent à *T. gallica*/*T. canariensis*, ce qui soulève la question des causes de la disparition de *T. amplexicaulis*.

Selon Baum (1978), cette espèce est présente dans le nord du Maroc (région du Rif). Nous excluons cependant cette hypothèse, d'autant que l'espèce n'est pas incluse dans le catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc (Valdés *et al.* 2003). L'ensemble des échantillons que nous avons examinés proviennent de régions désertiques (région du Maroc saharien) ce qui concorde avec les travaux de Fennane *et al.* (1999) et Benmerache *et al.* (2017).

*T. amplexicaulis* est une espèce qui peut également être classée comme étant très rare et menacée d'extinction au Maroc.

## Conclusion

Dans le présent travail, des prospections ont été réalisées dans le but d'étudier la répartition du genre *Tamarix*. L'échantillonnage a été effectué au niveau de 51 stations couvrant la majorité des régions marocaines et les espèces ont été identifiées. Cependant, certaines questions, concernant notamment la taille de certaines populations, les raisons qui ont entravé leur renouvellement, le rôle des facteurs environnementaux, demeurent sans réponse : la présence au Maroc de *T. gallica* et *T. canariensis*, ainsi que la répartition géographique de *T. amplexicaulis* et *T. boveana* dans le pays restent inexplicables.

Selon nos observations, les espèces du genre *Tamarix* connaissent une large répartition et une distribution inégale. Ainsi *Tamarix gallica*/*Tamarix canariensis* présente une large distribution et a été identifiée dans la majorité des stations prospectées. *Tamarix africana* et *Tamarix aphylla* connaissent une répartition limitée, alors que *T. boveana* et *T. amplexicaulis* sont deux espèces à distribution très restreinte.

Les informations que ce présent travail fournit sur les espèces rares ou menacées devraient susciter l'intérêt des forestiers et des chercheurs scientifiques, d'autant que ces espèces possèdent des vertus thérapeutiques (Saidana *et al.* 2008 ; Benmerach *et al.* 2017).

## Références

- Adamou, A., Kouidri, M., Boutmedj, A., Houyou, Z. & Ouakid, M.L. (2015). Évaluation d'un projet de fixation de dunes dans une steppe sud-algéroise : moyen de lutte contre l'ensablement et amélioration de la productivité pastorale. *Revue des régions arides*, numéro spécial 36.
- Baum, B.R. (1967). Introduced and naturalized tamarisks in the United States and Canada. *Baileya* 15, 19-25.
- Baum, B.R. (1978). *The Genus Tamarix*. Israel Academy of Sciences and Humanities. Jerusalem.
- Benmerache, A., Benteldjoune, M., Magid, A.A., Abedini, A., Berrehal, D., Kabouche, A., Gangloff, S.C., Nazabadioko, L.V. & Kabouche, Z. (2017). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of *Tamarix balansae* J. Gay aerial parts. *Natural Product Research* 31, 2828-2835.
- Benkhniq, O., Zidane, L., Fadli, M., El Vacoubi, H., Rochdi, A. & Douira, A. (2011). Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). *Acta Bot. Barc.* 53, 191-216.
- Berry, W.L. (1970). Characteristics of salts excreted by *Tamarix aphylla*. *Amer. J. Bot.* 57, 1226-1230.
- Bihaoui, A., Habboui, A. & Hammada, S. (2020). Les erreurs d'identification des espèces du genre *Tamarix* L. au Maroc : clés non uniformes et espèces polymorphes. *Ecologia Mediterranea* 46(1), this issue.
- Binet, P. (1978). Introduction : caractéristiques physiologiques liées à l'halophilie et à la résistance aux sels. *Bulletin de la Société botanique de France*. 125, 73-93.
- Bunge, A. (1852). *Tentamen Generis Tamaricum species Accuratus Definiendi*. Dorpat.
- Chen, Y.P., Chen, Y.N., Xu, C.C. & Li, W.H. (2012). Groundwater depth affects the daily course of gas exchange parameters of *Populus euphratica* in arid areas. *Environ. Earth Sci.* 66, 433-440.
- Christine, R., Drew, W.M., Jeffrey, T.A., Boland, C.J. & Gaskin, J. (2007). Invasion of tamarisk (*Tamarix* spp.) in a southern California salt marsh. *Biol Invasions* 9, 875-879.
- Cirujano, S. (1993). *Tamarix* L. In: *Flora Iberica* 3. (eds Castroviejo, S., *et al.*). Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid, pp. 437-443.
- Cleverly, J.R., Smith, S.D., Sala, A. & Devitt, A.D. (1997). Invasive capacity of *Tamarix ramosissima* in a Mojave Desert floodplain: the role of drought. *Oecologia* 111, 12-18.
- Dakki, M. (2003). *Diagnostic pour l'aménagement des zones humides du nord-est du Maroc : 1. embouchure de la Moulouya*. Rapport pour le ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Eau et de l'Environnement et le Département des eaux et forêts et de la lutte contre la désertification du Maroc. [http://vinc.s.free.fr/IMG/MWC\\_Maroc\\_ZH\\_Moulouya.pdf](http://vinc.s.free.fr/IMG/MWC_Maroc_ZH_Moulouya.pdf)
- Dao, V.T. (2008). *Effets de l'environnement sur la croissance et l'accumulation de métabolites secondaires chez Datura innoxia Mill. cultivé en conditions hors sol. Impact des facteurs biotiques et abiotiques*. Thèse de Doctorat de l'Institut national polytechnique de Lorraine. École nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires.
- Direction régionale Béni Mellal-Khénifra (2017). *Annuaire statistique de la région Tadmra-Azilal*.

- <https://www.hcp.ma/region-drta/docs/Publications/Annuaire%20Statistique%20de%201a%20region%20Beni%20Mellal-Khenifra%20%202017.pdf>
- El Joubari, M., Hajji, K., Himmi, O., El Alami, M., Agbani, M.A. & Louah, A. (2015). Étude des macroinvertébrés (gastéropodes, diptères et odonates) des marais de Smir-Restinga (nord-ouest du Maroc). *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology* 68, 17-31.
- El Mansouri, L., Ennabili, A. & Bousta, D. (2011). Socioeconomic interest and valorization of medicinal plants from the Rissani oasis (SE of Morocco). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 10(1), 30-45.
- Ennabili, A. & Ater, M. (1996). Flore (*pteridophyta* et *spermatophyta*) des zones humides du Maroc méditerranéen : inventaire et écologie. *Acta Botanica Malacitana* 21, 221-239.
- Ennabili, A. & Ater, M. (2005). Diversité floristique et production de biomasse des macrophytes des marais de Smir. *Travaux de l'Institut scientifique, Rabat, série générale* 4, 17-25.
- Ennabili, A. & Gharnit, N. (2003). Effets d'aménagements du littoral tétouanais (nord-ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (*spermatophyta*). *Acta Bot. Barc.* 48, 199-216.
- Ennabili, A. & Radoux, M. (2006). Teneurs en azote, phosphore et potassium (NPK) d'hygrophytes au Maroc méditerranéen. *Acta Bot. Barc.* 50, 459-464.
- Fennane, M. & Ibn Tattou, M. (1998). Catalogue des plantes endémiques, rares ou menacées du Maroc. *Bocconea* 8, 1-243.
- Fennane, M., Ibn Tattou, M., Mathez, J., Ouyahya, A. & El Oualidi, J. (1999). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol. 1, *Trav. Inst. Sci., Rabat, Série Bot.* 36.
- Fennane, M. & Rejdali, M. (2016). Plantes aromatiques et médicinales du Maroc : richesse, diversité et menaces. *Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie* 38.
- Fu, B.H. & Burgher, I. (2015). Riparian vegetation NDVI dynamics and its relationship with climate, surface water and groundwater. *J. Arid Environ.* 113, 59-68.
- Hammada, S., Dakki, M., Ibn Tattou, M., Ouyahya, A. & Fennane, M. (2004). Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc. Flore rare, menacée et halophile. *Acta Botanica Malacitana* 29, 43-66.
- Guan, X.Y., Wang, S.L., Gao, Z.Y. & Fu, X.J. (2012). Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district. *Acta Ecol. Sin.* 32, 1202-1210.
- Ijbari, H., Sheidai, M., Mehrabian, A., Noor Mohammadi, Z. & Ghasem Zadeh-Baraki, S. (2014). K-means clustering and structure analyses of genetic diversity in *Tamarix* l. accessions. *Turkish Journal of Botany* 38, 1080-1094.
- Imada, S., Matsuo, N., Acharya, K. & Yamanaka, N. (2015). Effects of salinity on fine root distribution and whole plant biomass of *Tamarix ramosissima* cuttings. *J. Arid Environ.* 114, 84-90.
- Jeevarathinam, C., Rajasekar, S. & Miguel, A.F. (2013). Vibrational resonance in groundwater-dependent plant ecosystems. *Ecol. Complex.* 15, 33-42.
- Klein, E.K., Fady, B., Gaüzère, J., Lefèvre, F., Oddou-Muratorio, S. & Pichot, C. (2015). Migration, dispersion des pollens et des graines : interaction de processus démographiques et génétiques. *Innovations agronomiques* 47, 81-95.
- Lavaine, C. (2013). *Évaluation des capacités biotechniques de boutures de Salicaceae et Tamaricaceae sur un gradient de sécheresse*. Thèse de l'École normale supérieure de Lyon.
- Lesica, P. & Miles, S. (2004). Ecological strategies for managing tamarisk on the C.M. Russell National Wildlife Refuge, Montana, USA. *Biological Conservation* 119, 535-543.
- Merkel, D.L. & Hopkins, H.H. (1957). Life history of salt cedar (*Tamarix gallica* L.). *Transactions of the Kansas Academy of Science* 60, 360-369.
- Monographie générale de la région de Draa-Tafilalet. (2015). Royaume du Maroc, Ministère de l'intérieur, Direction générale des collectivités locales. <https://hazbane.asso-web.com/uploaded/monographie-de-la-region-de-draa-tafilalet-fr.pdf>
- Ohrtmann, M.K. & Lair, K.D. (2013). *Tamarix* and salinity: an overview. In: *Tamarix: a Case Study of Ecological Change in the American West*. (eds Sher, A. & Quigley, M.F.). Oxford University Press, New York, pp. 123-145
- Orch, H., Zidane, L. & Douira, A. (2013). Contribution à la connaissance de la flore vasculaire du massif d'Izarène (nord-ouest Maroc). *Journal of Animal & Plant Sciences* 20.
- Kaiser, M. (1981). The genus *Tamarix* Linn. (*Tamaricaceae*) in Pakistan. *Pak. J. Bot.* 13, 107-158.
- Qinba, A., Benhoussa, A., Hammada, S. & Azeroual, A. (2003). *Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR)*. Catégories approuvées dans la recommandation 4.7 modifiée par la résolution VIII.13 de la Conférence des parties contractantes.
- Quézel, P. & Santa, S. (1963). *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II*. Édition du Centre national de la recherche scientifique.
- Rihane, A. (2012). Reproduction du fuligule nyroca *Aythya nyrocadans* l'estuaire de l'oued El Maleh, Mohammedia. *Go-South Bull.* 9, 155-160.
- Saidana, D., Mahjoub, M.A., Bousaada, O., Chriaa, J., Cheraif, I., Daami, M., Mighri, Z. & Helal, A.N. (2008). Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of *Tamarix boveana* (Tamaricaceae). *Microbiological Research* 163, 445-455.
- Salama, F.M., El Naggar, S.M. & Ramadan, T. (1999). Salt Glands of some Halophytes in Egypt. *Phyton* (Horn, Austria) 39, 91-105.
- Shamir, I. & Steinberger, Y. (2007). Vertical distribution and activity of soil microbial population in a sandy desert ecosystem. *Microbial Ecology* 53, 340-347.
- Shannon, M.C., Grieve, C.M. & Francois, L.E. (1994). Whole-plant response to salinity. In: *Plant-environment interactions*. (eds Wilkinson, R.E.). Marcel Dekker, New York-Basel-Hong Kong, pp. 199-244.
- Sudbrock, A. (1993). Tamarisk control-fighting back: an overview of the invasion, and a low-impact way of fighting it. *Restor Manage Notes* 11, 31-34.
- Villar, J.L., Alonso, M.A., Juan, A. & Crespo, M.B. (2012). Does *Tamarix dalmatica* (Tamaricaceae) occur in Spain? *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 69, 253-258.
- Valdés, B., Rejdali, M., El Kadmiri, A., Jury, S.L. & Montserrat, J.M. (2003). *Catalogue des plantes*



- vasculaires du nord du Maroc, incluant des clés d'identification*. CSIC, Madrid, 1, 214-216.
- Waisel, Y. (1961). Ecological studies on *Tamarix aphylla* (L.) Karst. III – The salt economy. *Plant & Soil* 13, 356-364.
- Warren, D.K. & Turner, R.L. (1975). Saltcedar (*Tamarix chinensis*) seed production, seedling establishment and response to inundation. *Journal of the Arizona Academy of Science* 10, 135-144.
- Xia, J., Zhang, S., Zhao, X., Liu, J. & Chen, Y. (2016). Effects of different groundwater depths on the distribution characteristics of soil-*Tamarix* water contents and salinity under saline mineralization conditions. *Catena* 142, 166-176.
- Zhang, D., Yin, L. & Pan, B. (2002). Biological and ecological characteristics of *Tamarix* L. and its effect on the ecological environment. *Science in China (Series D)* 45.

**Annexe 4 :** Etude statistique (Anova) de la variation de la concentration en polyphénols totaux, en flavonoïdes ainsi que l'activité antioxydante de toutes les extraits (68) en fonction des solvants d'extraction est très hautement significative.

**ANOVA à 1 facteur**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
IC	Inter-groupes	6586846,360	62	106239,457	16,585	,000
	Intra-groupes	403562,481	63	6405,754		
	Total	6990408,841	125			
Polyphenol	Inter-groupes	55809,244	67	832,974	497,629	,000
	Intra-groupes	113,824	68	1,674		
	Total	55923,068	135			
Flavonoïde	Inter-groupes	18,767	67	,280	618,106	,000
	Intra-groupes	,031	68	,000		
	Total	18,798	135			

**Annexe 5 :** Etude statistique (Anova) de la variation de la concentration en polyphénols totaux, en flavonoïdes ainsi que l'activité antioxydante des extraits issus de l'extraction par macération de feuilles et fleurs de *T. africana* en fonction des solvants d'extraction est très hautement significative.

**ANOVA à 1 facteur**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
IC	Inter-groupes	4686942,199	11	426085,654	14,561	,000
	Intra-groupes	351145,457	12	29262,121		
	Total	5038087,656	23			
Polyphenol	Inter-groupes	1665,911	11	151,446	49670,854	,000
	Intra-groupes	,037	12	,003		
	Total	1665,947	23			
Flavonoïde	Inter-groupes	,595	11	,054	1869,813	,000
	Intra-groupes	,000	12	,000		
	Total	,595	23			

**Annexe 6 :** Etude statistique (Anova) de la variation de la concentration en polyphénols totaux, en flavonoïdes ainsi que l'activité antioxydante des extraits issus de l'extraction totale au soxhlet de feuilles et fleurs de *T. africana* en fonction des solvants d'extraction est très hautement significative.

**ANOVA à 1 facteur**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
IC	Inter-groupes	258917,019	11	23537,911	80,382	,000
	Intra-groupes	3513,925	12	292,827		
	Total	262430,944	23			
Polyphenol	Inter-groupes	23292,915	11	2117,538	2418,011	,000
	Intra-groupes	10,509	12	,876		
	Total	23303,424	23			
Flavonoïde	Inter-groupes	1,401	11	,127	247,294	,000
	Intra-groupes	,006	12	,001		
	Total	1,407	23			

**Annexe 7 :** Etude statistique (Annova) de la variation de la concentration en polyphénols totaux, en flavonoïdes ainsi que l'activité antioxydante des extraits issus de l'extraction par épuisement au soxhlet de feuilles et fleurs de *T. africana* en fonction des solvants d'extraction est très hautement significative.

**ANOVA à 1 facteur**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
IC	Inter-groupes	255841,585	9	28426,843	93,523	,000
	Intra-groupes	3039,558	10	303,956		
	Total	258881,143	19			
Polyphenol	Inter-groupes	5282,073	11	480,188	1221,711	,000
	Intra-groupes	4,717	12	,393		
	Total	5286,789	23			
Flavonoïde	Inter-groupes	,437	11	,040	161,305	,000
	Intra-groupes	,003	12	,000		
	Total	,440	23			

**Annexe 8 :** Etude statistique (Annova) de la variation de la concentration en polyphénols totaux, en flavonoïdes ainsi que l'activité antioxydante des extraits issus de l'extraction par macération de feuilles et fleurs de *T. gallica* en fonction des solvants d'extraction est très hautement significative.

**ANOVA à 1 facteur**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
IC	Inter-groupes	4727367,976	11	429760,725	14,573	,000
	Intra-groupes	353883,639	12	29490,303		
	Total	5081251,615	23			
Polyphenol	Inter-groupes	2687,552	11	244,323	729,221	,000
	Intra-groupes	4,021	12	,335		
	Total	2691,573	23			
Flavonoïde	Inter-groupes	,888	11	,081	1050,931	,000
	Intra-groupes	,001	12	,000		
	Total	,889	23			

**Annexe 9 :** Etude statistique (Annova) de la variation de la concentration en polyphénols totaux, en flavonoïdes ainsi que l'activité antioxydante des extraits issus de l'extraction par épuisement au soxhlet de feuilles et fleurs de *T. gallica* en fonction des solvants d'extraction est très hautement significative.

**ANOVA à 1 facteur**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
IC	Inter-groupes	324226,557	8	40528,320	42,215	,000
	Intra-groupes	8640,487	9	960,054		
	Total	332867,045	17			
Polyphenol	Inter-groupes	7188,275	11	653,480	335,807	,000
	Intra-groupes	23,352	12	1,946		
	Total	7211,627	23			
Flavonoïde	Inter-groupes	4,082	11	,371	992,184	,000
	Intra-groupes	,004	12	,000		
	Total	4,086	23			

**Annexe 10 :** Etude statistique (Annova) de la variation de la concentration en polyphénols totaux, en flavonoïdes ainsi que l'activité antioxydante des extraits issus de l'extraction totale au soxhlet de feuilles et fleurs de *T. gallica* en fonction des solvants d'extraction est très hautement significative.

**ANOVA à 1 facteur**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
IC	Inter-groupes	504914,362	11	45901,306	46,201	,000
	Intra-groupes	11922,131	12	993,511		
	Total	516836,493	23			
Polyphenol	Inter-groupes	12186,799	11	1107,891	191,388	,000
	Intra-groupes	69,465	12	5,789		
	Total	12256,264	23			
Flavonoïde	Inter-groupes	10,042	11	,913	726,479	,000
	Intra-groupes	,015	12	,001		
	Total	10,057	23			

**Annexe 11 :** Etude statistique (Annova) de la variation des concentrations des extraits présentent des diamètres de zones actives significatives contre la *Citrobacter freundii*.

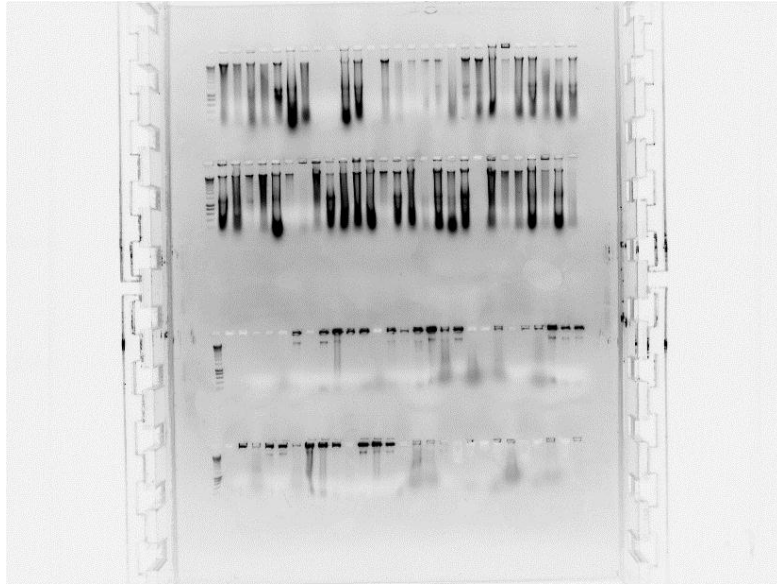
**ANOVA à 1 facteur**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
5uL	Inter-groupes	363,137	29	12,522	17,613	,000
	Intra-groupes	22,750	32	,711		
	Total	385,887	61			
10ul	Inter-groupes	164,298	29	5,665	1,903	,039
	Intra-groupes	95,250	32	2,977		
	Total	259,548	61			
15ul	Inter-groupes	201,685	29	6,955	3,725	,000
	Intra-groupes	59,750	32	1,867		
	Total	261,435	61			

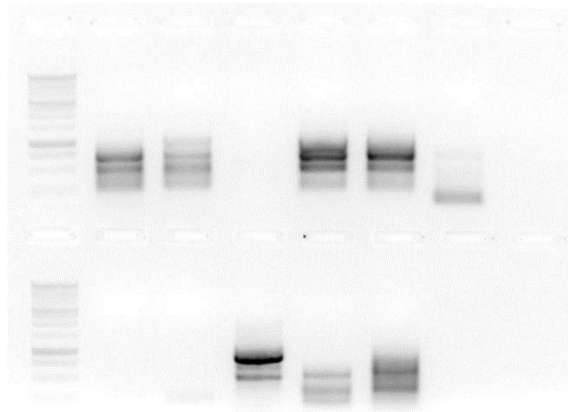
**Annexe 12 :** Etude statistique (Annova) de la variation des concentrations des extraits présentent des diamètres de zones actives significatives contre l'*Enterococcus faecalis*.

**ANOVA à 1 facteur**

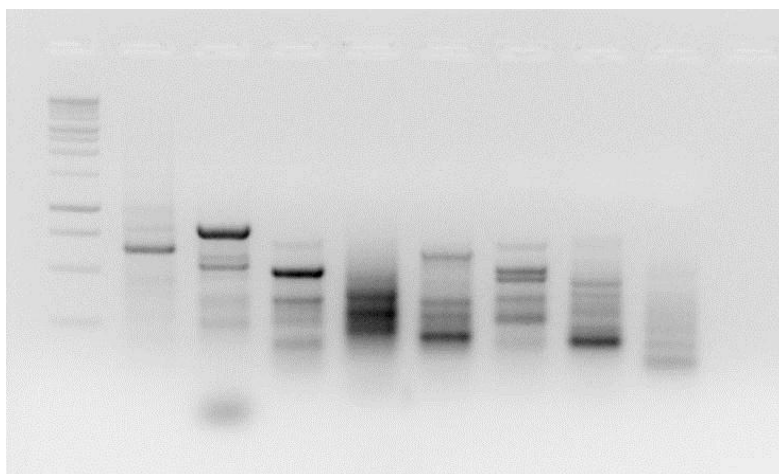
		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
5uL	Inter-groupes	353,091	10	35,309	194,200	,000
	Intra-groupes	2,000	11	,182		
	Total	355,091	21			
10ul	Inter-groupes	202,000	10	20,200	29,627	,000
	Intra-groupes	7,500	11	,682		
	Total	209,500	21			
15ul	Inter-groupes	292,455	10	29,245	18,924	,000
	Intra-groupes	17,000	11	1,545		
	Total	309,455	21			



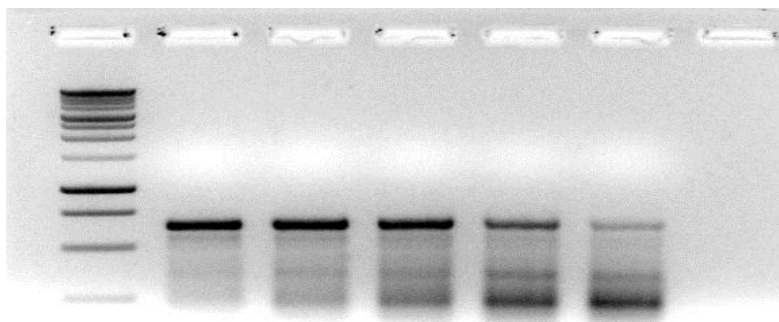
**Annexe 13 :** Migration de l'ADN sur gel d'agarose



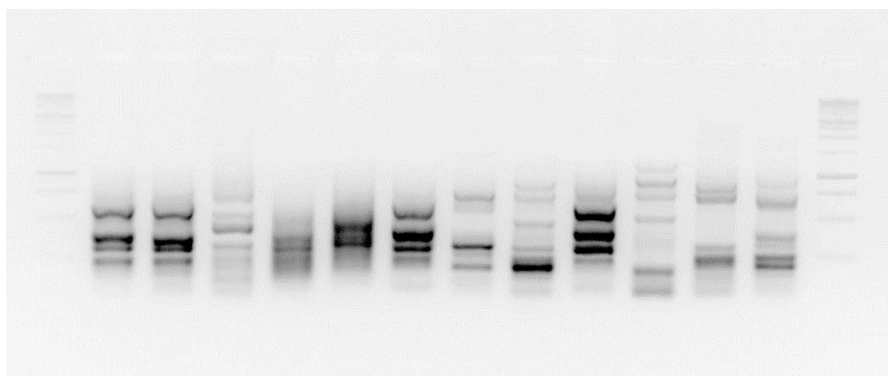
**Annexe 14 :** Migration sur gel d'agarose d'ADN amplifié par l'amorce OPB17 (RAPD)



**Annexe 15 :** Migration sur gel d'agarose d'ADN amplifié par l'amorce ISSR1



**Annexe 16 :** Migration sur gel d'agarose d'ADN amplifié par l'amorce ISSR9



**Annexe 17 :** Migration sur gel d'agarose d'ADN amplifié par l'amorce OPB17 (RAPD)

# RÉSUMÉ

La présente recherche porte sur l'étude de la famille des *Tamaricaceae*, qui est représentée au Maroc par un seul genre "*Tamarix*". Ce dernier étant parmi les genres les plus difficiles à étudier en termes de taxonomie. En 1816, 16 espèces ont été dénombrées selon Willdnow, mais le nombre n'a pas cessé d'augmenter. Ainsi, en 1852, Bunge a dénombré 51 espèces et les études se sont également poursuivies jusqu'à ce que le nombre atteigne 90 d'après Yang et Gaskin (2007). Ce problème de classification peut être dû à quelques différences dans les critères de différenciation utilisés par les chercheurs, ainsi qu'à la grande similitude entre les espèces de ce genre. Cela peut expliquer l'impossibilité de déterminer le nombre d'espèces de *Tamarix* au Maroc.

En effet, la difficulté de notre recherche est l'étude taxonomique des *Tamarix*. Cette partie met en évidence les facteurs qui ont contribué à des controverses sur le nombre des espèces de *Tamarix* dans notre pays et dans le monde entier. Dans cette étude, trois taxons précédemment déclarés ont été confirmés : *T. africana*, *T. boveana* et *T. aphylla*, alors que, pour l'espèce *T. amplexicaulis*, on soupçonne son existence dans une seule station. Concernant *T. canariensis* et *T. gallica*, leur identité nécessite des études plus approfondies vu les grandes ressemblances qu'elles présentent, afin d'éviter toute sorte de confusion.

Pour cette raison, nous avons mené une autre recherche morphologique pour montrer la diversité morphologique des espèces similaires. Les résultats concernant l'ACP et CAH, montrent des différences phénotypiques importantes entre les différentes populations de *T. africana*. Cette variabilité morphologique observée semble être due à un certain nombre de facteurs : la situation géographique, les facteurs écologiques notamment la température, l'altitude et l'humidité. En revanche, l'étude de la diversité morphologique de *T. gallica* / *T. canariensis*, a permis de déterminer l'ampleur de la variation morphologique entre les populations ainsi que les caractéristiques communes entre ces populations et leur compatibilité avec les clés d'identification ce qui a permis d'identifier plus précisément l'espèce (*T. gallica*). De plus, l'étude de la variabilité morphologique des trois espèces *T. africana*, *T. gallica* et *Tamaris* sp, a donné deux groupes complètement isolés. Le premier est composé de *T. africana* et le second par les *Tamarix gallica*. Alors que *Tamarix* sp. partage de nombreux caractères morphologiques avec *Tamarix gallica*, et en se référant aux spécimens de l'herbier nous avons considéré *Tamarix* sp. comme *T. gallica*.

Concernant le suivi de croissance, les résultats ont montré une variation morphologique entre les caractères étudiés selon les stades de floraison, confirmant ainsi, que le diagnostic doit prendre en compte le stade de croissance (anthèse).

Les caractères morphologiques et écologiques observés lors de l'étude de répartition des espèces étudiées, montrent que ces espèces possèdent une grande plasticité et une forte capacité d'adaptation aux conditions écologiques des milieux qu'elles occupent. C'est ainsi certaines espèces de ce genre sont phreatophytes alors que d'autres sont des psammophytes. La présence de certaines espèces, dans les régions sahariennes (M'hamide, Zagora, Merzouga...), montre qu'elles sont des thermophytes. Par ailleurs, d'autres tolèrent des zones situées à des hautes altitudes dont les températures sont très basses ou se développant à proximité des sources.

L'étude phytochimique de *T. aphylla*, *T. africana* et *T. gallica*, a révélé que les extraits aqueux ainsi que la poudre sèche des différentes parties de la plante (feuilles, fleurs, tiges, l'écorce et les racines) contiennent des phénols, des tanins, des saponines et des phlobatanins. La plupart des organes contiennent des stéroïdes et des flavonoïdes et aussi, des terpenoïdes et des acides aminés mais à des niveaux plus faibles. Alors que les protéines, les glycosides et les alcaloïdes sont absents dans tous les organes chez toutes les espèces.

Alors que pour l'étude biochimique, les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes ont été déterminées par des techniques spectrophotométriques. L'estimation quantitative des polyphénols et des flavonoïdes a montré que pour les différentes méthodes d'extractions. Ce sont les extraits méthanoliques et aqueux, qui se sont montrés les plus riches que ça soit pour les feuilles ou les fleurs chez les deux espèces.

Les activités antioxydantes ont été déterminées, in vitro, en utilisant le test du DPPH. L'évaluation du pouvoir antioxydant (DPPH) a montré que sept extraits possèdent une activité antioxydante supérieure à la valeur mesurée par l'acide ascorbique ( $IC_{50} = 5,23 \mu\text{g/ml}$ ).

Quant à l'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits, obtenus par l'extraction au Soxhlet (totale ou par épuisement), les résultats montrent que tous les extraits sont totalement inactifs contre la *Bacillus sibiricus*.

Alors que l'activité antibactérienne la plus élevée a été observée contre sur la souche *Citrobacter freundii* avec l'extrait des fleurs de *T. gallica* obtenu par l'éther de pétrole issu de l'extraction par épuisement ( $16,25 \pm 2,25 \text{ mm}$ ), et d'une zone d'inhibition de  $22 \pm 2 \text{ mm}$  obtenu par l'extrait aqueux des feuilles de *T. gallica* issu de l'extraction totale au sur la souche *Enterococcus faecalis*. Pour les CMI, les résultats varient de 6,25 à 50 mg/ml pour les deux souches. Concernant la CMB, tous les extraits ont signé une activité bactériostatique contre *Citrobacter freundii* et l'*Enterococcus faecalis*.

**Mots clés :** Maroc, *Tamaricaceae*, *Tamarix*, ACP, CAH, Taxon, Répartition, extraction, polyphénols, flavonoïdes, DPPH, activité antibactérienne, CMI, CMB.