

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Laboratoire de Biotechnologie des
Productions Végétales

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB - BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE
LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-
ECOLOGIE



THÈSE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques

**Étude dendroécologique et écophysiologie du genre Acacia dans le
Sahara occidental en Algérie**

Par

M^{lle} BOURAHLA Nadhera

Devant le jury composé de :

MOUAS Y.	Maitre de conférences A	U. Blida 1	Présidente
BENRIMA A.	Professeur	U. Ghardaïa	Directrice de thèse
MALLEM H.	Maitre de conférences A	U. Laghouat	Co-directrice de thèse
DJEMAI I.	Maitre de conférences A	U. Blida 1	Examinateuse
OUATTAR F.	Maitre de conférences A	E.S.A.S (Adrar)	Examinateuse

Etude Dendro-écologique et écophysiologie du Genre Acacia dans le Sahara occidental en l'Algérie

Résumé

La motivation de notre étude est d'améliorer nos connaissances sur les facteurs qui déterminent de la dynamique de la population d'*Acacia* dans le Sahara occidental suite à la rareté des espèces végétale ligneuse, en enquêtant sur la distribution spatiale de ces arbres, c'est une étape importante dans notre recherche de mécanismes de conduite.

Nous nous sommes proposés pour réaliser une étude cartographique des peuplements d'*Acacia* dans les sites d'étude, nous avons choisi quatre sites (Oueds) dans trois régions différentes Adrar, Timimoune et Tindouf. L'analyse biophysique montre que l'*Acacia* favorise des sols, alcalin, chargé en calcaire, limono sableux et/ou sablo limoneux. Sur le plan phyto-sociologique nous avons identifié six groupements avec une Association à *Acacia tortilis* et *Tamarix aphylla* au Nord de la région de Tindouf, une Association à *Acacia tortilis* ssp. *raddiana*, *Acacia albida* et *Argania spinosa* dans le sud de la région, une Association *Acacia tortilis* ssp. *raddiana*, *Acacia ehrenbergiana* et *Tamarix aphylla* dans le site d'Adrar et une Association à *Acacia tortilis* ssp. *Raddiana* et *Acacia ehrenbergiana* dans le site de Timimoune.

Une enquête sur les modèles spatiaux de nombreuses localités qui ont connu différents régimes météorologiques sur les dernières années et une étude de la relation entre météo et le volume des arbres qui s'accordent à de petits et grands arbres a savoir le site peut donner de nouvelles informations sur la relation entre la météo et recensement.

L'approche dendroécologique est utilisée sur 228 arbres standards répartis sur quatre stations. Le but de l'étude consiste à mettre en évidence l'effet du climat sur le dépérissement de l'*Acacia* dans cette partie aride. Une placette de peuplement de 18 individus d'*Acacia raddiana* a été installée dans la station annexe d'Adrar de l'institut national de recherche forestière (27.852467°N ; 0.313467°W) et cela dans le cadre de la valorisation des ressources végétales sahariennes.

Des mesures de hauteurs et de diamètres ont été prises sur les individus spontanés

des quatre régions étudiées ainsi que sur les 18 individus de la station d'Adrar (INRF), ce qui nous a permis de déterminer des classes de diamètres et d'hauteur, la distribution des classes de diamètre à l'intérieur des sites est hétérogène en revanche la distribution par classe d'hauteur a montré la dominance de la strate microphanérophyte est très claire avec un pourcentage important 90 %.

Étant donné la menace de régression des peuplements d'*Acacia* en Algérie, nous avons analysé, en guise d'étude préliminaire, le comportement germinatif de l'espèce *Acacia raddiana* dans le but d'envisager ultérieurement un programme de conservation et de réhabilitation. Dans ce cadre et afin d'optimiser la germination des graines d'*acacia* et d'éliminer l'obstacle de l'inhibition tégumentaire, nous avons dans un premier temps scarifié les graines manuellement à laide d'un coupe ongle. Par la suite, nous avons envisagé de déterminer les conditions optimales de germination, puis nous avons exploité ces résultats dans le but d'évaluer l'aptitude à la germination de l'espèce sous différentes contraintes osmotiques.

Mots clés : *Acacia raddiana*, aride, phytosociologie, association, cartographie, dendroécologique, salinité, pouvoir germinatif.

Dendro-ecological and ecophysiology study of the Acacia genus in Western Sahara in Algeria

Abstract

The motivation of our study is to improve our knowledge on the factors that determine the dynamics of the Acacia population in Western Sahara following the rarity of woody plant species, by investigating the spatial distribution of these trees; it is an important step in our search for driving mechanisms.

We offered to carry out a cartographic study of Acacia populations in the study sites, we chose four sites (Oueds) in three different regions Adrar, Timimoune and Tindouf. Biophysical analysis shows that Acacia favors alkaline soils, loaded with limestone, sandy loam and/or sandy loam. On the phyto-sociological level we identified six groups with an Association with *Acacia tortilis* and *Tamarix aphylla* in the north of the Tindouf region, an Association with *Acacia tortilis* ssp. *raddiana*, *Acacia albida* and *Argania spinosa* in the south of the region, an Association *Acacia tortilis* ssp. *raddiana*, *Acacia ehrenbergiana* and *Tamarix aphylla* in the Adrar site and an Association with *Acacia tortilis* ssp. *Raddiana* and *Acacia ehrenbergiana* in the Timimoune site.

An investigation of the spatial patterns of numerous localities which have experienced different weather regimes over recent years and a study of the relationship between weather and the volume of trees growing alongside small and large trees at the site can provide new information on the relationship between weather and census.

The dendroecological approach is used on 228 standard trees spread over four stations. The aim of the study is to highlight the effect of climate on the dieback of *Acacia* in this arid part. A population plot of 18 individuals of *Acacia raddiana* was installed in the Adrar annex station of the national forestry research institute (27.852467°N; 0.313467°W) as part of the development of Saharan plant resources. Height and diameter measurements were taken on spontaneous individuals from the four regions studied as well as on the 18 individuals from the Adrar station (INRF). Which allowed us to determine classes of diameters and height,

the distribution of diameter classes within the sites is heterogeneous; however the distribution by height class showed the dominance of the microphanerophyte stratum is very clear with a significant percentage 90%.

Given the threat of regression of *Acacia* populations in Algeria, we analyzed, as a preliminary study, the germination behavior of the *Acacia raddiana* species with the aim of subsequently considering a conservation and rehabilitation program. In this context and in order to optimize the germination of acacia seeds and to eliminate the obstacle of integumentary inhibition, we first scarified the seeds manually using a nail clipper. Subsequently, we considered determining the optimal germination conditions, then we exploited these results with the aim of evaluating the germination ability of the species under different osmotic constraints.

Keywords: *Acacia raddiana*, arid, phytosociology, association, cartography, dendroecological, salinity, germination power.

دراسة بيئية وفسيولوجية بيئية لنبتة الطلع في الصحراء الغربية

ملخص

الدافع وراء دراستنا هو تحسين معرفتنا بالعوامل التي تحدد ديناميكيات توزع نبتة الطلع في الصحراء الغربية و ذلك لندرة أنواع النباتات الخشبية، من خال دراسة التوزيع المكاني لهذه الأشجار، فهي خطوة مهمة في بحثنا عن آليات القيادة.

عرضنا إجراء دراسة خرائطية لنبتة الطلع في مواقع الدراسة، واخترنا أربعة مواقع (أودية) في ثالث مناطق مختلفة أدرار و تيميمون و تدوف. يظهر التحليل البيوفزيائي أن الطلع يفضل التربة القلوية المحملة بالحجر الجيري والطينية الرملية و/أو الرملية الطينية. على المستوى النباتي والجتماعي، حددنا ست مجموعات مرتبطة من بينها المجموعات الخاصة بنبات الطلع مجموعة أكسيما راديانا وتاماريكس بشمال منطقة تدوف، والمجموعة الرابطة بين نبات الطلع أكسيما راديانا و الطلع أكسيما راديانا و الطحة البيضاء و نبتة الرقلان في جنوب المنطقة، كذلك مجموعة أخرى بين الطلع أكسيما راديانا مع الطلع القصیر اهرنبرجيانا في التصير اهرنبرجيانا وتاماريكس في موقع أدرار و مجموعة بين موقع تيميمون.

إن دراسة النماط المكاني للعديد من المواقع التي شهدت أنظمة مناخية مختلفة خلال السنوات الأخيرة و دراسة العلاقة بين الطقس و حجم الشجار التي تتمو إلى جانب الأشجار الصغيرة والكبيرة في الموقع يمكن أن توفر معلومات جديدة عن العلاقة بين (الطقس) العوامل الجوية و التعداد.

يتم استخدام النهج البيئي الشجري في 228 شجرة قياسية موزعة على أربع محطات. الهدف من هذه الدراسة هو تسلیط الضوء على تأثير المناخ على موت أشجار الطلع في هذا الجزء القاحل من الصحراء. تم تركيب قطعة أرض تضم 18

فردا من نبات الطلع الرديانا بالمحطة الملحقة بالمعهد الوطني للبحث الغابوي بأدرار (27.852467 درجة شمال، 0.313467 درجة غربا) في إطار تنمية الموارد النباتية الصحراوية. تمأخذ قياسات

الطول والقطر على أفراد تلقائين من المناطق الأربع التي تمت دراستها وكذلك على 18 فردا من محطة أدرار (INRF) مما سمح لنا بتحديد فئات القطر والارتفاعات، وكان توزيع فئات القطر داخل الموقع غير متجانس، واضحة جداً وبنسبة معنوية إلأن التوزيع حسب فئة الرتفاع أظهر أن هيمنة الشجار ذات الرتفاع الصغير طبقة .%90

نظراً لخطر تراجع مجموعات الطلع في الجزائر، فمنا، دراسة أولية، بتحليل سلوك إنبات أنواع الطلع raddiana بهدف النظر الحفاظ وإعادة التأهيل. في هذا السياق ومن أجل تحسين إنبات بذور الطلع والقضاء على عائق التثبيط التكاملـي، فمنا أول بخش البذور يدوياً باستخدام مقص الأظافر. بعد ذلك، فمنا بدراسة تحديد ظروف الإنبات المثلث، ثم فمنا باستغلال هذه النتائج بهدف تقييم قدرة الإنبات لأنواع تحت قيود تناظرية مختلفة.

راديـانا، القاحلة، علم الاجتماع النباتـي، الـرـيـبـاطـ، رـسـمـ الخـرـائـطـ، البيـئةـ

الكلمات المفتاحية: الطلع
الشجرية، الملوحة، قوة الإنبات، القيد.

Remerciements

A l'issue de cette thèse, je remercie avant tout DIEU tout puissant de m'avoir donné la volonté, le courage et la patience pour arriver à mon but. Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Madame BENRIMA Atika, professeur à l'université de Ghardaïa, d'avoir accepté de diriger ce travail. Je tiens à lui témoigner ma profonde gratitude et reconnaissance pour ses orientations scientifiques, ses précieux conseils, sa patience, sa disponibilité et surtout ses encouragements continus.

Je remercie aussi Madame MALLEM H Maitre de conférences « A » à l'université de LAGHOUAT d'avoir accepté de codiriger ce travail.

Je remercie Madame MOUAS Y., Maitre de conférences « A » à l'université de Blida1 d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Je voudrais également remercier Madame DJEMAI I. Maitre de conférences « A » à l'université de Blida 1, F. OUATTAR Maitre de conférences « A » à l'Ecole Supérieure d'Agriculture Saharienne Adrar, qui ont accepté d'examiner ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements à monsieur AMMARI Tayeb le Conservateur de La Conservation des Foret d'Adrar pour son aide, son soutien et ses encouragements lors de la réalisation du présent travail.je tiens a remercier énormément le Docteur OULD SAFI Mohamed Directeur de l'Institut National de la Recherche Forestière d'Adrar pour sa précieuse aide et sa disponibilité ainsi que le Directeur General de L'INRF Monsieur SBABDJI, a Monsieur YOUS Farid Inspecteur principal dans la conservation des Foret d'Adrar, Monsieur MESSEOUDENE Kamel dans la Conservation des Foret de BECHAR.

J'adresse également mes sincères remerciements à tous qui m'ont aidé à réaliser ce travail sur terrain Messieurs : le conservateur de la conservation des Foret de Tindouf ainsi que Monsieur ABDELMOUNEN, le conservateur de la conservation des Foret de TIMIMOUNE. Qu'il me soit permis d'exprimer, à l'issue de cette thèse, mes remerciement avec une profonde gratitude à tous les membres de ma famille, à mes collègues d'études Docteur : Degaichia Houssem, Hamadi Imene, Tamindjoute Hayet et Djidel asma

Dédicaces

Je dédie cette thèse de doctorat :

À ma très chère maman qui nous a quittés il y a deux ans, cette femme exceptionnelle à qui je dois tout à cette femme d'affaires créative et rigoureuse à ma meilleure amie, toujours disponible et attentive qui m'a donné les plus précieux conseils et pardonner mes erreurs, à cette mère courageuse et forte qui m'a protégé de toutes ses forces, à cette mère souriante, bienveillante qui avait toujours les mots pour réconforter les personnes qui traversaient les épreuves de la vie qui était à l'origine de toutes mes réussites.

Maman, je t'aime je t'aimerai toujours tu me manques tellement

Paix à ton âme ma très chère maman.

À mon cher Père :

Toutes les expressions du monde ne pourraient exprimer le grand amour que je vous porte, ni la grande reconnaissance que je vous témoigne pour tous les sacrifices que vous avez fait pour mon instruction et mon éducation. Que Dieu tout puissant te protège mon cher papa et vous procure bonheur et bonne santé.

À ma très chère grand-mère Hanifa rabi yarhamha

À mon adorable fils Mohamed

A mon cher frère Mohamed et sœurs Amel et Meriem ainsi qu'à leurs enfants Mohamed, Akram, Houssem, Wael, Achraf, Wahiba et Hadia

À mes chères tentes Malika, Fatouma, Farida et Wahiba paix à son âme

A ma chère belle sœur Feriel et mes chers beaux frères Mohamed El Amine et Riad

A mes chères cousines Nawal et Fella et mes chers cousins Adnane, Reda et Touhami

A ma chère amie d'enfance Anissa

A mon oncle Mustapha

A ma chère yasmine

A mes chères amies Hayet et Imen ainsi que mon ami Houssem.

À Madame KEBBAS Selma ellah yarhamha

Liste des figures

<u>Figure 1: Acacia tortilis (Forsk.) Hayne ssp. raddiana (Savi) [08]</u>	7
<u>Figure 2 : Feuilles et inflorescences d'Acacia raddiana Savi.[51]</u>	11
<u>Figure 3: Appareil végétatif et fruit d'Acacia raddiana Savi [51]</u>	11
<u>Figure 4: Aire de répartition d'Acacia tortilis ssp. Raddiana [79]</u>	14
<u>Figure 5: Les subdivisions phytogéographiques du Sahara [120]</u>	25
<u>Figure 6: localisation de la région de Timimoune (Gourara) [123]</u>	26
<u>Figure 7: localisation de la région de Tindouf [139]</u>	27
<u>Figure 8: localisation de la région d'Adrar [123]</u>	28
<u>Figure 9 : diagramme embrothermique de la region de Timimoune [129]</u>	32
<u>Figure 10: diagramme embrothermique de la région de Tindouf.....</u>	33
<u>Figure 11: Climagramme d'Emberger des trois régions d'étude.....</u>	35
<u>Figure 12: Photo de la tarière de Presler</u>	41
<u>Figure 13: dispositif d'inter-datation et de mesure des épaisseurs des cernes.....</u>	41
<u>Figure 14: compas forestier.....</u>	42
<u>Figure 15 : Blume-leisse</u>	43
<u>Figure 16 : Photos des dromadaires et chèvres entrains de brouter les feuilles d'Acacia raddiana</u>	46
<u>Figure 17:Graines d'Acacia raddiana</u>	47
<u>Figure 18 : mise en incubation des boites de Pétri dans un germoir à 25°C.....</u>	48
<u>Figure 19 : Dispositif simplifié de la mise en germination des graines d'A. raddiana</u>	49
<u>Figure 20: Analyse en composante principale de l'espèce inventoriée dans les biotopes du Sahara occidental algérien.....</u>	57
<u>Figure 21: Carte de distribution des points relevés de la placette d'étude : Oued Yahia w Brahim wilaya d'Adrar.....</u>	66
<u>Figure 22 : Carte de distribution des points relevés de la placette d'étude : Oued Aougrout wilaya de Timimoune.....</u>	67
<u>Figure 23: Carte de distribution des points relevés de la placette d'étude : Oued Elmae et Lac de Tafagoumt wilaya de Tindouf.....</u>	69
<u>Figure 24 : Distribution des arbres par classes de diamètres (en cm) dans les quatre sites d'étude : (A) Oued Yahia BrahimAdrar, (B) Oued Aougrout Timimoune, (C) Oued EL-Mae Tindouf 1,(D) Lac Tafagoumt Tindouf 2.....</u>	71

<u>Figure 25 : Distribution des arbres par classes d'hauteur (en m) dans les quatre sites d'étude : (A) Oued Yahia BrahimAdrar, (B) Oued Aougrout Timimoune, (C) Oued EL-Mae Tindouf1,(D) Lac Tafagoumt Tindouf2.....</u>	73
<u>Figure 26:Échantillons de carottes d'<i>Acacia raddiana</i> dans les sites d'études.</u>	79
<u>Figure 27 : Évaluation de la moyenne du volume de bois des espèces dans les différentes régions d'étude.....</u>	84
<u>Figure 28 : Répartition des arbres d'<i>Acacia raddiana</i> par classe de volume de bois dans les régions d'étude.....</u>	87
<u>Figure 29 : Comparaison des moyennes du volume de bois d'<i>Acacia raddiana</i> entre les sites étudiés et la station INRF D'Adrar.....</u>	91
<u>Figure 30 Répartition des classes de déficit foliaire (DF) des arbres d'<i>Acacia raddiana</i> dans les quatre sites d'étude.....</u>	92
<u>Figure 31: quelques sujets morts ou en état dégradé d'<i>Acacia raddiana</i>.....</u>	97
<u>Figure 32 : Effets du stress salin sur la cinétique de germination d'<i>Acacia raddiana</i></u>	98
<u>Figure 33: Effets du stress salin (NaCl) sur le taux de germination d'<i>Acacia raddiana</i></u>	101
<u>Figure 34 : Effets du stress sur la variation de la moyenne de germination journalière d'<i>Acacia raddiana</i>.....</u>	103
<u>Figure 35 : Effet du NaCl sur le temps moyen de germination (par jours) de l'<i>Acacia raddiana</i>.....</u>	104
<u>Figure 36: L'effet du NaCl sur l'inhibition de la germination d'<i>Acacia raddiana</i>.....</u>	107

Liste des tableaux

<u>Tableau 1 : Caractéristiques botaniques et biologiques d'Acacia raddiana [63, 64, 65, 66,67]</u>	9
<u>Tableau 2: coordonnées géographiques des régions d'études</u>	25
<u>Tableau 3 : Les types de climat selon l'indice d'aridité de Demartonne [128]</u>	30
<u>Tableau 4 : Précipitations et températures moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Timimoune durant la période 1967-2012 [139]</u>	31
<u>Tableau 5: Températures moyennes mensuelles et annuelles (en °C) enregistrées dans la région de Timimoun durant la période [2000-2014]</u>	31
<u>Tableau 6 : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Tindouf durant la période 2003-2012</u>	32
<u>Tableau 7: Températures moyennes mensuelles (en °C) enregistrées dans la région de Tindouf durant la période 2003-2012</u>	33
<u>Tableau 8: Synthèse climatique des régions d'étude</u>	35
<u>Tableau 9: Les classes de diamètre et hauteur des mesures dendrométriques d'Acacia</u>	43
<u>Tableau 10 : les différentes classes de défoliation.</u>	44
<u>Tableau 11 : Statut sanitaire du peuplement observé en fonction de son indice de santé (Is)</u>	45
<u>Tableau 12: Liste des taxons inventoriés au niveau des biotopes du Sahara occidental algérien. Type bio morphologique et type biogéographique de chaque taxon</u>	52
<u>Tableau 13 : Tableau phytosociologique dans les biotopes sahariens (Sahara occidental)</u>	58
<u>Tableau 14 : Corrélation des hauteurs et les diamètres des espèces relevées par sites</u>	75
<u>Tableau 15 : Corrélation entre l'âge et la hauteur de l'espèce d'Acacia raddiana de la station INRF Adrar.</u>	80
<u>Tableau 16 : régression linéaire de l'âge en fonction de la hauteur</u>	81
<u>Tableau 17: Paramètres de l'équation du modèle de régression entre l'âge et la hauteur d'A.raddiana</u>	81
<u>Tableau 18 : Comparaison des volumes de bois des espèces</u>	82

<u>Tableau 19 : Répartition des groupes homogènes du volume de bois d'<i>A.ehrenbergiana</i> dans les sites d'étude.....</u>	<u>85</u>
<u>Tableau 20: Répartition des groupes homogènes du volume de bois d'<i>A.radianna</i> dans les sites d'étude.....</u>	<u>86</u>
<u>Tableau 21 : Comparaison entre des régions d'étude par rapport aux volumes de bois des espèces (ANOVA).....</u>	<u>88</u>
<u>Tableau 22: Répartition des groupes homogènes de la région d'Adrar par rapport au volume de bois des espèces.....</u>	<u>90</u>
<u>Tableau 23: Répartition des groupes homogènes de la région de Tafagoumt par rapport au volume de bois des espèces.....</u>	<u>90</u>
<u>Tableau 24 : Indice de santé de peuplement d'<i>Acacia</i> des sites étudiés.....</u>	<u>94</u>
<u>Le tableau 25 montre les résultats des paramètres de germinations d'<i>Acacia raddiana</i>.....</u>	<u>99</u>
<u>Tableau 26 : résultats des paramètres de germinations d'<i>Acacia raddiana</i>.....</u>	<u>99</u>
<u>Tableau 27: variation de la moyenne de germination journalière d'<i>Acacia raddiana</i></u>	<u>100</u>
<u>Tableau 28 : Moyenne de germination journalière.....</u>	<u>101</u>
<u>Tableau 29 : le temps moyen de germination (TMG) des graines d'<i>Acacia raddiana</i> en conditions salines.....</u>	<u>104</u>
<u>Tableau 30 : d'inhibition de la germination.....</u>	<u>106</u>

Liste des abréviations

ACP	Analyse en composantes principales
C.E	Conductivité électrique
CE	Conductivité électrique
CHA	Classification Ascendante Hiérarchique
E.S.P	(Exchangeable Sodium Percentage) Le pourcentage de sodium échangeable
Mmhos	Milimhos
MNT	Modèle Numérique de Terrain
NRH	Agence Nationale des Ressources
Hydrauliques ONM	Office National de Météorologie
PP	Précipitation totale annuelle de pluie et/ou neige fondues
(mm) Q 2	Quotient pluviométrique d'Emberger
RA	Total jours de pluie durant l'année
T	Température moyenne annuelle
TM	Température maximale moyenne annuelle
Tm	Température minimale moyenne annuelle
UTM	Universel Transverse Mercator
V	Vitesse moyenne annuelle du vent (Km/h)
Mm	Micro mètre
μm	Micro-siemens.

Table des matières

Résumé

Abstract

ملخص

Remerciment

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique 4

I. Généralité sur les Acacias 4

1. Etat des lieux des acacias en Algérie 5

II. Acacia raddiana 7

1. Historique 7

2. Description et systématique 8

2.2. Description 8

2.2. Systématique 8

3. caractéristiques dendrologiques 9

4. Bio-écologie 12

Biologie 12

Écologie 13

5. Aire de répartition 13

<u>6. Principales utilisations</u>	<u>15</u>
<u>Alimentation animale</u>	<u>15</u>
<u>Alimentation humaine</u>	<u>15</u>
<u>Utilisation du bois</u>	<u>15</u>
<u>7. Intérêts d'<i>Acacia raddiana</i></u>	<u>15</u>
Utilisation d' <i>Acacia raddiana</i> et son intérêt phyto-thérapeutique	16
<u>8. Impact écologique de l'espèce sur l'environnement</u>	<u>17</u>
<u>III. Paramètres physiologiques</u>	<u>19</u>
<u>1. Germination</u>	<u>19</u>
<u>Le pouvoir germinatif</u>	<u>19</u>
<u>Levée d'inhibition tégumentaire</u>	<u>20</u>
<u>Méthodes de levée de l'inhibition tégumentaire</u>	<u>20</u>
<u>Traitement mécanique ou manuel</u>	<u>20</u>
<u>Traitement chimique</u>	<u>21</u>
<u>Traitement chimique par l'acide sulfurique H₂SO₄</u>	<u>21</u>
<u>Traitement chimique par l'eau bouillante</u>	<u>21</u>
<u>Traitement chimique par l'eau éthylique CH₃-CH₂-OH</u>	<u>21</u>
<u>Traitement par la chaleur sèche</u>	<u>21</u>
<u>Traitement par l'électricité</u>	<u>22</u>
<u>Stress</u>	<u>22</u>
<u>La salinité</u>	<u>22</u>
<u>Le stress salin et les plantes</u>	<u>23</u>
<u>Chapitre II : Matériel et méthodes</u>	<u>24</u>

1. Choix des régions d'étude	24
2. Présentation de la région d'étude	24
2.1. La région de Timimoune	25
2.2. La région de Tindouf	27
2.3. La région d'Adrar	28
3. Climat des zones d'étude	29
3.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1957)	29
3.2. Indice d'aridité de De marton	30
3.3. La région de Timimoune	30
3.3.1. Diagramme Ombrothermique de la région de Timimoune	29
3.3.2. Indice d'aridité de Demartonne de la région de Timimoune	30
3.4. La région de Tindouf	32
3.4.1. Diagramme Ombrothermique de la région de Tindouf	33
3.4.2. Indice d'aridité de Demartonne de la région de Tindouf	34
3.5. La région Adrar	34
3.5.1. Diagramme Ombrothermique de la région d'Adrar	34
3.5.2. Indice d'aridité de Demartonne de la région d' Adrar	34
3.6. Situation bioclimatique des stations d'étude	34
3.6.1. Quotient pluviothermique d'Emberger	34
II. Matériel et méthodes	36
1. Réalisation des relevés	36
1.1. Aire minimale	36
1.2. Relevés floristiques et échantillonnages	36

<u>Cortège floristique</u>	36
➤ Étude du cortège floristique	36
<u>Matériel utilisé</u>	36
<u>Méthode adoptée</u>	37
<u>Les typologies</u>	38
Cartographie des Peuplement d'Acacia dans les sites étudiés	38
<u>Étude de la cartographie numérique</u>	39
<u>Organisation et préparation des données</u>	39
Collecte de données mésologiques et dendrométriques	40
<u>1.4.3. Méthode suivie</u>	40
L'état sanitaire	44
<u>Indice de santé</u>	44
2. Etude du stress salin	46
<u>Présentation d'Acacia tortilis</u>	46
<u>Objectif de l'expérimentation</u>	47
<u>Provenance</u>	47
<u>Conditions de culture</u>	48
<u>Les paramètres mesurés durant la période de germination</u>	49
<u>Cinétique de germination</u>	49
<u>Taux de germination</u>	49
<u>Moyenne de germination journalière</u>	50
<u>Vitesse de germination</u>	50
<u>Inhibition de la germination</u>	50

<u>3. Analyses statistiques</u>	<u>50</u>
III. Chapitre 3: Résultat et discussion	51
Discussion générale	108
conclusion générale et perspectives	110
<u>Références bibliographiques</u>	<u>113</u>

Introduction générale

Introduction

En zones sahariennes, la végétation des zones arides, en particulier est très clairsemée, à aspect en général nu et désolé. Les arbres sont aussi rares que dispersés et les herbes n'y apparaissent que pendant une période très brève de l'année, quand les conditions deviennent favorables [1]. De même, les espèces végétales désertiques vivent généralement en conditions climatiques draconiennes et par conséquent, elles possèdent un système d'adaptation très particulier aux conditions environnementales sahariennes [2].

Les changements climatiques, la préservation de la biodiversité et des milieux forestiers, et l'appréciation de la vulnérabilité des écosystèmes naturels et de leur capacité d'adaptation face à des variations de la température moyenne globale figurent parmi les principales préoccupations au niveau mondial [3]

Les conditions bioclimatiques sont les principaux facteurs qui affectent la répartition de la végétation ainsi que la physiologie des plantes [4]. En effet, les contraintes environnementales (salinité, sécheresse, température ainsi que les facteurs édaphiques), le défrichement et le surpâturage provoquent l'expansion de certaines espèces aux dépens d'autres [5], et une dégradation rapide de la couverture végétale naturelle associé à une érosion de la diversité biologique dans les zones arides et désertiques de l'Algérie, cette dégradation se traduit par des effets de plus en plus néfastes sur les plans économique et écologique (désertification). [6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11]

Pour mieux lutter contre ce phénomène, il faut chercher les solutions qui permettent d'améliorer le couvert végétal et résoudre les problèmes de régénération de certaines essences forestières en zones arides, particulièrement l'acacia qui connaît en Afrique du Nord une régression et un déclin inquiétants [12].

Pour lutter contre la dégradation des terres, de grands programmes de reboisement ont été mis en œuvre et ont bien souvent abouti à des échecs, en raison de l'inadaptation à l'aridité et au faible niveau de fertilité des zones d'introduction des espèces exotiques à croissance rapide utilisées. Le recours à des espèces autochtones généralement plus adaptées au milieu et largement connues et utilisées par les populations locales devient à cet égard une nécessité.

Parmi celles-ci, les légumineuses arborescentes et herbacées pérennes offrent un intérêt particulier, car leur double capacité à réduire le dioxyde de carbone et l'azote atmosphérique en fait des modèles de choix dans les programmes de restauration d'écosystèmes et de développement durable. En ce moment le genre le plus favorisé en Afrique est l'acacia, en raison notamment de sa large répartition, de ses capacités de résistance à la sécheresse et de fixation de l'azote, et de ses multiples usages traditionnels [13].

Les Acacias autochtones des régions désertiques d'Algérie sont représentés par six saxons. Elles existent dans le Sahara en générale et du Sahara occidental (à l'extrême sud-ouest algérien), elles représentent un groupe majeur de légumineuses ligneuses dans les habitats arides et subarides des régions tropicales et subtropicales, en particulier dans l'hémisphère Sud [14]. Parmi les espèces que nous avons dénombré dans cette région : *Acacia raddiana* et *Acacia albida*, qui font partie de la famille des Fabacées et leurs graines sont caractérisées par une dormance (inhibition) tégumentaire [15].

En Algérie *Acacia raddiana* (Savi) a une aire de répartition s'étalant sur les régions du Sahara occidental et central, elle représente une sous espèces qui appartient au genre *Acacia*, famille des Fabaceae, sous famille de Mimosoides [16 ; 17]

Les populations actuelles des acacias du Sahara occidentale avaient probablement évolué différemment vis-à-vis de celles de leurs centres de dispersion doivent être étudiés afin de mieux les connaître sur diverses aspects biologiques (biogéographique, morphologique) et de mettre en évidence les relations qui s'exercent entre elles et avec leur milieu. Ces taxons très peu étudiés représentent une source écologique de grande importance.

Dans le contexte de la protection de ces essences parfaitement adaptés aux zones désertiques et arides, nous nous proposons en premier lieu de mener cette étude qui aura pour but de régénérer ces espèces dans leur milieu adéquat pour leurs pérennisations, leurs valorisations en tant que bioressources et la réhabilitation des zones menacées de désertification aussi bien pour établir à long terme, une stratégie de conservation en commençant par les aspects les plus accessibles tels que la répartition géographique et les caractères morpho-métriques.

En deuxième lieu, une étude de l'effet des principales contraintes environnementales affectant la germination des semences [18 ; 19], notamment la sécheresse et la salinité [20 ; 21] qui entravent les essais de restauration des espèces forestières menacées. Où, nous nous sommes penchés sur l'étude de la germination en conditions de stress salin afin de mieux maîtriser ainsi les premiers problèmes rencontrés lors des essais de reboisement. Dans le cadre d'une gestion durable de notre patrimoine forestier que ce travail a été mené et organisé en trois chapitre.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I. Généralité sur les Acacias :

Le Genre des Fabacées regroupe des plantes dicotylédones à intérêt économique mondiale. Elle compte des espèces alimentaires, fourragères et ornementales. Le caractère commun entre les espèces appartenant à ce groupe est la présence de fruit ou gousse bivalve. Anciennement connu sous l'appellation de légumineuses, ce groupe est considéré, après les Astéracées, comme étant la seconde famille des Édictons [30], affirme que les espèces de Fabacées sont cosmopolites et que la famille a des représentants dans tous les types biologiques. Dans d'autres citations, la notion de superfamille est remplacée par celle d'« ordre », par conséquent l'ordre de légumineuses se répartit en trois familles : les Mimosacées, les Césalpiniacées et les Fabacées, dont la plupart sont des espèces fixatrices d'azote et qui ont une importance sur le plan économique [31]. D'autre part, [32] signalent que les fabacées forment une super-famille, divisée à son tour en trois familles ; les Faboidées, les Césalpiniacées et les Mimosacées.

Les Faboidées ou Papilionacées sont nommés ainsi à cause de la forme de leurs corolles, les fleurs sont zygomorphes et les espèces sont généralement herbacées. Par contre, les Césalpiniacées et les Mimosacées ont un port globalement arboré ou lignifié. On retrouve au niveau des racines des Fabacées, des microorganismes symbiotiques qui interviennent dans leurs nutrition, dont les bactéries appartenant au genre *Rhizobium*, formant des excroissances racinaires appelées communément nodosités ou nodules, ainsi que des champignons endomycorhiziens à vésicules et arbuscules développant des structures intra et extra racinaires [33]. Près de 90% des espèces de Papilionacées et de Mimosacées et plus de 30% des Césalpiniacées sont pourvues de nodosités, ceci montre que la fixation de l'azote est un phénomène fréquent, mais non obligatoire, de la nutrition des plantes de cette super-famille [34].

En ce moment le genre le plus favorisé en Afrique est l'acacia, en raison notamment de sa large répartition, de ses capacités de résistance à la sécheresse et de fixation de l'azote, et de ses multiples usages traditionnels. On dénombre environ 1250 espèces d'acacias, dont 134 (représentées par 170 taxons) sont originaires

d'Afrique; 20 (26 taxons) sont présentes jusqu'en Asie, et 6 (7 taxons) sont natives d'Asie orientale [35].

1. État des lieux des acacias en Algérie

Le constat de la dégradation avancée des écosystèmes sahariens est désormais confirmé, les facteurs responsables sont liés à l'anthropisation croissante et anarchique aggravée par les changements climatiques extrêmes. Dans ces milieux vulnérables, les populations animales et végétales sont constamment exposées à des risques de rétrécissement de leur espace et de leur nombre. *L'Acacia raddiana* n'échappe pas à cette règle. [36]

En Algérie, particulièrement dans les monts de l'Ougarta, l'étude des classes de densités effectuée sur quarante années a montré que les peuplements sont répartis en trois types de populations et de façon très hétérogènes [37]. On distingue :

- Une population dont les arbres sont bien venants, étant pour la plupart âgés. Ce sont les plus rares et se retrouvent dispersés dans des zones peu ou pas fréquentées.
- Une population plus ou moins conservée, mais soumise à l'exploitation. C'est souvent un mélange de cépées et d'arbres fourchus (à tronc ramifier) qui végétent à la faveur de la disponibilité en eau.

Les cépées sont dues au broutage des semis très appréciés par les camelins [38]. Les arbres à tronc ramifié peuvent être le résultat d'une réaction liée à la résistance de l'arbre aux conditions climatiques très rudes.

- Une population d'arbres chétifs et mal venants soumis à des coupes très fréquentes et à l'arrachage anarchique des branches, l'espèce se trouve alors confinée par des groupes très dispersés dans les fonds des lits d'oueds. La même étude sur les classes d'âge a montré qu'en dépit des diverses atteintes, *l'Acacia raddiana* a connu des périodes de régénération importantes ayant permis à l'espèce d'exister encore.

Toute fois, il y a lieu de signaler que la germination des graines d'*Acacia raddiana* est tributaire de plusieurs facteurs liés à la disponibilité en pluies, aux températures élevées, et aux conditions de levée de l'inhibition tégumentaire. Ainsi, *l'Acacia*

raddiana ne se régénère qu'à la faveur de la combinaison de ces facteurs qui ne sont pas toujours évident à réunir d'où la menace de son extinction .Par ailleurs, l'anthropisation est caractérisée par la destruction des branches, ce fait est d'autant plus graves lorsque c'est l'arbre est abattu en entier afin de le transformer en charbon de bois. Pratique qui semble persister malheureusement, dans certaines régions des confins du Sahara, tel qu'au niveau de la hamada du Draa, avec de plus en plus de coupes destructrices pour le bois de feu. Aussi des blessures et entailles provoquées sur des sujets sains, à des fins d'extraction de résine ou de gomme pour les besoins domestiques (thé), provoquant de graves hécatombes à travers l'attaque des termites qui se greffent sur les sujets ainsi affaiblis. La régression provoquée de ce genre d'espèce au niveau du Draa, particulièrement dans la région des oueds, El Ma, Gahouane et Targant, semble provoquer une dénudation de l'espace et les savanes arborées à Acacia, risquent à terme de décliner, essentiellement à cause de cette pratique d'isolement sélectif. Cette activité longuement constatée est malencontreusement devenue lucrative pour les riverains, portant ainsi, et en silence, des coups fatals au patrimoine forestier que constituent les *Acacias* dans ces zones. Ainsi, si les pressions exercées par les activités anthropiques ne sont pas freinées ces espèces risquent de disparaître en emportant avec elles et à tout jamais, tout son patrimoine génétique, d'où une intervention urgente avant la disparition du dernier *Acacia* de notre grand Sahara [39,40,41,42,43,44,45].

II. *Accacia raddiana*

1. Historique

Il y a 2500 ans, le climat du Sahara auparavant froid, s'est réchauffé. La mousson tropicale est remontée vers le nord, et les *Acacias* et autres espèces tropicales l'ont envahi [46]. Il se forma dans cette immense savane, une chaîne de grandes forêts pures d'*Acacia* reliant les hauts plateaux algériens et leurs steppes à formation de Pistachier et de Jujubier aux régions soudanaises.

Il en subsiste de nombreux témoins au Maroc et en Tunisie, se reliant aux formations du Sénégal par un chapelet de stations distinctes et fragmentées les unes des autres [47]. Certains auteurs comme [48] considèrent que l'association climatique primitive à base d'*Acacia* épineux a une aire qui va de l'Océan à la Méditerranée à la Mer rouge. En revanche, il signale que les *Acacias* de l'Afrique Occidentale rejoignent ceux du Sud-tunisien et de la Tripolitaine, occupant ainsi une immense bande, soit toute la largeur de l'Afrique. Et c'est le dessèchement du Sahara qui les a refoulés peu à peu, ne les laissant subsister que dans les zones côtières (Sud-tunisien, Sud-marocain, Tripolitaine, Egypte, Palestine...). [49]



Figure 1: *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne ssp. *raddiana* (Savi) [08].

2. Description et systématique

Description

Selon Dommergues [50], le nom de l'arbre Acacia Raddiana a pris son origine du nom du botaniste Florentin Giuseppe Radd (1770-1829). Dès 1775, Forsskal avait distingué le Mimosa tortilis, mais il fallut attendre 1830 pour que Savi propose de distinguer une espèce qu'il nomme Acacia raddiana et que Brenan établira au rang de sous-espèce d'*Acacia tortilis* en 1957. [51]

Acacia tortilis (Forsk.) Hayne ssp. *raddiana* (Savi) Brenan est un arbre des régions arides et semi-arides, présent au Nord et au Sud du Sahara, il se développe entre les isohyètes 50 et 1 000 mm [52]. Il est très réputé chez les nomades pour ses nombreuses vertus. [53,54, 44, 56,57]. C'est un arbre au feuillage persistant qui pousse sur sols sableux et sous climat très sec.

Systématique

Arbre à usages multiples, il est une des espèces majeures dans la zone sahélienne [58]. *Acacia totortilis bernali* subsp *raddiana* savi appartient au genre acacia et à la famille des fabaceae, est un arbre fortement adapté aux zones désertiques à intérêt économiques très grand. Avant d'être classée comme espèce indépendante, l'*Acacia raddiana* était considérée comme variété ou sous- espèce de l'*Acacia tortilis* appelée « umbrella tree » à cause de la forme de sa couronne. Par conséquent, le taxon d'*Acacia tortilis* subsp.*raddiana* suit la classification APGIII(2009) [59]

Règne	Plante
Clade	Angiospermes
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous-famille	Mimosoideae
Tribu	Acacieae
Genre	Acacia
Espèce	<i>Acacia tortilis</i>
Subsp	<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>Raddiana</i>

3. Caractéristiques dendrologiques

L'*Acacia raddiana* se présente sous formes d'arbuste puis arbre à rameaux âges blanc ivoire avec de longues épines droites, généralement blanches, de taille de 2 à 10mètres. Les feuilles sont deux fois divisées: la nervure centrale porte d'autres paires de nervures latérales appelées bipennes. [60]

Les fleurs sont régulières, généralement petites, groupées en têtes globuleuses ou en épis cylindriques. Selon les espèces les inflorescences peuvent comporter de quelques fleurs à plus d'une centaine. En général, ils fleurissent tout au long de l'année avec une éclosion principale au printemps et une floraison de moindre importance le reste de l'année. Les fleurs sont en général jaunes, ou bien blanches en capitules denses de 1 à 2 cm de diamètre. Les fruits sont des gousses; les gousses contournées en spirale. [61,62]

Tableau 1 : Caractéristiques botaniques et biologiques d'*Acacia raddiana* [63, 64, 65, 66,67]

Organes	Description		Référence
Port	Une espèce ligneuse de 4 à 18 m de hauteur, et atteignant occasionnellement 21m		Brenan et al., 1959
Rameaux	Les jeunes rameaux et feuilles sont glabres ou pseudoglabres		
Ecorce	Fissurée et de couleur grise à noir ,		
Feuilles	Les feuilles composées bipennées et alternes, sont formées d'un rachis long de 4 à 6cm, portant 3 à 5 paires de pinnules, longues de 2 à 3 cm. Les deux pinnules terminales sont très rapprochées et les autres sont distantes de 10 mm environ		
Pétiole	Forme Longueur Couleur	Porte parfois une glande, au-dessus, avant la première paire de pinnules. A la base du pétiole, se présentent deux épines jumelées, parfois courtes et légèrement courbées, parfois droites, acérées De 10 à 15 mm Blanchâtres	
Fleurs	Forme Longueur Couleur	Forme de capitules larges De 7 à 10 mm. Elles sont disposées au sommet d'un pédoncule long de 15 à 30 mm Blanc crème	(Berhaut 1967)
Fruit	Forme Longueur Couleur	Gousses spiralées (tortillées) De 10 à 15 cm de long et 5 mm de large Verts au stade juvénile et brun clair à maturité	(Von Maydell 1986)
Graines	Elles contiennent jusqu'à 10 graines brunes, ovales avec deux côtés larges et une concavité ovale foncée		
Racines	Système racinaire est pivotant et bien développé, ce qui lui permet d'exploiter différentes couches du sol		Le Houérou



Figure 2 : Feuilles et inflorescences d'Acacia raddiana Savi.[51]



Figure 3: Appareil végétatif et fruit d'Acacia raddiana Savi [51]

4. Bio-écologie

Biologie

La feuillaison d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* est continuellement visible, et s'étend sur presque toute l'année. Cependant, il faut signaler, l'existence d'une défeuillaison qui est partielle pour certains individus. Ce type particulier de variabilité a d'ailleurs été décrit au niveau d'une population d'*Acacia tortilis* de la mare d'Oursi au Burkina-Faso [68]. S'établissant dans le Negev au mois de juillet de chaque année, indépendamment de la température et de la disponibilité en eau, la défeuillaison d'*Acacia tortilis* est telle que certains individus sont partiellement défeuillés (réduction du feuillage de 40 à 50%), alors que d'autres sont totalement dénudés [69]

La chute des feuilles peut être considérée pour la manifestation ultime du développement foliaire. Les feuilles devront croître, vieillir et chuter à plus ou moins long terme, suivant leur durée de vie. *Acacia tortilis* est donc à considérer comme une espèce semi semperfloreante, avec des périodes de pleine et de basse feuillaison, et ce d'après la synthèse de [70]. La relative continuité de la feuillaison suppose une superposition entre les stades de défeuillaison et de début de feuillaison. Ce dernier stade est pleinement visible en saison pré pluvieuse. Le débourrement qui précède les pluies est un phénomène connu sous le nom de précession de feuillaison [71]. Dans le même contexte, *Acacia tortilis* se caractérise par une floraison assez étalée dans le temps. D'après [72], au sein de la même population, ces tades semblent être variable d'une région à une autre, et même d'un individu à un autre. Ces auteurs, constatent que l'apparition des bourgeons floraux a lieu à la fin du mois de juin et se poursuit jusqu'à la deuxième décennie du mois de juillet de chaque année. Toutefois, un décalage peut souvent avoir lieu, même au sein de la même population. Ceci résulte, d'une fluctuation des facteurs édapho-climatiques. De son côté, [73] a eu la même constatation pour *Acacia adansonii*. Cet auteur considère, en plus des facteurs cités, les variations génétiques de l'espèce.

Au sud du Sahara, les études de [74], ont montré que la floraison présente un certain décalage par rapport à la feuillaison. La coïncidence de la croissance phénologique d'*Acacia tortilis* subsp.*raddiana* avec la période des hautes températures et de grande Evapotranspiration Potentielle (saison de l'été), révèle une complémentarité

fonctionnelle de cette espèce, normalement paléo tropicale, avec celle des espèces d'origine méditerranéenne.

En guise de conclusion, si certaines caractéristiques sont connues, comme par exemple le fait qu'*Acacia tortilis* soit une espèce à feuillage partiellement ou complètement caduque au cours de l'année, il faut toutefois reconnaître que peu de travaux ont été consacrés à l'étude détaillée du cycle biologique annuel de ce taxon. Ainsi, les auteurs ont des avis opposés, surtout pour le déroulement temporel moyen du développement à savoir l'apparition, l'épanouissement et le déclin d'une telle phénophase. Cependant, plusieurs auteurs s'accordent sur le fait que le facteur le plus déterminant d'une telle phase phénologique est la réserve hydrique du sol [75, 76, 77].

Écologie

Il est généralement reconnu que cette sous-espèce prospère bien sur les sols légers et bien drainés;

- Sur les sols sablonneux-limoneux et pierreux des oueds, les zones d'épandage et les ravins pierreux) [74]
- Sur les sables, les sols bruns steppique, sur les colluvions et sur les sables quaternaires [75]
- Sur les terrains salés littoraux, où on le rencontre parmi les espèces halophiles [76]
- Dans les bas-fonds alluviaux, [77]

5. Aire de répartition

Considérée comme étant la plus xérophile des angiospermes arborescentes [78], cette espèce forme des steppes désertiques qui sont, les plus diversifiées et les plus répandues des acacias car elles occupent des sols limono-argileux ou limono-sableux en bioclimats saharien et aride chaud à tempéré [79] elle est présente de l'Arabie méridionale à l'Afrique orientale allant jusqu'au Sénégal [80]. Par ailleurs, le taxon est absent, de façon quasi absolue, de la zone « extrêmement aride », où elle n'occupe que les lits d'oueds et quelques dépressions En effet, elle ne fait donc défaut que dans les zones hyperarides et dans les grands ergs du Sahara septentrional du Sud algérien et Sud tunisien, Sa limite vers le nord se situe,

exception faite du peuplement de Bled Talah, en Tunisie aride sur le revers septentrional du Tademaït et de la Hammada de Tinhert [79].

En Algérie, l'*Acacia raddiana* se trouve sur les axes d'eau temporaire représentés par les oueds où l'humidité est suffisante pour favoriser l'installation d'un sol plus profond et plus riche en éléments fins (limons et argiles). Il est localisé essentiellement dans la Saoura où il représente les reliques d'une savane désertique. Au Sahara nord occidental le parallèle de Béchar ($31^{\circ} 30'$ de latitude) constitue sa limite supérieure. Par contre, ces peuplements font défaut dans tout le Sahara septentrional. Il convient toutefois de signaler l'existence de cet arbre dans les oueds qui entaillent le versant méridional du Tademaït et sur le versant Nord occidental [22]. Sa répartition est limitée au nord par les températures minima et peut supporter jusqu'à -7°C à $+10^{\circ}\text{C}$. La tranche pluviométrique est très faible et vade0 à 120 mm.

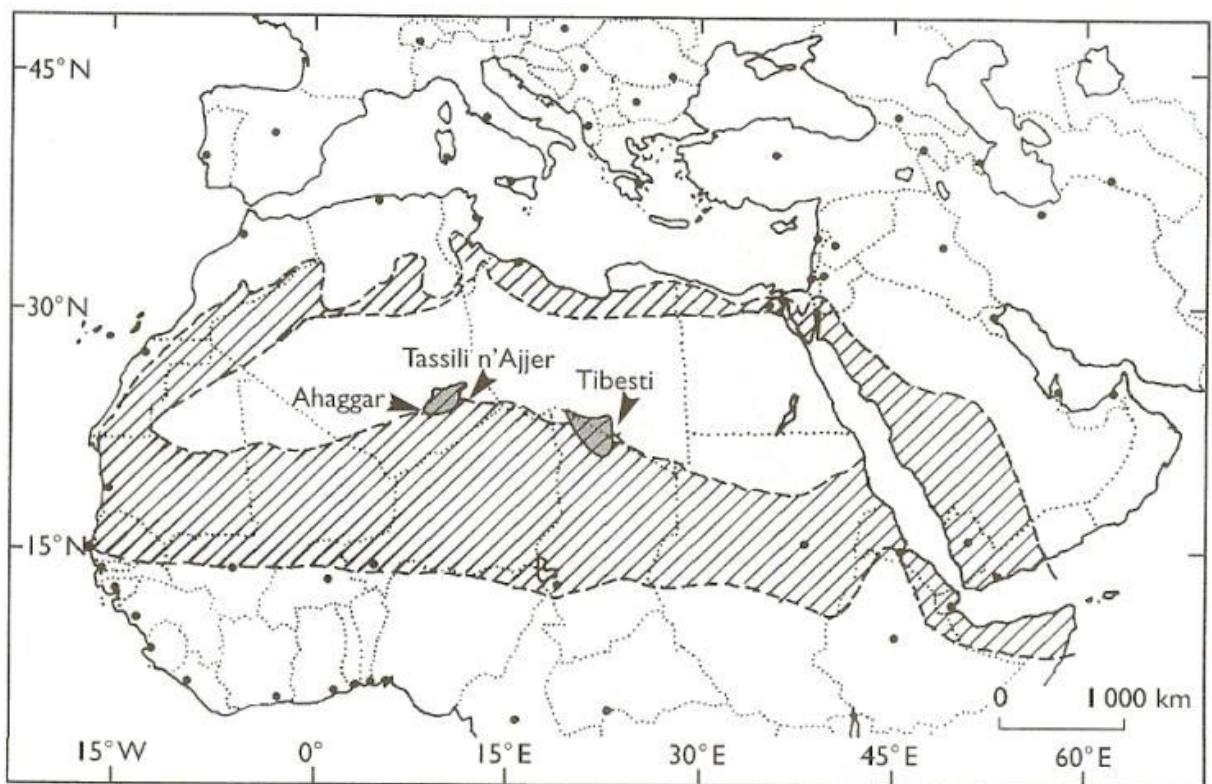


Figure 4: Aire de répartition d'*Acacia tortilis* ssp. *Raddiana* [79]

6. Principales utilisations

Alimentation animale

Il est partout reconnu un grand intérêt fourrager au feuilles, gousses, jeunes rameaux et même aux épines, et ce plus particulièrement pour les chèvres et les dromadaires. Les girafes sont également grandes consommatrices d'*Acacia* en général [81]. L'ingestion des gousses, grains, rejets, stipules et jeunes épines constituerait selon) [82] un remède efficace contre la «colique de sable» qui affecte les dromadaires en zone saharienne.

Alimentation humaine

L'*Acacia raddiana* est aussi comme aliment pour l'homme [83]. Les graines des gousses sèches sont transformées en une farine. Cette farine est aussi parfois mélangée à de la farine de blé, ou encore d'orge pour faire des bouillies. Les feuilles crues sont également consommées en période de grave disette. La gomme s'écoulant des blessures des parties basses des troncs est très amère peu consommée comme aliment. Par contre la gomme qui exsude des branches hautes des jeunes arbres est parfois mâchée par les enfants. [84]

Utilisation du bois

Il est partout reconnu que le bois d'*Acacia raddiana* constitue un combustible très apprécié et de pouvoir calorifique relativement élevé. Le charbon de bois qu'il procure est également apprécié. Il s'agit en outre d'un bois d'œuvre (gousses, racines, troncs) assez recherché, par contre l'écorce des racines sert au tannage des peaux; même pour la fabrication de lanières. [83]

Les écuelles et les mortiers sont creusés dans les bois les plus gros, de même que le pommeau et le dossier de la selle des dromadaires passager [85]

7. Intérêts d'*Acacia raddiana*

Acacia raddiana constitue une essence végétale aux propriétés multiples, toutes les parties du végétal étant utilisées. Il est partout reconnu d'un grand intérêt fourrager (riche en matières azotées digestibles) pour ses feuilles, gousses, jeunes rameaux et même épines, et plus particulièrement pour les chèvres et les dromadaires [37, 38]. Audru [39] signalent qu'à Djibouti les éleveurs lancent leurs

chèvres sur le houppier de ce taxon pour leur permettre d'en brouter les feuilles. Les fleurs et fruits sont éventuellement collectés par les bergers et distribués aux chèvres [40]. Elle assurait la survie des nomades en leur fournissant de l'ombre, et un excellent bois de feu et de charbon, avec un haut pouvoir calorifique. Le charbon de bois qu'elle procure est également apprécié jusqu'à aujourd'hui.

Il s'agit en outre d'un bois d'œuvre (grosses racines, troncs) assez recherché. En outre, ce taxon est capable d'enrichir le sol en azote [41]. L'individu nodule et fixe l'azote atmosphérique grâce à une association symbiotique avec une bactérie du genre *Rhizobium*. [34]

7.1. Utilisation d'*A.tortilis* subsp. *raddiana* et son intérêt phyto-thérapeutique

L'étude pharmacologique et les tests biologiques de l'espèce ont mis en évidence des métabolites secondaires (polyphénols), [86], qui jouent un rôle important à la fois dans la protection contre le cancer et les maladies cardio-vasculaires [87]. Selon Le Floc'h et Grouzis (2003) [59], Les gousses et les feuilles sont utilisées spécialement dans l'alimentation du bétail [88, 89]. L'ingestion des gousses, graines, rejets, stipules et jeunes épines constituerait un remède efficace contre la « colique de sables » qui affecte les dromadaires [82], mais aussi dans l'alimentation humaine de façon occasionnelle en cas de disette, les graines des gousses sèches, collectées puis pilées au mortier de bois, sont transformées en une farine qui est consommée telle quelle. Mais aussi, elles sont utilisées dans les soins traditionnels [90]

En effet, Les feuilles, pilées avec du haricot, sont employées dans le traitement des dermatoses allergiques, des œdèmes et dans certaines affections de la peau. Elles sont également utilisées dans les soins des cheveux, le traitement de la teigne. Les fruits sont utilisés contre les inflammations et les maux de dents [91]. La gomme dissoute dans l'eau est utilisée pour traiter les affections oculaires, la jaunisse et les maladies pulmonaires, l'écorce desséchée et réduite en poudre est un désinfectant des blessures, les graines, entières ou réduites en poudre, sont anti-diarrhéiques [92]

L'intérêt de l'arbre est beaucoup plus étendu. En effet, [93] révèle dans son article sur les Acacias au Sénégal, des propriétés, en plus de celles citées en dessus, celles émulsifiantes, stabilisantes et épaisseuses liées à la gomme exsudée suite à des blessures naturelles ou artificielles. L'écorce de l'*Acacia Raddiana* a des propriétés

vermifuges et guérissent les maladies de la peau, elle est utilisée efficacement pour cicatriser les plaies. Elle est également utilisée en médecine traditionnelle comme antitussif et antirhumatismal. Le bois est utilisé comme bois de chauffe, charbon, de service, d'œuvre, d'artisanat, tannerie, et dans la fabrication des enclos pour les animaux [94]

Traditionnellement, toutes les cordes et cordages des Touaregs nomades sont en fibre de l'écorce de l'*Acacia Raddiana* [95]. L'écorce et les gousses sont connues comme source de tanin [96]. Des exsudats polysaccharides (gomme) produits par cette espèce ont plusieurs usages domestiques; on s'en sert notamment pour faire de l'encre et des adhésifs, en artisanat, dans la préparation de produits cosmétiques, en confiserie et dans l'alimentation. Les graines de cette espèce sont utilisées pour produire une huile végétale riche en acides gras ayant des vertus thérapeutiques et nutritives riches en protéines (6.18%). Cette huile est composée de 44.3 % acide gras saturés, et 55 % non saturés [97].

8. Impact écologique de l'espèce sur l'environnement

Acacia tortilis subsp *raddiana* est une espèce clé de voûte des zones arides et sahariennes de l'Afrique [98, 99, 100]. Elle joue un rôle important dans l'amélioration des facteurs microclimatiques de son écosystème [101,102, 103] ce qui assure un développement de la diversité et de la production de la strate herbacée [116]. Par ailleurs, comme toutes les légumineuses fixatrices d'azote, cette espèce peut assurer :

- L'enrichissement et la restauration écologique du sol en azote via la décomposition de leurs racines et leurs différentes parties.
- La dépollution azotée par leur utilisation comme substituant aux engrains chimiques

Actuellement en Algérie, ou dans le monde, des recherches s'orientent vers l'utilisation des graines d'*A.Raddiana* pour la production du biocarburant. Ce nouveau produit peut être utilisé, selon cet axe de recherche, comme alternative dans l'industrie du fuel pour diminuer l'exploitation massive des énergies fossiles [104].

Les propriétés physicochimiques de l'huile des graines d'*A.Raddiana* et ses esters d'acides gras méthylés (le biodiesel) ont une valeur énergétique conformément aux procédures standards de l'American society for testing and material (ASTM) de 32.78 MJ/kg, elle est considérablement plus élevée que celle trouvée dans la graine d'*A.nilotica*, ce qui constitue une alternative prometteuse pour l'utilisation des énergies fossiles, permettant ainsi la possibilité d'exploitation écologique de cette espèce [97]

III. Paramètres physiologiques

1. Germination

La germination est le passage de la vie lente de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs favorables. Selon [105], c'est un processus physiologique comprend plusieurs phases successives dont la plus importante est appelée germination sensu stricto, qui s'achève juste avant la croissance de la radicule et les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule. Une semence a germé, lorsque la radicule a percé les enveloppes ou elle est visiblement allongée. [18].

Le processus de la germination dépend de plusieurs paramètres intrinsèques (âge et état de la plante, évolution physiologique et morphologique de la graine) et extrinsèques (humidité, température, oxygène) [18;105]

Il comprend trois principales phases successives:

- **La première phase** : c'est la phase d'imbibition de la graine, qui se traduit par une augmentation régulière et importante de l'activité respiratoire
- **La deuxième phase** : c'est la germination sensu stricto elle est marquée par un arrêt de l'absorption de l'eau et une activité respiratoire régulière.
- **La troisième phase** : elle est caractérisée par une reprise de l'absorption de l'eau et une activité respiratoire de plus en plus importante au développement de la radicule.

Le pouvoir germinatif

Le pouvoir germinatif définit l'aptitude d'une graine à germer, soit la durée maximale qu'une graine peut consentir avant de perdre la capacité de germer, et dépend d'une grande partie des conditions dans les quelles on place les graines. [105]

Les causes de variabilité des propriétés germinatives sont multiples et mal connues [18]; elles dépendent surtout du patrimoine héréditaire; mais aussi des facteurs de l'environnement qui peuvent modifier l'expression de ces propriétés d'origine génétiques. Cette hétérogénéité est due à trois catégories de facteurs: Conditions de développement des semences sur la plante (température, ensoleillement, pluviosité, nature du sol) dont L'origine géographique des semences est très importante, les condition de conservation (méthodes, température, humidité), et les condition de

germination : plus ces conditions sont défavorables et plus le lot semble être hétérogène.(Variabilité génétique). [105]

Levée d'inhibition tégumentaire

Il arrive que les graines ne germent pas, même en présence d'eau ; cette absence de germination ne permet pas le passage de l'eau ou bien l'imperméabilité de l'oxygène, peut avoir pour résultat une dormance de semences ; ce qui cause l'inhibition tégumentaire est due à plusieurs causes l'une d'entre-elle est l'enveloppe appelée tégument de la graine, cette dernière nécessite une ablation des téguments, pour permettre le passage de l'oxygène et de l'eau afin de permettre la respiration de l'embryon . [106]. Selon le même auteur, des tentatives répétées de germination de graine d'*Acacia raddiana* avec l'endocarpe intact ont donné, selon la littérature, moins de 5 % des taux de germination. Pour surmonter cette dormance, la graine doit être scarifiée, ce qui consiste à entamer le tégument, ou traitée par d'autre méthodes soit naturelle dont les graines nécessitent d'être mangées par les animaux pour que le tégument soit digéré, soit artificielle par l'intervention de l'homme pour la rendre perméable à l'eau et à hâter la germination [106].

Méthodes de levée de l'inhibition tégumentaire

Comme on l'a mentionné précédemment, des processus doivent se produire pour que les graines d'*Acacia raddiana* puissent germer. On peut classer les prétraitements des graines d'*Acacia* avant les émis selon les catégories suivantes: traitement mécanique, traitement par la chaleur sèches, traitement chimique, traitement par l'électricité.

Traitement mécanique ou manuel

On peut scarifier efficacement de petites quantités de semences en éraflant les graines une par une avec du papier de verre, en les entaillant avec un couteau ou bien un coupe angle, ou en frottant au papier de verre l'extrémité opposée à la radicule jusqu'à ce que le cotylédon soit visible. Toutefois étant donné qu'il faut traiter les graines une par une, ces méthodes ne sont guère applicables à grande échelle [107]. La méthode la plus simple consiste à les secouer dans un récipient en

métal ou en verre pendant environ 15 minutes, à raison de deux chocs par seconde. Une scarification mécanique peut également être réalisée à l'aide d'une batteuse.

Traitements chimiques

Plusieurs traitements chimiques peuvent être appliqués pour la scarification des graines d'Acacia; dont un même but afin de lever l'inhibition. Parmi ces différents traitements ; on peut traiter avec l'alcool éthylique ou bien l'acide sulfurique, mais aussi avec de l'eau bouillante [107].

Traitements chimiques par l'acide sulfurique H₂SO₄

Pour des lots de semences importants, un traitement à l'acide sulfurique concentré (98%) est souvent recommandé, si le temps de trempage dans l'acide a été déterminé au préalable; le plus couramment, il varie entre 15 et 30 minutes. les graines doivent être méticuleusement rincées à plusieurs reprises dans une grande quantité d'eau après le trempage dans l'acide [107]

Traitements chimiques par l'eau bouillante

La dormance des graines d'Acacia peut être rompue en les couvrant d'eau bouillante, et en les laissant ensuite tremper pendant 24 heures dans l'eau qui se refroidit. Cette technique susceptible d'accroître l'imbibition et améliorer les taux de germination [107] un trempage des graines d'Acacia dans l'eau du robinet à température normale est généralement inefficace pour rompre la dormance.

Traitements chimiques par l'eau éthylique CH₃-CH₂-OH

Des petits échantillons de graines d'Acacia ont été scarifiées avec succès par immersion dans l'alcool éthylique absolu pendant 12 heures [107].

Traitements par la chaleur sèche

L'application de la chaleur sèche entre 60°C et 80°C pendant 24 heures c'est avéré efficace pour accroître l'imbibition et la germination de graines d'Acacia. Par contre, une exposition à des températures de 90°C et plus pendant 3 heures ou plus peut les endommager sérieusement. Dans une expérience de laboratoire

effectuée en Inde, l'exposition de graines d'*Acacia* à une température constante de 35°C pendant 24 heures a accru les taux de germination, tandis qu'une exposition à des températures basses, de 3°C à 10°C par exemple n'avait que peu d'effet [107].

Traitements par l'électricité

Selon les travaux réalisés par [108], l'exposition de graines d'*Acacia* à un chauffage diélectrique dans un champ électromagnétique de fréquence variant entre 10MHz et 39 MHz accroît le taux de germination. Toutefois, d'autres études seront nécessaires pour démontrer la possibilité pratique d'un traitement des semences par hautes fréquences pour la dormance.

Stress

Le stress est une contrainte qui peut se résumer à une (ou plusieurs) force(s) de déformation appliquée(s) à un corps. Cette contrainte modifie les dimensions et la forme du corps exposé traduisant sa tension intérieure [109]. Un stress biologique n'est pas une force à proprement parler mais une déformation plastique du corps exposé. Le stress perçu par une plante, autrement dit le niveau de tension interne, dépend de la résistance de l'organisme à un type de stress appliqué avec une certaine intensité.

En plus du type de stress et de son intensité, il faut également considérer la durée d'exposition. En effet, si l'intensité d'un stress est trop faible pour provoquer des dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements plastiques, voire la mort de l'organisme [109]. Un organisme vivant est capable de s'adapter. En effet, par ce processus les blessures peuvent se résorber et la résistance au stress se modifier.

La salinité

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation [110, 111]. C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité [112 in 113]. La salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un

facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides [114 in 115]. Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation de sels in situ. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène [116].

- Salinisation primaire
- Salinisation secondaire

Le stress salin et les plantes

Le stress salin se définit comme la présence de concentrations excessives de sels solubles dans le sol, se traduisant par des dégâts sur la plante allant d'une baisse légère de rendement à une détérioration totale de la plante. Généralement, un taux élevé de Na⁺ et Cl- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet ; il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Le stress salin s'applique plutôt à un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na⁺ et Cl-.

Les stress altèrent le métabolisme végétal menant aux effets négatifs sur la croissance, le développement et la productivité des plantes. Le stress perçu par une plante, autrement dit le niveau de tension interne, dépend de la résistance de l'organisme à un type de stress appliqué avec une certaine intensité. En effet, si l'intensité du stress est trop faible pour provoquer des dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements plastiques, voire la mort de l'organisme. Certaines plantes, nommées glycophytes, ne sont pas capables de supporter la présence de sel. Les halophytes, au contraire, ont développé des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme [117,118].

Chapitre II : Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

Notre travail a pour but de régénérer l'espèce *Acacia raddiana* dans leur milieu adéquat pour leurs pérennisations, leurs valorisations en tant que bioressources et la réhabilitation des zones menacées de désertification aussi bien pour établir à long terme, une stratégie de conservation en commençant par les aspects les plus accessibles tels que la répartition géographique (phyto-sociologie, cartographie) et les caractères morpho métriques et une étude préliminaire du stress salin sur le pouvoir germinatif des graine d'*A.raddiana* de Tindouf.

Les régions d'étude ont été réduites à cause du manque de moyens et le problème d'accès à certaines zones.

1. Choix des régions d'étude

Le choix des stations de cette étude est basé sur la présence des Acacias aussi bien sur les critères géomorphologiques (la diversité des biotopes,), climatiques et bioclimatiques ainsi que sur la disponibilité des moyens (coopération des institutions du domaine).

La wilaya de Bechar a été éliminée de l'étude a cause de manque moyens sur terrain (véhicule accordable aux zones d'étude plus précisément les forets d'*Acacia*)

2. Présentation de la région d'étude

La zone d'étude est localisée dans les biotopes du Sahara occidentale en Algérie (figure 4), représenté administrativement par les wilayas d'Adrar, Tindouf et de Timimoune, Barry et al. [119] ont délimité les limites biogéographiques du Sahara algérien en relation avec la répartition saisonnière des pluies.



Figure 5: Les subdivisions phytogéographiques du Sahara [120]

Les coordonnées géographiques correspondantes à la limite des différentes stations étudiées sont les suivantes

Tableau 2: coordonnes géographiques des régions d'études.

Stations météorologiques	Coordonnées géographiques		
Timimoune			
Adrar	606 95	25.28 54	-7.6352
Tindouf	606 56	27.70 42	-8.2697

La région de Timimoune

La wilaya de Timimoune est située dans le Sahara algérien appelée aussi Le GOURARA, créée le 26 novembre 2019 sa superficie est de 65 203 km², elle s'étend au centre du triangle formé par la frange méridionale de l'Erg occidental, la bordure nord-occidentale du plateau du Tadmaït et l'oued Saoura-Messaoud à l'Ouest, [121]. Timimoune occupait auparavant la partie nord de la wilaya d'Adrar (Sud-Ouest algérien). Elle est limitée au nord par la wilaya d'El-Bayadh, à l'Ouest par la Wilaya de Béni Abbés, à l'Est par la wilaya de Meniaa et In Salaht. Cependant, au Sud elle est limitée par le territoire de Touat et Tidikelt de la wilaya d'Adrar.

Connue par ses activités agricoles, commerciales, touristiques et énergétiques. L'agriculture est représentée par les anciens pérимètres agricoles les oasis (irrigués par les Foggara) et les nouveaux terrains de mise en valeur. Les principales productions agricoles sont les céréales, le maraîchage et les dattes [123]. La géologie a une action indirecte sur la répartition et le développement des végétaux. D'une part, elle conditionne la réserve minérale du sol par la nature chimique du substratum géologique (effet de la lithologie) et d'autre part, elle intervient dans la formation des reliefs (effet sur la géomorphologie). Cette action devient prépondérante en zone aride du fait du faible recouvrement de la végétation [124].

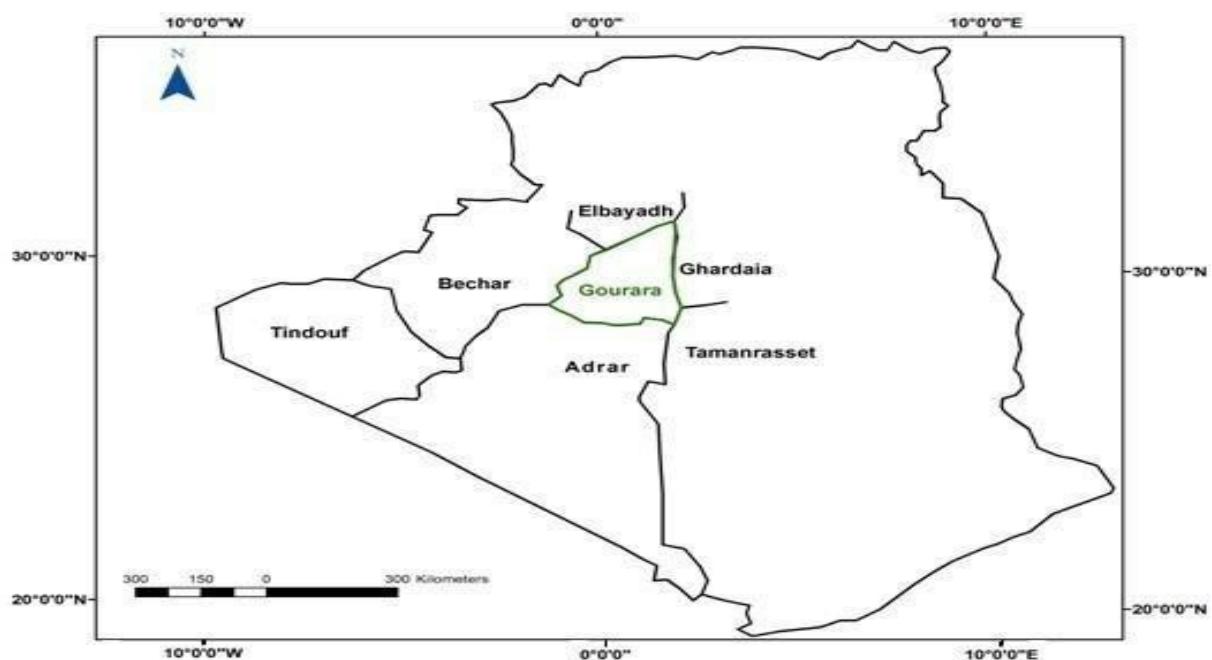


Figure 6: localisation de la région de Timimoune (Gourara) [123]

La région de Tindouf

La Wilaya de Tindouf s'étend sur une superficie de 158.874 Km², limitée au Nord par Oued Drâa (frontière marocaine) et à l'Est par la Wilaya de Béchar, au Sud-est par la Wilaya d'Adrar et au Sud par la Mauritanie. Ainsi, elle est limitée à l'Ouest par le Sahara Occidental et le Maroc. Situé dans le Sud-ouest algérien sur une superficie de 296.000 ha entre 8°05'00" W et 8°40'00" W, 28°25'00" N et 28°45'00"N. Elle est limitée au nord par le Maroc, au nord-est par la wilaya de Béchar, à l'ouest par le territoire du Sahara occidental, à l'est par la wilaya d'Adrar et au sud par la Mauritanie. Notre zone d'étude est caractérisée par un climat saharien à hiver frais, maritime sous l'effet des vents humides venant de l'océan atlantique. Ces conditions climatiques donnent à la région une grande originalité floristique [124]. Nous signalons que la quasi-totalité de la végétation de la région de Tindouf se rencontre dans les lits d'Oueds et les dépressions car les terrains au Nord et à l'Ouest sont constitués de Reg et de Hamada.

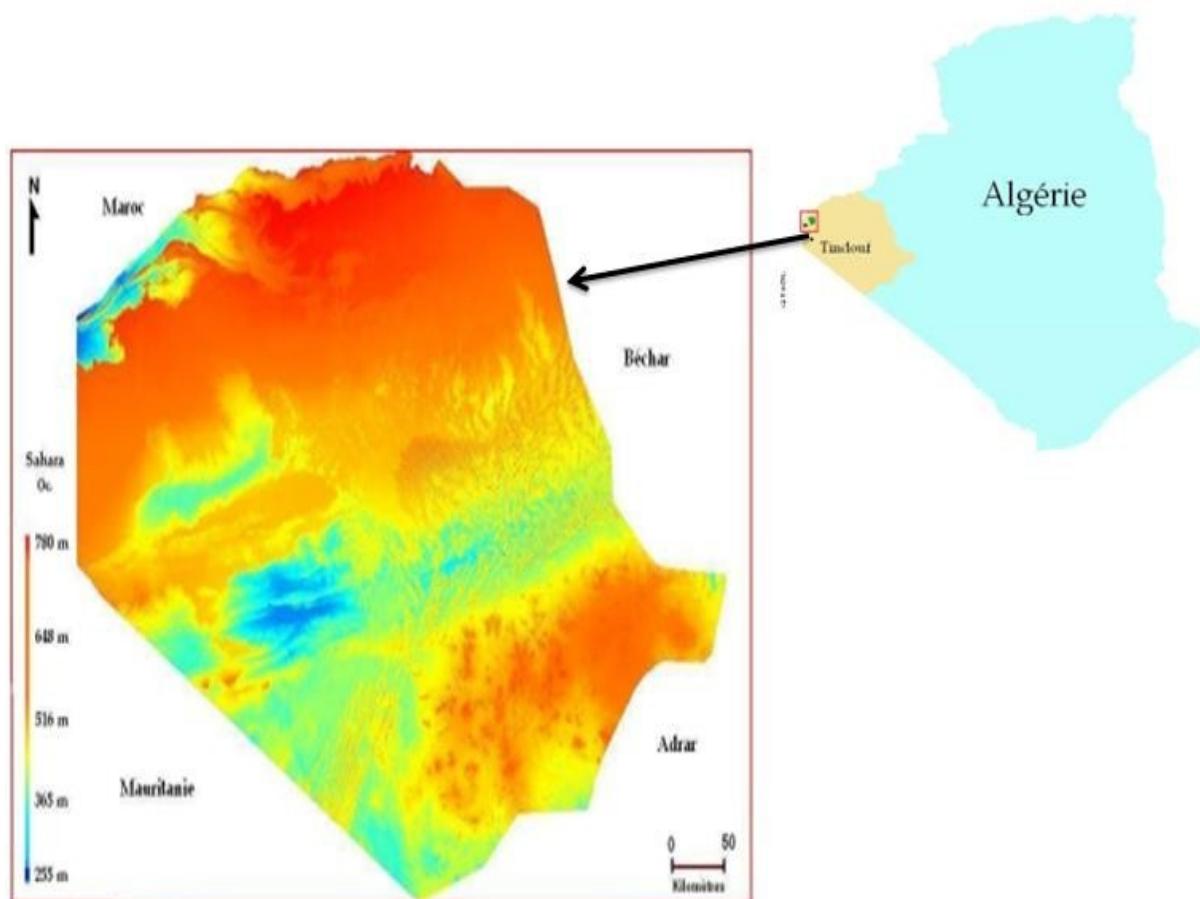


Figure 7: localisation de la région de Tindouf [139]

La région d'Adrar

La région d'Adrar est située dans le Sud-Ouest algérien. Elle est limitée au nord par la wilaya d'El-Bayad, à l'Ouest par la Wilaya de Bechar, à l'Est par la wilaya de Ghardaïa et Tamanrasset. Cependant, au Sud elle est limitée par le territoire de Touat et Tidikelt de la wilaya d'Adrar (fig.8)

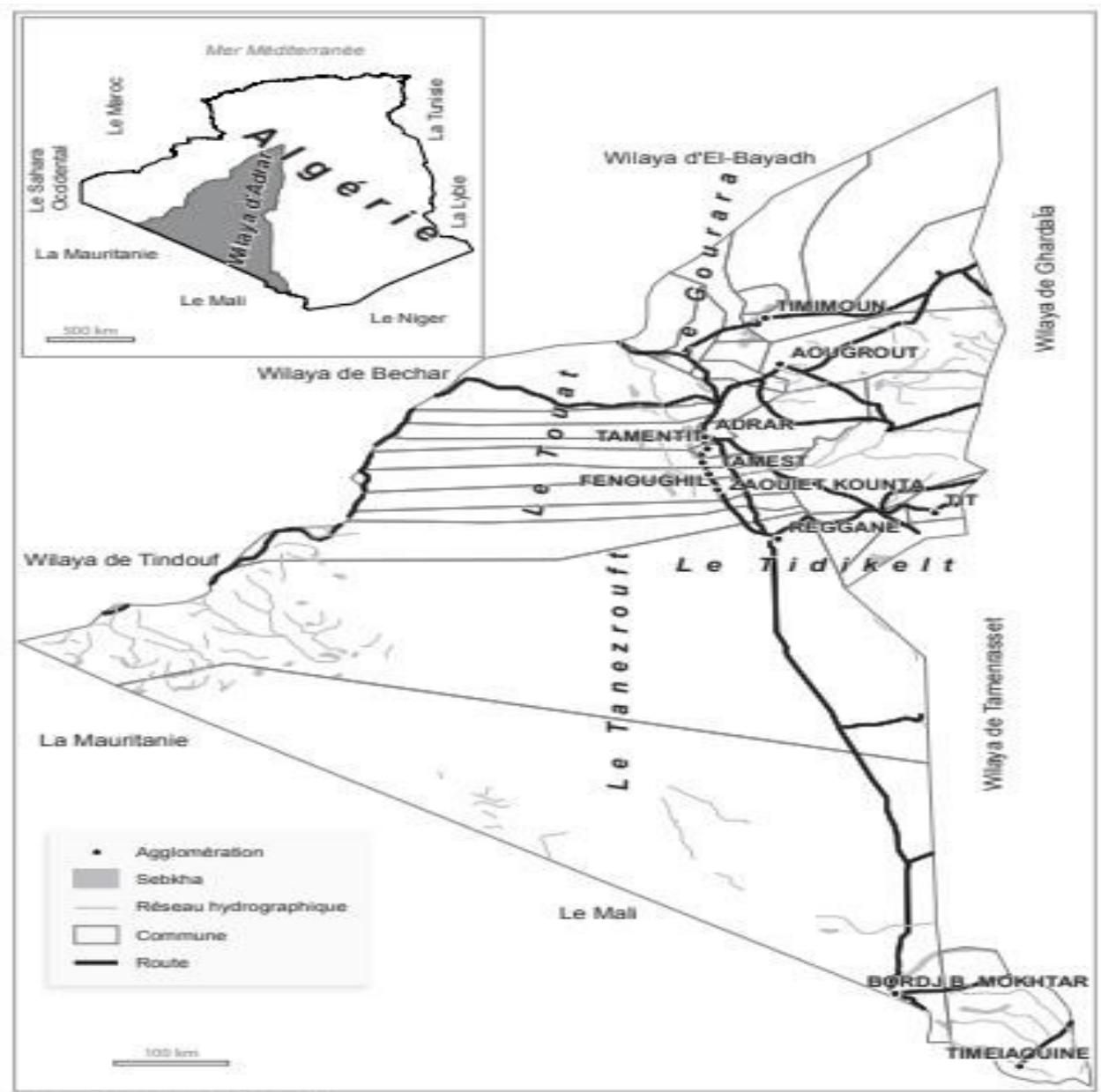


Figure 8: localisation de la région d'Adrar [123]

3. Climat des zones d'étude

Le climat représente un des facteurs du milieu les plus importants qui est étroitement lié à l'équilibre, le maintien et la répartition des êtres vivants [125]. En effet, il est utile de connaître les quantités des précipitations, les températures, les différents facteurs climatiques (gelée, neige, vent) et la durée de la saison sèche, pour avoir une idée précise sur le climat de la région.

La quantité annuelle des précipitations est l'un des paramètres clés dans la caractérisation du climat [125]. L'installation et la répartition de la végétation ne dépend pas seulement du total annuel des précipitations, mais également de la répartition des pluies au cours de l'année [124].

D'après Halimi [126], le facteur thermique dans la zone méditerranéenne est moins important que le facteur eau. Cependant ce paramètre climatique agit directement sur la répartition géographique des espèces. Il convient de noter que très souvent, ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui jouent un rôle décisif

Les données climatiques utilisées ont été fourni par l'Office National de Météorologie (ONM), elles concernent les stations météorologiques cités dans le tableau 01 et représentant nos stations d'études.

Le climat de la région d'étude a été étudié sur une période de 20ans (1996-2016). Les données climatiques fournis ont été mensuels pour les deux stations d'étude de Tindouf. Pour les régions du Sahara ouest, nous n'avons eu que les données annuelles ; la température et ceux de la pluviométrie.

Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1957): [127]

Selon BAGNOULS et GAUSSEN [127] un mois est dit sec, si le total mensuel des précipitations (P), exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température mensuelle (T) en degré centigrade ($P \leq 2T$). Cette approche a permis d'établir des Diagrammes Ombrothermiques afin de définir la durée de la saison sèche durant une période.

Les auteurs ont proposé de construire le diagramme Ombrothermique en tenant compte de la formule suivante : $P \leq 2T$

P : Précipitations moyennes mensuelles en mm.

T : températures moyennes mensuelles en °C.

Cette méthode consiste à rapporter les précipitations mensuelles P (mm) en ordonnée à gauche et les températures moyennes T en (°C) en ordonnée à droite, et en abscisse, les mois de l'année. La zone de croisement entre la courbe des températures (T) et la courbe des précipitations (P) permet d'apprécier la durée et l'importance de la période sèche.

Indice d'aridité de De Martonne

Le calcul de cet indice se base sur la combinaison des moyennes annuelles thermique et pluviométrique selon la formule suivante : $I = P / (T + 10)$. Alors que

P : la pluviosité moyenne annuelle en (mm)

T : la température moyenne annuelle en (°C). Cet indice sert à caractériser le degré de l'aridité du climat. Il est d'autant plus faible que le climat concerné est plus aride

Tableau 3 : Les types de climat selon l'indice d'aridité de Demartonne [128]

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

La région de Timimoune

La caractérisation du climat de la région d'étude a été réalisée à partir de l'exploitation des données météorologiques de station de Timimoun (tab.4)

Tableau 4 : Précipitations et températures moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Timimoune durant la période 1967-2012 [139]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	cumul
P (mm)	5, 8	0, 5	1, 2	4, 7	0, 6	0, 5	0, 2	1, 2	3, 2	2, 5	1, 2	1, 8	23,4

Les données du tableau précédent montrent que le régime mensuel des précipitations dans la région de Timimoune se caractérise par un maximum de pluies enregistré le mois de janvier (5,8 mm) en hiver, alors que le minimum est constaté en été le mois de juillet (0,2 mm). Malgré les faibles quantités de précipitations qui arrosent la région de Gourara, il serait utile de signaler que leur régime saisonnier est de type HAPE.

- **Les températures**

La température est un facteur écologique fondamental pour la végétation. Toutefois, au-delà d'un certain niveau, la température peut en provoquer des effets néfastes [130]. Le tableau ci-dessous présente les températures moyennes mensuelles et annuelles de la station de Timimoune.

Tableau 5: Températures moyennes mensuelles et annuelles (en °C) enregistrées dans la région de Timimoune durant la période [2000-2014]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	annuelle
TM	19,3	22, 2	27, 7	31, 9	36, 7	42, 1	45, 6	44	39, 7	33, 5	25	19, 9	32,3
Tm	4,9	7,4	12, 2	16, 2	20, 7	25, 4	28, 9	27, 9	24, 4	18, 7	10, 9	6,5	17
T	12, 1	14, 8	19, 9	24	28, 7	33, 7	37, 3	36	32	26, 1	18	13, 2	24,7

TM : température maxima ; Tm : température minima ; T : température moyenne.

Source : ONM station de Timimoune

Diagramme Ombrothermique de la région de Timimoune

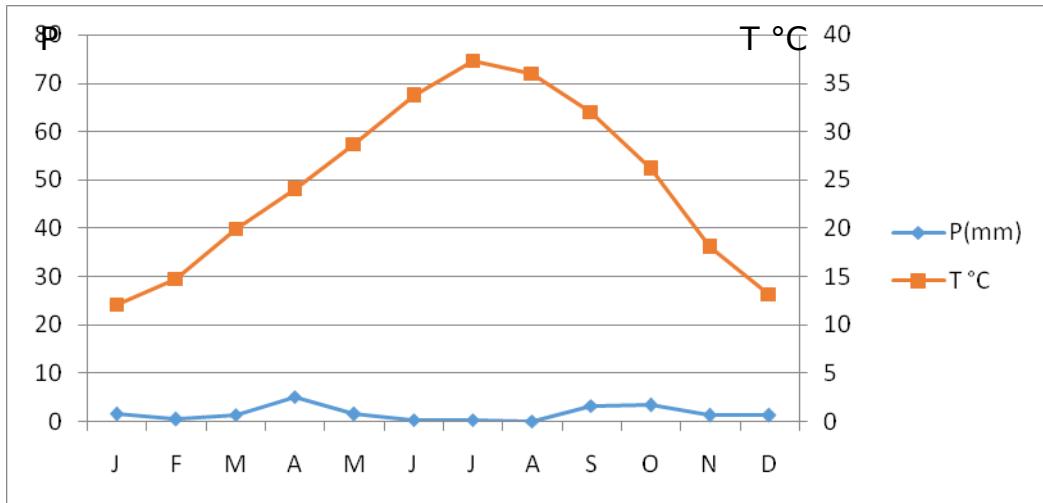


Figure 9 : diagramme embrothermique de la region de Timimoune [129]

Indice d'aridité de Demartonne de la région de Timimoune

Cet indice est compris entre 0 et 55. Il est d'autant plus faible que le climat est plus aride. [128 in 129]. En utilisant les données météorologiques de la station de Timimoune pour la période allant de 2000 à 2014 ($P = 20,1 \text{ mm}$, $T = 24,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$). On trouve que l'indice de Demartonne $I = 0,58$. Cela signifie que le climat de la région d'étude est hyperaride.

La région de Tindouf

- **Les précipitations**

Tableau 6 : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Tindouf durant la période 2003-2012

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul
Pluies (mm)	2,72	15,06	4,62	2,41	3,92	1,14	0,38	5,18	7,67	11	0,35	3,02	57,48

D'après l'analyse des données du tableau 6, la région de Tindouf reçoit une tranche pluviométrique annuelle faible (environ 57,48 mm). Les maximums des pluies sont

enregistrés dans le mois de février, alors que les mois de Juillet et novembre ne reçoivent que de faibles quantités.

- Les températures**

Tableau 7: Températures moyennes mensuelles (en °C) enregistrées dans la région de Tindouf durant la période 2003-2012

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuelle
T M	21, 01	23, 41	28, 38	31, 37	34, 57	39, 24	44, 29	42, 99	37, 97	32, 24	26, 89	21, 9	32,02
T m	6,6 3	8,9 2	12, 84	14, 76	17, 32	21, 11	27, 29	26, 73	22, 74	18, 04	12, 29	8,3 3	16,41
T	13, 82	16, 16	20, 61	23, 06	25, 94	30, 17	35, 80	34, 86	30, 26	25, 14	19, 59	15, 11	24,21

L'analyse du tableau 7, indique que la température moyenne annuelle est de 24,21°C, avec un minimum de 6,63°C enregistré pour le mois de janvier alors que le mois le plus chaud est celui de juillet avec 44,29°C

Diagramme Ombrothermique de la région de Tindouf

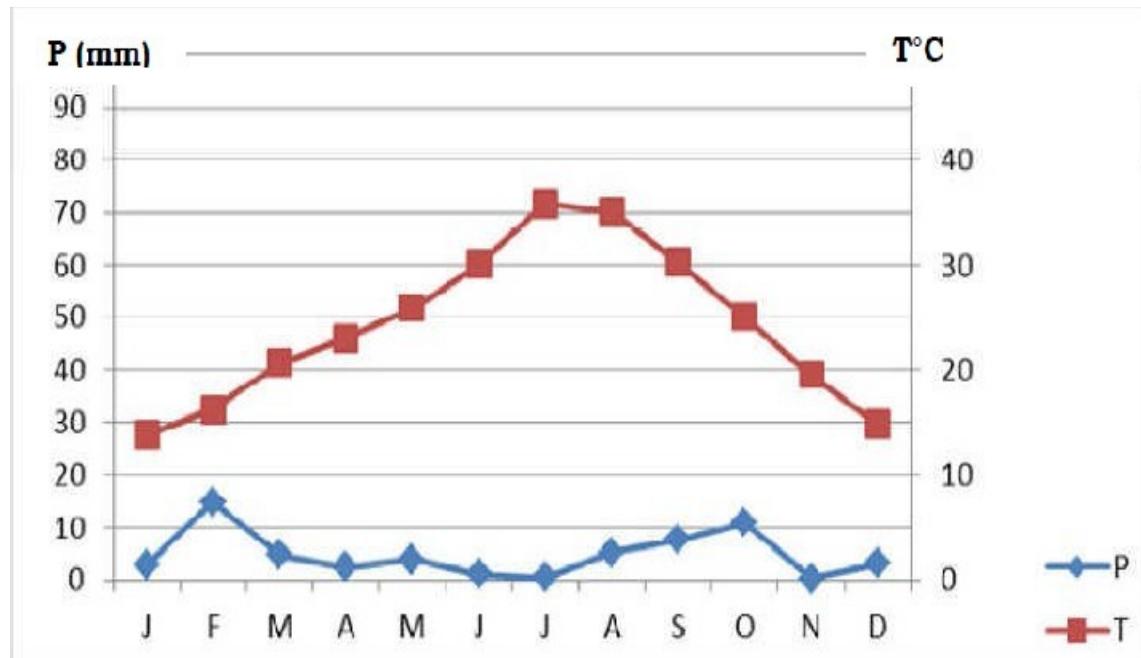


Figure 10: diagramme embrothermique de la région de Tindouf

L'analyse de la figure 10 fait apparaître que notre zone d'étude est caractérisée par une période sèche qui s'étale presque sur toute l'année

Indice d'aridité de Demartonne de la région de Tindouf

Pour la région de Tindouf ($P = 57,48$ mm et $T = 24,2$ °C), l'indice d'aridité de DEMARTONE est égal à 1,68. Selon cet indice, le climat de Tindouf est hyper aride (désert absolu)

La région Adrar

Le climat, avec ses caractéristiques, joue un rôle essentiel dans la répartition des espèces végétales et animales, dans la formation du sol et dans les processus de plusieurs phénomènes naturels.), La station météorologique de Timimoune (ex willaya déléguée) est la seule qui existe dans la région d'étude. Ainsi, les données qu'on a présentées pour la région de Timimoune donne une image plus ou moins générale sur le climat de la région. Toutefois, on aurait pu avoir une étude climatique plus complète et plus fiable si elles existaient d'autres stations météorologiques dans cette région vu son immensité.

Diagramme Ombrothermique de la région d'Adrar

Il est représenté par le même diagramme Ombrothermique que la région de Timimoune car cette dernière n'était qu'une wilaya d'élaguée d'Adrar durant la période d'étude.

Indice d'aridité de Demartonne de la région d'Adrar

La valeur de I est comprise entre 0 et 55

En utilisant les données météorologiques de la station de Timimoune pour la période allant de 2000 à 2014 ($P = 20,1$ mm, $T = 24,7$ °C). On trouve que l'indice de De Martonne $I = 0,58$. Cela signifie que le climat de la région d'étude est hyperaride.

Situation bioclimatique des stations d'étude

Quotient pluviothermique d'Emberger

Pour caractériser un climat, Emberger [131] a établi un quotient pluviothermique, simplifié par Stewart [132], dont l'expression est la suivante:

$$Q_2 = 3.43 [P / (M - m)]$$

Q2 : Quotient pluviothermique

P : Pluviosité moyenne annuelle exprimée en (mm).

M : Moyenne des maxima du mois les plus chauds exprimés en °C (degré Celsius).

m : Moyenne des minima du mois le plus froid exprimée en °C (degré Celsius).

Tableau 8: Synthèse climatique des régions d'étude

Station	Tindouf	Adrar / Timimoune
P (mm)	57,48	20,1
M (°C)	44,29	45,6
m (°C)	6,63	4,9
Q2	5,2	1,65
Bioclimat	saharien	saharien inférieur

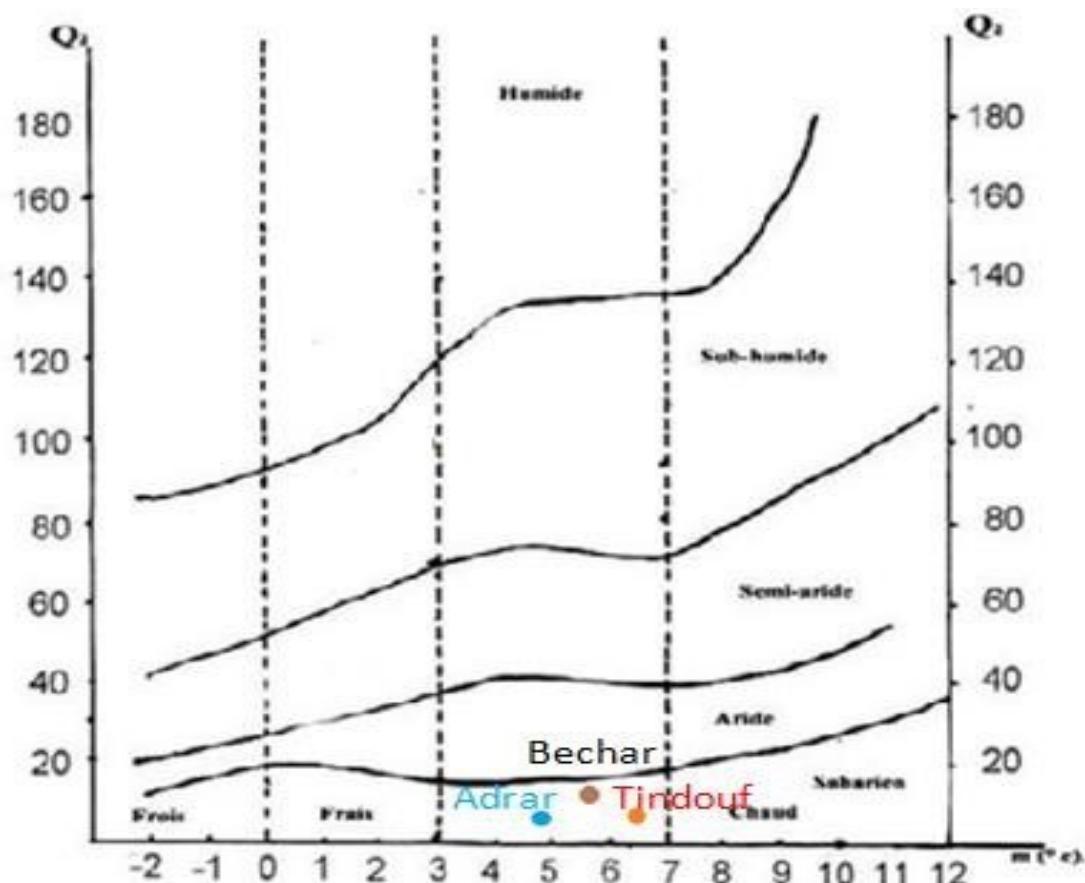


Figure 11: Climagramme d'Emberger des trois régions d'étude

II. Matériel et méthodes

1. Réalisation des relevés :

Aire minimale :

L'estimation de l'aire minimale, conditionnant la surface du relevé, reste une question délicate. Pour la région considérée, les données bibliographique fournissent des informations très variable, [133] ne précise pas l'air minimal à propos de l'échantillonnage [134] utilise " une aire minimale égale a 100m²pour l'ensemble de la steppe " Dans le même cadre de travail que le nôtre (au Sahara occidental algérien) [135], a utilisé des surfaces variant entre 100 et 200 m², et [87], pour étudier la végétation des Monts d'Ougarta et les Dayas de la Hamada de Guir ont utilisé une aire minima de l'ordre de 100 m². De ce fait on a opté pour une aire minimale de 100m² selon le type de la végétation, le choix de l'emplacement de nos relevés floristiques a été choisi d'une façon aléatoire selon l'intensité du tapis végétal.

Relevés floristiques et échantillonnages :

➤ Étude du cortège floristique

Une association est un groupement végétal plus ou moins stable, en équilibre avec le milieu ambiant. Elle est caractérisée par une composition floristique déterminée, dans laquelle certains éléments exclusifs, ou à peu près, appelés espèces caractéristiques, indiquent par leur présence une écologie particulière et autonome [136 in 137].

Dans l'objectif de caractériser les groupements phytosociologiques des Acacias de Tindouf, Adrar et Timimoune, nous avons réalisé à l'échelle de chaque parcelle d'étude un inventaire floristique détaillé

a) Matériel utilisé

Pour la réalisation de cette étude, nous avons utilisé le matériel suivant : Appareil photo numérique, ruban mètre et des sachets en papier. La flore du Sahara [138] a été exploitée pour identifier des espèces végétales récoltées dans chaque station d'étude.

b) Méthode adoptée

Pour étudier le cortège floristique dans les quatre sites d'étude, nous avons effectué des relevés floristiques en se basant sur un paramètre qualitatif (présence/absence) des espèces accompagnantes d'*Acacia raddiana*.

D'après plusieurs auteurs [140, 141, 142 in 143], la superficie minimale d'un relevé floristique dans une région saharienne varie entre 100 m² et 1000 m².

Dans notre étude, Chaque relevé floristique a été réalisé sur une surface floristiquement homogène dont la superficie varie en fonction de l'étendue du biotope qui a varié de 32 m² à 128.m², ainsi nous avons fais des inventaires dans les différentes régions du Sahara occidentale. L'échelle adoptée est celui de Lemée [144]. La nomenclature des plantes identifiées a été établie en se basant sur les ouvrages de Quézel et Santa [26]. Lors des 228 relevés floristiques effectués dans le Sahara occidental algérien, plus de 69 espèces ont été utilisées pour décrire la végétation caractérisant les biotopes sahariens durant les périodes 2018 /2019 et 2022 /2023. Pour chaque relevé floristique, nous avons d'abord noté des coordonnées géographiques du biotope à l'aide d'un GPS. La méthode d'échantillonnage floristique qui a été adoptée sur le terrain est celle de Braun-Blanquet [136].

- + : individus rares et recouvrement très faible ;
- 1 : individus peu ou assez abondants, mais de recouvrement faible inférieur à 1/20 de la surface ;
- 2 : individus abondants ou très abondants recouvrant de 1/20 à 1/4 de la surface ;
- 3 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de 1/4 à 1/2 de la surface ;
- 4 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de 1/2 à 3/4 de la surface ;
- 5 : nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de 3/4 de la surface.

Nous avons noté la densité et le recouvrement de chaque espèce. La densité est exprimée en nombre d'individus par unité de surface (relevé de 100 m²)

Une fois les plantes identifiées et listées, nous avons noté aussi, l'état de verdissement de chaque espèce et son état phrénotologique (de 1 à 5). La couverture végétale totale est ensuite notée en pourcentage et l'étendu du biotope.

Les données floristiques ont été vérifiées, corrigées et organisées par une mise à jour de la nomenclature des taxons. Nous avons par la suite affecté à chaque espèce, son type biogéographique, son type bio-morphologique de Raunkier et son type morphologique en se basant sur la bibliographie portant notamment sur la flore [143, 26, 146, 147, 148, 149, 150] et les bases de données en ligne de Tela-Botanica [151]www.tela-botanica.org ainsi que le site www.theplantslist.org[152]

Les typologies

Les typologies reposent ordinairement sur l'analyse multi variée de tableau d'occurrences (phytosociologie) ou de contingence (cooccurrence). Les typologies sont particulièrement utiles pour décrire les phénomènes complexes (groupements végétaux, milieu, populations acridiennes, mode de lutte...). Les relevés phytosociologiques ont fait objet d'une analyse à l'aide du logiciel PcORD au niveau de laboratoire agroforestry université polytechnique de valence-Espagne en utilisant la méthode TWINSPLAN (PcOrd. 2011). Ce type d'analyse est utilisé en phytosociologie et grâce à cette analyse, nous pouvons structurer le tableau phytosociologique.

Les analyses ont été réalisées sur la base de 228 relevés phytosociologiques personnelles, effectués lors des prospections menées entre 2018 et 2019 au niveau des différents biotopes du Sahara occidental algérien. Ces relevés phytosociologiques ont fait objet d'une analyse de composante principale relevés - espèces. Ce type d'analyse est classiquement utilisé en phytosociologie [153]. Grâce aux résultats de l'ACP, nous pouvons structurer le tableau phytosociologique.

Cartographie des Peuplement d'Acacia dans les sites étudiés :

Une carte montre plus de choses que ne peut le faire un texte, elle les exprime plus clairement c'est-à-dire d'une manière plus aisément et plus vite perceptible. [154].

Les objectifs principaux de cette étude sont :

- Repérage des limites d'extension des peuplements d'*Acacia tortilis* et ces groupements.
- Présentation des résultats obtenus sur cartes.
- Interprétation et discutions de ces résultats.

Dans le cadre de la présente étude, Des séries de prospection réalisées avec un GPS ont permis d'obtenir les tracés sur le terrain. La réalisation des cartes d'*Acacia tortilis* a été faite avec les logiciels de cartographie, Mapinfo Professionnel 10, et Arc Gis 10.5. On a besoin de différente cartes de la région, topographiques d'Adrar, Timimoune et Tindouf de différentes échelles, carte géologiques d'Algérie 1/5000.000,.

Étude de la cartographie numérique

Dans le but de mettre à jour les connaissances sur les végétations dans les régions, et de donner un outil au gestionnaire un ensemble de cartes a été réalisé : cartographie des aire géographique d'*Acacia* : phytosociologique, taxonomique, Ces différentes cartes ont été réalisées sur terrain des zones d'étude de chaque régions et pourront être à la base de prise de décision par les gestionnaires.

Organisation et préparation des données

L'organisation et le tri des différentes données y compris les coordonnées géographique des placettes, et stations, listes d'espèces pour chaque station, le type d'association et géographique des stations sont réorganisées dans des matrices Excel pour faciliter leur apport et transformation entre les outils de SIG Utilisés

a) La numérisation

Les cartes citées en haut scannées, calées, puis découpées, extraction de la zone d'étude. Ces cartes étant lourdes couvrantes des vastes superficies, il est nécessaire d'extraire la zone d'intérêt pour faciliter leur exportation, puis numérisées, donc transformé les différentes informations recueillies de l'étude phytosociologique., sur des couches de dessins sous forme des points, lignes et des polygones, ou des signes. Passons par l'intégration et la transformation des bases de données numériques à une présentation graphiques dans des cartes simplifiées.

b) Créations et exportation des cartes

Ces cartes vectorielles élaborés, simplifiées, claires, et légendées ; sont finalement utilisées pour faciliter les analyses et la combinaison de l'effet des facteurs géo-environnementaux sur la distribution des associations d'*Acacia tortilis*. Cette démarche permet de comprendre mieux, la réalité derrière la nature de cette

distribution végétale et facilite l'identification des risques environnementaux.

Collecte de données mésologiques et dendrométriques

Au niveau de chaque site étudié, les paramètres liés au milieu sont recensés : les coordonnées géographiques, l'altitude ainsi que les échantillons du sol.

Méthode suivie

Le tronc des Acacias est le plus souvent fourché. Il est composé de plusieurs tiges à la fois chez l'espèce *ehrenbergiana* par contre chez les autres il est composé d'une seule tige principale accompagnée de d'autres secondaires. Pour effectuer nos mesures, nous avons pris en considération la tige dominante. Nous signalons également que suite à l'aspect épineux de l'*Acacia*, nous avons rencontré dans certains cas des difficultés pour mesurer le diamètre des bois à l'aide du compas forestier. Dans ces cas, une estimation visuelle du diamètre a été effectuée.

Dans la présente étude, nous avons utilisé la méthode d'inventaire complet ou bien 'pied par pied'. Selon Tomasini [155] et Lecomte [156], cette méthode consiste à faire des mesures exhaustives de tous les sujets du peuplement par essence et par classe de diamètre à partir d'un seuil de précomptage. Nous n'avons pas pris en considération dans les relevés dendrométriques les sujets ayant moins de 1 m de hauteur [157].

Ces mesures dendrométriques ont été accompagnées par un carottage réalisé sur quelques sujets d'*Acacia raddiana* à l'aide d'une tarière de Presler dans le but de faire une étude dendrochronologique. (Fig 12)

Les carottes récupérées ont fait l'objet d'une lecture à l'aide d'une machine LinTab (Fig 13), couplée à un logiciel largement utilisé dans les études dendroécologiques : TSAP (Time Series Analysis and Presentation). Ceci permet à la fois la mesure de la largeur totale du cerne annuel avec une précision de 1/1000 de mm et de vérifier le synchronisme entre les courbes. Ces mesures ont été effectuées au laboratoire de la dendrochronologie à l'université de Tlemcen puis au laboratoire de la qualité du bois à la station régionale de l'INRF d'Azzazga (Tizi Ouzou) mais sans aucun résultat et cela à cause d'un manque de référence de lecture pour ce genre d'arbre (Saharien).



Figure 12: Photo de la tarière de Presler (Bourahla.N)



Figure 13: dispositif d'inter-datation et de mesure des épaisseurs des cernes.

Les paramètres dendrométriques recensés au niveau de chaque arbre sont:

- **Le diamètre** : ce paramètre est mesuré à l'aide d'un compas forestier à une hauteur de 1.30m de l'arbre [158].



Figure 14: compas forestier (Bourahla.N)

- **La hauteur totale** : la hauteur total de chaque arbre est estimé à l'aide de dendromètre Blume-Leisse [158].

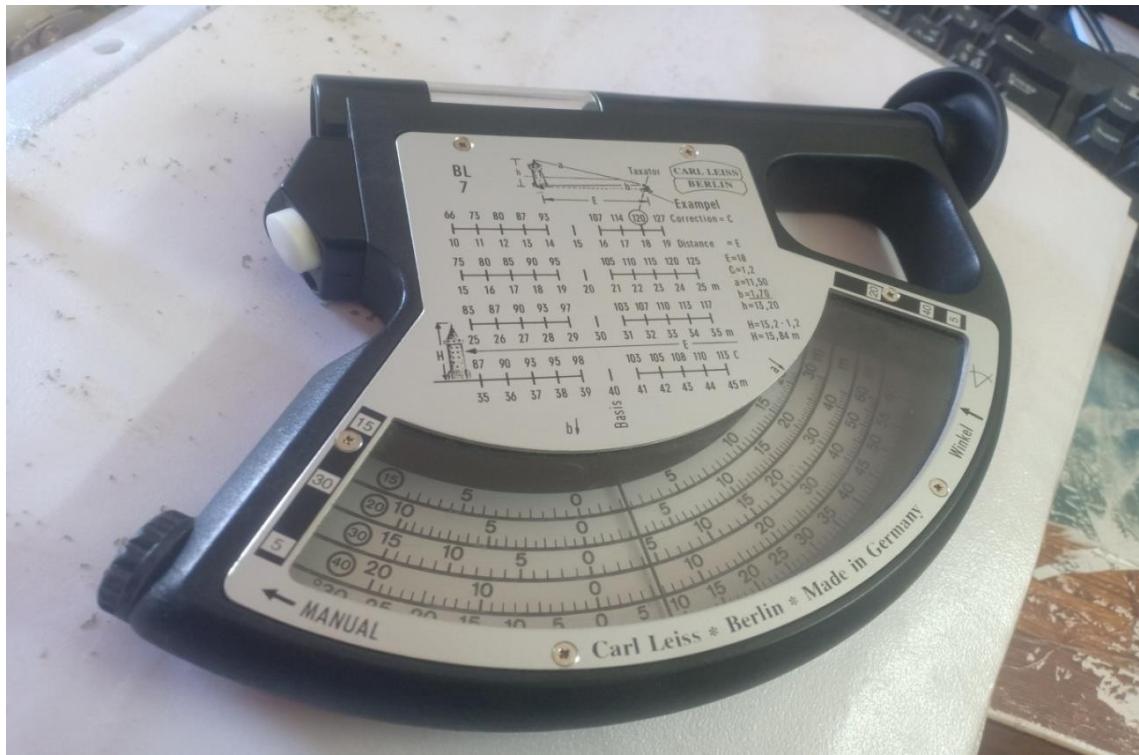


Figure 15 : Blume-leisse (Bourahla.N)

Cette action consiste à prendre la mesure des hauteurs et diamètres des arbres d'Acacias présentent à travers tous les sites d'étude ainsi que quelques mesures du Tamarix, il faut noter qu'*Acacia raddiana* est l'espèce ciblée pour cette étude. Les valeurs des hauteurs et diamètres enregistrées ont été classés sous forme de catégories avec la méthode CHAID, utilisée pour dégager les classes (Transformer la Variable VOLUME / HAUTEUR ou DIAMETRE), qui est une variable quantitative, en variable Qualitative Catégorique = intervalles).

Tableau 9: Les classes de diamètre et hauteur des mesures dendrométriques d'Acacia

Paramètres	<i>Classes par catégorie</i>
Hauteur (en m)	1(1-3,7) ; 2(3,8 – 4,8) ; 3(4,9 - 9); 4 (\geq 9).
Diamètre (en cm)	1(<7,5) ; 2(7,6 - 17) ; 3(17,1 - 21) ; 4(>50)

➤ Estimation du volume des bois d'Acacia raddiana sur pied

Les mesures de hauteurs et de diamètres nous ont permis d'estimer le volume des bois d'Acacia raddiana avec la formule suivante :

$$V=D^2/3 \times H$$

V: volume

D: diamètre

H: hauteur

L'état sanitaire : ce paramètre se traduit par le taux de perte de feuillage au niveau du houppier. Ce critère est souvent utilisé pour établir le bilan de santé des peuplements forestiers, appelé aussi : indice de transparence du houppier [159, 160, 161, 162,163]. Il est basé sur une observation visuelle, en découplant le houppier en quatre parties, en commençant par la partie supérieur « cime », jusqu'au la base du houppier vivant [162]. En se basant sur ce critère, Quatre classes de défoliation ont été définies :

Tableau 10 : les différentes classes de défoliation.

Class eS	Pourcentage du feuillage affecté	Déficit foliaire	Etat du sujet
1	0 - 25 %	Faible	Arbre sain
2	30 - 60 %	Modéré	Arbre affaibli
3	> 65 %	Fort	Arbre dépérissant
4	Mort (100%)	Arbre sec (mort)	Arbre mort

Indice de santé

Cet indice permet d'exprimer de façon directe l'état sanitaire général du peuplement à partir de l'ensemble des classes de déficit foliaire des arbres observés individuellement. Il est calculé par la formule suivante : [162].

$$IS= (n1*p1)+(n2*p2)+(n3*p3)+(n4*p4)/N$$

Avec :

n_i , est le nombre d'arbre de la classe i ; p_i est le poids de la classe et

N , le nombre total des arbres observés dans la placette.

Le tableau suivant donne l'aspect sanitaire des arbres en fonction de la valeur de l'indice de santé calculé (Is).

Tableau 11 : Statut sanitaire du peuplement observé en fonction de son indice de santé (Is)

Indice de santé «Is»	Statut sanitaire du peuplement
$Is \leq 1,5$	Sain
$1,5 < Is \leq 2,0$	En début de déprérissement
$2,0 < Is \leq 2,5$	En déprérissement assez grave
$Is > 2,5$	En déprérissement grave ou fortement dépréissant

2. Étude du stress salin

Présentation d'*Acacia tortilis*

Acacia tortilis (Forsk.) Hayne subsp *raddiana* (Savi) Brenan (Famille de Fabaceae) est l'arbre emblématique de la steppe arborée du Nord de l'Afrique. L'espèce constitue, dans les zones arides Algériennes, une entité particulière et un élément capital dans l'équilibre et le maintien des écosystèmes arides et désertiques et dans la lutte contre le phénomène de la désertification. Dans cet ouvrage l'accent est mis sur l'écologie d'*Acacia tortilis* et l'intérêt ethnobotanique et ethnopharmacologique de l'espèce. L'*Acacia tortilis* tolère la salinité et la sécheresse pendant la germination et le stade adulte à cause du développement rapide des racines. Les différentes parties d'*Acacia tortilis* : les feuilles, les gousses, les exsudats de gomme et l'écorce sont très utiles dans le but médical, pastoral et commercial. Dans le commerce le tanin provenant de la partie de l'écorce utilisé comme un colorant, les gousses et la gomme sont utilisées comme aliment et les feuilles sont utiles pour la fertilité des sols et le pâturage par le bétail [05].



Figure 16 : Photos des dromadaires et chèvres entrains de brouter les feuilles d'*Acacia raddiana* (BOURAHLA.N)

Objectif de l'expérimentation

Dans le but de mieux comprendre le phénomène de la salinité et ses impacts sur la vie du Végétale. La recherche menée dans la réalisation de ce travail, s'articule essentiellement sur l'effet de la salinité sur le processus de la germination des graines *d'Acacia (tortilis subsp.raddiana)*, nous désirons, par le présent travail d'éclaircir les processus, physique de la germination à travers l'évolution de l'imbibition des graines et biochimique par le dosage des sucres solubles comme solutés (osmoticum).

Provenance

Les graines *d'Acacia tortilis subsp raddiana* Savi proviennent de la collection de la conservation des forets de Tindouf région de Touiref Oued ELMAE dans le sud-ouest algérien habitat naturel de l'espèce. Les graines ont été récoltées en Aout 2019 et conservés dans des bocaux en verre en chambre froide à l'abri de la lumière et l'humidité

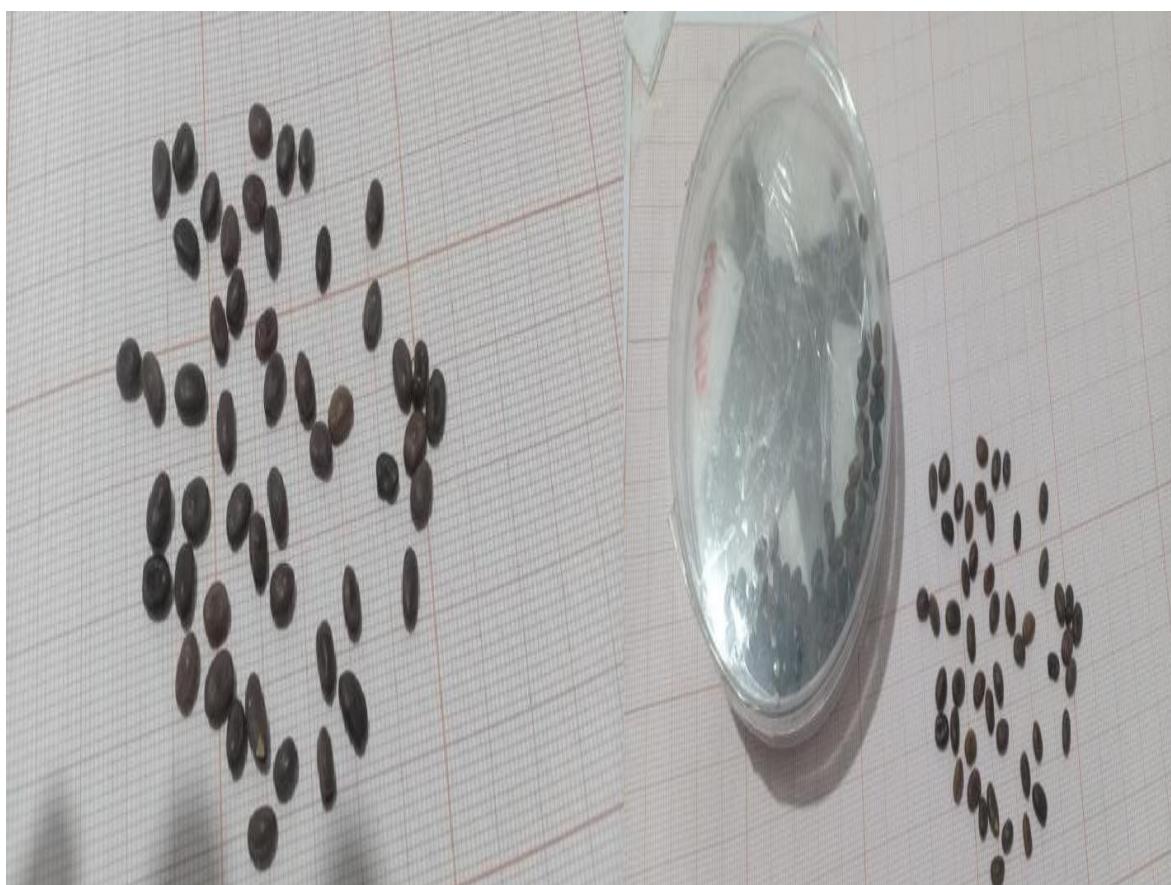


Figure 17:Graines d'Acaciarraddiana (BOURAHLA.N)

Conditions de culture

Les téguments des graines d'*Acacia tortilis raddiana* ont une structure anatomique typique des légumineuses qui se traduit par une forte inhibition tégumentaire de la germination. Cela implique qu'une scarification naturelle ou artificielle du tégument est nécessaire pour permettre l'imbibition et la germination des graines [95].

Les graines d'*Acacia raddiana* Savi doivent être désinfectées avec l'hypochlorite de sodium et scarifiées manuellement au coupe ongle. Elles seront mises à germer dans des boites de Pétri tapissées de deux couches de Whatman n°1 humidifié au départ avec 4 Ml d'eau distillée. Le semi doit se faire avec 5 répétition, 20 graine par boite de Pétri [105]

Le premier lot, représentant les graines témoins, doit être arrosé quotidiennement avec de l'eau distillée. Le second lot représentant les plants stressés arrosé quotidiennement avec de l'eau distillée contenant différentes concentrations de NaCl (50 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM et 600 Mm) et disposées à l'obscurité et à la température optimale de germination identifiée par les tests précédents (25 °C) [164, 165, 166].

La durée du test a été fixée à la période de germination qui s'est étalée de 5 à 10 jours, le comptage des graines germées a été réalisé quotidiennement.



Figure 18 : mise en incubation des boites de Petri dans un germoir à 25°C (originale)

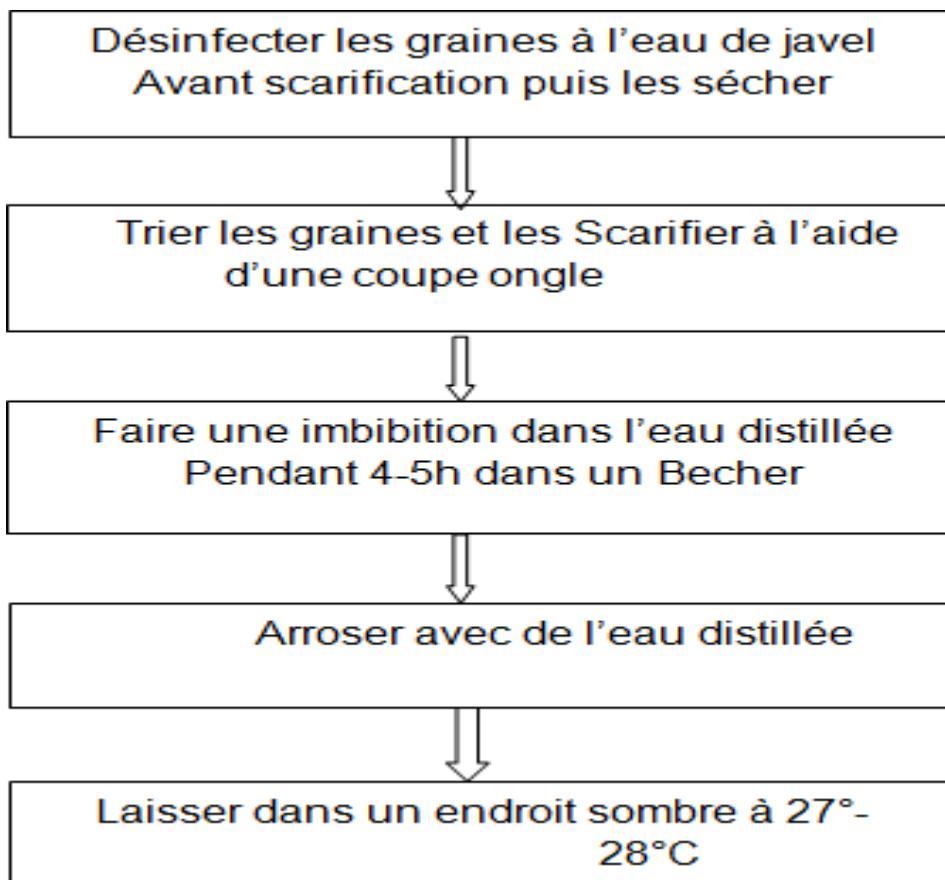


Figure 19 : Dispositif simplifié de la mise en germination des graines d'*Acacia raddiana*

Les paramètres mesurés durant la période de germination

Cinétique de germination

Elle permet d'appréhender la signification de l'effet du NaCl sur l'évolution germinatif d'*Acacia raddiana* à différentes concentrations. Le nombre de graines germées a été noté toutes les 24 heures pendant 10 jours.

Taux de germination

Ce paramètre constitue un meilleur moyen de déterminer la faculté germinative et d'identification de la concentration métallique qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

$$TG\% = \frac{n}{N} \times 100$$

n:nombre de graines germées ; **N**: nombre total de graines mises en germination

Moyenne de germination journalière

C'est le rapport entre le pourcentage de germination finale (TG%) et le nombre de jours à la germination finale (N) désigné par MDG «*Mean Daily Germination*» [167].

$$MDG = \frac{TG\%}{N}$$

Vitesse de germination

Selon Come, la vitesse de germination peut s'exprimer en temps moyen de germination (TMG) équivalent à l'inverse multiplié par 100 du coefficient de Kotowski [168] et conduisant à la formule suivante :

$$TMG = \frac{(N_1 \cdot T_1) + (N_2 \cdot T_2) + \dots + (N_n \cdot T_n)}{N_1 + N_2 + \dots + N_n}$$

N₁:est le nombre de graines germées au tempsT1,

N₂:est le nombre de graines germées dans l'intervalleT1–T2.

Inhibition de la germination

Le pourcentage d'inhibition de la germination a été calculé selon ElHadji [169]:

$$\text{Inhibition \%} = \frac{X_i - Y_i}{X_i} \times 100$$

X_i: nombre de graines ayant germées sur le milieu témoin.

Y_i: nombre de graines ayant germées sur le milieu contenant les ETM

3. Analyses statistiques

Chaque traitement est réalisé avec cinq répétitions à raison de 20 graines par boîte. Les données relatives à chaque essai vont faire l'objet d'une analyse de variance à un facteur de classification à l'aide du programme SAS puis, si nécessaire, un classement des moyennes a été effectué à l'aide du test de Newman-Keuls.

Nous pourrons auparavant tester l'égalité des variances en recourant au test de

Hartley. Si ce test est non significatif (rejet de l'égalité des variances), on pourrait incités à recourir à la transformation angulaire ($Y = 2\text{ArcSin}\sqrt{X}$) des taux de germination dont les valeurs transformées seront soumises à l'ANOVA.

Chapitre III : Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Répartition et biogéographie des taxons

Les prospections de terrain réalisées dans les différentes régions ont été réparties sur 4 sites. 112 relevés ont été inventoriés dans les écosystèmes explorés. Nous avons constaté des variabilités entre ces sites tant sur le plan climatique, édaphiques et anthropiques. Ces variabilités ont entraîné une répartition phytogéographique en fonction des paramètres environnementaux.

Dans le tableau ci dessous (tableau 12) des noms de taxon sont donnés à chaque plante répertoriée. Le type biogéographique, le type bio-morphologique attribué à chaque taxon sont également mentionnés à ce niveau.

Tableau 12: Liste des taxons inventoriés au niveau des biotopes du Sahara occidental algérien. Type biomorphologique et type biogéographique de chaque taxon

Famille Botanique	Nom des espèces végétales	Type biogéographiqu e	Type biomorphologiqu e
Boraginaceae	<i>Trichodesma calcaratum</i> Coss.	Endémique Sahara de l'Ouest	Thérophyte
Caryophyllace ae	<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	Méditerranéenne	Thérophyte
Asteraceae	<i>Launaea arborescens</i> (Batt.) Murb.	saharo- sindienne – Méditerrané enne	Chamæphyte
Plantaginace ae	<i>Plantago ciliata</i> Desf.	saharo- sindienne	Thérophyte
Fabaceae	<i>Medicago littoralis</i> Rhode	Méditerranéenne	Thérophyte
Polygonaceae	<i>Rumex vesicarius</i> L.	saharo- sindienne	Thérophyte
Asteraceae	<i>Centaurea pungens</i> Pomel.	Maghrbine	Hémi- cryptophyte
Brassicaceae	<i>Eremobium aegyptiacum</i> (Sprengel) Aschers. ex Boiss.	saharo- sindienne	Thérophyte
Anacardiacea e	<i>Pistacia atlantica</i> Desf.	Endémique Afrique du	Phanérophyte

Nord			
Caryophyllaceae	<i>Gymnocarpus decandrum</i> Forsk.	saharo-sindienne	Chamæphyte
Chenopodiaceae	<i>Hamada scoparia</i> (Pomel) Iljin	saharo-sindienne Méditerranéenne	Chamæphyte
Fabaceae	<i>Retama raetam</i> (Forskål) Webb	saharo-sindienne	Hémicryptophyte
Chenopodiaceae ae	<i>Traganum nudatum</i> Del.	saharo-sindienne	Chamæphyte
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Desf.	Méditerranéenne	Phanérophyte
Brassicaceae	<i>Oudneya africana</i> R. Br.	saharo-sindienne	Chamæphyte
Chenopodiaceae ae	<i>Atriplex halimus</i> L.	Paléo-Méditerranéenne Tropicale	Chamæphyte
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia calyptata</i> Coss. et Dur.	Maghrbine	Thérophyte
Asteraceae	<i>Rhettinolepis lonadiooides</i> Coss.	Endémique Afrique du Nord	Thérophyte
Cistaceae	<i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum.-Cours.	saharo-sindienne Méditerranéenne	Chamæphyte
Brassicaceae	<i>Diplotaxis harra</i> (Forskål) Boiss.	Méditerranéenne	Chamæphyte
Scrophulariacae ae	<i>Kickxia aegyptiaca</i> (L.) Nabelek	Endémique Sahara de l'Ouest	Thérophyte
Asteraceae	<i>Cotula cinerea</i> Del.)	Saharienne+Arabe	Thérophyte
Asteraceae	<i>Nauplius graveolens</i> (Forsk.) Wilk.	Saharo-sahélienne+Arabe	Chamæphyte
Rosaceae	<i>Neuradaprocumbens</i> L.	saharo-sindienne	Thérophyte

Zygophyllaceae	<i>Fagoniaglutinosa</i> Del.	Maghribine	Thérophyte
a e			
Zygophyllaceae	<i>Zygophyllumalbum</i> L.	Saharo-Méditerranée nne	Chamæphyte
a e			
Euphorbiaceae	<i>Euphorbiagranulata</i> Forsk.	saharo-sindienne Soudano-zambézien ne	Thérophyte
e			
Amarantacea e	<i>Amaranthusangustifolius</i> Lamk	Cosmopolite	Thérophyte
	.		
Solanaceae	<i>Hyoscyamusmuticus</i> L.	Sahara+Arabe	Thérophyte
Chenopodiace ae	<i>Salsolaimbri cata</i> Forsk.	maghribine+Ara b e	Chamæphyte
Tamaricaceae	<i>Tamarix aphylla</i> (L.) Karsten	saharo-sindienne	Phanérophyte
Asteraceae	<i>Artemisia judaica</i> L.	saharo-sindienne	Chamæphyte
Asphodelacea E	<i>Asphodelustenuifolius</i> Cav.	Méditerranéenn e	Géophyte
Fabaceae	<i>Crotolariasaharae</i> Cosson	Sahara	Thérophyte
Chenopodiace ae ae	<i>Cornulacamonacantha</i> Del.	saharo-sindienne	Phanérophyte
Fabaceae	<i>Psoraleaplicata</i> Del.	saharo-sindienne	Thérophyte
Fabaceae	<i>Astragalusvogelii</i> (Webb) Burm.	Méditerranéenn e	Chamæphyte
Brassicaceae	<i>Morettiacanescens</i> Boiss.	saharo-sindienne	Thérophyte
Zygophyllacea e	<i>Fagoniabruguiieri</i> DC.	saharo-sindienne	Thérophyte
Boraginaceae	<i>Heliotropiumramosissimum</i> (Lehm.) DC	saharo-sindienne	Thérophyte

Nyctaginacea e	<i>Boerhaavia repens</i> L.	Africaine+A st tropicale sèches	Thérophyte
Fabaceae	<i>Astragalus armatus</i> Lam.	Méditerranéenn e	Chamæphyte
Brassicaceae	<i>Moricandia arvensis</i> (L.) DC.	saharo- sindienne- Méditerranéen ne	Chamæphyte
Capparidacea e	<i>Cleome arabica</i> L.	saharo- sindienne- Méditerranéen ne	Chamæphyte
Amaranthacea e	<i>Aerva javanica</i> (Burn. f.) Juss. ex Schultes	saharo- sindienne Soudano- zambézien ne	Chamæphyte
Brassicaceae	<i>Schouwiathebaica</i> Webb	Saharo- sahélienne+Ar abe	Thérophyte
Cucurbitacea e	<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrader	Méditerrané en ne+Afriques èche	Thérophyte
Poaceae	<i>Panicum turgidum</i> Forskål	saharo- sindienne	Chamæphyte
F- Mimosaceae	<i>Acacia tortillis</i> (Forskål) Hayne <i>ssp. raddiana</i> (Savi) Brenan	Sahara+Arabe	Phanérophyte
Poaceae	<i>Stipa grostis pungens</i> (Desf.) de Winte.	saharo- sindienne- Méditerranéen n	Hémi- cryptophyte
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa</i> (L.) Prantlssp. <i>Spinoso</i>	saharo- sindienne	Chamæphyte
Tamaricaceae	<i>Tamarix africana</i> Poiret	Méditerranéenn e	Phanérophyte
Poaceae	<i>Stipa grostis obtusa</i> (Del.) Nees	Saharo- sahélienne+Afr ique du Sud	Hémi- cryptophyte
F- Mimosaceae	<i>Acacia ehrenbergiana</i> Hayne	saharo- sindienne	Phanérophyte
Brassicaceae	<i>Farsetia stylosa</i> R. Br.	saharo- sindienne	Thérophyte

Asteraceae

Francoeuria undulata (L.) Lack

saharo-
sindienne—
Méditerranéenn

Chamæphyte

Resedaceae	<i>Randonia africana</i> Cosson	Sahara	Chamæphyte
Brassicaceae	<i>Zillaspinosa</i> ssp. <i>macroptera</i> (Coss.) M.	saharo-sindienne	Chamæphyte
Apiaceae	<i>Deverrachlorantha</i> Cosson & Durieu	saharo-sindienne	Chamæphyte
Polygonaceae	<i>Emexspinosa</i> (L.) Campderá	saharo-sindienne	Thérophyte
Resedaceae	<i>Cayluseahexagyna</i> (Forsk.) Green	saharo-sindienne	Thérophyte
Convolvulaceae	<i>Convolvulus supinus</i> Cosson & .Kralik	saharo-sindienne Méditerranéenn	Hémicryptophyte
F-Fabaceae	<i>Lotus jolyi</i> Battand	Saharo-sahélienne (Ouest)	Hémicryptophyte
Polygonaceae	<i>Rumex simpliciflorus</i> Murb.	saharo-sindienne	Thérophyte
Asteraceae	<i>Senecio minutus</i> DC	saharo-sindienne Méditerranéenn	Thérophyte
F-Mimosaceae	<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A.Chev.	Tropicale	Phanérophyte
F-Mimosaceae	<i>Acacia laeta</i> R.Br. ex Benth.	saharo-sindienne	Phanérophyte
F-Mimosaceae	<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Delile	saharo-sindienne	Phanérophyte
F-Mimosaceae	<i>Acacia seyal</i> Delile	saharo-sindienne	Phanérophyte

1. L'analyse en composantes principales (ACP).

ACP a été inventé en 1901 par Karl Pearson [170] Maintenant, il est surtout utilisé comme outil dans l'analyse exploratoire des données et pour la fabrication de modèles prédictifs [171].

L'ACP est fréquemment choisi pour les tableaux des paramètres mésologiques ou de traits fonctionnels [172 in 173], est considéré comme le type d'analyse le mieux adapté à ces types de données environnementale, c'est pourquoi nous avons retenu l'ACP pour la représentation graphique de nos ensembles.

Dans la partie occidentale du Sahara algérien, nous avons inventorié 69 espèces végétales appartenant à 27 familles botaniques de provenance géographiques différentes. Les relevés botaniques ont subit une analyse en composante principale (figure 20)

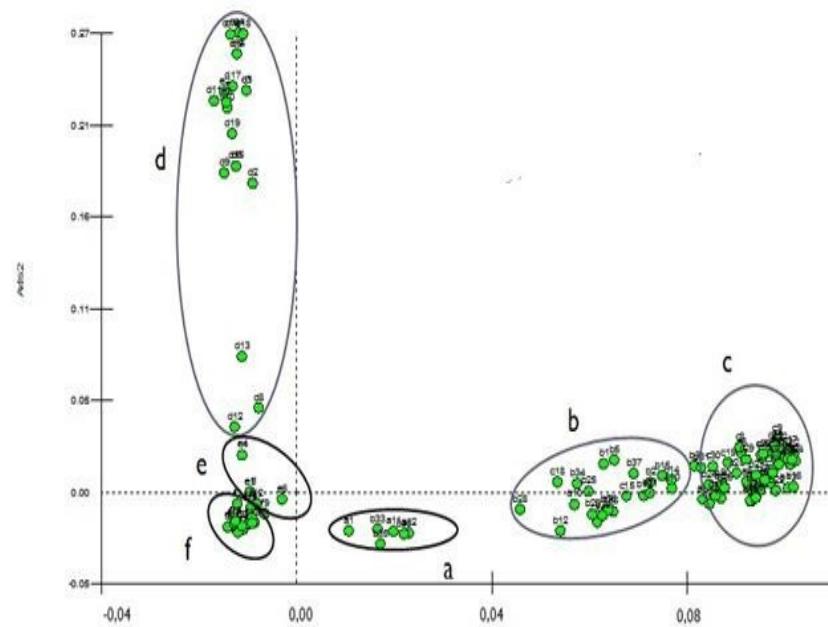


Figure 20: Analyse en composante principale de l'espèce inventoriée dans les biotopes du Sahara occidental algérien

D'après les valeurs des plus values, il en ressort que le plus d'informations a été donnée par l'axe 1 (52.377) et qui sont complétées par l'axe 2 (10.739). La répartition des espèces végétales le long des axes, nous a permis de dresser le tableau phytosociologique suivant :

Tableau 13 : Tableau phytosociologique dans les biotopes sahariens (Sahara occidental)

Groupements végétaux			A	B	C	D	E	F
Nombre de relevés		112	2 3	2 0	1 8	20	1 7	14
Nom valide	Ns pa	Pact						
<i>Trichodesma calcaratum</i> Coss.	trca	4	+	•	•	•	•	•
			+					
<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	paa r	5	+	•	•	•	•	•
			+					
<i>Launaea arborescens</i> (Batt.) Murb.	laar	2	+	•	•	•	•	•
			+					
<i>Plantago ciliata</i> Desf.	plci	3	+	•	•	•	•	•
			+					
<i>Medicago littoralis</i> Rhode	mel i	3	+	+	•	•	•	•
			+	+				
<i>Rumex vesicarius</i> L.	ruv e	4	+	+	•	•	•	•
			+	+				
<i>Centaurea pungens</i> Pomel.	cep u	5	+	•	•	•	•	•
			+					
<i>Eremobium aegyptiacum</i> (Sprengel) Aschers. ex Boiss.	era e	5	•	+	+	•	•	•
				+	+			
<i>Pistacia lentiscus</i> Desf.	piat	2	•	•	+	•	•	•
					+			
<i>Gymnocarpus decandrum</i> Forsk.	gyd e	4	•	+	+	•	•	•
				+	+			
<i>Hamada scoparia</i> (Pomel) Iljin	has c	6	•	+	+	++	•	•
				+	+			
<i>Retama raetam</i> (Forskål) Webb	rere	2	•	+	+	++	•	•
				1		+		
<i>Traganum nudatum</i> Del.	trda	5	•	•	+	++	•	•
					+			

<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Desf.	zilo	2	•	•	+	+	•	•
					+			
<i>Oudneya Africana</i> R. Br.	ouaf	6	+	+	•	•	•	+
			+	+				+
<i>Atriplex halimus</i> L.	atha	3	+	+	•	+	•	•
			+	+		+		
<i>Euphorbia acalyptata</i> Coss. et Dur.	euc a	3	•	•	+	+	•	•
					+			
<i>Rhetinolepis longirostris</i> Coss.	rhlo	3	•	•	•	•	+	+
							+	+
<i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum.-Cours.	heli	1	+	•	+	+	+	+
		0	+		+	+	+	+
<i>Diplotaxis harra</i> (Forskål)	dih	1	+	+	+	+	•	+
Boiss.		0	+	+		+		
<i>Kickxia aegyptiaca</i> (L.) Nabelek	kiae	1	+	+	+	+	+	+
		1	+	+		+	+	
<i>Cotula cinerea</i> Del.	coci	2	+	+	•	•	+	+
		7	+	+			+	+
<i>Nauplius graveolens</i> (Forsk.) Wilk.	napr	4	•	+	+	+	+	+
		2		+		+	+	+
<i>Neurada procumbens</i> L.	nepr	6	•	•	•	•	+	+
							+	+
<i>Fagonia glutinosa</i> Del.	fagl	8	•	+	•	•	•	+
				+				+
<i>Zygophyllum album</i> L.	zyal	2	•	+	•	•	•	+
		2		+				+
<i>Euphorbia granulata</i> Forsk.	eugr	8	•	•	•	•	•	+
								+
<i>Amaranthus angustifolius</i> Lam.	ama k	3	•	•	•	•	•	+
								+
<i>Hyoscyamus muticus</i> L.	hym u	2	+	+	•	•	•	+
		0	+	+				
<i>Salsola imbricata</i> Forsk.	saa m	4	+	•	•	•	•	-
		2	+					
<i>Tamarix aphylla</i> (L.) Karsten	taa p	35	•	•	•	•	•	+

<i>Stipagrostispungens</i> (Desf.) de Winter	stpu	6 2	+	•	+	•	•	-
<i>Zillaspinosa</i> (L.) Prantlssp. <i>Spinosa</i>	zisp	3 1	+	•	+	•	•	•
<i>Tamarix africana</i> Poiret	taaf	1 5	+	•	+	+	•	-
					+			
<i>Stipagrostis obtusa</i> (Del.) Nees	stob	6 6	•	•	+	+	+	+
<i>Acacia ehrenbergiana</i> Hayne	aceh	1 6	•	•	•	+	•	•
<i>Farsetiastylosa</i> R. Br.	fast	2 8	+	+	+	+	+	•
					+			
<i>Francoeuria undulata</i> (L.) Lack	frst	6 0	•	+	•	•	+	+
				+			+	+
<i>Randonia africana</i> Cosson	raaf	2	•	+	•	•	•	+
				+			+	+
<i>Zillaspinosa</i> ssp. <i>macroptera</i> (Coss.) M.	Zima	2	•	+	•	•	•	+
				+			+	+
<i>Deverrachlorantha</i> Cosson & Durieu	Dech	1	•	•	•	+	•	•
						+		
<i>Emexspinosa</i> (L.) Campderá p	Ems	1	+	•	•	•	•	•
				+				
<i>Cayluseahexagyna</i> (Forsk.) Green	Cahe	3	+	•	•	•	•	+
				+			+	+
<i>Convolvulus supinus</i> Cosson & Kralik	Cosu	2	+	•	•	•	•	•
				+				
<i>Lotus jolyi</i> Battand	Lojo	1	+	•	•	•	•	•
				+				
<i>Rumex simpliciflorus</i> Murb.	Rusi	1	+	•	•	•	•	•
				+				
<i>Seneciominutus</i> DC.	Semi	1	•	+	•	•	•	•
				+				

<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A.Chev.	Faal	1	+	•	•	•	•	•
			+					
<i>Acacia laeta</i> R.Br. ex Benth.	Acla	1	•	+	•	•	•	•
			+					
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Delile	Acni	1	+	•	•	•	•	•
			+					
<i>Acacia seyal</i> Delile	Acse	1	•	+	•	•	•	•
			+					

Le tableau phytosociologique synthétique (espèces / groupements floristiques) met en évidence les relations existant entre les différents groupes de l'ACP et les différents types de biotopes de la partie occidentale du Sahara algérien.

Les analyses ont été réalisées sur un ensemble de 112 relevés et 69 espèces qui constituent la partie active de l'analyse phytosociologique.

Dans le tableau phytosociologique, la classes 4 (++) des fréquences compensées sont celles qui contribuent le plus fortement à la caractérisation d'un bloc donné et qui est suivit de la classe 3 (+). La classe 1 (•) correspond aux espèces absentes dans le bloc ; alors que la classe 2 (-) correspond aux espèces végétales à très large répartition.

L'analyse de ce tableau fait ressortir des ensembles d'espèces caractéristiques des groupements propres aux différents types de biotope, confortant ainsi les résultats de l'ACP.

Le tableau phytosociologique fait ressortir six groupements :

➤ **Le groupement à *Centaurea pungens* et *Paronychia arabica*** accompagnées d'espèces comme : *Trichodesma calcaratum*, *Launaea arborescens*, *Planta gociliata*, *Medica golitoralis* et *Rumex vesicarius* : toutes ces espèces caractérisent les biotopes du Sahara septentrional, principalement sur sols lourds, compacte ou sols sableux rocailleux [174, 175]. (Groupe A dans la figure 20)

- **Le groupement à *Retamaraetam*** qui est subdivisé en deux faciès : un faciès typique et un faciès appauvrit. Dans ce groupe, on trouve des espèces qui caractérisent les biotopes du Sahara septentrional, certaines sur les regs et plateaux pierreux (*Traganumnudatum*) sur sols un peu salés ou gypseux (*Hamada scoparia*) ou au niveau des lits d'oueds (*Retama raetam* et *Eremobiuma egyptiacum*). Dans ce groupe on trouve aussi, *Gymnocarpusde candrum*, *Pistacia atlantica* et *Ziziphus lotus* [174, 175].(Groupe B dans la figure 20).
- **Un syntaxon, constitué de quatre groupements** : le groupement à *Oudneyaafricana* et *Atriplex halimus* sur sols limono-sableux et argilo-limono-sableux humide[6, 36],le groupement à *Euphorbiacalyptata*, le groupement à *Helianthemumlippii* et *Diplotaxisharra* sur sols limono-sableux parfois caillouteux et le groupement à *Kickxiaaegyptiaca* sur sols limono-sableux avec cailloux et rocallie. (Groupe C dans la figure 20)
- **Le quatrième groupement à *Cotulacinerea* et *Zygophyllum album*** est un groupement de transition avec le dernier groupement. Il caractérise les sols alluvionnaires [6, 36]., des zones d'écoulement et d'accumulation d'eau. Dans ce groupement, nous retrouvons : *Nauplius graveolens*, *Neuradaprocombens* et *Fagonia glutinosa*(Groupe E dans la figure 20)
- **Un syntaxon d'ordre supérieur similaire au troisième groupement** qui a des caractéristiques électives. Il est divisé en quatre groupements : le groupement à *Schouwiathebaica* et *Aervajavanica*, le groupement à *Acacia tortillisspp. raddiana*, le groupement à *Panicum turgidum* et le groupement à *Stipagrostisobtusa* et *Francoeuria undulata*. (Groupe D dans la figure 20)
- **Et enfin un groupement mal différencié** car il est très pauvre en espèces ou très peu abondantes dans les biotopes prospectés.

Dans ces biotopes s'individualisent, quand une espèce devient dominante (coefficent d'abandonce / dominance de 3 ou de 4), des faciès tels que : le faciès à *Fagoniabruguieri*, le faciès à *Panicum turgidum*, le faciès à *Schouwiathebaica*, le faciès à *Psoraleaplicata*, le faciès à *Helianthemumlippii*, le faciès à *Hyosciamusmuticus*, le faciès à *Fagoniaglutinosa*, le faciès à *Stipagrostisplumosa*, le faciès *Cornulacammonacantha*, *Citrulluscolocynthis* et le faciès *Morettiacanescens*. (Groupe F dans la figure 20)

DISCUSSION

Barry et al. [119] ont proposé la classification phytosociologique suivante :

- L'Aervo-Fagonion représenté par deux associations, l'une occidentale à *Salsola foetida* Delile et *Randonia africana* Cosson, l'autre orientale et plus méridional à *Hyoscyamus muticus* ssp. *falezlez* et *Artemisia judaica* ssp.*sahariensis*.
- Au fur et à mesure que l'on se rapproche du pied de l'Atlas saharien, on rencontre les formations appartenant à Anvilleo-Zillionmacropterae qui se substituent à L'Aervo-Fagonion.
- A l'Acacio-Panicion succèdent l'Antirrhino-Pituranthion scopariae qui acquiert, dans les oueds de l'Atlas saharien, des associations à *Retama raetam*, *Ziziphus lotus* et *Rhustripartita*.

Selon Barry et al [119], les modifications qualitatives des ensembles floristiques se rapportent pour l'essentiel à des territoires dépourvus de végétation arborescente et à la steppe désertique de l'Acacio-Panicion, paysages forestiers, correspondent à des variations altitudinales et latitudinales qui intègrent ou séparent le fait bioclimatique ou le fait biogéographique

A premier vue et devant l'immensité de la partie occidentale du Sahara algérien, nous pouvons constater que le nombre d'espèces inventoriées est relativement faible. La flore saharienne apparaît comme très pauvre mais assez variée dans sa composition systématique. Ozenda [145] et Quezel [135] reconnaissent pour le Sahara, sa grande pauvreté en espèces, son extrême pauvreté en individus et la monotonie des paysages et des groupements végétaux. Trois caractéristiques principales pour la végétation du Sahara a été retenu : une grande pauvreté en espèces ; une faible couverture du sol, conséquence d'une extrême rareté des individus ; une extrême monotonie de la végétation sur des espaces gigantesques si les conditions édaphiques demeurent constantes. Bien que les déserts aient de nombreuses définitions (sur le plan climatique, botanique, édaphique, socio-économique...), l'aridité reste l'élément commun entre eux et est fonction des précipitations et de la température [176, 177, 174]. Sur le plan écologique, les déserts peuvent être définis comme des zones avec une végétation clairsemée de plantes adaptées ayant des caractéristiques particulières qui leur permettent d'éviter,

de résister ou de tolérer les conditions. Ils s'étendent sur de grandes surfaces de sol nu et de végétation basse [178,179]

L'attribution du type biogéographique nous a permis de constater que la flore du Sahara occidentale en Algérie, comprend des espèces saharo-sindiennes qui sont largement prédominantes. Nous remarquons aussi que le Sahara algérien réunit des éléments géographiques de provenances différentes qui selon [145] posent des problèmes biogéographiques de premier ordre. Le Sahara occidental algérien semble abriter une diversité d'espèce intéressante du genre *Acacia* qui présente des caractères rustiques, et qui survivent dans des conditions pédoclimatiques extrêmes. Les espèces recensées durant nos prospections étaient : *A. albida*, *A. laeta*, *A. ehrenbergiana*, *A. nilotica*, *A. seyal* et *A. tortilis*, considérées comme espèces indigènes [145]. *A. albida*, représentée dans notre cas par des faciès, est une espèce à haute plasticité écologique, elle peut pousser sur différents types de sols. *A. ehrenbergiana* est une espèce des zones sèches et sont très mal représentés dans cette partie du Sahara, elle fréquente plutôt les oueds et les epanadages d'oued. *A. laeta* est une espèce qui a été observée au sud de la région de Tindouf et peut fréquenter différents types de sols. *A. nilotica* a été décrite sous forme de facies aussi, elle est originaire des zones sèches d'Afrique tropicale et d'Asie occidentale [180]. *A. seyal* est une espèce d'arbuste qui fréquente les sols graveleux, rocheux et sableux. Il compose des faciés dans les parties sud de Béchar et au nord de la région de Tindouf. Nous avons décrit des groupements *A. tortilissubsp. raddiana* dans différents endroits du Sahara occidental algérien. *A. tortilissubsp. Raddiana* est l'arbre le plus répandu dans le Sahara [181], *A. tortilissubsp. raddiana* est apparemment l'espèce la plus liée au désert caractérisant ainsi les biotopes arides.

2. Cartographie des Acacias

Connaître la distribution, l'agencement dans le paysage des habitats naturels est une étape phare de la mise en œuvre des politiques de conservation de la biodiversité [182 in 183]. Dans un premier temps, nous avons réalisé une carte de localisation géographique des placettes d'étude dans les différentes régions d'étude (fig 21, 22 et 23).

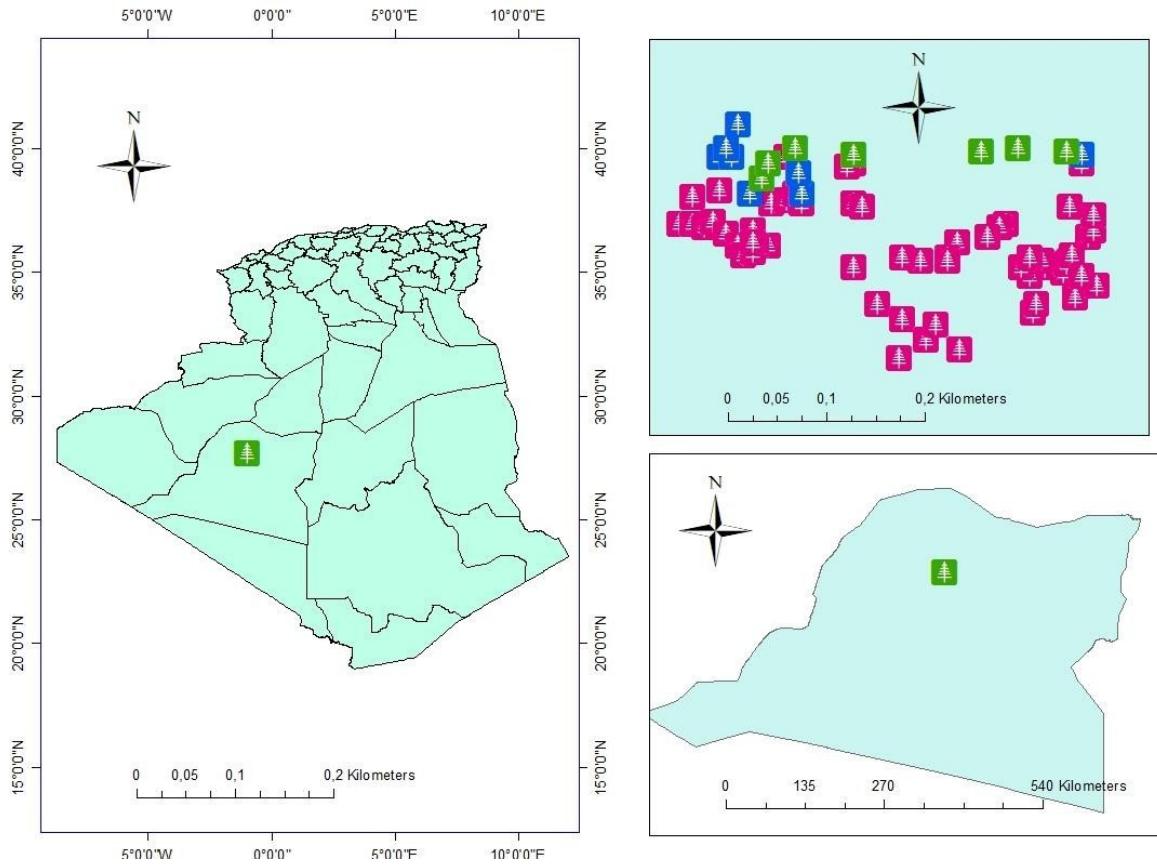


Figure 21: Carte de distribution des points relevés de la placette d'étude : Oued Yahia w Brahim wilaya d'Adrar

La cartographie des peuplements d'*Acacia* a montré clairement que l'espèce est installée sur les différentes unités géomorphologiques, les Oueds (oued EL-mae, oued lafea, oued Bouaam (Tindouf) ; oued Aougrout (Timmimoune), oued yahiya ou brahim, oued Ihnaya, les Hamadas "de Merkla (Tindouf), et diverses vallées.

L'espèce est rencontrée à partir du "à l'Est", jusqu'à la frontière marocaine "à l'Ouest", tandis qu'au sud et au sud-est de la région.

Elle est menacée par la désertification le long des vallées d'Oueds, par l'érosion éolienne et hydrique, ainsi qu'une forte salinisation et/ ou alcalinisation, ces résultats corroborent parfaitement avec la description qui a été faite par Ouled safi [123].

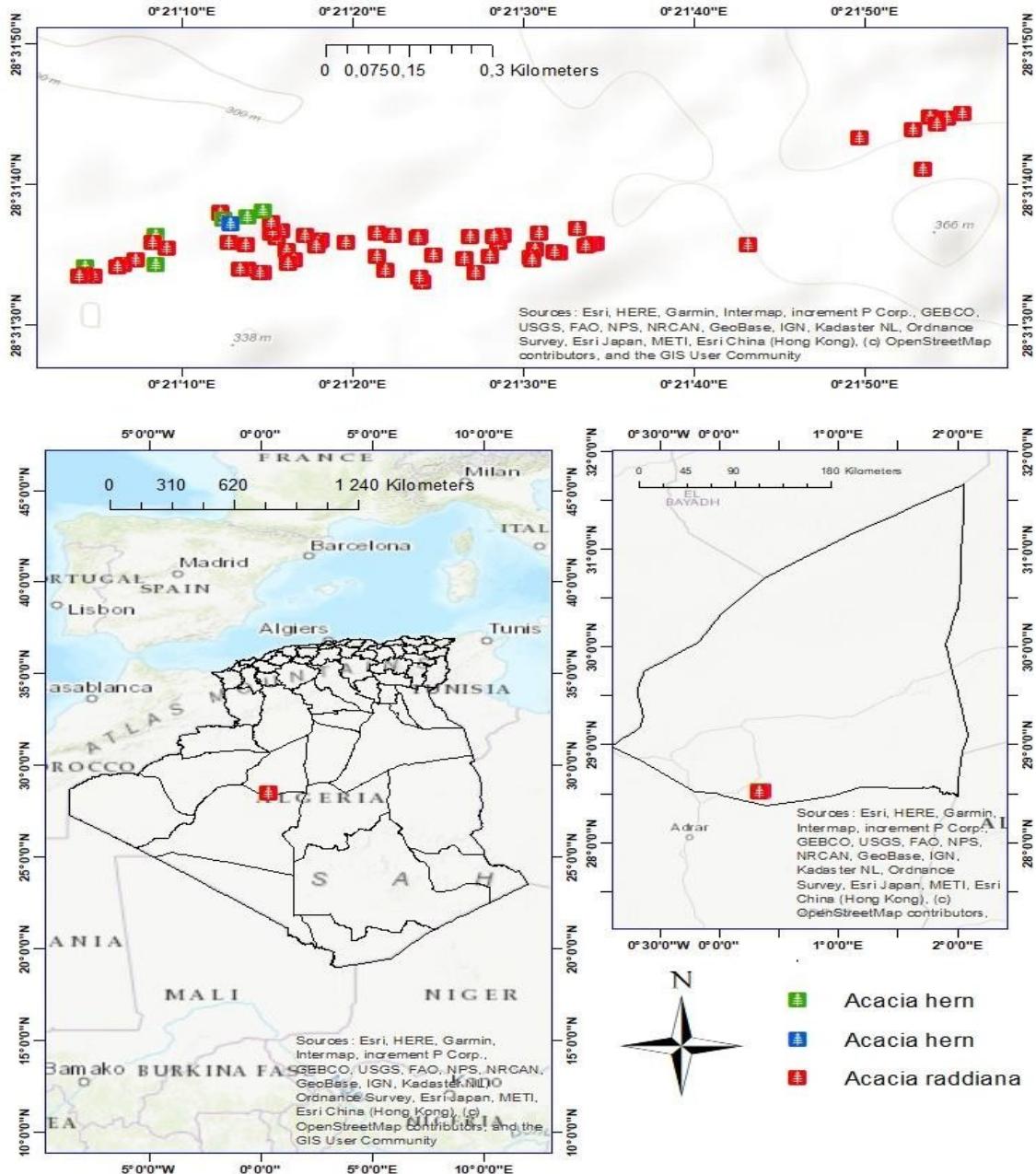
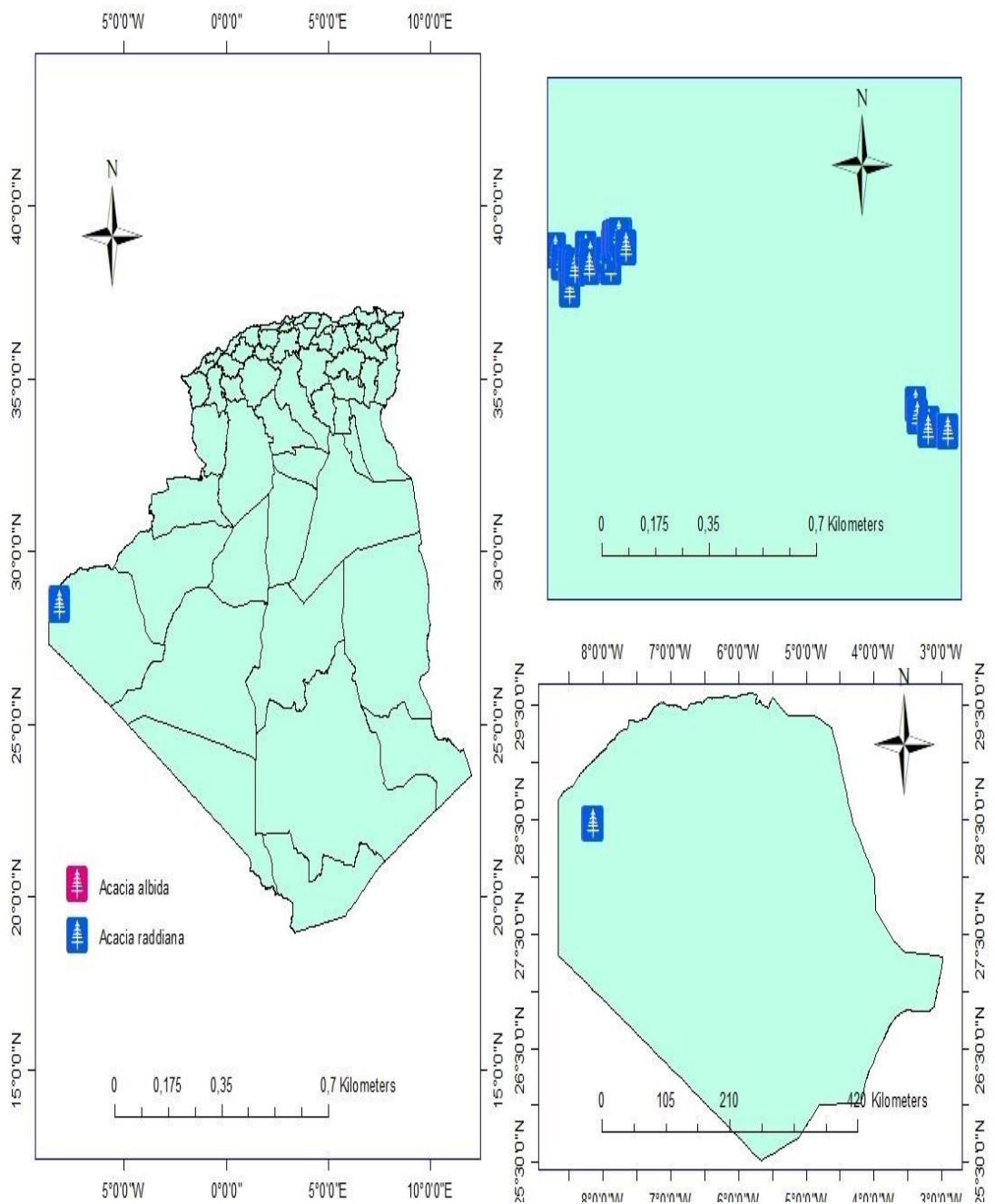


Figure 22 : Carte de distribution des points relevés de la placette d'étude :
Oued Aougrout wilaya de Timimoune.

La lecture des figures ci-dessus montre que les placettes choisies pour la réalisation de ce travail ont été installées dans un oued peuplé par *Acacia raddiana* dans les régions d'Adrar et Timimoune respectivement. Il s'agit de 'Oued Yahia w Brahim' avec 83 arbres où la densité est plus importante et bien repartie et 'Oued Aougrout' avec 76 arbres. L'altitude de ces placettes d'étude est à 380 m pour Adrar et 311m.



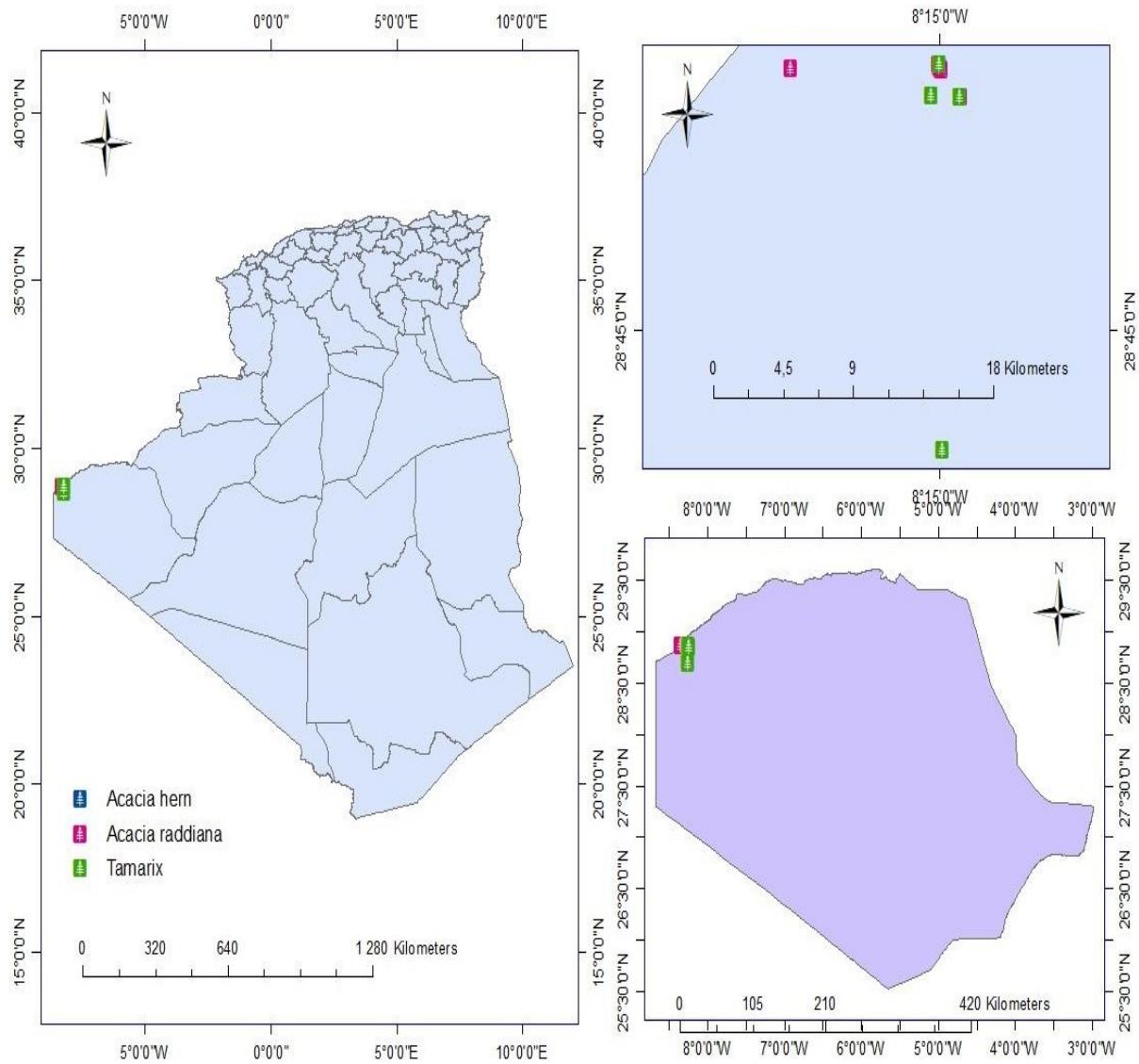


Figure 23: Carte de distribution des points relevés de la placette d'étude : Oued Elmae et Lac de Tafagoumt wilaya de Tindouf.

Dans les figures ci-dessus, la lecture a aussi montré le même objectif mais cette fois dans la région de Tindouf. Il s'agit de ‘Oued Elmae’ avec 31 arbres et ‘Oued Tafagoumt’ avec 41 arbres. L’altitude de ces placettes d’étude est à 493 m pour Oued Elmae et 238 m pour Tafagoumt. La densité des arbres est plus importante dans la placette de ‘Oued Tafagoumt’ avec 41 sujets alors que pour ‘Oued EL-Maa’, elle est moyenne avec 31 sujet.

D’après [184], Les *Acacia tortilis* sont réparties géographiquement suivant le facteur altitudinal en premier ordre, et ensuite le facteur climatique et pédologique. Installé généralement sur les hamadas ou le risque d’érosion éolienne est modéré en nord de la région d’étude, et très fort avec une salinisation au sud [184], ce qui correspond à

nos régions d'études qui sont situées au Sud de Bechar.

La vitesse moyenne annuelle du vent dans ces régions varie de 1 à 35 Km/h à savoir plus, cette vitesse dépasse fortement le seuil minimal duquel les particules du sol soulèvent, et donc un risque de déplacement des sables des Ergs qui bordent ces peuplements peut atteindre 10-50 t/ha/an [184].

Cette répartition n'échappe pas aux facteurs pédologiques. D'après [184], les sols des parcours d'*Acacia* sont généralement alcalins et non salés. Mais le risque d'ensablement, et les températures très élevées accélèrent la dégradation de ces sols fragiles et peu profonds. « Les dangers les plus fréquents dans les régions arides et semi-arides sont surtout les chlorures et les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium [185, 186 in 187]

3. Approche dendrométrique

La modélisation avec le modèle CHAID est utilisée, la méthode CHAID est utilisée pour dégager les classes (Transformer la Variable VOLUME / HAUTEUR ou DIAMETRE), qui est une variable quantitative, en variable Qualitative Catégorique = intervalles). CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detection) est une méthode de classification permettant de créer des arbres de décisions à l'aide de statistiques du khi-deux, afin d'identifier les divisions optimales (Classes).

Répartitions des arbres par classes de diamètres :

Les résultats de la distribution des arbres d'*Acacia raddiana* par classes de diamètre sont donnés sous forme des histogrammes (Fig 24).

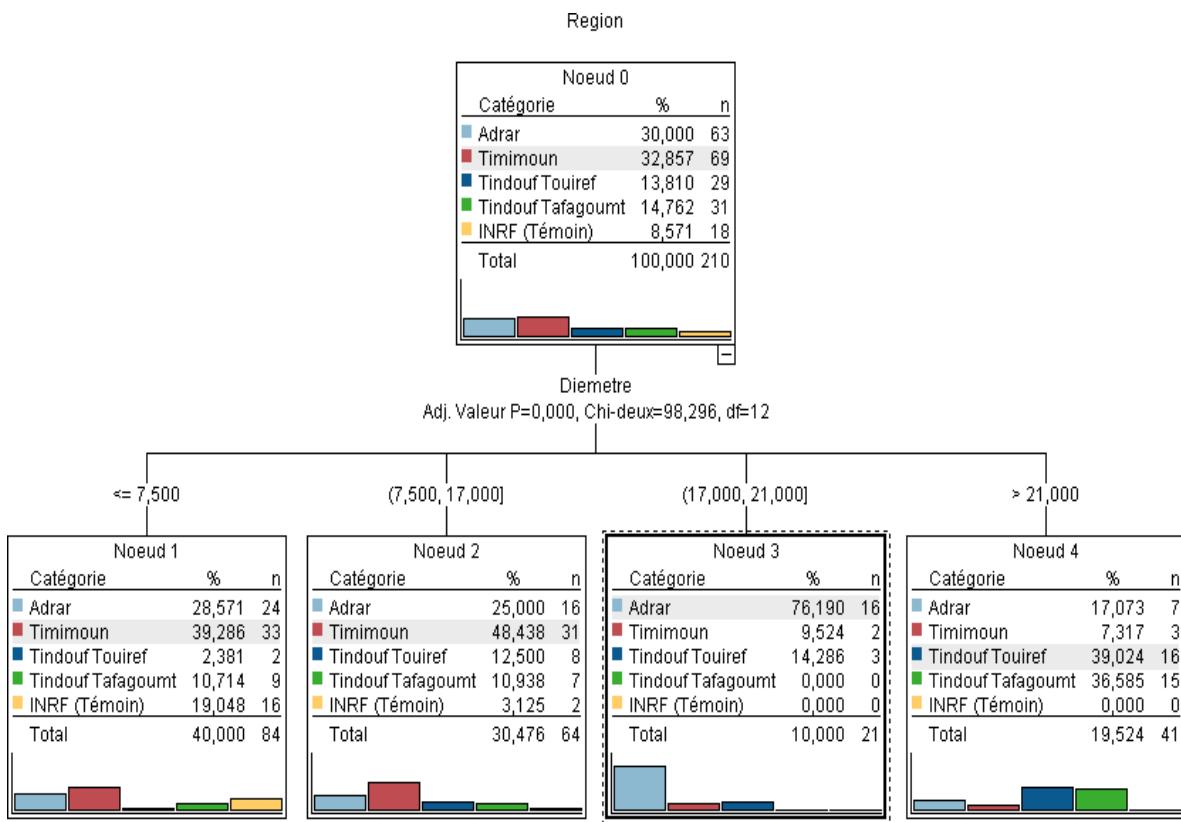


Figure 24 : Distribution des arbres par classes de diamètres (en cm) dans les quatre sites d'étude : (A) Oued Yahia BrahimAdrar, (B) Oued Aougrout Timimoune, (C) Oued EL-Mae Tindouf 1,(D) Lac Tafagoumt Tindouf 2.

Les résultats de la distribution des arbres par classe de diamètre montrent que les sujets ayant un diamètre inférieur à 7,5 cm sont les plus dominants dans les quatre sites d'étude avec 84 arbres. A cette classe appartient presque la moitié des individus 40% avec la dominance du site de Timimoune (39,286 %). Suivi en deuxième position de dominance par la classe de diamètre 7,6 - 17 cm avec 64 arbres (30,47%), A celle-ci appartient 48,438 % des individus du site de Timimoune 'Oued Aougrout', 25% de ceux de 'oued Yahia w Brahim' et 12,5% de Alors que la classe de diamètre 17,1-21 cm occupe la dernière position (10%), pour cette classe le site d'Adrar 'Oued Yahia w Brahim' occupe la première position de dominance 76,19%, suivie par le site Touiref Tindouf 'Oued El-Mae' avec un pourcentage de 14,286%.

La classe de diamètre supérieur à 21cm est la classe qui occupe la troisième position dans la distribution des diamètres avec la dominance du site Touref Tindouf

'Oued El-Mae' avec 39,024% par la suite le site de Tafagoumt toujours dans la même région Tindouf avec 36,585%.

D'après les données récoltées et nos observations sur terrain, l'ensemble des peuplements d'*Acacia raddiana* dans les quatre sites d'étude est composé des sujets jeunes à faible diamètre : <7,5 ; 7,6-11 et 18-21 cm. Le pourcentage de ces sujets varie entre 80 et 90%. Le peuplement le plus jeune est celui de 'Oued Aougrout' où nous n'avons constaté aucun sujet ayant un diamètre supérieur à 25 cm (fig. 24).

Les classes se présentent de façon différente au sein des quatre sites d'étude, la distribution des classes de diamètre à l'intérieur des sites est hétérogène. En effet, Le résultat du test du khi-deux indique une différence significative des pourcentages enregistrés entre les sites d'étude ($p=0,000$). Cette différence est due particulièrement à l'âge des peuplements, la topographie et les coupes illicites du bois [123].

Répartition des arbres par classes d'hauteur

Les résultats obtenus de la distribution des arbres d'*A.raddiana* par classes d'hauteur sont donnés sous forme des histogrammes (Fig 25).

Pour le site de 'Oued Yahia w Brahim' Adrar, la classe d'hauteur dominante est 4,9 - 9 m avec 41,935 %, suivi par les deux classes d'hauteur inférieur à 3,7 m et celle comprise entre 3,8 – 4,8 m avec 27,381% et 27,907% respectivement, la classe d'hauteur des arbres supérieur à 9m est la plus faible pour ce site avec 9,524%.

Le site de 'Oued Aougrout' Timimoune est dominé par la classe d'hauteur des arbres inférieur à 3,7m avec un pourcentage de 45,238 % suivi par la classe d'hauteur de 3,8 – 4,8 m avec 34,884 %; par contre la classe d'hauteur des arbres ayant plus de 9 m est la plus faible avec un pourcentage de 4,782 %.

Concernant la distribution des classes d'hauteur au sein du site de 'Oued Elmae' Tindouf 1, Elle est dominée par les sujets ayant une hauteur supérieure à 9 m avec un pourcentage assez remarquable 52,381 % suivie par les classes d'hauteurs de 4,9 à 9 m ; 3,8 – 4,8 m et inférieur à 3,8 m avec les pourcentages suivant 17,742 % ; 6,977 % et 4,782 % respectivement

Le site de Tafagoumt Tindouf 2 est caractérisé par une distribution des classes d'hauteur assez hétérogène elle se présente dans un ordre de dominance décroissant suivant : la classe dont la hauteur des sujets ayant est supérieur à 9 m

est la plus dominante avec 33,33 %, suivie par les classes d'hauteur de 3,8 à 4,8 et 4,9 à 9 m respectivement avec les pourcentages suivant 23,256 et 16,129 %. La classe des arbres inférieur à 3,7 m ne représente qu'un faible pourcentage ne dépassant pas les 4,762 % des bois.

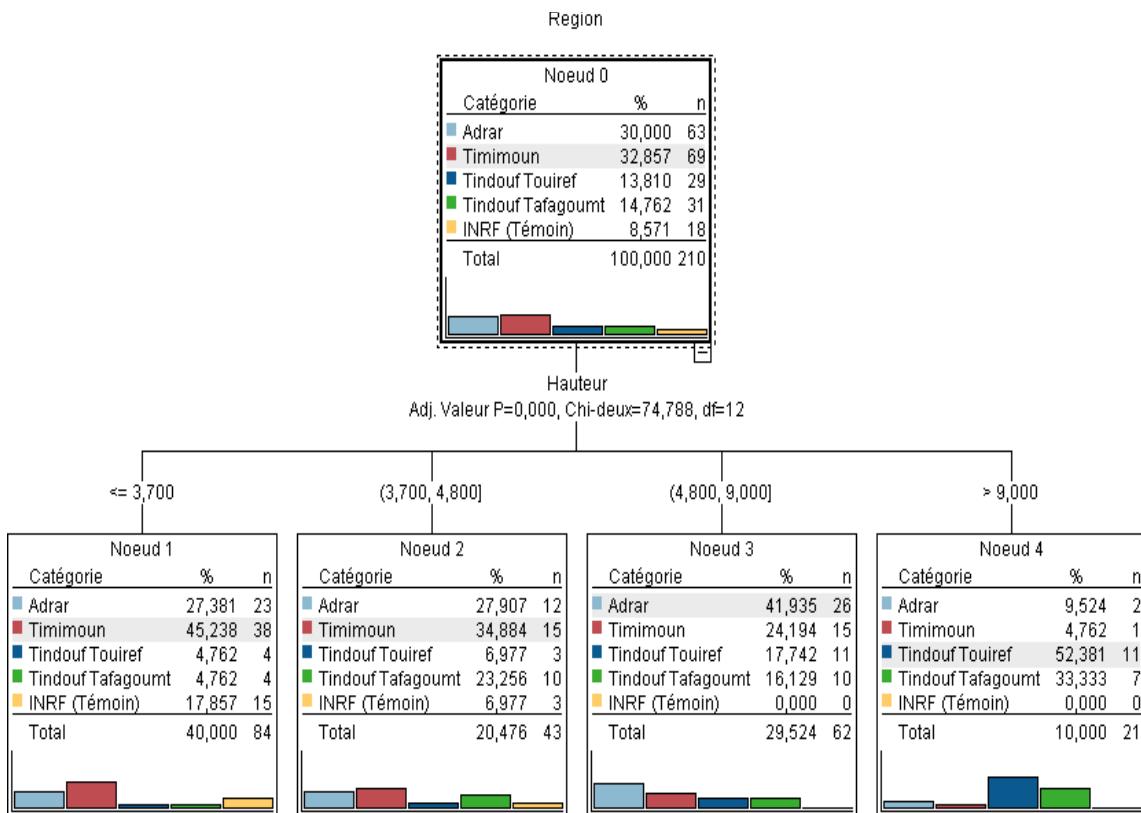


Figure 25 : Distribution des arbres par classes d'hauteur (en m) dans les quatre sites d'étude : (A) Oued Yahia BrahimAdrar, (B) Oued Aougrout Timimoune, (C) Oued EL-Mae Tindouf1,(D) Lac Tafagoumt Tindouf2

Les résultats et observations constatées nous ont permis de déduire les remarques suivantes :

- ✓ La répartition des arbres par classes d'hauteur est hétérogène à l'intérieur des quatre sites d'étude ;
- ✓ Le pourcentage des classes d'hauteur diffère d'un site à un autre. Cela est dû essentiellement au problème du surpâturage (surtout des camelins). Là, où le surpâturage est intense, les jeunes sujets restent toujours nains ce qui agit négativement sur leur développement et leur croissance et donc sur la

hauteur du peuplement ;

D'après Pardé [188], la hauteur moyenne d'un peuplement dépend de trois facteurs essentiels : l'espèce, l'âge et la station. Dans notre cas, la hauteur moyenne par ordre décroissant est la suivante : 'Oued EL-Mae' avec 8,2 m, 'Oued Tafagoumt' avec une hauteur moyenne de 6,95 m, 'Oued Yahia w Brahim' avec 4,73 m et en dernière position vient le site de 'Oued Aougrout' avec 3,98 m.

Les résultats obtenus de la distribution des arbres par classes d'hauteur nous permettent de conclure et dire :

- ✓ La strate microphanérophytes, dont les arbres ont une hauteur comprise entre 1 et 9 m est la strate la plus dominante dans les quatre sites d'étude avec 90%. A cette strate appartient 97,253% des arbres de 'Oued Yahia w Brahim', 99 % des bois de 'Oued Aougrout', 29,511 % des sujets de 'Oued Elma' et 44,167% des arbres de 'Lac Tafagoumt'.
- ✓ La strate mésophanérophytes, dont les arbres ayant une hauteur supérieure ou égale à 7 m ne représente qu'un faible pourcentage des arbres 10 %: 9,524 % à 'Oued Yahia w Brahim', 4,782% à 'Oued Aougrout, 52,381 % à 'Oued Elma' et 33,333 % des arbres à 'Lac Tafagoumt'.

Selon Ouled Safi et al [123], Cette physionomie des peuplements et cette variabilité de hauteur au sein des différentes stations d'étude, sont le résultat de plusieurs facteurs à la fois biotiques et abiotiques, à savoir le climat, la topographie, le surpâturage et les insectes ravageurs.

Corrélations entre le diamètre et la hauteur des arbres

L'étude des corrélations entre le diamètre et la hauteur des arbres d'un peuplement permet de mettre en évidence des relations entre les caractéristiques dendrométrique des sujets étudiés. Elle permet aussi de connaître le comportement des arbres envers les facteurs biotiques et abiotiques du milieu.

Le tableau 14 montre la relation entre les hauteurs et les diamètres de chaque espèce relevées (Acacia ehrenbergiana ; Acacia raddiana ; Tamarix aphylla, Acacia albida) dans les quatre sites d'étude.

Tableau 14 : Corrélation des hauteurs et les diamètres des espèces relevées par sites.

Region	Especie	Corrélations		Hauteur (m)	Diamètre (cm)
		A.her n.	Hauteur (m)		
Adrar	<i>A.her</i> n.	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	1	,934**
			Sig. (bilatérale)		,001
			N	8	8
	<i>A.rad</i> d.	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	,934**	1
			Sig. (bilatérale)		,001
			N	8	8
Tamarix	<i>Tam</i> <i>ari</i> x	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	1	,885**
			Sig. (bilatérale)		,000
			N	63	63
	<i>Diamet</i> <i>re</i> (cm)	Diamet re (cm)	Corrélation de Pearson	,885**	1
			Sig. (bilatérale)		,000
			N	63	63
	<i>Tam</i> <i>ari</i> x	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	1	,522
			Sig. (bilatérale)		,099
			N	11	11
	<i>Diamet</i> <i>re</i> (cm)	Diamet re (cm)	Corrélation de Pearson	,522	1
			Sig. (bilatérale)		,099
			N	11	11

Timimoun	A.her n.	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	1	,615
			Sig. (bilatérale)		,141
		N		7	7
	Diamet re (cm)	Corrélation de Pearson		,615	1
		Sig. (bilatérale)		,141	
		N		7	7
A.rad d.	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson		1	,828**
		Sig. (bilatérale)			,000
		N		69	69
	Diamet re (cm)	Corrélation de Pearson		,828**	1
		Sig. (bilatérale)		,000	
		N		69	69
Tindouf Touiref	A.rad d.	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	1	,704**
		Sig. (bilatérale)			,000
		N		29	29
	Diamet re (cm)	Corrélation de Pearson		,704**	1
		Sig. (bilatérale)		,000	
		N		29	29
A.al bid a	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson		1	1,000**
		Sig. (bilatérale)			.
		N		2	2

		Diamètre (cm)	Corrélation de Pearson	1,000**	1
			Sig. (bilatérale)	.	
		N		2	2
Tindouf	A.her n.	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	1	,860*
Tafagou mt			Sig. (bilatérale)		,013
		N		7	7
		Diamètre (cm)	Corrélation de Pearson	,860*	1
			Sig. (bilatérale)	,013	
		N		7	7
A.rad d.	A.rad d.	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	1	,902**
			Sig. (bilatérale)		,000
		N		31	31
		Diamètre (cm)	Corrélation de Pearson	,902**	1
			Sig. (bilatérale)	,000	
		N		31	31
Tamari x	Tamari x	Hauteur (m)	Corrélation de Pearson	1	,743
			Sig. (bilatérale)		,257
		N		4	4
		Diamètre (cm)	Corrélation de Pearson	,743	1
			Sig. (bilatérale)	,257	
		N		4	4

D'après les résultats obtenus dans le tableau ci-dessus, il existe une corrélation proportionnelle entre la hauteur et le diamètre chez les espèces *A.ehrenbergiana* et *A.raddiana* à Adrar avec des coefficients ($p=0,001$, $r=+0,934$; $p=0,000$, $r=+0,885$) respectivement. Cette corrélation est de très forte intensité. Par contre pour l'espèce *Tamarix aphylla*, il n'existe pas une corrélation ($p=0,099$)

Pour le site de Timimoune (Oued Aougrout), il n'existe pas de corrélation entre la hauteur et diamètre chez l'espèce *A.ehrenbergiana* ($p=0,141$, $r=0,615$). Alors que pour l'espèce *A.raddiana*, il existe une corrélation proportionnelle ($p=0,000$, $r=+0,828$) avec une forte intensité.

Pour Tindouf premier site Touiref (Oued Elmae) on a marqué l'existence d'une corrélation entre la hauteur et le diamètre chez l'espèce *A.raddiana* ($p= 0,000$, $r=+0,704$). Cette corrélation est de très forte intensité. En revanche une absence de corrélation entre la hauteur et le diamètre chez les espèces *A.albida* (échantillon non représentatif).

Pour le deuxième site de Tindouf lac de Tafagoumt, on a marqué l'existence d'une corrélation entre la hauteur et le diamètre chez les espèces *A.ehrenbergiana* et *A.raddiana* ($p=0,013$, $r=+0,860$; $p=0,000$, $r=+0,902$) d'une très forte intensité. Par contre pour l'espèce *T.aphylla*, la corrélation n'existe pas ($p=0,257$).

L'inexistence de corrélation entre la hauteur et le diamètre pour certaines espèces dans des régions étudiées est due probablement à l'âge juvénile du peuplement et le surpâturage 'camelin'.

Conclusion

L'étude dendrométrique effectuée sur un échantillon de 213 sujets, a montré que la structure des populations est hétérogène à l'intérieur des sites avec une dominance absolue des classes de diamètre des jeunes sujets. Toutefois, le pourcentage des classes de diamètres se présente presque de la même façon entre les quatre sites d'étude. La faible différence qui existe, qui reste non significative, est due

particulièrement à l'influence de certains facteurs du milieu.

Nos observations montrent également un effet significatif du site sur la distribution des arbres par classes d'hauteur. En effet, la strate microphanérophytes est la plus dominante dans les régions Est du Sahara occidental avec 90% du peuplement.

Cependant, la strate mésophanérophytes est dominante dans la région Ouest avec 39,024 % (Touïref) et 36,585 % (Tafagoumt), nous avons constaté une nette corrélation entre la hauteur et le diamètre des bois. Les résultats dendrométriques obtenus confirme ceux de Ouled Safi [123], ils montrent également que la région "Est " est un jeune taillis fureté.

Relation entre la hauteur et l'âge des arbres d'*Acacia raddiana*

La lecture des carotte réalisées dans les différents sites étudiés n'a pas pu être effectué et cela à cause du manque de référence d'étude sur ce genre d'arbres sahariens ce qui nous a poussé à chercher une relation entre la hauteur et l'âge des arbres d'*Acacia raddiana* grâce à la disponibilité des sujets domestique de cette espèce dans la station de l'Institut National de la Recherche Forestière (INRF Adrar) 13 arbres âgés de 13 ans (Témoin), les mesures de la hauteur ont été prise chaque année en mois de Décembre durant les 7 dernières années.

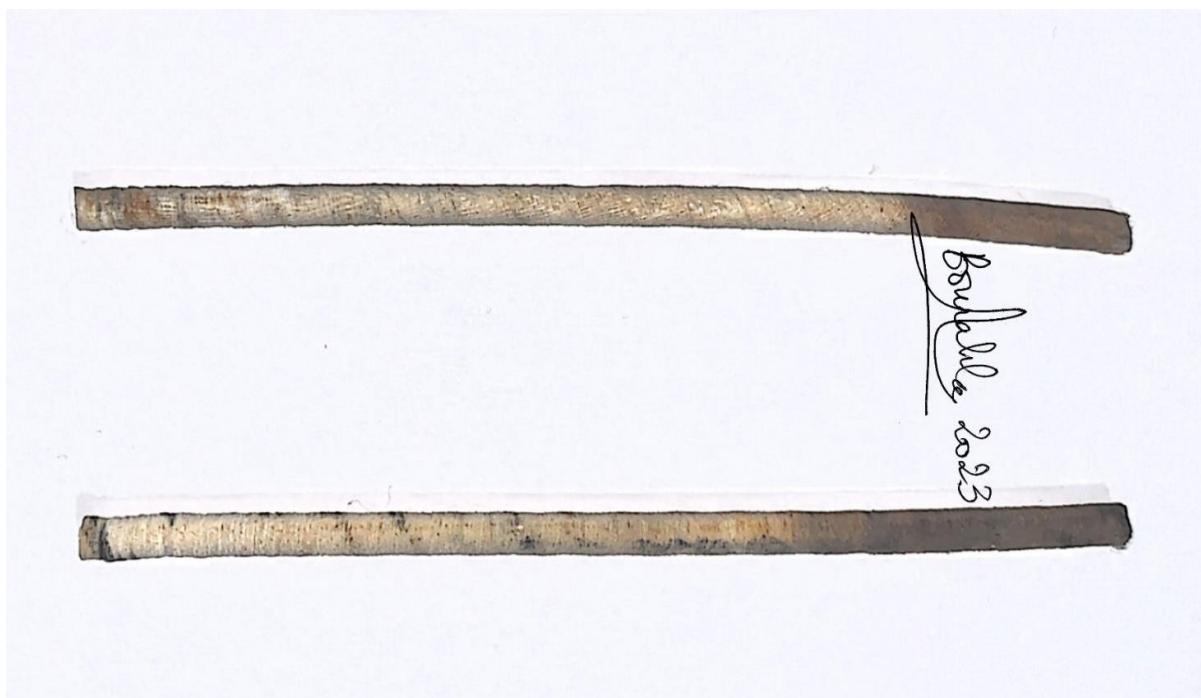


Figure 26:Echantillons de carottes d'*Acacia raddiana* dans les sites d'études.
(Bourahla, 2023)

Analyse de variance pour le modèle de régression de l'âge des arbres par rapport à la hauteur

Le tableau suivant représente un test de normalité, il a été effectué pour vérifier l'existence d'une corrélation entre la hauteur des arbres d'*A.raddiana* et leurs âges dans la station INRF d'Adrar c'est-à-dire des conditions plus ou moins contrôlées.

Tableau 15 : Corrélation entre l'âge et la hauteur de l'espèce d'*Acacia raddiana* de la station INRF Adrar

A g e (a n)	Tests de normalité						
	Kolmogorov-Smirnov ^a		Shapiro-Wilk				
	Statistiqu e s	Ddl	Sig.	Statistiqu e s	Ddl	Sig.	
Hauteur (m)	7,00	,151	16	,200*	,979	16	,954
	8,00	,175	10	,200*	,930	10	,446
	9,00	,093	15	,200*	,971	15	,876
	10,00	,147	19	,200*	,912	19	,080
	11,00	,112	20	,200*	,978	20	,899
	12,00	,107	20	,200*	,960	20	,552
	13,00	,148	18	,200*	,959	18	,576

*. Il s'agit de la borne inférieure de la vraie signification.

a. Correction de signification de Lilliefors

D'après le test de normalité, la corrélation existe mais sa robustesse ne peut être expliquée qu'avec un test d'ANOVA (Tableau 16)

Tableau 16 : régression linéaire de l'âge en fonction de la hauteur

ANOVA ^{a,b}					
Modèle	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Sig.
1	Régression	11693,519	1	11693,519	1152,138
	de Student	1187,481	117	10,149	
	Total	12881,000 ^d	118		

a. Variable dépendante : Age (an)

b. Régression linéaire à l'origine

c. Prédicateurs : Hauteur (m)

Les résultats des tableaux ci-dessus indiquent qu'il existe une corrélation entre l'âge et la hauteur des arbres d'A.raddiana de la station INRF Adrar (Témoin) avec $p=0,000$.

Évaluation de la variabilité expliquée par le modèle de régression

- Les paramètres du modèle

Le tableau 17 nous donne les paramètres de l'équation du modèle de régression. Les coefficients non standardisés (B) nous permettent de reconstituer l'équation de la droite de régression, qui sera de type : $Y = (B \cdot x)$

Tableau 17: Paramètres de l'équation du modèle de régression entre l'âge et la hauteur d'A.raddiana.

Modèle	Hauteur (m)	Coefficients a,b		Coefficients standardisé s	T	Sig.
		B	Erreur standard			
1		3,4 69	,102	,953 43	33,9 00 0	

- a. Variable dépendante : Age (an)
- b. Régression linéaire à l'origine

La colonne des coefficients standardisés indique la valeur du coefficient de corrélation (Bêta). Elle apporte toutefois une nouvelle information: la valence de cette valeur (+ ou -). Donc le sens de la relation entre l'âge et la hauteur des arbres d'A.raddiana.

- **Détermination des équations de régression**

Les précédents tableaux nous permettent d'établir une formule prédictive de l'âge de l'arbre d'Acacia raddiana dans un espace linéaire en fonction de la hauteur.

Formule prédictive : $Y=3,469 x$

D'après les tableaux ci-dessus, la relation entre l'âge et la hauteur est proportionnelle de très forte intensité avec un coefficient de corrélation $R=+0,953$

On explique la robustesse par le tableau ANOVA : une idée sur l'effet de la hauteur sur l'âge, on applique la formule sur les sujets spontanés des différentes régions afin d'estimer l'Age prédit.

6.5. Comparaison des volumes de bois des espèces par rapport aux régions

Le tableau 18, exprime la comparaison des volumes de bois entre les espèces relevées lors des sorties dans les différentes régions d'étude.

Tableau 18 : Comparaison des volumes de bois des espèces

ANOVA

Volume (m³)

Espèce		Somme des carrés	Df	Carré moyen	F	Sig.
A.her n.	Entre groupes	,097	2	,049	7,108	,005

	Intra-groupes	,130	19	,007		
	Total	,227	21			
A.rad d.	Entre groupes	1,500	3	,500	10,442	,000
	Intra-groupes	9,004	188	,048		
	Total	10,504	191			
Tamarix	Entre groupes	,003	1	,003	,368	,554
	Intra-groupes	,107	13	,008		
	Total	,110	14			

Le tableau ci-dessus montre qu'il existe une différence statistiquement significative du volume de bois de l'espèce *A.ehrenbergiana* ainsi que celle d'*A.raddiana* par rapport aux régions d'étude avec les coefficients ($p=0,005$, $F=7,108$; $p=0,000$, $F=10,442$) respectivement. Tandis que pour l'espèce *Tamarix aphylla* il n'existe pas de différence significative $p=0,554$.

La figure 27 qui suit montre l'évaluation de la moyenne du volume de bois des espèces dans les différentes régions d'étude.

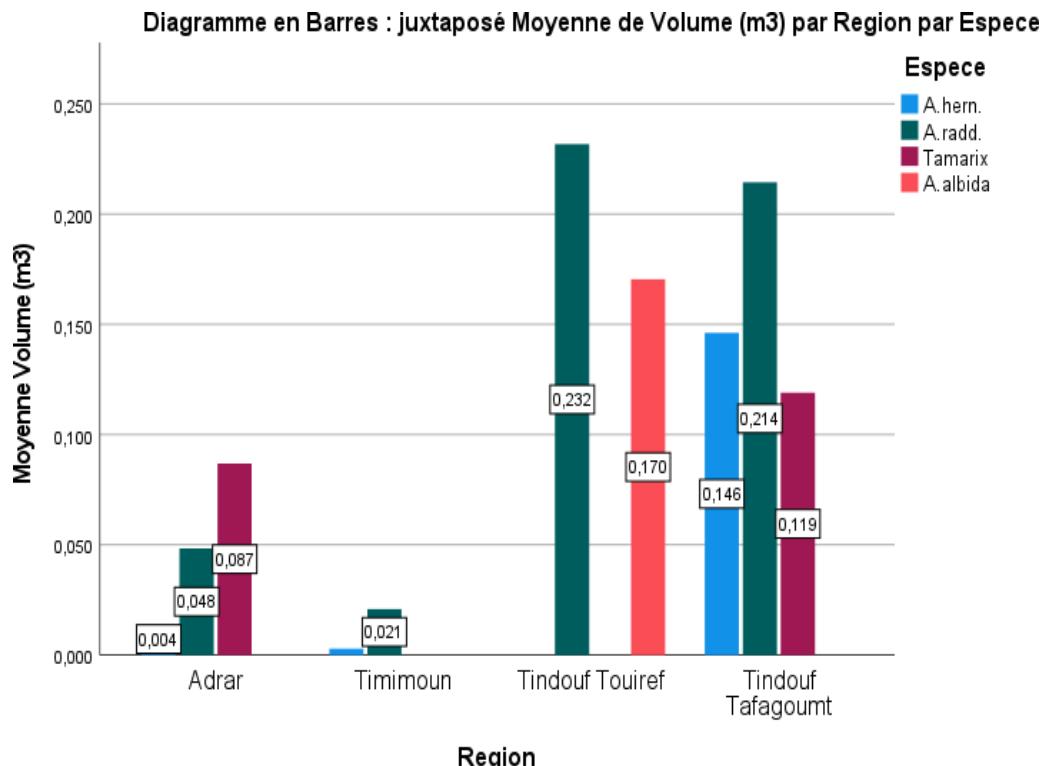


Figure 27 : Évaluation de la moyenne du volume de bois des espèces dans les différentes régions d'étude

La figure 27 nous donne un aperçu général sur la moyenne du volume de bois des différentes espèces relevées dans les quatre sites d'études où on note pour la région d'Adrar une moyenne de volume du *Tamarix aphylla* est assez importante ($0,087\text{m}^3$) suivie par celle d'*A.raddiana* ($0,048\text{m}^3$) et enfin *A.ehrenbergiana* ($0,004\text{m}^3$). Dans la région de Timimoune (Oued Aougrout) le *Tamarix* est absent, la moyenne du volume de bois d'*A.raddiana* est plus importante ($0,021\text{m}^3$) que celle d'*A. ehrenbergiana* qui est presque nulle. Pour la région de Tindouf, nous avons noté l'absence du *T.aphylla* dans le site d'Oued Elmae alors que la moyenne du volume de bois d'*A.raddiana* est la plus importante par rapport à tous les sites d'étude et à toutes les autres espèces avec une valeur de $0,232\text{m}^3$, *A.ehrenbergiana* n'est pas absente sur terrain mais les sujets sont trop petits par contre on note la présence d'une espèce appelée *A.albida* avec une moyenne de volume de bois de $0,170\text{m}^3$; Enfin le site de Tafagoumt à Tindouf comme il est clair dans la figure la moyenne du volume de bois des espèces est bien exprimée avec de valeurs plus ou moins différentes *A.raddiana* ($0,214\text{m}^3$), *A. ehrenbergiana* ($0,146\text{m}^3$) et *T.aphylla* ($0,119\text{m}^3$).

Les groupes homogènes obtenus sont illustrés par les tableaux 19 Les traitements

se regroupent dans deux sous-ensembles pour le volume de bois des espèces A.ehrenbergiana et A.raddiana dans les quatre sites d'étude.

Tableau 19 : Répartition des groupes homogènes du volume de bois d'A.ehrenbergiana dans les sites d'étude

Especie=A.hern.

Différence significative de Tukey^{a,b}

Region	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
Timimoun	7	,00286	
Adrar	8	,00388	
Tindouf	7		,14614
Tafagoumt			
Sig.		1,000	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 7.304.

b. Les tailles de groupes ne sont pas égales. La moyenne harmonique des tailles de groupe est utilisée. Les niveaux d'erreur de type I ne sont pas garantis.

Le test de Tukey pour l'espèce A. ehrenbergiana a révélé la présence de deux groupes homogènes le premier renferme le site de Timimoume (Oued Aougrout) avec le site d'Adrar (Oued Yahia w Brahim) avec des coefficients ($p=0,00286$; $p=0,00388$) respectivement, le deuxième groupe renferme uniquement le site de Tindouf (Lac Tafagoumt) avec un coefficient $p=0,146$.

Tableau 20: Répartition des groupes homogènes du volume de bois d'*A.radianna* dans les sites d'étude

Especie=A.radd.

Différence significative de Tukey^{a,b}

Region	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
Timimoun	69	,02088	
Adrar	63	,04837	
Tindouf Tafagou mt	31		,21448
Tindouf Touiref	29		,23176
Sig.		,941	,984

Le test de Tukey pour l'espèce *A.radianna* a révélé la présence de deux groupes homogènes le premier renferme le site de Timimoume (Oued Aougrout) avec le site d'Adrar (Oued Yahia w Brahim) avec des coefficients ($p=0,02088$; $p=0,04837$) respectivement, le deuxième groupe renferme les deux sites de Tindouf Lac Tafagoumt avec un coefficient $p=0,21448$ et Oued Elmae Touiref avec $p=0,23176$.

En revanche le test du khi-deux nous a permis d'établir une classification permettant de créer des arbres de décisions par rapport aux volumes de bois des régions d'étude. (Fig 27)

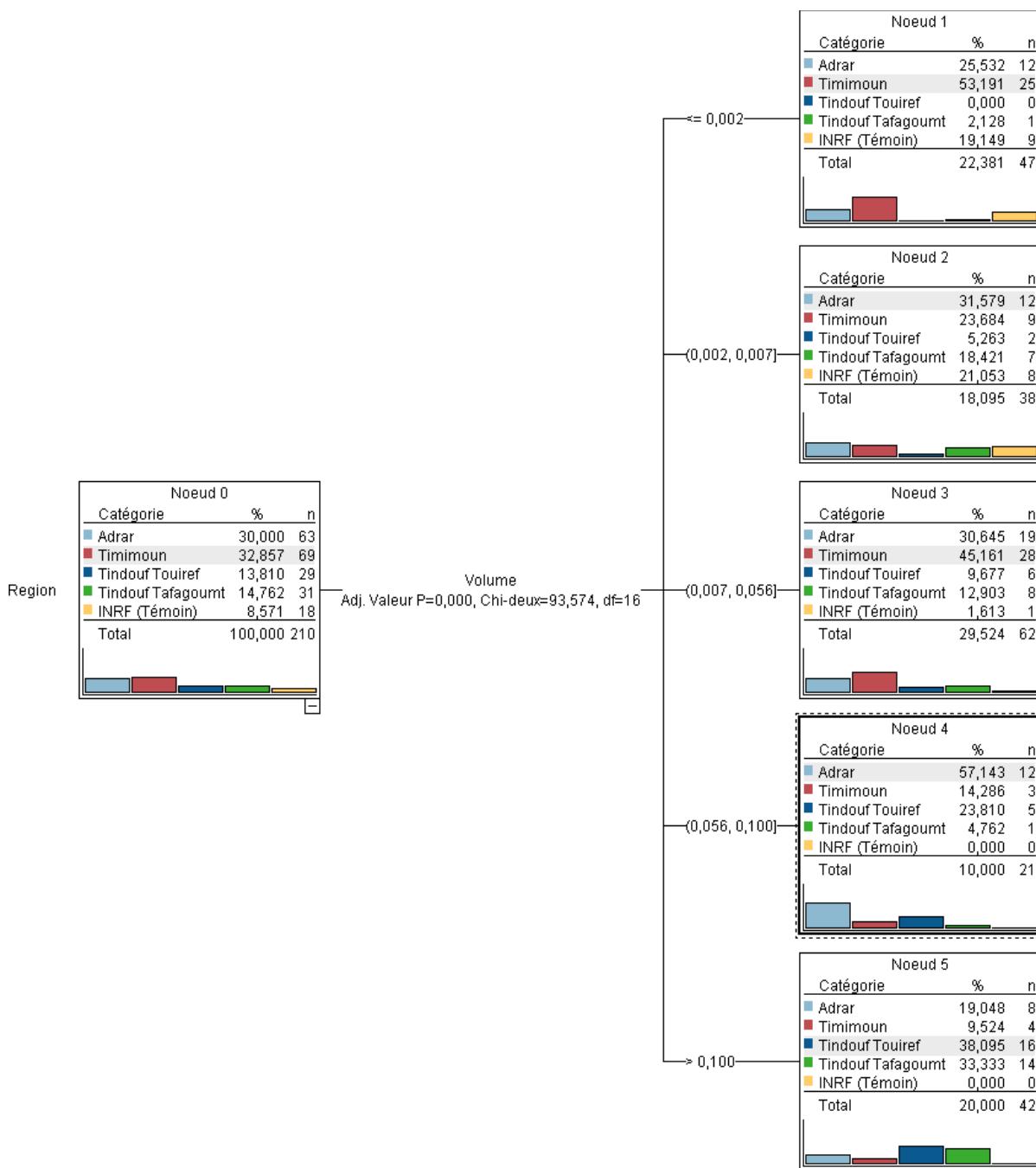


Figure 28 : Répartition des arbres d'*Acacia raddiana* par classe de volume de bois dans les régions d'étude

Les résultats de la figure ci-dessus nous ont permis de noter 5 classes de volumes de bois dans les régions d'étude avec la dominance de la classe 3 (0,007-0,056 m³) représentée par 29,524% où le site de Timimoune (Oued Aougrout) est le plus dominant avec 45,181%. La classe 1(volume inférieur ou égale à 0,002m³) est en deuxième position avec 22,381% où le site de Timimoune est le plus marquant avec 53,191%.

La troisième position est occupée par la classe 5 (volume supérieur à 0,1m³) avec 20%, à cette classe la dominance appartient au site de Touiref avec 38,095%. Suivi par la classe 2 (0,002-0,007m³) en quatrième position avec 18,095%. Enfin la sinquième position occupée par la classe 4 (0,056-0,1m³) avec 10%.

Le site d'Adrar est dominant pour les deux dernières classes avec les pourcentages suivant respectivement 31,579% et 57,143%.

Discussion

A partir des données citées dans les paragraphes précédents on n'en ressort que Timimoune qui est situé dans la région Est du Sahara occidental caractérisée par un climat aride représente une classe majoritaire par rapport au volume de bois autrement dis production de bois malgré son appartenance à la strate microphanérophytes. En revanche Touiref (Tindouf) à l'Ouest du Sahara occidental malgré sa dominance pour la strate macrophanérophyte elle ne peut pas être considérée comme un site de production de bois.

Ces résultats corroborent avec les observations de [154] Ces valeurs ont une signification écologique très importante telle que l'adaptation des taxons aux conditions extrêmes de vie. Il faut noter aussi que lors de nos sorties sur le terrain les traces de l'impact anthropique dans les sites sont élevées

Comparaison entre des régions d'étude par rapport aux volumes de bois des espèces

Dans le tableau 21 nous avons comparé le volume de bois des espèces entre les régions d'étude avec le test ANOVA.

Tableau 21 : Comparaison entre des régions d'étude par rapport aux volumes de bois des espèces (ANOVA)

ANOVA

Volume (m3)

Region		Si g.
Adrar	Entre groupes	,035
	Intra-groupes	
	Total	
Timimoun	Entre groupes	,222
	Intra-groupes	
	Total	
Tindouf Touiref	Entre groupes	,819
	Intra-groupes	
	Total	
Tindouf Tafagoumt	Entre groupes	,817
	Intra-groupes	
	Total	

Les résultats obtenus dans tableau 21 Nous indiquent que la différence est significative seulement pour la région d'Adrar entre les volumes des espèces $p=0,035$.

Répartition des groupes homogènes de chaque région d'étude par rapport au volume de bois des espèces.

Les groupes homogènes obtenus sont illustrés dans les tableaux 22 et 23 Les traitements se regroupent dans deux sous-ensembles pour chaque région d'étude par rapport au volume de bois des espèces.

Tableau 22: Répartition des groupes homogènes de la région d'Adrar par rapport au volume de bois des espèces.

Région=Adrar

Différence significative de Tukey^{a,b}

Especie	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
A.her n.	8	,00388	
A.rad d.	63	,04837	,04837
Tam ari x	11		,08691
Sig.		,224	,323

Le test de Tukey sur la région d'Adrar a révélé la présence de deux groupes homogènes le premier renferme *A.ehren* et *A.raddiana* avec des coefficients ($p=0,00388$; $p=0,04837$) respectivement, le deuxième groupe renferme *A.raddiana* et *Tamarix aphylla* ($p=0,21448$; $p=0,8691$).

Tableau 23: Répartition des groupes homogènes de la région de Tafagoumt par rapport au volume de bois des espèces.

Region=Tindouf Tafagoumt

Différence significative de Tukey^{a,b}

Especie	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	
Tam ari x	4		,11900
A.her n.	7		,14614
A.rad d.	31		,21448
Sig.			,870

Le test de Tukey sur la région de Tafagoumt a révélé la présence d'un seul groupe

homogène A.raddiana, A.ehrenbergiana et T.aphylla.

La figure (29) exprime la comparaison des moyennes du volume de bois d'Acacia raddiana entre les sites étudiés et la station INRF D'Adrar.

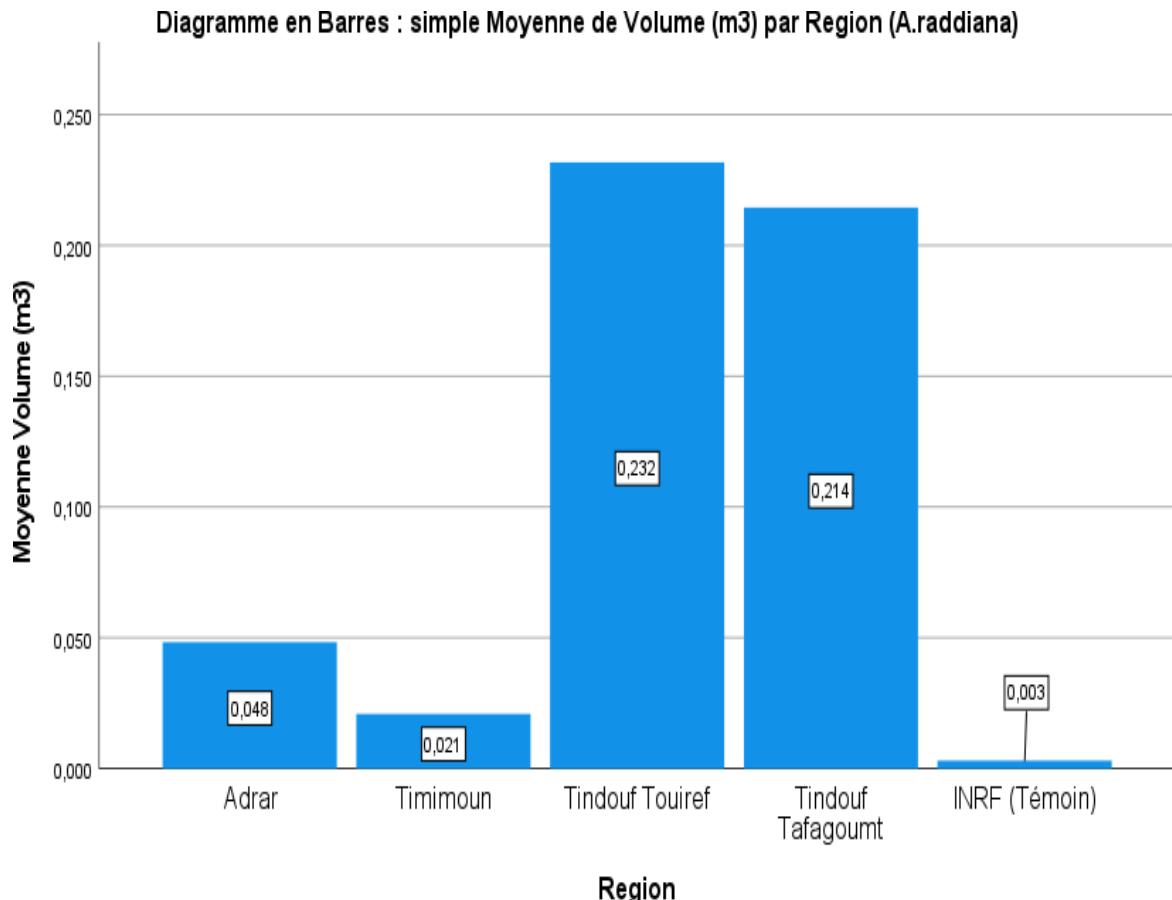


Figure 29 : Comparaison des moyennes du volume de bois d'Acacia raddiana entre les sites étudiés et la station INRF D'Adrar

Les résultats de la figure ci-dessus montrent que la moyenne du volume de bois d'A.raddiana est plus important dans le site Touiref Oued Elmae ($0,232\text{m}^3$) suivie par le site de Tafagoumt ($0,214\text{m}^3$) ensuite Oued Yahia w Brahim ($0,048\text{m}^3$), Oued Aougrout ($0,021\text{m}^3$) et enfin la station INRF Adrar (Témoin) avec une valeur de $0,003\text{m}^3$.

Rappelons que les sites de Tindouf : Touiref 'Oued ElMae' et Tafagoumt sont installées naturellement sur des points d'accumulations des eaux pluviales (l'élément le plus important pour le développement de la végétation), et sur un substrat riche en limon et d'argile, en revanche cet effet est absent dans les autres sites Sud Est, c'est ce qui rend la production en bois et la richesse faible dans ces derniers.

4- Caractérisation sanitaire des peuplements d'Acacia des Quatre sites :

Déficit foliaire :

Les résultats de l'état sanitaire des peuplements à *Acacia raddiana*, basée sur le déficit foliaire (DF) sont illustrés dans la figure 30.

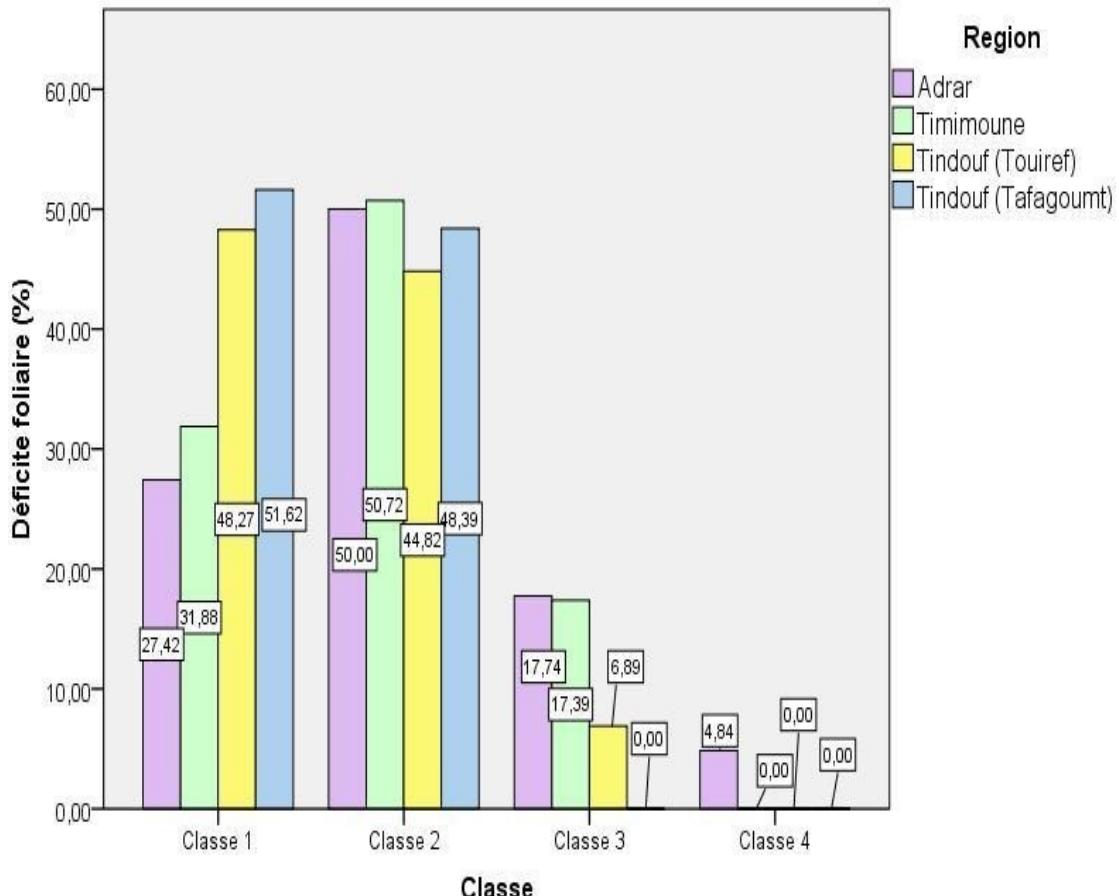


Figure 30 Répartition des classes de déficit foliaire (DF) des arbres d'*Acacia raddiana* dans les quatre sites d'étude

La distribution des arbres par classes de déficit foliaire montre que :

- ✓ Les arbres sains (*classe 1*) ayant un déficit foliaire de moins de 30%, représentent une faible portion des sujets dans les quatre sites étudiés. La répartition des individus de cette classe au sein de chaque sites d'étude est comme suit : 27,42% des arbres de 'Oued Yahia w Brahim', 31,88 % de 'Oued Aougrout', 48,27 % de 'Oued EL-Mae' et uniquement 51,62 % des sujets de 'Oued Tafagoumt'.
- ✓ Les arbres affaiblis ayant un déficit foliaire oscillant entre 30 et 60% ou bien Les arbres formant la *classe 2* sont les plus dominants dans les quatre sites étudiés. En effet, cette classe renferme plus de 60% des

sujets de l'Acacia raddiana de Tindouf (figure 30).

- ✓ Les arbres de la *classe 3* (arbres dépérissants) ayant un déficit foliaire de plus de 65 % sont moins importants comparativement à la classe précédente. Les individus de cette classe se répartissent au sein de chaque site comme suit : 17,74 % des arbres de 'Oued Yahia w Brahim', 17,39 % de 'Oued Aougrout', 6,89 % de 'Oued El-Mae' et une absence dans 'Oued EL-Ma'.
- ✓ Nous signalons que la *classe 4* est presque absente. Un taux très faible de 4,84% inventorié dans le site d'Adrar. Cette situation est expliquée par la grande résistance de l'Acacia aux différentes maladies parasitaires et physiologiques. Même s'il y avait un arbre mort, il est exploité rapidement par les riverains (*nomades surtout Sahraouis qui habitent dans les oueds et les h'madas*) pour satisfaire leur besoin en bois de chauffage [139].

4.1. Indice de santé ou indice de dépérissement

L'indice de santé, appelé également indice de dépérissement permet d'exprimer de façon directe l'état général du peuplement à partir de l'ensemble des arbres pris individuellement [189].

Afin d'évaluer l'aspect sanitaire des peuplements d'Acacia raddiana dans les régions d'Adrar (Oued Yahia w Brahim), Timimoune (Oued Aougrout) et Tindouf (Oued Elmae et Lac Tafagoumt), nous avons utilisé la méthode employée avec succès pour étudier l'état de santé chez 'Arganier' [139]. L'indice de santé (*Is*) nous a permis de noter les différentes classes de déficit foliaire dans les quatre sites d'étude. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Indice de santé de peuplement d'Acacia des sites étudiés.

Placettes d'étude	Is
Oued Yahiya ou Brahim(Adrar)	2, 00
Oued EL-Aougrout (Timimoun)	1, 85
Oued EL-MA (Tindouf)	1, 58
Lac Tafagoumt (Tindouf)	1, 45

L'analyse du tableau ci-dessus montre que l'A.raddiana à oued Yahia w Brahim, à Oued Aougrout et Oued Elmae est en début de déprérissement. Dans ces trois stations, nous avons enregistré un indice de santé respectivement de 2 ; 1,85 et 1,58. Toutefois, la placette d'étude du 'Lac Tafagoumt' est sain. Ces données indiquent que les peuplements d'Acacia raddiana dans le Sahara occidental est en état de déprérissement plus ou moins grave. Son indice de santé est de 1,71 (Tableau 24).

Discussion

L'ensemble des résultats enregistrés reflète réellement l'état de santé observé visuellement sur terrain des peuplements d'Acacia raddiana. Et corrobore avec les résultats de plusieurs chercheurs tels que [37 ; 190]. Cette dégradation est le résultat de plusieurs facteurs d'ordre biotique et abiotique tels que :

- Dénudation des racines des arbres sous l'effet de l'érosion hydrique. En effet, la partie de la racine dénudée se dessèche et devient non fonctionnelle, ce qui influe sur son état de santé (perturbations physiologiques). Cet aspect est très fréquent cette partie du Sahara.
- Concurrence entre rejets provenant de la même souche (anomalie de croissance des deux parties, aérienne et souterraine) et vieillissement de certains sujets qui deviennent un foyer privilégié de certains agents pathogènes ;
- Surpâturage (camelin, ovin et caprin) est un vrai problème qui fait son ravage au sein des peuplements arborescent. Le nombre de têtes est très important c.-à-d. la charge de têtes est plus importante que la capacité de cet écosystème. Le surpâturage le plus dommageable est celui des mois

d'octobre et de novembre qui coïncident avec la ramification de l'Acacia. Les nouvelles pousses sont complètement broutées, ce qui rend la croissance très

faible, voire nulle (nanisme) dans certains cas. Nous signalons que le surpâturage est très répondu dans les régions d'Adrar, Timimoune et oued Elmae (Touïref) Tindouf car la majorité de la population rurale sont des nomades composés essentiellement des réfugiés sahraouis ; ce qui n'est pas le cas du Lac de Tafagoumt qui est une zone militaire (Frontières Algéro-marocaine) ;

- La sécheresse due à la rareté des précipitations engendre un stress hydrique chez les Acacias en générale et l'*Acacia raddiana* en particulier donc l'affaiblissement physiologiquement. Dans ces cas, les sujets deviennent une proie facile aux agents parasites dits parasites secondaires ou parasites de faiblesses. Un des symptômes caractéristiques de la sécheresse, constaté communément sur les arbres d'arganier est le dessèchement et la chute des feuilles suivies d'une dessiccation des branches et des rameaux.
- Les coupes illicites du bois d'*Acacia raddiana*, est un autre facteur de dégradation et agit négativement sur l'état de santé des peuplements. Il entraîne un déséquilibre entre la partie aérienne et le système racinaire des sujets, ce qui perturbe leur état physiologique [59].
- Les insectes ravageurs jouent un rôle non négligeable dans l'aspect sanitaire du peuplement d'*Acacia*. Parmi ces insectes nous avons observé :
Le criquet pèlerin (*Schistocera gregaria*) qui est un défoliateur potentiel. Le nombre moyen constaté est de trois individus par placette ;
Les acariens entraînent des dommages très graves sur le feuillage de l'*Acacia raddiana*. Le cas le plus remarquable est celui d'Oued Yahia w Brahim.
- Les termites : nos observations sur terrain montrent que les termites sont l'ennemi numéro un. Ses dégâts se localisent essentiellement dans le tronc en provoquant sa rupture suite à sa dégradation. Cette espèce de termite saharienne et souterraine, installe son nid sous le lit des oueds sablonneux. Il s'agit probablement de *Psammotermes hybostoma* [191, 192] ;
- La cochenille blanche : ses dégâts ont été constatés surtout sur les fruits de l'arganier (les parties charnues) ;
- La pollution chimique : les batteries des véhicules rejetées dans les lits des Oueds participent dans la dégradation. En effet, les métaux lourds, notamment le plomb, le cuivre et le mercure se dissolvent sous l'action des cours d'eau et sont

assimilés par les racines ce qui provoquent des perturbations physiologiques de l'arbre et par la suite la mort des arbres.

Nous signalons aussi, l'observation de certains mammifères, notamment l'écureuil de barbarie (*Alantoxerus getulus*) et le rat du sable (*Psammomys obesus*) qui peuvent endommager les graines d'*Acacia raddiana* d'une manière particulière. Nos observations montrent également que le lièvre sauvage procrée des dégâts considérables, surtout sur les jeunes plantules.

Conclusion

La caractérisation sanitaire de l'*Acacia raddiana* a montré que les différents peuplements sont en état critique. Un début de déclin a été constaté dans trois sites d'étude avec un seul site sein. La dégradation des forêts d'*Acacia raddiana* est la conséquence de l'effet combiné de plusieurs facteurs d'ordre biotique et abiotique, notamment la sécheresse, la dégradation du sol, les termites et le surpâturage (Fig. 16 et 31).

Nos résultats ont montré également la grande résistance de l'*Acacia raddiana* (*arbre des ténèbres*) aux différents stress. En effet, nous n'avons constaté que quelques sujets morts : la classe 4 est presque absente. Cela est fort probablement due aussi à leur exploitation rapide par les riverains, notamment les Sahraouis et ça pour satisfaire leurs besoins en bois de chauffage ce qui indique la forte pression anthropique exercée sur les peuplements d'*Acacia raddiana*.

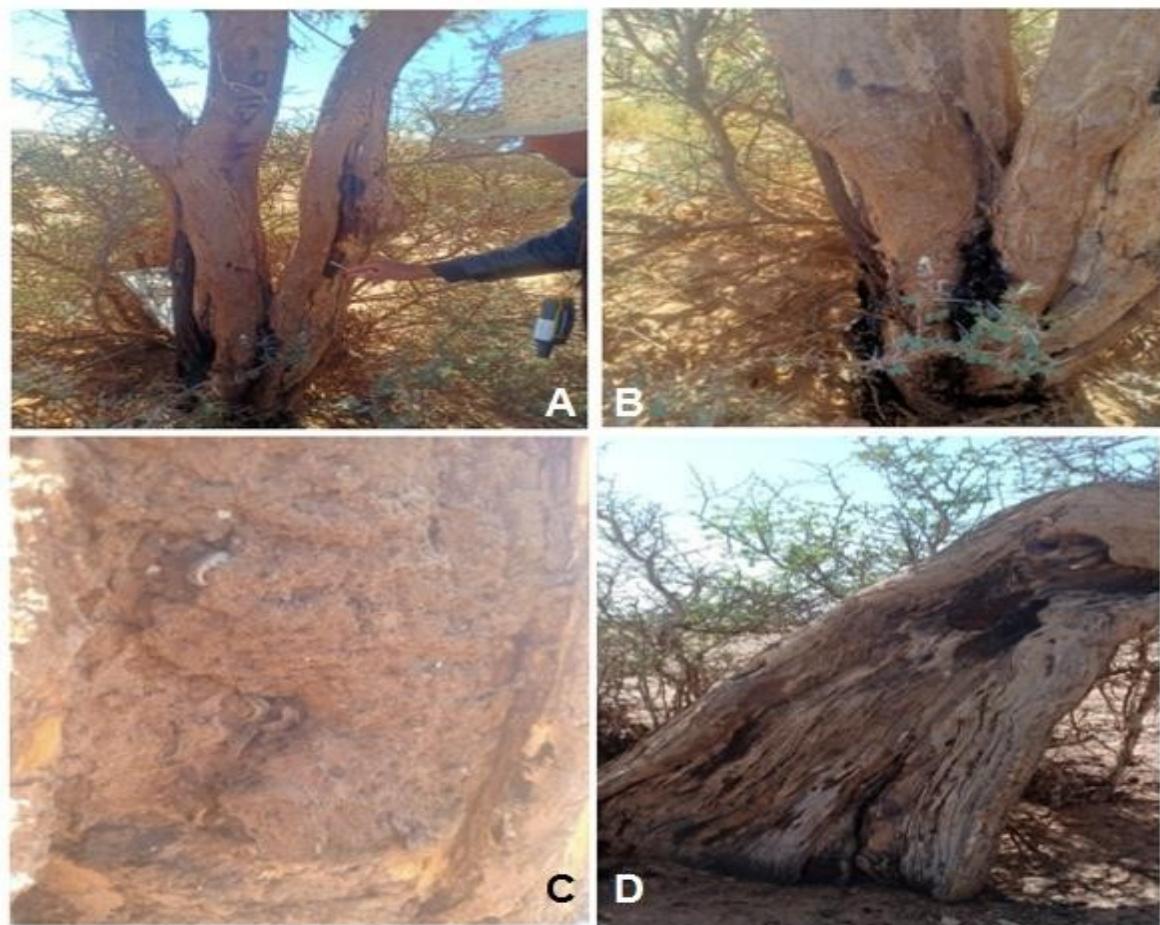


Figure 31: quelques sujets morts ou en état dégradé d'*Acacia raddiana*
(BOURAHLA.N 2023) originale

7. Cinétique de germination

La figure 32, montre l'effet des différentes concentrations du NaCl sur l'évolution du taux de germination d'*Acacia raddiana* au cours du temps.

Après 10 jours de traitement salin les courbes de germination permettent de distinguer 03 phases.

- **Une phase de latence**

Nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est nulle pour l'ensemble des concentrations, Elle est courte, de l'ordre de 24 heures sauf pour la concentration 600mM de NaCl qui est de 48h.

- **Une phase sensiblement linéaire:**

Correspondant à une augmentation rapide du taux de germination et est proportionnelle au temps, La durée de cette phase est variable entre 2 jours et 8 jours selon la concentration en NaCl.

Cependant, Dans le milieu contenant les différentes concentrations, le taux de germination atteint son maximum au bout de 08 jours pour les graines traitées avec 50; 100; 200; 300 et 400mM et 09 jours pour les graines traitées avec 600 mM, cette phase est plus lente pour la concentration 600mM par rapport au témoin, et que celle des graines traitées avec les autres concentrations (50;100 ;200 ;300et400 Mm).

- **Une phase de stabilisation:**

Un troisième phase correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative dans les conditions de l'expérience. Le nombre de graines germées en fonction du temps a été plus important pour le témoin ainsi que les autres concentrations (50 ; 100 ; 200 ; 300 ; 400 mM) et a évolué plus rapidement les trois premiers jours par rapport à la concentration 600 mM qui a présenté un NMG maximum égale à 2^e jour.

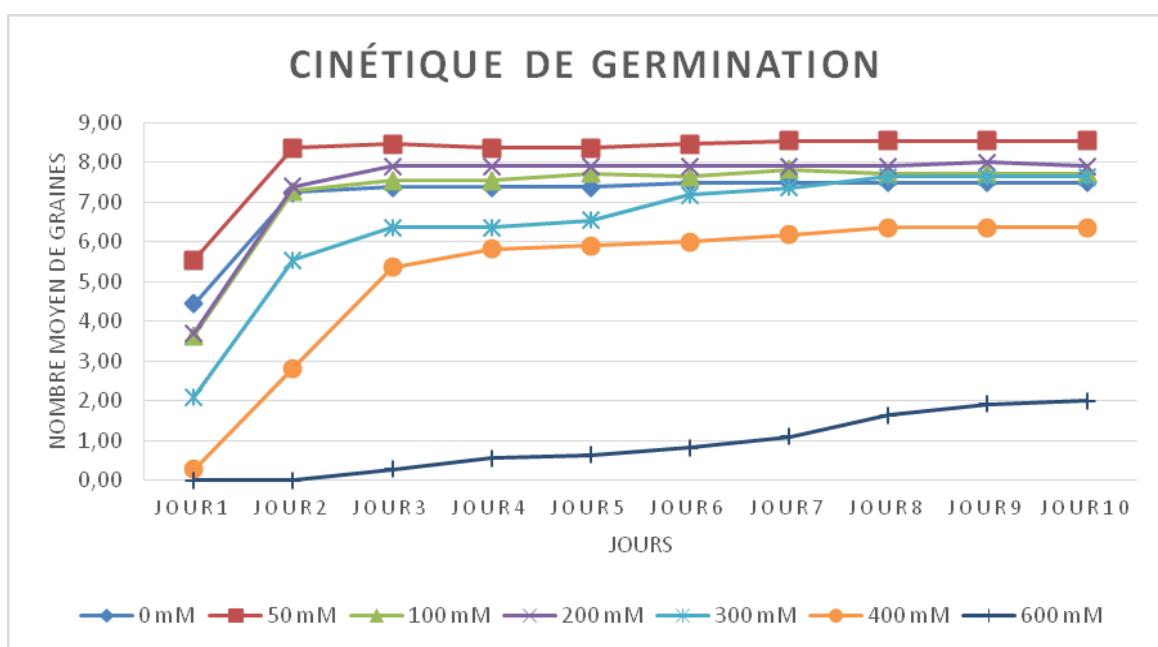


Figure 32 : Effets du stress salin sur la cinétique de germination d'Acacia raddiana

Évolution du taux de germination final

Le tableau 25 montre les résultats des paramètres de germinations *d'Acacia raddiana*

Tableau 26 : résultats des paramètres de germinations d'*Acacia raddiana*

		Somme des carrés	$\sum d^2$ 1	Moyenne des Carrés	F	P
Taux degermina ti on (%)	Inter- groupes	32314,040	6,000	5385,673	33,468	0,000
	Intra- groupes	11908,182	74,000	160,921		
	Total	44222,222	80,000			
Moynne degermina ti on Journalière	Inter- groupes	3,231	6,000	0,539	33,468	0,000
	Intra- groupes	1,191	74,000	0,016		
	Total	4,422	80,000			
Inhibition delagermin ation (%)	Inter- groupes	64364,843	6,000	10727,474	54,723	0,000
	Intra- groupes	14506,401	74,000	196,032		
	Total	78871,244	80,000			
Tempsmoye n Degerminat ion	Inter- groupes	221,985	6,000	36,998	54,938	0,000
	Intra- groupes	49,834	74,000	0,673		
	Total	271,819	80,000			

Les résultats de l'analyse de variance uni variée (ANOVA) montrent que l'effet du stress salin sur le taux de germination des graines *d'Acacia raddiana* est statistiquement significatif ($p=0,000 < 0,05$).

Effets du stress salin sur la variation de la moyenne de germination journalière d'*Acacia raddiana*

Le tableau 27 donne les résultats de l'effet du stress salin sur la variation de la moyenne de germination journalière *d'Acacia raddiana*

Tableau 27: variation de la moyenne de germination journalière d'Acacia raddiana

Tauxdegermination(%)

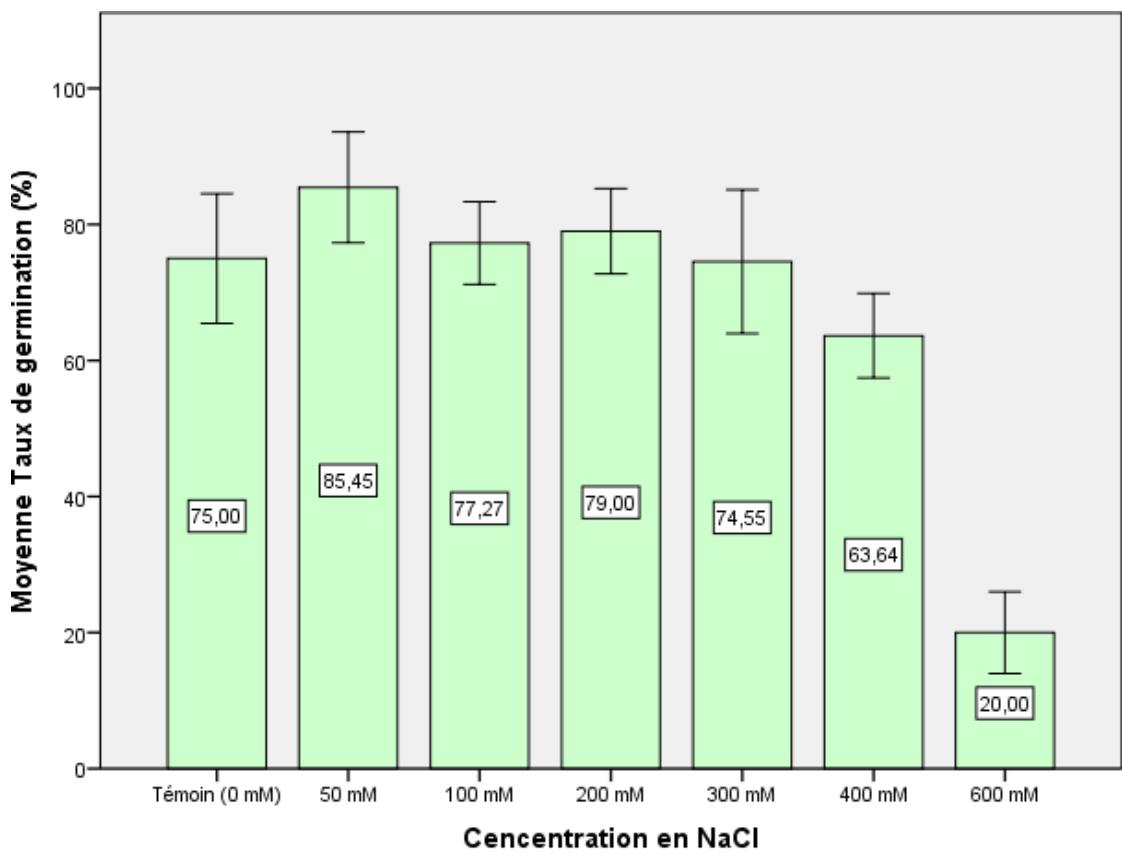
Cencentrationen NaCl	N	Sous-ensemblepour alpha=0.05		
		1	2	3
600mM	11	20,00		
400mM	11		63,64	
300mM	11		74,55	74,55
Témoin (0mM)	16		75,00	75,00
100mM	11		77,27	77,27
200mM	10		79,00	79,00
50 Mm	11			85,45
Signification		1,000	,073	,394

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

- a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique =11,344.
- b. Les effectifs des groupes ne sont pas égaux. La moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée. Les niveaux des erreurs de type I ne sont pas garantis.

Le tableau 27 montre les résultats de taux de germination de l'espèce utilisée traitée par les différentes concentrations de NaCl.

Pour la concentration 600mM on remarque qu'elle forme un sous ensemble (GROUPE 1) unique avec un taux de germination faible de 20%, tandis que la concentration 400 mM forme un autre sous ensemble (GROUPE 2) avec un taux de germination de 63,64% accompagné de la concentration 300mM avec 74,55% suivit par le témoin avec 75%, la concentration de 100mM avec 77,27% et la concentration de 200mM avec un taux de 79%, en revanche la concentration 50mMforme un autre sous ensemble (GROUPE 3) avec un taux de germination le plus élevé et remarquable de 85,45% mais aussi regroupe les concentration 300mM ; le témoin ; 100mM et 200mM avec les taux de germination déjà cités avoisinantes de celle-ci donc on va dire qu'ils sont classés dans 2 sous ensembles.(figure 33)



Bâtons de variation : 95% IC

Figure 33: Effets du stress salin (NaCl) sur le taux de germination d'*Acacia raddiana*

Moyenne de germination journalière

Les valeurs des moyennes de germination journalière (MDG) d'*Acacia raddiana* soumise à un stress salin sont représentées (tableau 28)

Tableau 28 : Moyenne de germination journalière

Concentration en NaCl	N	Sous-ensemble pour alpha = 0,05		
		1	2	3
600 mM	11,00	0,20		
400 mM	11,00		0,64	
300 mM	11,00		0,75	0,75
Témoin (0 mM)	16,00		0,75	0,75
100 mM	11,00		0,77	0,77
200 mM	10,00		0,79	0,79
50 mM	11,00			0,85
Signification		1,00	0,07	0,39

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

- a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 11,344.
- b. Les effectifs des groupes ne sont pas égaux. La moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée. Les niveaux des erreurs de type I ne sont pas garantis.

Les résultats de la moyenne de germination journalière suivent la même tendance que le taux de germination car en effet la moyenne de germination journalière est en rapport avec le taux de germination ce qui indique les mêmes tendances des résultats. Cependant, la MDG apporte une nouvelle information c'est le nombre de graines germées par jour.

On remarque la concentration 50 mM avec une moyenne de 0.8 graine germée par jour enregistre une vitesse similaire que celle du témoin avec une moyenne de 0.75 graine germée par jour ainsi que celle des concentrations 300 ; 100 et 200 mM avec les moyenne suivantes 0.75 ; 0.77 et 0.79 graine germée par jour (même groupe). Alors que la concentration 600 mM enregistre un effet de ralentissement avec une moyenne de 0.2 graine par jour. (Figure 34)

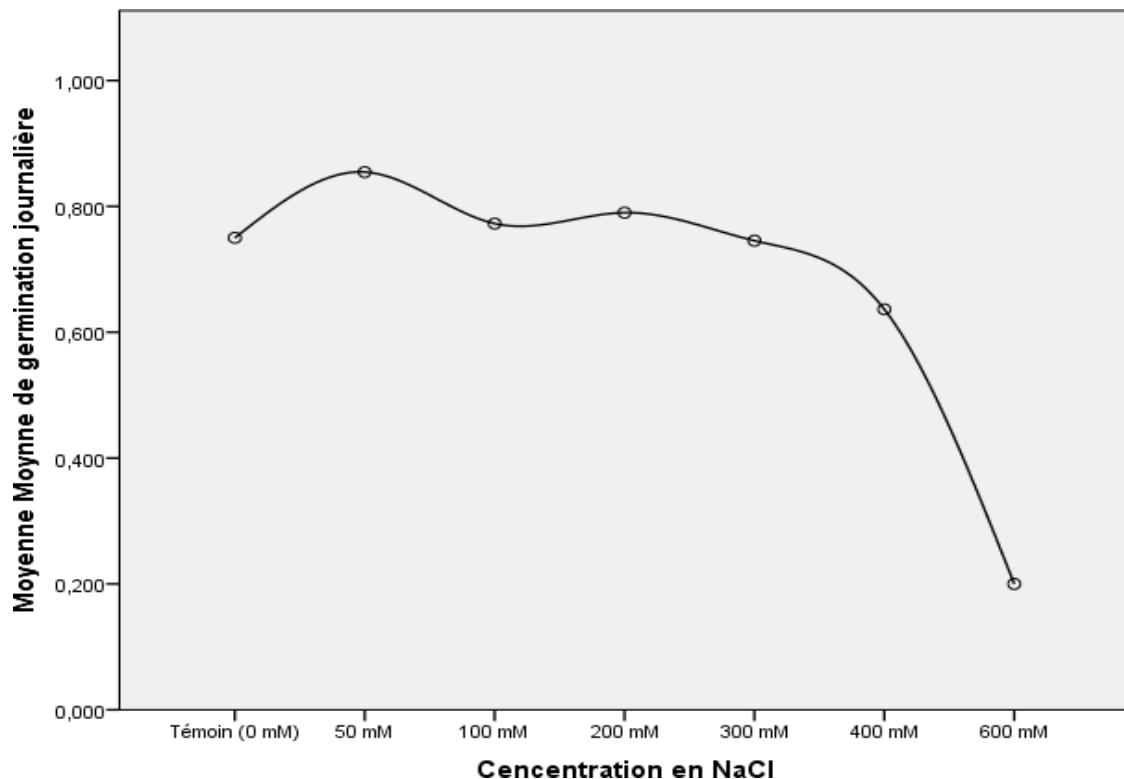


Figure 34 : Effets du stress sur la variation de la moyenne de germination journalière d'*Acacia raddiana*

La vitesse de germination

L'analyse des résultats présentés dans la figure 08 montre que les graines d'*Acacia raddiana* ayant germées dans l'eau distillée ont un TMG de 1,52 jour.

Sous contrainte causée par le NaCl, la vitesse de germination, exprimée en temps moyen de germination (TMG), enregistre une variation de 1.43 à 6.48 jours pour les boites de graines mis en germination en contact avec le NaCl. Cette variation est proportionnelle à la concentration du NaCl ce qui est confirmé par le test de Tukey qui indique l'appartenance du témoin et des concentrations dans des groupes homogènes différents.

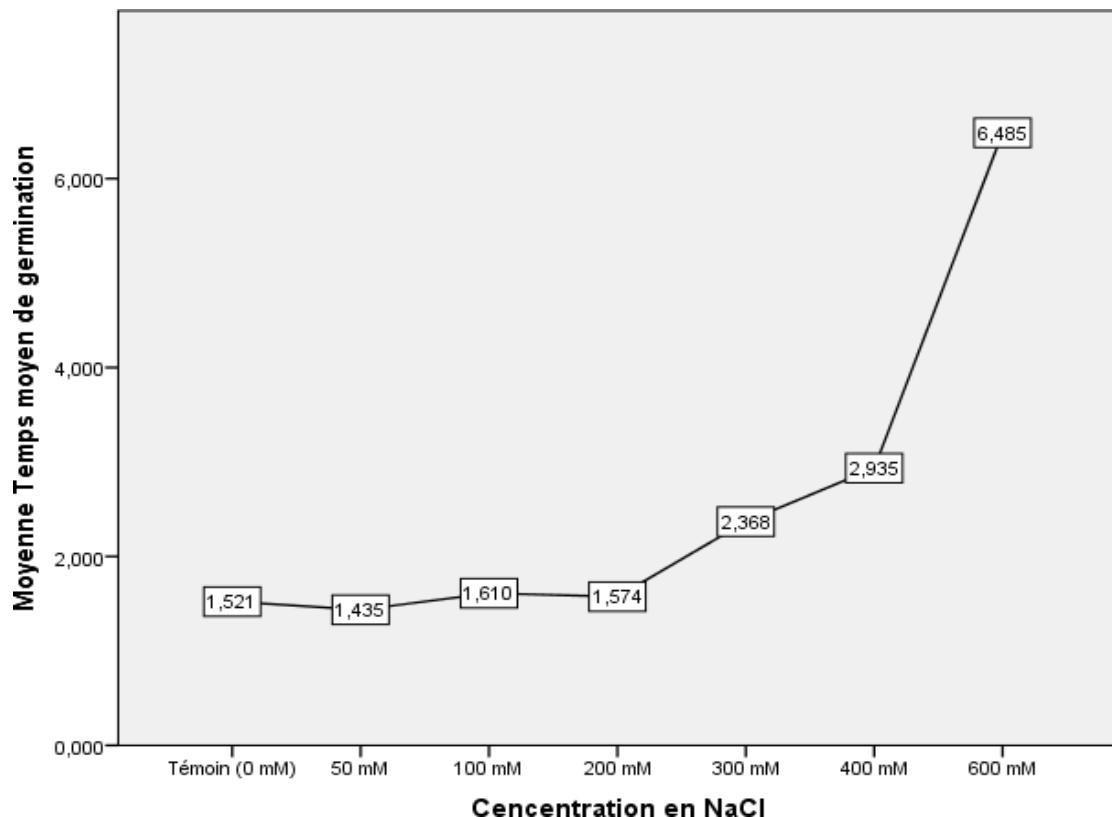


Figure 35 : Effet du NaCl sur le temps moyen de germination (par jours) de l'*Acacia raddiana*.

Le tableau 29 met en évidence le temps moyen de germination (TMG) des graines d'*Acacia raddiana* en conditions salines, ce dernier est inversement proportionnel à la vitesse de germination.

Tableau 29 : le temps moyen de germination (TMG) des graines d'*Acacia raddiana* en conditions salines

Concentration en NaCl	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
50 mM	11	1,43545		
Témoin (0 mM)	16	1,52125		
200 mM	10	1,57400		
100 mM	11	1,61000		
300 mM	11	2,36818	2,36818	
400 mM	11		2,93455	
600 mM	11			6,48455
Signification		,111	,655	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

- a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 11,344.
- b. Les effectifs des groupes ne sont pas égaux. La moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée. Les niveaux des erreurs de type I ne sont pas garantis.

Les concentrations 50 ; 100 ; 200 et 300 n'engendrent pas des différences aussi importantes par rapport au témoin que celle notées pas la concentration 600Mm. En effet le TMG varie entre 1.43 et 2.36 graines par jours. Ce qui est expliqué par le Test de Tukey qui montre que ces chiffres sont présents dans le même groupe homogène avec le témoin. (Figure 35)

Les deux concentrations 300 et 400 réagissent de la même manière en contact avec les graines d'*Acacia raddiana* avec une variation allant de 2.36 à 2.93 jours. En effet on note un TMG presque similaire. Le Test de Tukey montre un 2^{eme} groupe homogène.

Cette valeur augmente avec l'augmentation de la concentration en NaCl (ce qui signifie une diminution de la vitesse de germination), elle atteint 6.48 jours pour la concentration 600mM. Apparition d'un 3eme groupe homogène avec une seule concentration.

Inhibition de la germination

L'effet du NaCl sur l'inhibition de la germination de l'*Acacia raddiana* consigné dans le tableau 29.

Le taux d'inhibition de la germination le plus élevé est enregistré chez la concentration 600Mm (71.42%). On remarque une diminution du taux d'inhibition, proportionnel à la concentration. (Tableau 30, figure 36).

Tableau 30 : d'inhibition de la germination

Inhibition de la germination (%)

Concentration en NaCl	N	Sous-ensemble pour alpha = 0,05			
		1	2	3	4
50 mM	11,000	-22,078			
200 mM	10,000	-12,857	-12,857		
100 mM	11,000	-10,390	-10,390		
300 mM	11,000	-6,493	-6,493	-6,493	
Témoin (0 mM)	16,000		0,000	0,000	
400 mM	11,000			9,091	
600 mM	11,000				71,429
Signification		0,126	0,315	0,126	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

- a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 11,344.
- b. Les effectifs des groupes ne sont pas égaux. La moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée. Les niveaux des erreurs de type I ne sont pas garantis.

La figure 36 résume graphiquement le résultat du test de Tukey pour l'inhibition de la germination d'*Acacia raddiana*. En effet tous les traitements, mis à part la concentration 400 et 600 mM, ne présentent pas de différences statistiquement significatives. Ce qui est expliqué par le fait que tous les traitements sont regroupés dans le sous-ensemble 1, et que la concentration 400 soit dans le sous-ensemble 2 et la 600 mM soit dans un sous-ensemble 3

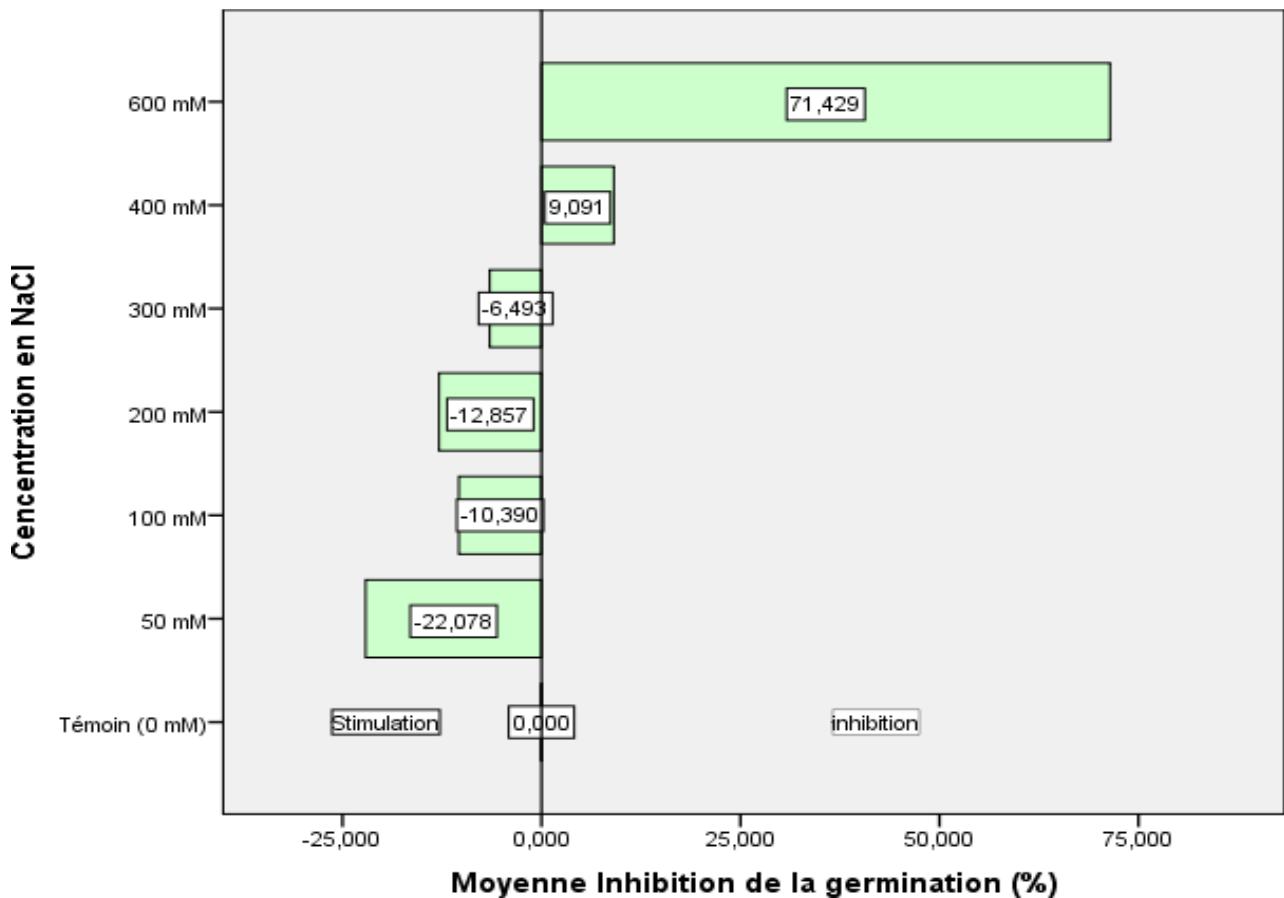


Figure 36: L'effet du NaCl sur l'inhibition de la germination d'*Acacia raddiana*

Une concentration de 600 mM de NaCl induit un taux d'inhibition de 71.43%. Cette valeur est la plus élevée suivie par la concentration 400 mM avec un taux d'inhibition de 9.09, la concentration 50 ; 100 ; 200 ; 300 mM induisent une **stimulation** de la germination qui se traduit par des valeurs négatives du taux calculé. Cette stimulation peut aller jusqu'à 22.78 % causée par la concentration la plus faible en NaCl (Figure 35)

Quatre groupes homogènes sont dégagés par le test de Tukey (tableau 30). Le premier groupe est celui des traitements qui ont engendrés une **stimulation différente du témoin** regroupant 50 mM en tête. Le second groupe 200 ; 100 et 300 mM avec des taux de 12.85 ; 10.39 et 6.49 respectivement enregistrent un effet stimulateur qui ne diffère pas du témoin. Tandis que le troisième groupe renferme la concentration 400 mM qui a causé une **inhibition** avec un taux de 9.09 % différente de celle de 50 mM mais n'est pas différente du témoin donc pas une inhibition significative et enfin le dernier groupe représenté par la concentration la plus forte

600 mM avec un taux d'inhibition bien prononcé de 71.43% donc une inhibition significative par rapport à tous les traitements.

Discussion

L'*Acacia tortilis* ssp. *raddiana* var. 'raddiana' constitue un élément capital dans son groupement d'origine au sud Algérien et dans l'équilibre et le maintien de nombreux écosystèmes arides et désertiques.

La motivation de notre étude est d'améliorer nos connaissances sur les facteurs qui déterminent le comportement des semences d'*A. tortilis* vis-à-vis de la salinité, notre étude consistait à montrer les seuils de tolérances ainsi que la capacité de germer après un traitement allant jusqu'à 600 mM de NaCl et probablement à une concentration encore plus élevée, d'après [193].

L'introduction de cette espèce dans les programmes de reboisement offre une solution de reforestation durable dans les zones arides et semi-arides mais aussi dans celles affectées par la salinité (environ 1,5 million d'hectares, soit 10 % de la superficie totale [21] et permettrait par conséquent des exploitations diversifiées. Néanmoins, la réussite des phases de germination de cette espèce passe inéluctablement par une bonne connaissance de ses caractéristiques germinatives et de développement ainsi que de son comportement vis-à-vis des conditions du milieu.

Concernant le comportement des semences d'*A. raddiana* vis-à-vis de la salinité, notre étude montre qu'elles sont particulièrement tolérantes et qu'elles sont capables de germer après un traitement allant jusqu'à 600 mM de NaCl avec un taux de 20% considéré comme un taux faible par rapport à la concentration 50 mM avec un taux de 85.43 % et probablement à une concentration encore plus élevée.

Les valeurs limites affichées par *A. raddiana* sont nettement supérieures à celles publiées par [194] pour *Acacia auriculiformis* A.Cunn. ex Benth. (Dont la germination est réduite dès que la concentration saline atteint 4,6 g.l⁻¹ de NaCl), par [195] pour le jojoba (réduction de 50 % de la capacité germinative à 5 g.l⁻¹ NaCl), par [196] pour *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit et par.

Le retard de germination engendré par les concentrations croissantes du milieu en NaCl, résulterait d'une difficulté d'hydratation des graines par suite d'un potentiel

osmotique élevé et peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne [197, 198].

On peut remarquer une relation entre la tolérance à la salinité au moment de la germination et l'écologie de chaque espèce. Donc cette aptitude et capacité à germer en conditions salines représente une caractéristique importante pour la réhabilitation et le reboisement, mais est aussi intéressante à exploiter pour valoriser les sols marginalisés et touchés par la salinisation.

Nos résultats permettent de supposer que, d'après l'analyse de la tolérance au stress salin, les graines d'*A. raddiana* ne devraient pas avoir de grandes difficultés à germer en régions arides ou semi-arides.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Les prospections dans la partie occidentale du Sahara algérien nous a permis de décrire plusieurs groupements et faciès d'*Acacia* dans cette région. La répartition géographique du genre *Acacia* a été déterminée. Parmi les six espèces recensées dans la partie occidentale du Sahara algérien *A. tortilis sub sp. raddiana* a été la plus répandu, fréquentant tous types de sol et semble bien s'adapter à l'aridité de la région. Cinq autres espèces sont enregistrées dans le sud-ouest (*A. albida*, *A. ehrenbergiana*, *A. nilotica*, *A. seyal* et *A. tortilis*). Les individus d'*Acacia laeta* étaient très rares. L'aridité d'une région n'est pas seulement déterminée par les facteurs climatiques, mais aussi par d'autres facteurs tels que le relief topographique, la vitesse du vent qui affecte directement l'évaporation et les conditions écologiques. A cela s'ajoute l'influence de l'activité humaine (reboisement, déforestation) pour établir une distribution spécifique de chaque espèce végétale, dans l'espace et dans le temps. En considérant la répartition de cette espèce et la richesse spécifique, les *Acacias* établissent de bons indicateurs des zones écologiques en Algérie.

Le taux de recouvrement est moyen à faible, il est dominé par la strate arbustive. La composition floristique des stations étudiées reflète des conditions bioclimatiques sahariennes et le tapis végétal est composé par des espèces parfaitement adaptées aux milieux secs (espèces xérophiles).

L'étude dendrométrique effectuée sur un échantillon de 213 sujets, a montré que la structure des populations est hétérogène à l'intérieur des sites avec une dominance absolue des classes de diamètre des jeunes sujets. Toutefois, le pourcentage des classes de diamètres se présente presque de la même façon entre les quatre sites d'étude. La faible différence qui existe, qui reste non significative, est due particulièrement à l'influence de certains facteurs du milieu.

Toutefois, la distribution des arbres par classes d'hauteur est assez hétérogène. Cela est dû surtout au surpâturage qui a affecté significativement ce paramètre dendrométrique. Nous signalons que la quasi-totalité des individus appartient à la strate microphanérophyte dont la hauteur est en générale inférieure à 9 m. Les données dendrométriques obtenues a permis de qualifier la région Est du Sahara

occidental algérien comme jeune taillis fureté. L'étude dendrométrique a révélée une nette dominance des sujets jeunes à faible diamètre dans les différentes stations d'étude

La caractérisation sanitaire des peuplements *d'Acacia raddiana* étudiés a montré un état de dépérissement assez avancé. L'indice de santé calculé a parfaitement traduit l'état sanitaire des peuplements observé visuellement sur-terrain. Cette situation critique est le résultat de l'effet conjugué de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques, à savoir la sécheresse, la pollution chimique, la dégradation des sols, le surpâturage, les insectes ravageurs, et les problèmes sylvicoles (concurrence entre les rejets de souche ce qui provoque un dépérissement partiel et vieillissement des arbres). Toutefois, les dégâts engendrés par le surpâturage et les termites sont les plus graves. En effet, plus de 90 % des sujets inventoriés dans les différentes régions d'étude ont été attaqués par les termites. Ce xylophage d'isoptères, probablement *Psammotermes hybostoma*, attaque préférentiellement les troncs des arbres en provoquant leurs ruptures.

Nous pouvons dire d'après notre étude préliminaire, qu'à partir du moment où les graines sont libérées de leur dormance (que cela soit par traitement artificiel ou naturel), celles-ci sont capables de germer dans un large éventail de stress salin. Cependant, les mesures et techniques de restauration à entreprendre restent encore à définir par le biais d'études à long terme tenant compte de la dynamique de développement de l'espèce à partir du stock préalable de semences viables contenues dans le sol et par l'introduction de nouvelles semences, voire des plantules, pour améliorer le processus de régénération de l'espèce.

Il reste que le meilleur moyen de lever l'inhibition tégumentaire est la scarification manuelle au coupe ongle. Cette dernière améliore significativement le taux de germination qui atteint 85% en 03 jours.

Les résultats de la germination montrent un effet dépressif de la salinité sur ce paramètre pour l'espèce *Acacia raddiana*, il faut signaler que des baisses plus importantes ont été enregistrées, dépassant les 85 % pour la concentration 50 mM contre 75 % pour le témoin et 20% pour une concentration de stress le plus sévère (600 mM).

Un comportement meilleur de la vitesse de germination a été révélé avec une stimulation à 50mM de NaCl alors que les concentrations 100, 200 et 300 ont fait diminuer la vitesse malgré l'effet stimulateur enregistré ; dès que le niveau atteint les 400mM de NaCl la vitesse diminue accompagnée avec une inhibition.

En conclusion, on peut dire que la concentration 50mM stimule le taux de germination mais ne stimule pas le temps de germination, 400mM n'induit pas une inhibition de germination mais induit un ralentissement du temps de germination alors la concentration 600 mM inhibe la germination et ralentit la vitesse donc provoque un allongement du temps de la germination et cela est très logique en revenant à la loi de la vitesse.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] SCHIFFERS H., (1971) : Die Sahara undihre randgebiete. Ed Weltforum Verlag-Munchen. 674 pages. 7.
- [2] Le Houérou, H. N. (1995)-Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation. CIHEAM Options Méditerranéennes, Série B(10), 396
- [3] GIEC., 2007- Bilan 2007 des changements climatiques: les bases scientifiques physiques. Rapport du groupe du travail du GIEC .27p
- [4] Noumi, Z. (2010).- *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan en Tunisie pré-saharienne : structure du peuplement, réponses et effets biologiques et environnementaux. Tunisie: Faculté des Sciences de Sfax, 105.
- [5] Karoun S., 2016- Etude Ecophysiollogique et Phytochimique de deux espèces d'*Acacia* : *Acacia albida* et *Acacia raddiana*. These de doctorat. Ecologie et Environnement. Université Des Frères Mentouri Constantine.213p.
- [6] Medjouri, R., & Laib, A. (2016)- Effet de la température sur la germination de quelques plantes spontanées du Sahara (*Retama retam*, *Asphodelus tenuifolius* Oudneya africana, *Genista saharae*). Master Académique S.N.V , Université Kasdi Merbah-Ouargla., 27.
- [7] Floret, C., & Pontanier, R. (1982) - L'aridité en Tunisie présaharienne : Climat-sol- végétation et aménagement.. Paris: Trav. et Doc. ORSTOM. (150), 544.
- [8] DGF., 2001. Atlas des zones humides Algériennes d"importance internationale.55p.
- [9] DGF., 2016. Stratégie nationale de gestion écosystémique des zones humides d'Algérie.71p.
- [10] Draoui A M., 2013. Faciès et évolution séquentielle du « continental intercalaire » de la cuvette de Sbaa (Sahara occidental, Algérie). Mémoire de magistère, université d'Oran, 84p.
- [11] Rozema J., Flowers T., 2008. Crops for a salinized world. Science 322, 1478–1480.

[12] Granger, A. (2018)- Cartographie des habitats naturels sur le domaine de la tour du valat. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 59.

[13] Jouadi W., Hamrouni L., Souayeh N., Khouja M.L. 2010. Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Rev.Biotechnol Agronomic,Soc. Environnement, 14(4) :643-652. [14] Lewis et al. 2005

- [15] Danthu P., Roussel J., Neffati M.O. 2003. La graine et la germination d'*Acacia raddiana*. Un arbre au désert, *Acacia raddiana*. Édi. IRD. Paris:269-287.
- [16] Guenaia, A. (2012)- Contribution à l'Étude Phytoécologique Phytodynamique et Dendrométrique de peuplement d'*Acacia Raddiana* cas de la Région de Béchar.. Universite des sciences et de la technologie houari boumediene-faculte des sciences biologiques. 83
- [17] Fagg CW., Barnes RD., 1990. African acacias: study and acquisition of the genetic cesources. Final Report on ODA Research Scheme R. 4348. OxfordForestty Institute, Oxford, 99 p.
- [18] Côme D. 1970. Les obstacles à la germination. Paris : Masson & Cie.
- [19] Ungar I.A., 1995. Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In: Kigel J. and Galili G., eds. Seed development and germination. New York, USA: Marcel & Dekker Inc.
- [20] Ennabli N. 1995. L'irrigation en Tunisie. Tunis :INATDGREF : 278-304.
- [21] Hachicha M., 2007. Les sols salés et leur mise en valeur en Tunisie. Sècheresse, 18: 45-50.
- [22] Quezel P., Simonneau P., 1963. Les peuplements d'*Acacia* du Sahara nord-occidental. Étude phytosociologique. *Trav. Inst Rech. Sahariennes*, 20 : 79-121.
- [23] Ducousoo M., Colonna J.P., Thoen D. 1991. Occurrence of nodulation amongwoody legumes in Senegal. Nitrogen Fixing Tree Res. Reports 9, 53-55.
- [25] Zohary M., 1972. *Flora Palaestina*. The Israel academy of sciences and humanities .Vol. 2, p. 25.
- [26] Quezel P., Santa S., 1963 . Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris. CNRS, vol. 1. 566 p.
- [27] De Lajudie P., Laurent-Fulele E., Willems A., Torck U., Coopman R.G., Collins M.D., Kersters K., Dreufus B., Gillis M. 1996. *Allorhizobium undicola* gen. nov. sp. nov. for nitrogen-fixing bacteria efficiently nodulating *Neptunia natans* in Senegal *Int J. Syst Bacteriol.* 48 : 1277-1290.

- [28] Tackholm V., 1974. *Student's flora of Egypt* Cairo Univ., 2^{éd.}, 888 p.
- [29] Brenan J. P. M., 1983. Manual on taxonomy of *Acacia* species. Present taxonomy of four species of *Acacia* (*A. albida*, *A. senegal*, *A. niotica*, *A. tortilis*). Rome, FAO. 47 p.
- [30] Ollet B., 1992. Destins de l'arbre dans les sociétés tropicales : idées pour une politique de conservation des forêts. *Rev. Bois et Forêts des Tropiques*, 232(2).
- [31] Hopkins W G; 2003. physiologie végétale. Traduction de la 2e édition américaine par serge rambour révision scientifique de Charles- Marie Evradr.Boeck Univ.Bruxelles .p 464-469.
- [32] Guignard JL., 2004. Abrégé de botanique. Ed. Masson. Paris. 259p.
- [33] Cornet F., Diem H.G. 1982. Étude comparative de l'efficacité des souches de Rhizobium d'*Acacia* isolées de sols du Sénégal et effet de la double symbiose Rhizobium/ *Glomus mossaeae* sur la croissance d'*Acacia holosericea* et *A. raddiana*. *Bois et Forêts des Tropiques*, 198 : 3-15.
- [34] Ba E.H., 2008. Etude des propriétés biomécaniques et de la capacité de vie symbiotique des racines d'arbres d'*Acacia senegal* Willd. et de *Prosopis juliflora* DC. Thèse Doctorat, Université Sheikh Anta Diop, Dakar. Univ. Bordeaux I.122 p.
- [35] Hamdy A., 1999. Saline irrigation and management for substaianbel use. Advanced short Course on saline Irrigation Proc.Aгадir: 152-227p.
- [36] Aronson J., Floret C., Le Floc'h E., Ovalle C., Pontanier R., 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view the South. *Restoration Ecology*, 1 : 8-17.
- [37] Astedu, M., Coppock, D.I., Delting, J.K., 1994. Fruit production of *Acacia tortilis* and *Acacia nilotica* in semi-arid Ethiopia. *Agroforestry Systems*. 27 : 23-30.
- [38] Haro, G. O., Oba G., 1993. Dynamics of *Acacia tortilis* litter in the Turkwel River floodplain woodlands, Kenya. 31 (3), 200-209. doi:10.1111/j.1365-2028.1993.tb00533.

- [39] Ozenda, P. (2004)- Flore et végétation du Sahara . CNRS. ISBN : 2-271-06230-6, 262.
- [40] Schulz E., Amadou A., 1992 . *Leben in der Südlichen Sahara. Die traditionelle Nutzung der Vegetation im Nord-Niger.* Abschussbericht zum Forschungsv. 1/52749.188 p.
- [41] Zahran HH., 1999. *Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate.* Microbiol Mol Biol Rev 63: 968–989
- [42] Abdel Latef A.A., 2010. Changes of antioxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. Cereal Res. Comm. 38, 43–55.
- [43] Kasbadji N.M., 1999. Carte des Vents de l'Algérie ; Résultats préliminaires. Rev. Energies Renouvelables : 209-214.
- [44] Dubief J., 1963. Le Climat du Sahara. Ed. Institut rech. saha., Univ. Alger, T. 2, 275 p.
- [45] FAO et IPTRID. 2006. Conférence électronique sur la salinisation : extension de la salinisation et stratégies de prévention et réhabilitation.<http://www.ciseau.org>.
- [46] Quezel P., 1963. Les peuplements d'Acacia au Sahara nord-occidental. Étude phytosociologique. *Trav. Inst Rech. soh.*, 20 : 80-120.
- [47] Nongonierma A., 1977. Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique occidentale. IV Distribution climatique des différents taxa. *Bull. de l'IFAN.*, sér.A., (39) 2 : 318-339.
- [48] CAPOT-REY,R., (1952) - Les limites du Sahara français. - *Trav. Inst. Recher. sahar.*, 8 : 23-48.
- [49] GAST (M.), 1968 - Alimentation des populations de l'Ahaggar. Etude ethnographique. Mémoire du C.R.A.P.E., Paris VIII, Arts et Métiers Graphiques, [Alimentation en période de disette; lexique des noms des plantes spontanées ou cultivées tamahaqlatin: 195-439], 457 p.
- [50] Dommergues Y., Duhoux E., Diem H.-G. 1999 - Les arbres fixateurs d'azote. Ed. CIRAD, ESPACES, FAO, IRD.. 502 p.

- [51] CHEBAL M.AMINE (2019)- Étude du stress salin sur le pouvoir d'Acacia *raddiana* régions Tindouf, thèse Master Université Blida1.
- [52] GAUTHIER-PILTERS H., 1965 - Observation sur l'écologie du dromadaire dans l'ouest du Sahara. Bulletin de l'I.F.A.N. Série A (4) : 1534 - 1608.
- [53] Cornet F., Diem H.G. 1982. Etude comparative de l'efficacité des souches de Rhizobium d'Acacia isolées de sols du Sénégal et effet de la double symbiose Rhizobium/ *Glomus mossaea* sur la croissance d'*Acacia holosericea* et *A. raddiana*. Bois et Forêts des Tropiques, 198 : 3-15.
- [54] MAUNY (R.), 1960 - L'arbre du Ténéré 1959. Bull. Liaison Saharienne, 11 (38): 174-176,2 phot.
- [55] Noour, P., & Danthu, P. (1998)- Effet d'un stress hydrique et salin sur la germination de quelques espèces africaines du genre *Acacia* ».In Campa c., Grignon c., Gueye M., Hamon S., Colloques et séminaires : *l'Acacia* au Sénégal. Paris :Orstom, 105-122.
- [56] NABAL (A.), 1973 - Feu l'arbre du Ténéré, (avec un texte d'Henri LHOTE). Le Saharien, (61) : 2.
- [57] DAUMONT (p.), 1957 - J'ai vu l'arbre du Ténéré. Science et Voyage, 139: 42-47.
- [58] Hannani, A. (2011)- Essais de caractérisation des propriétés d'adaptation morphologiques, anatomiques et physiologiques au milieu saharien d'*Acacia raddiana*. Mém. Mag. UKM Ouargla.87.
- [59] LE Floc'h E., Grouzis M., 2003. *Acacia raddiana*, un arbre des zones arides à usages multiples. Un arbre au désert : *Acacia raddiana*. Édi IRD Paris : 21-58.
- [60] Brenan J.P.M., 1959. Leguminosae - subfamily Mirnoideae. In Flora of Tropical East Africa, London, 173 pp
- [61] Von Maydell H. J., 1986 . Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschborn, Schriftenreihe der GTZ No. 147, 531 p.

- [62] Plot J., Nebout J.-P., Nanot R., Toutain B., 1980 . Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Études quantitatives dans la zone sud de la Mare d'Oursi (Haute-Volta). Paris, CTFT-IEMVT, 34 p.
- [63] Brenan J.P.M ., Kessler A., 1995., *Acacia pennata and its relatives in tropical Africa*. Bol.Soc. Brot. 31 199- 140.
- [64] Berhaut J. 1967. *Flore du Sénégal*. Dakar. Clairafrique,, 2^e éd., 485 p.
- [66] Halevy G., Orshan G., 1973. Ecological studies on *Acacia* species in the Negev and Sinai. II. Phenology of *Acacia raddiana*, *A. tortilis* and *A. gerrardii* ssp. *negevensis*. *Israel j. of Botany*. 22 (2): 120-139.
- [67] Le Houérou H. N., 1989. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. CIHEAM/ACCT, Zaragoza, 396 p.
- [68] Chaieb M., Floret Ch. & Pontanier R. 1991. Réhabilitation d'écosystèmes pastoraux de la zone aride tunisienne par réintroduction d'espèces pastorales. Comm. présentée au IVème Congrès International des terres à pâturages. Montpellier, du 22 au 26 avril 1991, 5 p.
- [69] Grouzis M. 1991. Réhabilitation des terres dégradées au nord et au sud du Sahara. Utilisation des légumineuses pérennes et des micro-organismes associés pour l'établissement des formations pluristrates. Contrat Union européenne STD3, TS3*TT92-0047, Dakar, ORSTOM, 80 p.
- [70] Diouf M., 1996. Étude du fonctionnement hydrique et réponses à l'aridité des ligneux sahéliens. Cas d'*Acacia raddiana* en zone soudano sahélienne du Sénégal. Thèse de 3^e cycle, UCAD Dakar, 172 p.
- [71] Grouzis M., Sicot M. 1980. A method for phenological study of Browse population in the Sahel : the influence of some ecological factors. In le Houérou H.N. (Eds) *Browse in Africa*, Adis-Abeba, ILCA : 233-240.
- [72] Borchert R., 1994. Water storage in soil or tree stems determines phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75:1437–1449.

[73] Reich P. B., Borchert R., 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 61-74.

[74] Maire, R. (1940)- Etude sur la flore et la végétation du Sahara central. Mission Hoggar III.Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord + 25 fig. (Vol. 3).

[75] Diouf, M., & Grouzis, M. (1996)- Natural distribution of *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan in Senegal: ecological determinism. *Internat. Tree Crops Journal*, 9, 69 -75.

[76] Audru J., Cesar J., Lebrun J. P., 1994. Les plantes *vasculaires* de la République de Djibouti. Paris, Cirad-EMVT, 3 vol., 968 p.

[77] Le Houérou, H. N. (1995)-Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation. CIHEAM Options Méditerranéennes, Série B(10), 396.

[78] Gucci R., Aronn G., Lombardini L., Tattini M. 1997. Salinity tolerance in *Phillyrea* species. *New Phytol.* 135: 227-234 p

[79] Benabid A., 2000. Flore et écosystèmes du Maroc. Ibis press, Paris, 359p.

[80] Gillet H. (1981) : Girafe et Acacia, une heureuse association. *Le courrier de la nature*, 71 :15-21.

[81] Bernus, E. (1981)- Touaregs nigériens. Unité culturelle et diversité régionale d'un peuple pasteur. Mémoires. Orstom, Paris. (94), 508 .

[82] Bellakhdar, J. (1978)- Médecine traditionnelle et toxicologie ouest-saharienne. Contribution à l'étude de la pharmacopée marocaine. techniques nord-africaines .Rabat, 357.

[83] GastM.(1968): Alimentation des populations de l'Ahaggar. Étude ethnographique.

[84] Bellakhdar J., 1997. *La pharmacopée marocaine traditionnelle*. Paris, Ibis Press, 764 p.

[85] BENGHANEM A-N., (2009)- Etude écologique des formations à *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* dans la région de Béni- Abbès (Wilaya de Béchar). Thèse. Magister. USTHB, Alger, 86 p + Annexes

- [86] Belhadjadji Y., Melekmi N., Belboukhari N., Chériti A., 2008. Une approche environnementale par phytoextraction assistée par micro-ondes (MAE) d'*Acacia raddiana*. Colloque National sur la Chimie et l'Environnement CNCE. Saida.
- [87] BENHOUHOU, S.S., DARIGE, T.C.D., GILBERT, O.L., (2003). Vegetation associations in the Ougarta Mountains and dayas of the Guir Hamada. Algerian Sahara. J. Arid Environ. 54, 739–753. <https://doi.org/10.1006/jare.2002.1070>.
- [88] Richard D., 1989. Ingestibilité et digestibilité des aliments par le dromadaire. Rev. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (2): 55-59.
- [89] Kiema A., Nianogo A. J., Ouedraogo T., Somba J., 2008. Use of local feed resources in the farmers ram fattening scheme: technical and economical performance. Étude originale .Rev.Cahiers Agricultures, 17 (1): 23-27.
- [90] GUINOCHE M., (1954) – Contribution à l'étude phytosociologique du sud tunisien. Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord, 42 : 131-153
- [91] BENHOUHOU S.S., DARIGE T.C.D., GILBERT O.L., (2001) - Vegetation associations in the Great Western erg and the Saoura Valley. Algeria. Phytocoenologia., 31(3) : 311-324.
- [92] Boulos, L. (1983)- Medecinal plants of North Africa. Algonac: Publications Michigan Inc, 286.
- [93] Vassal J., 1972. Apport des recherches ontogéniques et séminologiques à l'étude morphologique, anatomique et phylogénique du genre *Acacia*. Bull. Soc Hist NatToulouse. 108 (1-2) :125-247.
- [94] HMAMOUCHI I., RACHIDI M., ABOURAZZAK F.Z., KHAZZANI H., BENNANI L., BZAMI F., EL MANSOURI L., TAHIRI L., HARZY T., ABOUQAL R., ALLALI F. ET HAJJAJ-HASSOUNI N.(2012). Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales marocaines en rhumatologie. Rev Mar Rhum, 22 : 52-56.

- [95] Ksouri R., Megdiche W., Debez A., Falleh H., Grignon C., Abdelly C., 2007. Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. Plant Physiology and Biochemistry. 45, 244-249.
- [96] LAKHDARI W., DEHLIZ A., ACHEUK F., MLIK R., HAMMI H., DOUMANDJI-MITICHE B., GHERIANI S., BERREKbia M., GUERMIT K. ET CHERGUI S. (2016). Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of OuedRigh (Algerian Sahara). Journal of Medicinal Plants Studies, 4(2): 204-211.
- [97] HAMMICHE V. ET MAIZA K. (2006). Traditional medicine in Central Sahara: Pharmacopoeia of Tassili N'ajjer. Journal of Ethnopharmacology, 105 : 358–367.
- [98] RATIBA, H., HIRCHE, A., DJELLOULI, Y., & NEDJRAOUI, D. (2017). Changements spatio-temporels des paysages steppiques d'Algérie. Cas de la région de Mécheria. Revue d'Ecologie, Vol.72 (1), 2017 : xx-xx.
- [99] LAOUR .F et LATOLA.F, juin 2019, effets biologiques de quelques plantes spontanées du Sahara septentrional est algérien sur la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* targ. du palmier dattier dans la wilaya de Ghardaïa, université de ghardaia, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre, spécialité : biochimie appliquée, pp64
- [100] Noumi, Z. (2010).- *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan en Tunisie pré-saharienne : structure du peuplement, réponses et effets biologiques et environnementaux. Tunisie: Faculté des Sciences de Sfax, 105.
- [101] POPOV,G.B., DURANTON,J.-F., & GIGAULT,J., (1991) - Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique Nord Occidentale. Mise en évidence et description des unités territoriales écologiquement homogènes. -Coll. : Les Acridiens, CIRAD-PRIFAS : Montpellier (France), xlvi+744 p., 158 fig., 228 tab., 27 Pl. ph., 4 annexes, 19 ph. hors-texte, 5 tab. hors-texte, 1 carte hors-texte
- [102] CHEHMA A., BOUZEGAG L., CHEHMA Y., (2008a) - Productivité de la phytomasse éphémère des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien. Fourrages., 194 : 253- 56.

[103] LONGO H.F., SIBOUKEUR O., CHEHMA A., 2007 - Aspects nutritionnels des pâtureages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie. Cahiers Agricultures., 16 : 477-83. MADR., 2009 - Statistiques d'élevage, série E.

[104] Dreyfus B. L., Dommerguy E.S.R., 1981. Nodulation of *Acacia* species by fast- and slowgrowing tropical strains of *Rhizobium*. Appl. Environ.Microbiol., 41: 97-99.

[105] Maziliak P., 1982. Physiologie végétale croissance et développement. vol. Ed. Herman. 461p.

[106] BENGHANEM A-N., (2009)- Etude écologique des formations à *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* dans la région de Béni- Abbès (Wilaya de Béchar). Thèse. Magister. USTHB, Alger, 86 p + Annexes

[107] FolliottP.F.,ThamesJ.L.(1983):Taxonomyof *Prosopis*inLatinAmerica

[108] MIKOU K., RACHIQ S., JARRAROULIDI A. ET BENIAICH G. (2015). Étude ethnobotanique des plantes médicinales et aromatiques utilisées dans la ville de Fès au Maroc. Phytothérapie, DOI10.1007/s10298- 015-0965-8, 2p.

[109] Levitt J., 1980. Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. 2nd edi. Levitt, J. (ed.). Academic Press, New York, NY.

[110]BAIZED.,2000 :Guide des analyses en pédologie. 2^{ème} édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : 206-207.

[111] MIARA M D., BENDIF H., REBBAS K., RABAH B., AIT HAMMOU M. ET MAGGI F. (2019).Medicinal plants and their traditional uses in the highland region of BordjBouArreridj (Northeast Algeria). Journal of Herbal Medicine, <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100262> [58]. Azzouz M. (2007). Etude ethnobotanique de la flore spontanée médicinale dans la région d'El Goléa (El Meniaa). Mém. Ing. Université d'Ouargla, Algérie. 57p.

[112] MIARA M D., BENDIF H., AIT HAMMOU M. ET TEIXIDOR-TONEU I. (2018). Ethnobotanical survey of medicinal plants used by nomadic peoples in the Algerian steppe. Journal of Ethnopharmacology, 219:248-256.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.011> [41]. Alaoui A. et Laaribya S. (2017). Etude ethnobotanique et floristique dans les communes rurales Sehoul et Sidi Abderrazak (cas de la MaamoraMaroc Septentrional) Algérienne, Nature &Technology Journal, Vol. B: Agronomic & Biological Sciences, 17 (2017): 15-24: http://www.univ-chlef.dz/revuenatec/issue17/Article_B/Article_469.pdf

[113] BOUZID S., 2010 : Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* LThèse magister, Univ Mentouri Constantine. P 6-9-4

[114] CHEHMA A., FAYE B., DJEBAR M.A., (2008b) - Productivité fourragère et capacité de charge des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien. Sécheresse., 19 (2) : 115- 121.

[115] CHEHMA, A., (2005). Etude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas des régions de Ouargla et Ghardaia. Doctoral thesis. Univ. Annaba, Algeria .

[116] Maillard J., 2001. Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International, 34p.

[117] Luttge U., Kluge M., Bauer G., 2002. Botanique. 3^{ème} édition, Tec et Doc Lavoisier, Paris: 439-450.

[118] Calu G. 2006. *Arabidopsis thaliana* et *Theellungiella halophila*, plantes modèlesdans l'étude du stress salin. Spectro Sciences.

[119] BarryJ.-P., CellesJ.-C., & MussoJ. (1985). Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien, note IV : le plateau du Tademaït et ses alentours (carte Ouargla).*EcologiaMediterranea*, XI (2-3) : 123-181.

[120] NegadiM. (2013). Diversité floristique et etudeethnobotanique de la région steppique d'el bayadh. Mémoirede magister. *Université de Tiaret, Algérie*, 99p

[121] Bisson J., 1957. Le Gourara: étude de géographie humaine. Mémoire de diplôme des études supérieurs, institut de recherche saharienne, université d'Alger, 181p.

[122] Achour, H. (1983)- Etude phyto écologique des formations à alfa (*Stipa tenacissima*) de la Sud-oranais wilaya de Saida. Thèse 3ème cycle. Univ. Scien. Techno. Houari Boumediène, 245.

[123] Ould Safi M., Kechairi R., Benmahioul M., 2015. Situation sanitaire de l'Arganeraie de Tindouf (Algérie) rôle des termites et champignons associés. Revue « foret méditerranéenne » t. XXXVI, N° 3, September 2015, pp : 311-318

[124] CHEVALLIER A. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Ed Larousse, Paris, France, 335 p.

[126] Halimi A., 1980- L'Atlas Blidiéen, climat et étage végétaux. Edi : OPU, 523p.

[127] Bagnouls F et Gaussen H., 1957. Saison sèche et indice xérothermique. Doc. *Cartes Product. Végét.* Série Généralités 3(1) : 1-47.

[128] Moisselin, J., Schneider, M., Canellas, C., & Mestre, O. (2002)- Les changements climatiques en France au XXe siècle., Étude des longues séries homogénéisées dedonnées de température et de précipitations. 38, 45- 56.

[129] Ould Safi, M. (2014)- caractérisation et état sanitaire de l'arganeraie De Tindouf-Thèse de Magister en Foresterie. Université Abou Bekr Belkaïd- Tlemcen, 62.

[131] Emberger, L. (1955)- Une classification biogéographique des climats. Recueil, travaux Une classification biogéographique des climats. Rec. de laboratoire géo Bot et zoologie Montpellier: Faculté des sciences. Service botanique. 7(I-43).

[132] Stewart, P. (1969)-Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. 59(1-4), 23- 36.

[134] Djebaili, S. (1978)- Recherche phytosociologique et écologiques sur la végétation des Hautes Plaines steppiques et de l'Atlas Saharien Algérien. Thèse Doct.. Montpellier: Univ. Sci. Tech. Languedoc, 229 p

[135] Quézel, P. (1965)- La végétation du Sahara, du Tchad à la Mauritanie. (éd. Gustav Fisher Verlag/Masson et Cie), 385.

[137] Jean-Michel N., 2006. Méthodes d'études de la végétation. Première partie, Institut de Botanique, Faculté des Sciences de la Vie, Université Louis Pasteur, 57p.

[138] Ozenda P ., 1977. Flore du Sahara. CNRS :centre national de la recherche scientifique, 2^{eme} édition, Paris 12-16.

[141] Barry, J., Celles, J., & Manière, R. (1981)- Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien.III : Analyse de la végétation de la région de In-Salah et de Tamanrasset (Sahara central et méridional). + cartes. Nat.mons.sér.bot.,44 :1-48

[142] Boucheneb, N. (2000)- Contribution à l'étude de la végétation de la région de Tamanrasset. (USTHB, Éd.) Alger, 107

[143] Ait Hammouda T ., 2011. Évaluation de la diversité écologique des écosystèmes à Arganier dans la région de Tindouf. Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Haouari Boumediene ., Alger 65p.

[144] LEMEE, G.,(1953). Contribution à la connaissance phytosociologique des confins saharomarocains: les associations à thérophytes des dépressions sableuses et limoneuses non salées et des rocailles aux environs de Beni-Ounif. Vegetatio 4 (3), 137–154. <https://doi.org/10.1007/bf00297015>

[145] Ozenda P.(1991) (1958). *Flore et végétation du Sahara.* (3e édition, augmentée). CNRS : Paris, 662 p.

[146] Peyre De Fabregues &Lebrun J.-P. (1976).*Catalogue des plantes vasculaires du Niger.*Coll. : Etudes botaniques, IEMVT : Maisons-Alfort (3), 434 p.

[147] Lebrun J.-P. & Stork A.L. (1991). *Enumération des plantes vasculaires d& 39 ; Afrique tropicale*. Vol. I : Généralités et Annonaceae à Pandanaceae. Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève : Genève, 249 p.

[148] Lebrun J.-P. & Stork A.L.(1992). *Enumération des plantes vasculaires d&39;Afrique tropicale*.Vol. II : Monocotylédones : Limnocharitaceae à Poaceae. Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève : Genève, 341 p.

[149] Lebrun J.-P. & Stork A.L. (1995). *Enumération des plantes vasculaires d&39;Afrique tropicale*.Vol. III : Chrysobalanaceae à Apiaceae. Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève : Genève, 257 p.

[150]].Lebrun J.-P.& Stork A.L. (1997). *Enumération des plantes vasculaire d& 39 ; Afrique tropicale*.Vol. IV. Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève : Genève, 712 p.

[151] Tela-Botanica (2022). Guideinternational de Botanique (consulté le 20 juillet 2022) url: www.tela-botanica.org.

[152] The plant liste (2022). Guide international de Botanique (consulté le 20 juillet 2022) url : www.theplantslist.org

[153] LacosteA. & Roux G. (1972). a – L& 39 ; analyse multidimensionnelle en phytosociologie et écologie floristique. *Ecol. Plant.*, 6 : 353-367. Application à des données de l& 39 ; étage subalpin des Alpes MARitimes. I- l&39;analyse des données

[154] Ozenda, P. (1963)- Documents Pour La Carte De La Végétation Des Alpes. Dans Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle (Vol. 1), 5-18.

[157] Kechairi R ., 2009. Contribution à l'étude écologique de l'Arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels, dans la région de Tindouf (Algérie). Mémoire de magister , université des sciences et de la technologie «houari boumediene » , 76p.

[158] Rondeux J., 1999- La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Edi : les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 520p.

- [159] Becker M., 1987- Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba* Mill) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique. *Ann.Sci.For* : 44 (04), pp 379-402.
- [160] Bert GD. et Becker M., 1990- Vitalité actuelle et passée du sapin (*Abies alba* Mill) dans le Jura. Etude dendroécologique. *Ann.Sci.For* : 47, pp 395-412.
- [161] Gandolfo C. et Tessier L., 1994- Analyse dendroécologique sur le sapin (*Abies alba* Mill.) et des épicéas (*Picea abies* (L) Karst) de différentes classes de défoliation dans la forêt de Vigo di Ton (Trento, Italie). *Ann.For.Sci* : 51, 391-406.
- [162] D'Eon S.P, Magasi L.P, Lachance D et DesRochers P, 1995- Guide d'établissement et de la surveillance des parcelles. Réseau national de surveillance de l'état de forets au Canada. Rapport d'information PI-X-117F. Ontario, Canada, 99p.
- [163] Thomas A.L., Gégout J.C., Landmann G., Dambrine C. and King D., 2002- Relation between ecological condition and fir decline in a standstone region of the Vosges montains (northeastern France). *Ann.For.Sci*: 59, 265-273.
- [164] Danthu P., Roussel J., Dia M., Sarr A. 1992. Effect of pretreatment on the germination of *Acacia Senegal* seeds. *Seed Sci. Technol.*, 20 : 111-117.
- [165] Danthu P., Roussel J., Neffati M.O. 2003. La graine et la germination d'*Acacia raddiana*. Un arbre au désert, *Acacia raddiana*. Édi. IRD. Paris:269-287.
- [166] Ndour P., 1997. Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains. Projet National de Semences Forestières du Sénégal. 11 p.
- [167] Osborne, J.M., Fox, J.E.D., Mercer, S., Lieth, H. and Al Masoom, A. (1993) Towards the Rational use of High Salinity Plants, 1: 323-338. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 521 p.
- [168] Kotowski, F. (1926)-Temperature Relations to Germination of Vegetable Seeds. 23, 176–184

- [169] NORBERG-KING, T.J., An interpolation method for sublethal toxicity: The inhibition concentration (IC_p) Approach (version 2.0), National Effluent Toxicity Assessment Center, Technical Report 03-93, USEPA, 39 p., 1993.
- [170] Dunn, C. P., & Stearns, F. (1987)- Relationship of vegetation layers to soils in southeastern Wisconsin forested wetlands. Am. Midl. Nat. 118:366-74.
- [171] Chahouki, M. A. (2011)- Multivariate Analysis Techniques in Environmental Science, Earth and Environmental Sciences,. Dr. Imran Ahmad Dar, 12, 540-564.
- [172] Guy, B. (2008)- les techniques d'analyse factorielle et d'ordination, 17.82.
- [173] Guenaia, A. (2012)- Contribution à l'Étude Phytoécologique Phytodynamique et Dendrométrique de peuplement d'*Acacia Raddiana* cas de la Région de Béchar.. Universite des sciences et de la technologie houari boumediene-faculte des sciences biologiques. 83
- [174] Ozenda P.(1991) (1958). *Flore et végétation du Sahara.* (3e édition, augmentée). CNRS : Paris, 662 p
- [175] Guendouz-Benrima A., Chara, B., Duranton J-F., & Doumandji-Mitiche B. (2002). Caractérisation, par la végétation, des biotopes de multiplication et de grégarisation de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera : Acrididae) dans le sud algérien. *Revue de Cytologie et Biologie végétale, Le Botaniste (France)*, 25 (2-3) : 13-25.
- [176] LeHouerou H. N. (1990). *Recherches éco-climatiques et biogéographiques sur les zones arides de l'Afrique du Nord.* Thèse de Doctorat d'État, Université Paul Valéry, Montpellier, 2 tomes (184 p. et 189 p.)
- [177]. Abd El-Ghani M.M.A., Huerta-Martínez F.M., Hongyan L., Qureshi R. (2017). Plant Responses to Hyperarid Desert Environments. *Springer* 10.1007/978-3-319-59135-3.
- [178] Bradai L., Bouallala M., Bouziane N.F., Zaoui S., Neffar S., Chenchouni H. (2015). An appraisal of eremophyte diversity and plant traits in a rocky desert of the Sahara. *Folia Geobotanica* 50, 239–252.
- [179] Bouallala M.(2013). *Etude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camelins du Sahara Occidental Algérien : Cas des régions de Béchar et Tindouf.* PhD thesis. University of Ouargla, Algeria

[180] Giri C., Pengra B., Zhu Z., Singh A., Larry L. Tieszen E. (2007). Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73: 91-100

- [181] Coughenour M.B. & Detling J.K. (1986). *Acacia tortilis* seed germination responses to water potential and nutrients. *Afr. Journ. Ecol.* Vol. 24: 203-205
- [182] Delassus, L., Magnanon, S., Colasse, V., Glemarec, E., Guitton, H., Laurent, E., Thomassin, G., Vallet, J., Bioret, F (2014)- Classification phisionomique et phytosociologique des végétations de Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire. Brest: Conservatoire Botanique National de Brest, Les cahiers scientifiques et techniques du CBN de Brest ; (1), 260
- [183] Granger, A. (2018)- Cartographie des habitats naturels sur le domaine de la tour du valat. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 59.
- [184] Guenaia, A. (2020)- CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU PEUPLEMENT À *Acacia raddiana* DANS LA REGION DE BÈCHAR : ASPECTS BIOLOGIQUES ET CARTOGRAPHIE. Mémoire Doctorat. Université Tlemcen
- [185] Servant, J. M. (1978)- La salinité dans le sol et les eaux caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. Bull . B.R. G. M. sect III. N ° 2, 123- 142.
- [186] Halitim, A. (1988) - Sols des régions arides d'Algérie. Alger: OPU, 384
- [187] Madani, D. (2008)- Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone a déficit hydrique. Mémoire magistère. Université de Batna.diponible sur <https://www.memoireonline.com/08/11/4676/Relation-entre-le-couvert-vegetal-et-les-conditions-edaphiques-en-zone-a-deficit-hydrique.html>; consulté le 23-04-2015.
- [188] Pardé J., Bouchon J., 1987. Dendrométrie. ENGREF : école nationale du génie rurale, des eaux et des forets, 2^e édition, 95-144.
- [189] Bouhraoua R.T, 2003. Situation sanitaire de quelques forets de chêne-liège de l'ouest d'Algérie : étude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse de doctorat, département de foresterie, université de Tlemcen, 259p.

- [190] Sylvain G., 1996. Dendrométrie des peuplements. BTSA Gestion Forestière, 64p.
- [191] Bernard F., 1948. Les insectes sociaux du Fazzan : comportement et biogéographie. Institut de recherche saharienne d'université d'Alger, 87-194
- [192] Lepage M., 1972. Recherche écologique sur une savane sahélienne du Ferlo septentrionale Sénégal : données préliminaires sur l'écologie des termites. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, ORSTOM, 383-409.
- [193] Totey N.G., 1987. Afforestation of salt affected wasteland. Screening of forest tree species of Madhya Pradesh for salt tolerance. Indian Forester, 113: 805-815.
- [194] Kayan S.I., Naqv I.H., Ting.P. , 1990 : Salinity effects on germination and mobilisation of reserves in jojoba seeds. Crop. Sci., 30 : 704-708.
- [195] Cavalcante A.M.B., Perez S.C.J.G.A. 1995. Efeitos dos stressses hidrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala*. (Lam.) de Wit. Pesq. Agropec. Bras., 30 : 281-289.
- [196] Ben Miled D., Boussaid M., Abdelkefi A., 1986. Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de germination. In : Colloque sur les végétaux en milieu aride, 8-10 septembre 1986, Djerba, Tunisie.
- [197] Smaoui A., Chérif A., 1986. Effet de la salinité sur la germination des graines de cotonnier. In : Colloque sur les végétaux en milieux arides, 8-10 septembre 1986, Djerba, Tunisie.