

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAÏD-TLEMCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Écologie et Environnement

Laboratoires de recherche :
Diversité des Ecosystèmes et Dynamiques des Systèmes Production Agricoles en Zones
Arides « DEDSPAZA ». UNIVERSITE MOHAMED KHIDER DE BISKRA
Écologie et Gestion des Écosystèmes Naturels « EGN »
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD- TLEMCEN



THÈSE

Présentée par



KHERRAZE MOHAMMED EL HAFED

En vue de l'obtention du

Diplôme de Doctorat LMD

En Écologie et Environnement

Thème :

**Caractérisation d'adaptation de deux halophytes (*Traganum nudatum* Del., et
Halocnemum strobilaceum (Pall.)) du Nord-est du Sahara septentrional Algérien
(cas région de l'Oued Righ).**

Soutenu le 06/ 07/ 2019, devant le jury composé de :

Président :	Mr. BENABADJI Noury	Professeur	Université de Tlemcen
Directeur de thèse :	Mr. BELHAMRA Mohamed	Professeur	Université de Biskra
Examineurs :	M ^{me} STAMBOULI Hassiba	Professeur	Université de Tlemcen
	Mr. BELKHODJA Moulay	Professeur	Université d'Oran
	M ^{me} SARI ALI Amel	M.C.A	Université de Tlemcen
	M ^{lle} KOULL Naïma	M.R.A	CRSTRA-Biskra

Année universitaire : 2018 -2019

Dédicace

*Je dédie le fruit de ce travail à : la mémoire de mon défunt père **Said**, que Dieu l'accueille dans son vaste paradis et à ma très chère mère **Zakia**, merci pour tes sacrifices, pour ton soutien incontournable. Aussi, je dédie cette œuvre à mes sœurs et à mes frères que, Dieu tout-puissant les protège et les garde pour nous.*

*À mon épouse, et mes enfants : **Djoumana nour elhouda, Ilys, Younes et Chouabe**. C'est avec plein d'amour et de fierté que je vous dédie ce travail, je vous remercie pour votre soutien moral, pour votre compréhension, patience et pour l'affection et l'amour qui représentent pour moi le pilier de tous mes efforts.*

Je dédie ce modeste travail

*✍ **KHERRAZE Mohammed Elhafed***

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes vifs remerciements au **Pr AOURAG Hafid**, Directeur Général DGRSDT, pour avoir facilité l'accès à la formation en Master et Doctorat. Je remercie également Mme **LAKHDARI Fattoum**, ex Directrice du CRSTRA pour ses efforts et ses conseils. Aussi, je tiens à exprimer mes remerciements à Mme **BOUCHAM Nora**, l'actuelle Directrice du CRSTRA, pour son soutien et ses encouragements.

Je suis très sensible à l'honneur que m'a fait Monsieur **BENABADJI Noury** Professeur à l'Université de Tlemcen de présider mon jury. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour l'intérêt porté à mon travail. Mon travail de thèse de Doctorat en écologie et environnement est réalisé sous la Direction de Monsieur **BELHAMRA Mohamed**, Professeur à l'Université Mohamed Kheider, Biskra, que je remercie du fond du cœur pour avoir accepté de diriger cette thèse, et pour ses conseils. Je suis également reconnaissant pour le temps conséquent qu'il m'a accordé.

Je tiens à remercier vivement les membres du jury:

Madame **STAMBOULI Hassiba** Professeur à l'Université de Tlemcen.;

Monsieur **BELKHODJA Moulay** Professeur à l'Université d'Oran ;

Madame **SARI ALI Amel** Maître de conférences (A) à l'Université de Tlemcen;

Mademoiselle **KOULL Naima** Maître de recherche (A) au CRSTRA-Biskra.

J'avoue que je suis très sensible à l'honneur que vous me faites d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Je suis reconnaissant envers Monsieur **Marius-Nicușor Grigore**, Professeur à l'Université de Alexandru Ioan Cuza, Roumanie, Faculté de Biologie, pour ses orientations précieuses, et pour tous ses conseils. Je tiens également à remercier Monsieur **ADAMOU Alaa-adinne**, Maître de conférences (A) à l'université de Laghouat, pour la confiance qu'il m'a accordée, l'intérêt qu'il a porté à l'égard de mon travail et surtout son aide précieuse.

Merci à tout le personnel du laboratoire de "sol et eau », de la station biophysique CRSTRA de Touggourt, en particulier à Monsieur **Mihoubi Adel** et Monsieur **Benzaoui Tdjani**.

Je remercie également très chaleureusement toutes les personnes qui m'ont apporté leurs aides et qui ont contribué au bon déroulement de cette thèse, mes collègues et amis de la station biophysique de Touggourt, pour leur soutien moral au fil des années ; ainsi que tout le personnel d'Université de Tlemcen soit s'eux dans l'administration ou chef de département, en particulier Monsieur **Khelil Anouar** chef département d'écologie et environnement, le

Remerciements

Professeur **Mohammed Bouazza**, et Madame **Rahal Wacila** responsable de post-graduation et Monsieur **T. Ferouani** membres du laboratoire de recherche « Écologie et Gestion des Écosystèmes Naturels ».

Cette thèse doit beaucoup aux nombreuses personnes qui m'ont encouragé, soutenu et conforté au long de toutes ces années. Qu'elles trouvent dans ce travail l'expression de mes plus sincères remerciements.

وصف التكيف لثلاثين من الهلوفئات (الضمران و البربيط) من شمال شرق الصحراء الجزائرية الشمالية (حالة منطقة وادي ريغ)

الملخص: إن دراسة الأنواع الهلوفيتية في البيئات المالحة في منطقة وادي ريغ لا تزال ضعيفة، وإن الهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على الصفات المورفولوجية والتشريحية للتكيف بين نوعين من النباتات الملحية: الضمران و البربيط (*Traganum nudatum* و *Halocnemum strobilaceum*). أسفرت أساليب أخذ العينات الذاتية في ستة محطات $N = 120$ عينه من هذه الأنواع، كما أظهرت النتائج أنه في كلا النوعين، يوجد هناك تكيف قوي ضد الضغوطات والمشاكل البيئية (الجفاف والملوحة). لقد أظهرنا تقارب مورفولوجي للنوعين ويتمحور في تقليل الحجم، وتسهيل خفة الحبوب توزيعها المكاني تحت تأثير الرياح وكما سجلنا تباعد مورفولوجي للنوعين يتمثل في تضخم نظام الجذر السطحي عند نبتة الضمران في حين أن هذا النظام الجذر عند نبتة البربيط ضامر. كما قمنا كذلك بتسليط الضوء على سمات أخرى خاصة بكل نوع، مثل: استبدال لأوراق القديمة (المحتوية علي الأملاح) بأوراق جديدة خضراء عند نبتة الضمران، أما عند نبتة البربيط فلأوراق صغيرة جدا إلى كومات ممتلئة وطرية. يبدو أن الارتفاع يسمح بتواجد ملوحة عالية في التربة. ينتج عنها استجابة تكيفية تتمثل في انخفاض في طول الفروع ومحيط النبات. في المقابل هناك زيادة في حجم الأوراق في العرض والسمك. كما أظهرت الدراسة التشريحية اثنين من استراتيجيات التكيف الهامة جدا: التحمل وتجنب. التحمل يظهر في *la succulence* ووجود أكسالات الكالسيوم. يؤدي تجنب إلى تقليل وحماية السطح الطليق. كما ظهرت ملامح نسيجية تكيفية أخرى مهمة، مثل ظاهرة كامبيا المتعاقبة في كلا النوعين، وتشريح كرانز (L'anatomie de Kranz) للنوع الفرعي السالسولي (salsoloid) عند نبتة *T.nudatum* ضروري لعملية التمثيل الضوئي لـ C_4 ويساهم في التكيف بشكل أفضل مع الجفاف والملوحة.

الكلمات المفتاحية: الهلوفيت، الضمران، البربيط، إستراتيجية التكيف، وادي ريغ (الجزائر)

Caractérisation d'adaptation de deux halophytes *Traganum nudatum* Del., et *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) du Nord-est du Sahara septentrional Algérien (Cas région de L'oued Righ)

RÉSUMÉ :

Les espèces halophytes des milieux salins de la région de l'oued Righ sont peu étudiées. L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les grandes lignes d'adaptation morphologique et anatomique chez deux espèces halophytes (*Traganum nudatum* et *Halocnemum strobilaceum*). Les approches d'échantillonnage subjectif dans six stations a permis de prélever N=120 individus. Les résultats montrent que chez les deux espèces, il existe une forte adaptation aux contraintes environnementales (aridité et salinité). Nous avons mis en évidence une convergence morphologique de deux espèces qui se traduit par une réduction de la taille, la légèreté des grains facilite leur dissémination spatiale sous l'action du vent et une divergence traduite par une hypertrophie du système racinaire superficiel chez le *T.nudatum* tandis que ce système racinaire est atrophique chez le *H.strobilaceum*. D'autres traits spécifiques à l'espèce sont mis en évidence, tels que : le remplacement des feuilles ancestrales (en excès de sels) par de petites feuilles vertes neuves chez le *T.nudatum*. Les feuilles fortement réduites à tasses charnues chez le *H.strobilaceum*. L'altitude semble favoriser une salinité élevée des sols. La réponse adaptative se traduit par une réduction en hauteur en longueur des branches et de la circonférence de la plante. En opposé on note une augmentation de la taille des feuilles en largeur et en épaisseur. L'étude anatomique a montré deux stratégies d'adaptation très importantes: la tolérance et l'évitement. La tolérance se traduit par la succulence et par la présence d'oxalates de calcium. L'évitement se traduit par une réduction et une protection de la surface transpirante. D'autres caractéristiques histologiques adaptatives sont apparues importantes, telles que le phénomène de cambia successifs chez les deux espèces et l'anatomie de Kranz du sous-type salsoloid chez le *T.nudatum* est nécessaire pour la photosynthèse de C₄ et contribue à une meilleure adaptation à la sécheresse et à la salinité.

Mots clés: Halophyte, *Traganum nudatum* Del. *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb, Stratégie d'adaptation, Oued Righ (Algérie).

Adaptation characterization of two halophytes (*Traganum nudatum* Del., And *Halocnemum strobilaceum* (Pall.)) From north-eastern Algerian northern Sahara (Case region of Oued Righ)

ABSTRACT: Halophytic species in saline environments in the Oued Righ region are poorly studied. The objective of this study is to highlight the morphological and anatomical adaptation traits of two halophyte species (*Traganum nudatum* and *Halocnemum strobilaceum*). Subjective sampling approaches in six stations yielded N = 120 individuals. The results show that in both species, there is a strong adaptation to environmental constraints (aridity and salinity). We have demonstrated a morphological convergence of two species which results in a reduction of the size, the lightness of the grains facilitates their spatial dissemination under the action of the wind and a divergence translated by a hypertrophy of the superficial root system in the *T. nudatum* whereas this root system is atrophic in *H. strobilaceum*. Other features specific to the species are highlighted, such as: the replacement of ancestral leaves (in excess of salts) by new green leaves *T. nudatum*: Strongly reduced leaves with fleshy cups in *H. strobilaceum*. Altitude seems to favor high salinity of soils. The adaptive response results in a reduction in height in length of the branches and the circumference of the plant. In contrast there is an increase in the size of the sheets in width and thickness. The anatomical study showed two very important adaptation strategies: tolerance and avoidance, tolerance is expressed by succulence and by the presence of calcium oxalates. Avoidance results in a reduction and protection of the transpiring surface. Other adaptive histological features appeared to be important, such as the successive cambia phenomenon in both species and the Kranz anatomy of the salsoloid subtype in *T. nudatum* is necessary for C₄ photosynthesis and contributes to better adaptation drought and salinity.

Key words: Halophyte, *Traganum nudatum* Del. *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb, adaptation strategy, Oued Righ (Algeria)

Liste des abréviations

Abréviations	TITRE
AFNOR	Association française de normalisation
APGIII	Angiosperms Phylogeny group III
CRSTRA	Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides
CT	Complexe terminal
CI	Complexe intercalaire
F.A.O	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GPS	Système mondial de positionnement
HPAE	Hiver, Printemps, Été, Automne
IUCN	Union internationale pour la conservation de la nature
O.N.M	Office National de la Météorologie
TDR	Time Domain Réflectomètre
TDS	Total des solides dissous
U.S.D.A	United States Department of Agriculture

Liste des figures

N°	TITRE	Page
Figure 1:	Carte de situation géographique de la région d'étude	4
Figure 2:	Répartition des communes dans la région de l'Oued Righ	5
Figure 3:	Coupe hydrogéologique synthétique du Sahara septentrionale	7
Figure 4:	Moyennes mensuelles des précipitations (Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)	10
Figure 5:	Évolution des précipitations annuelles de la région de l'Oued Righ (1975-2015).	10
Figure 6:	Moyennes mensuelles des températures moyennes (Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)	12
Figure 7:	Évolution de la température moyenne annuelle de la région de l'Oued Righ (1975-2015)	12
Figure 8:	Moyennes mensuelles des vitesses des vents (Synthèse 2016. Source O.N.M., 2015)	13
Figure 9:	Moyennes mensuelles d'humidité de l'aire (Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)	15
Figure 10:	Moyennes mensuelles de l'évaporation (Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)	15
Figure 11:	Moyennes mensuelles d'insolation (Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)	16
Figure 12:	Diagramme ombrothermique de l'Oued Righ	19
Figure 13:	Climagramme d'Emberger de la région de l'Oued Righ	20
Figure 14:	Une vue générale de <i>Traganum nudatum</i> Del	23
Figure 15:	<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M.Bieb (Grigore, 2008a)	28
Figure 16:	<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Maire, 1962)	29
Figure 17a:	Position des différents sites étudiés de <i>Traganum. Nudatum</i>	32
Figure 17b:	Position des différents sites étudiés de <i>Halocnemum strobilaceum</i>	32
Figure 18 :	Vue satellitaire 13/06/2017 de la station de Blidet Amor	34
Figure 19:	Nappe à <i>Halocnemum strobilaceum</i> : station Blidet Amor « Sebka » (photo prise en 10-2014)	34
Figure 20:	Vue satellitaire le 20/06/2017 de la station Temacine	35
Figure 21:	Station Temacine « dune » (photo prise en 11-2014)	35
Figure 22:	Vue satellitaire le 13/06/2017 de la station Djamaa	37
Figure 23:	Station Djamaa « Sebka » (photo prise en 03-2015)	37
Figure 24:	Vue satellitaire le 20/06/2017 de la station Tendla	38
Figure 25:	Station Tendla « reg ensablée » (photo prise en 11-2014)	38
Figure 26:	Vue satellitaire le 20/06/2017 de la station El M'Ghair	39

Figure 27:	Station El M'Ghair « sebkha » (photo prise en 10-2014)	39
Figure 28:	Vue satellitaire le 06/11/2013 de la station Oum Thiour	40
Figure 29:	Station Oum Thiour « lit d'oued ensablé » (photo prise en 08-2014)	40
Figure 30:	Vue satellitaire le 15/10/2016 de la station Oum Thiour (Menace anthropogène)	41
Figure 31:	Station Oum Thiour (menace anthropogène)	41
Figure 32:	Calculs <i>in-situ</i> l'humidité du sol, la conductivité électrique et la rétention d'eau par une sonde TDR (Time Domain Reflectometer HD2 série N° 0172).	43
Figure 33:	Calculs <i>in-situ</i> l'humidité du sol, la conductivité électrique et la rétention d'eau par une sonde TDR (station : Tendla, espèce : <i>H.strobilaceum</i>)	43
Figure 34:	Analyse granulométrique par la pipette de Robison	45
Figure 35:	Norme d'interprétation du pH-eau du sol (Mathieu et <i>al.</i> , 2003)	45
Figure 36:	la méthode de cylindre pour la mesure de la densité apparente (Photo prise le 06/11/2014. <i>H.strobilaceum</i>)	46
Figure 37:	la texture des sols des stations de <i>T.nudatum</i> selon la classification américaine de texture de sol (U.S.D.A., 1986)	50
Figure 38:	la texture des sols des stations <i>H. strobilaceum</i> selon la classification américaine de texture de sol (U.S.D.A., 1986)	53
Figure 39:	Une formation dunaire «nebka » fixé par le <i>Traganum nudatum</i> station de Djamaa. Photo prise le 11/2014 (Kherraze, M.H)	54
Figure 40:	Une formation dunaire «nebka » fixé par le <i>Traganum nudatum</i> station Oum Thiour. Photo prise le 11/2014 (Kherraze, M.H)	54
Figure 41:	Un système racinaire très développée de <i>Traganum nudatum</i> . Les racines superficielles peuvent attendre 16m de long. (Plante à subit une érosion éolienne)	55
Figure 42:	Sols hydromorphes au niveau de la station d'El M'Ghair Photo prise 03/2015 (kherraze M.H)	56
Figure 43:	Sols hydromorphes au niveau de la station de Djamaa Photo prise 03/2015 (kherraze M.H)	56
Figure 44:	Mean Plot de pH du sol des stations de <i>T.nudatum</i>	59
Figure 45:	Mean Plot de pH du sol des stations de <i>H.strobilaceum</i>	59
Figure 46:	Teneurs moyennes en gypse des sols des stations d'études du <i>T.nudatum</i>	60
Figure 47:	Teneurs moyennes en gypse des sols des stations d'études du <i>H.strobilaceum</i>	60
Figure 48:	Diagramme de piper pour les solutions de sols des stations de <i>T.nudatum</i>	62
Figure 49:	Diagramme de piper pour les solutions de sols des stations de <i>H.strobilaceum</i>	62
Figure 50:	Efflorescences salines en forme de croûte à la surface du sol au niveau de la station de Blidet Amor de l'espèce <i>H.strobilaceum</i> . (Photo prise le 10/2014, Kherraze, M.H)	65

Figure 51:	feuilles succulentes de <i>Traganum nudatum</i>	66
Figure 52:	Tige articulée, succulente de <i>Halocnemum strobilaceum</i>	67
Figure 53:	Mean plot de différents variables des cations regroupé par station. Espèce <i>T.nudatum</i>	69
Figure 54:	Mean plot de différents variables des cations regroupées par station. Espèce <i>H.strobilaceum</i>	69
Figure 55:	Morphologie de <i>T. nudatum</i>	72
Figure 56:	Feuille de <i>T.nudatum</i> : ovoïde-trigone, obtuse, évasée et laineuse à la base.	73
Figure 57:	Laine issue lors de l'opération de broyage de la partie aérienne (<i>T.nudatum</i>)	73
Figure 58:	un rameau avec des feuilles de couleur jaune (Milieu de stockage des sels en excès)	74
Figure 59:	Rameaux de <i>T.nudatum</i> . Portant des feuilles jeunes (Ancienne feuilles) et des feuilles vertes (nouvelles feuilles)	74
Figure 60:	Vue générale d'une étamine de <i>T.nudatum</i> . A : anthère, f : filet	75
Figure 61:	Vue générale d'une plante de <i>T.nudatum</i> avec une racine superficielle de 16 m de long.	75
Figure 62:	Morphologie de <i>H. strobilaceum</i> (Pall.) M.B. A	77
Figure 63:	Graine de <i>H.strobilaceum</i> (Pall.) M.B. A	78
Figure 64:	le système racinaire d'une jeune plante de <i>H.strobilaceum</i>	79
Figure 65:	Diagrammes en boites de la variation de l'altitude « AL » pour l'espèce de <i>T.nudatum</i>	81
Figure 66:	Diagrammes en boites de la variation de l'altitude « AL » pour l'espèce de <i>H.strobilaceum</i>	81
Figure 67:	La relation entre l'altitude et les paramètres morphométriques chez le <i>T.nudatum</i>	82
Figure 68:	La relation entre l'altitude et les paramètres morphométriques de <i>T.nudatum</i>	83
Figure 69:	La relation entre l'altitude et les paramètres morphométriques de la feuille de <i>Traganum nudatum</i>	83
Figure 70:	La relation entre l'altitude et la teneur des sols en Na ⁺ de <i>H.strobilaceum</i>	85
Figure 71:	Coupes transversales à la racine de <i>T.nudatum</i> .	90
Figure 72:	Coupes transversales à la racine de <i>H.strobilaceum</i> .	91
Figure 73:	Coupes transversales à travers la racine de <i>Traganum nudatum</i> montre la formation de liège.	92
Figure 74:	Coupes transversales à travers la racine de <i>H.strobilaceum</i> montre la formation de périderme	92
Figure 75:	Vue générale de <i>T. nudatum</i> . (a) Jeune plante (flexible), (b) plante adulte (courbée et rigide)	94
Figure 76:	Coupes transversales à travers la tige de <i>T. nudatum</i> .	95

Figure 77:	Coupes transversales et longitudinales à travers la tige de <i>H.strobilaceum</i> .	98
Figure 78:	Vue générale d'un stomate. A : montre un stomate ouvert, B : montre un stomate fermé	100
Figure 79:	Coupe transversale à travers la tige de <i>H.strobilaceum</i> montrant le tissu de stockage d'eau (l'aspect succulent de la tige)	101
Figure 80:	Coupe transversale à travers la tige de <i>H.strobilaceum</i> montrant les vaisseaux latéraux ou corticaux dans le côté extérieure de la stèle entre le tissu de stockage d'eau et le parenchyme assimilateur	103
Figure 81:	Coupe transversale à travers la tige montrant la moelle colorée en rose chez une jeune plante de <i>H.strobilaceum</i>	104
Figure 82:	Coupes transversales de feuilles C ₄ chez <i>T.nudatum</i> .	109
Figure 83:	Un aperçu de certaines morphologies et anatomies de la feuille de <i>T.nudatum</i> .	110
Figure 84:	Coupe transversale à travers la tige de <i>H.strobilaceum</i> montrant la présence, d'une éminence en forme de papila non aiguë dans l'épiderme de la tige.	111

Liste des tableaux

N°	TITRE	Page
Tableau 01 :	Coefficient relatif saisonnier de Musset	9
Tableau 02 :	Stations d'études dans la région de l'Oued Righ	31
Tableau 03 :	Répartition des individus échantillonnés dans chaque station (<i>T.nudatum</i>) entre les différents états de caractères pour 06 variables quantitatives retenues pour une analyse de la variabilité entre les stations	63
Tableau 04 :	Répartition des individus échantillonnés dans chaque station (<i>H.strobilaceum</i>) entre les différents états de caractères pour 06 variables quantitatives retenues pour une analyse de la variabilité entre les stations	64
Tableau 05 :	La teneur moyen en eau des espèces étudiées	66
Tableau 06 :	Les mesures des paramètres morphologiques de <i>T.nudatum</i> .	71
Tableau 07 :	Les mesures des paramètres morphologiques de <i>H. strobilaceum</i>	76
Tableau 08 :	Corrélation de l'altitude avec la teneur de la plante en cation	84
Tableau 09 :	Corrélation entre l'altitude et les paramètres morphologiques de <i>H.strobilaceum</i>	84
Tableau 10 :	La granulométrie de stations d'études	134
Tableau 11 :	Classe des sols gypseux (Barzanji, 1973)	134
Tableau 12 :	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique (Mathieu et al., 2003)	134
Tableau 13 :	Morphométrie des grains de <i>T.nudatum</i> et <i>H.strobilaceum</i>	135

SOMMAIRE

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé en arabe	
Résumé en français	
Abstract	
Introduction Générale	1
Chapitre I	
Aperçu Bibliographique	
I.1. Présentation de la région de l’oued Righ	4
I.1.1. Situation géographique	4
I.1.2. Géomorphologie	6
I.1.3. Hydrogéologie.....	6
I.1.4. Climat	8
I.1.4.1. Facteurs climatiques.....	8
I.1.4.1.1. Précipitations.....	8
I.1.4.1.2. Températures.....	11
I.1.4.1.3. Vents	11
I.1.4.1.4. Humidité de l’air.....	14
I.1.4.1.5. Evaporation.....	14
I.1.4.1.6. Insolation.....	14
I.1.4.2. Synthèse bioclimatique.....	17
I.1.4.2.1. Indice d’aridité.....	17
I.1.4.2.2. Diagrammes Ombrothermique	17
I.1.4.2.3. Climagramme d’Emberger.....	17
I.1.5. Édaphologie.....	18
I.2. Généralités sur les halophytes	21
I.2.1. Définition.....	21
I.2.2. Classification des halophytes.....	21
I.3. Généralités sur les taxons étudiés	23
I.3.1. <i>Traganum nudatum</i> Del.	23
I.3.1.1. Aire géographique de l’espèce.....	24
I.3.1.2. Intérêt de <i>Traganum nudatum</i> Del.	24
I.3.1.3. Systématique de <i>Traganum nudatum</i> Del.....	24

I.3.1.3.1. Classification	24
I.3.1.3.2. Synonymes	25
I.3.1.4. Description de l'espèce	25
I.3.2. <i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M.Bieb.....	25
I.3.2.1. Aire géographique de l'espèce.....	26
I.3.2.2. Intérêt de <i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.).....	26
I.3.2.3. Systématique de <i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.).....	27
I.3.2.3.1. Classification	27
I.3.2.3.2. Synonymes	27
I.3.2.4. Description de l'espèce.....	27

Chapitre II.

Matériels et Méthodes

II.1. Étude à grande échelle.....	31
II.1.1. Choix de stations.....	31
II.1.2. Description de stations.....	33
II.1.2.1. Stations sud Oued Righ.....	33
• Station de Blidet Amor (<i>H.strobilaceum</i>).....	33
• Station de Temacine (<i>Traganum nudatum</i>).....	33
II.1.2.2. Stations nord Oued Righ.....	36
• Station Djamaa (<i>Halocnemum strobilaceum</i>).....	36
• Station Tendla (<i>Traganum nudatum</i>).....	36
• Station El M'Ghair (<i>Halocnemum strobilaceum</i>).....	36
• Station Oum Thiour (<i>Traganum nudatum</i>).....	36
II.2. Caractéristiques du sol.....	42
II.2.1. Analyse du sol.....	42
II.2.1.1. Méthodes d'étude sur le terrain.....	42
II.2.1.1.1. Prélèvement des échantillons.....	44
II.2.1-1-2. Transport des échantillons	44
II.2.2. Méthodes d'étude au laboratoire.....	44
II.2.2.1. Séchage et séparation des éléments.....	44
II.2.2.2. Analyse granulométrique.....	44
II.2.2.3. Analyses physico-chimiques.....	45
II.2.2-3.1. Physique.....	45
a) pH – eau du sol.....	45

b) Densité apparente	46
II.2.2.3.2. Chimique.....	46
c) Dosage de gypse.....	46
d) Dosage des cations.....	47
e) Dosage de quelques anions.....	47
II.3. Analyse de matériel végétal.....	47
II.3.1. Teneur en eau chez les espèces (<i>T.nudatum</i> et <i>H.strobilaceum</i>).....	47
II.3.2. Dosage de quelques cations	48
II.3.2.1. Préparation préliminaire	48
II.3.2.2. Minéralisation	48
II.3.2.3. Dosage des cations	48
II.3.3. Études morpho-anatomiques.....	48
II.3.3.1. Morphométrie.....	48
II.3.3.2. Étude anatomique.....	49
II.3.3.2.1. Techniques d'étude.....	49
II.3.3.2.1.1. Préparation des coupes anatomiques.....	49
II.3.3.2.1.2. Technique.....	49
II.3.3.2.1.3. Montage des coupes.....	49
II.3.3.2.1.4. Détermination de la densité stomatique et l'indice stomatique... ..	50
II.4. Analyses statistiques	50

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1 Édaphologie	52
III.1.1. Granulométrie.....	52
III.1.2. Humidité du sol	55
III.1.3. pH.....	57
III.1.4. Gypse	57
III.1.5. Sels solubles.....	61
III.1.6. Salinité du sol.....	61
III.2. Analyse physico-chimique du matériel végétal	65
III.2.1. Teneur en eau	65
III.2.2. Composition cationique des plantes.....	67
III.3. Étude morphologique	70
III.3.1. Aspect morphométrique du <i>T.nudatum</i>	70

III.3.2. Aspect morphométrique du <i>H. strobilaceum</i>	76
III.3.3. Effet de l'altitude sur les paramètres du sol, la morphologie et la nutrition minérale des espèces.	80
• Discussion.....	85
III.4. Étude anatomique	87
III.4.1. Aspects écologique de l'anatomie des espèces.....	88
III.4.1. 1. Racine	88
III.4.1.2. Tige	93
III.4.1.2.1. Tige de <i>Traganum nudatum</i>	93
III.4.1.2.2. Tige de <i>Halocnemum strobilaceum</i>	96
➤ Densité et index stomatique faible.....	97
➤ Position et fonctionnement stomatique.....	99
➤ Tissu de stockage d'eau.....	99
➤ Vaisseau latéraux	102
➤ Moelle Vivante	102
III.4.1.3. Feuille de <i>Traganum nudatum</i>	105
Conclusion générale	113
Références bibliographiques	116
Annexes	133

INTRODUCTION

Introduction générale

Les plantes ont des stratégies d'adaptatives différentes selon les conditions extrêmes du sol et du climat (**Fujii, 2014; Christmas, et al., 2016**), qui interagissent pour maintenir la croissance, le développement et la production. Les adaptations morphologiques et physiologiques des plantes à différentes contraintes abiotiques ont attiré l'attention de plusieurs scientifiques (**Munns, 2002; Rahimi et al., 2011; Horie et al., 2012**). Les connaissances acquises sur les mécanismes adaptatives ont fait l'objet de plusieurs travaux, notamment chez les espèces cultivées et emblématiques (**Poljakoff-Mayber, 1975 ; Le Houerou, 1995 ; Belhassen et al., 1995 ; Kadi- Bennane et al., 2005 ; Keshavarz et Zare, 2006 ; Sari-Ali, 2012 ; Grigore et Toma, 2017**), ainsi que de nombreuses études floristiques sont effectuées dans le cadre de la connaissance le taxon des halophytes, on peut citer les extraits de: **Djebaili, 1984; Benabadji et al., 2004; Ghezlaoui, 2010; Merzouk, 2010; Aboura, 2011 ; Boumaraf, et Manna, 2018.**

Les recherches les plus convaincantes ont cerné des aspects particulièrement centrés autour de certains traits adaptatifs, comme par exemple : la variation de la couleur des feuilles qui résulterait d'une variation de la salinité (**Souguir et al., 2013**) ; l'épinastie qui est une action en réponse au stress hydrique et salin (**El-Iklil et al., 2000**) ; la variation du taux de tanins est considérée comme une réponse suite aux modifications dans les propriétés du sol et aux attaques des déprédateurs (**Mondolot-Cosson et al., 1997**). Toutes ces réponses adaptatives des plantes dépendent de l'espèce elle-même, de la variété, de la nature et l'intensité de la salinité, et du stade de développement phénologique considéré. D'un point de vue évolutif, elles s'inscrivent à des accommodements graduels adaptations. Celles-ci sont décelables dans la morphologie et l'anatomie de certains organes (**Rabaud, 1922 ; Batanouny, 1993**).

En accord avec **Keshavarz et Zare, 2006; Grigore 2012; Grigore et al., 2014; Safiallah et al., 2017**, la famille Amaranthaceae est une des composantes la plus importante de la flore des milieux salins arides à semi-arides. Cette famille inféodée aux régions arides et semi-arides reste peu connue, quoique que nous disposions de matériel biologique largement diversifié avec environ 110 à 166 genres et 1700 espèces (**Cuenoud et al., 2002; Safiallah et al., 2017**). Les espèces de cette famille, au niveau physiologique restent caractérisées par la structure des organes d'assimilation du carbone. Elles sont dotées de différents types de photosynthèses : C₃ ou C₄ (**Grigore et Toma 2007; Grigore et al., 2014a; Grigore et Toma 2017**).

Dans la région de l'Oued Righ, parmi les représentants de cette famille, nous rencontrons deux espèces : le *Traganum nudatum* Delile et le, *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. Elles se développent et se maintiennent, dans des systèmes biologiques caractérisés par des sols salés et pauvres en matières organiques, c'est comme tout les formations halophytes, ils ne possèdent pas d'exigence stricte du côté pédologique (**Aboura, 2011**). Sa biomasse verte et la disponibilité surtout de ses graines attirent un grand nombre d'animaux et particulièrement le dromadaire.

Le *Traganum nudatum* Delile et le, *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb, pour faire face aux contraintes de l'aridité telle que : la pénurie d'eau, la chaleur et le stress salin, elles mettent en jeu leurs potentiels adaptatifs xérophytiques. Les deux halophytes sont pérennes et forment dans la région de l'Oued Righ un groupe ou une métapopulation composées d'individus assez spécifiques sur le plan écologique, physiologique et biochimique.

Le peu d'étude sur ces deux halophytes dans la région de l'oued Righ, nous a poussé de réaliser une caractérisation autoécologique pour cerner les différents contours des variations morphologiques, de la structure histologique et des relations biocénétiques entre espèces et facteurs du milieu.

Pour atteindre ces objectifs, nous présentons successivement deux volets : une analyse des facteurs de l'environnement et les adaptations morphologiques et anatomiques chez les deux espèces. Les résultats de cette étude permettront de bien comprendre les stratégies d'adaptation de ces deux espèces d'halophytes les confrontations permettent de discuter de l'intérêt dans la connaissance de ces deux taxons du point de vue fourragère, médicinal et de leurs aptitudes d'adaptation aux contraintes naturelles (sécheresse et salinité) et leur valorisation tout en veillant à sa préservation et à sa gestion rationnelle durable.



CHAPITRE I
APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Aperçu bibliographique

I.1. Présentation de la région de l’oued Righ

I.1.1. Situation géographique

La région de l’Oued Righ, situé dans le nord-est du Sahara algérien, renferme de nombreuses oasis qui produisent des dattes d’excellente qualité, alignées du nord au sud entre $32^{\circ} 54'$ et $39^{\circ} 9' N$ et $05^{\circ} 50'$ et $05^{\circ} 75'E$, (Fig.1) sur une longueur de 150 km.

Cette région est bordée à l’ouest par le plateau Mio-pliocène et à l’est par les grands alignements dunaires de l’Erg Oriental. Elle a une largeur variée de 15 à 30 km suivant les endroits (**Dubost, 2002**), au nord par le Ziban et au sud par les oasis d’Ouargla.

La région de l’Oued Righ est scindée administrativement en cinq (05) daïras, à savoir : Daïra d’EL M’Ghair et Djamâa qu’ils font partie de la wilaya d’EL-Oued situent dans la partie Nord de l’Oued Righ et les daïras de Megarine, Touggourt et Temacine, qui dépendent à la wilaya de Ouargla situent dans la partie Sud de l’Oued Righ. (fig.2)

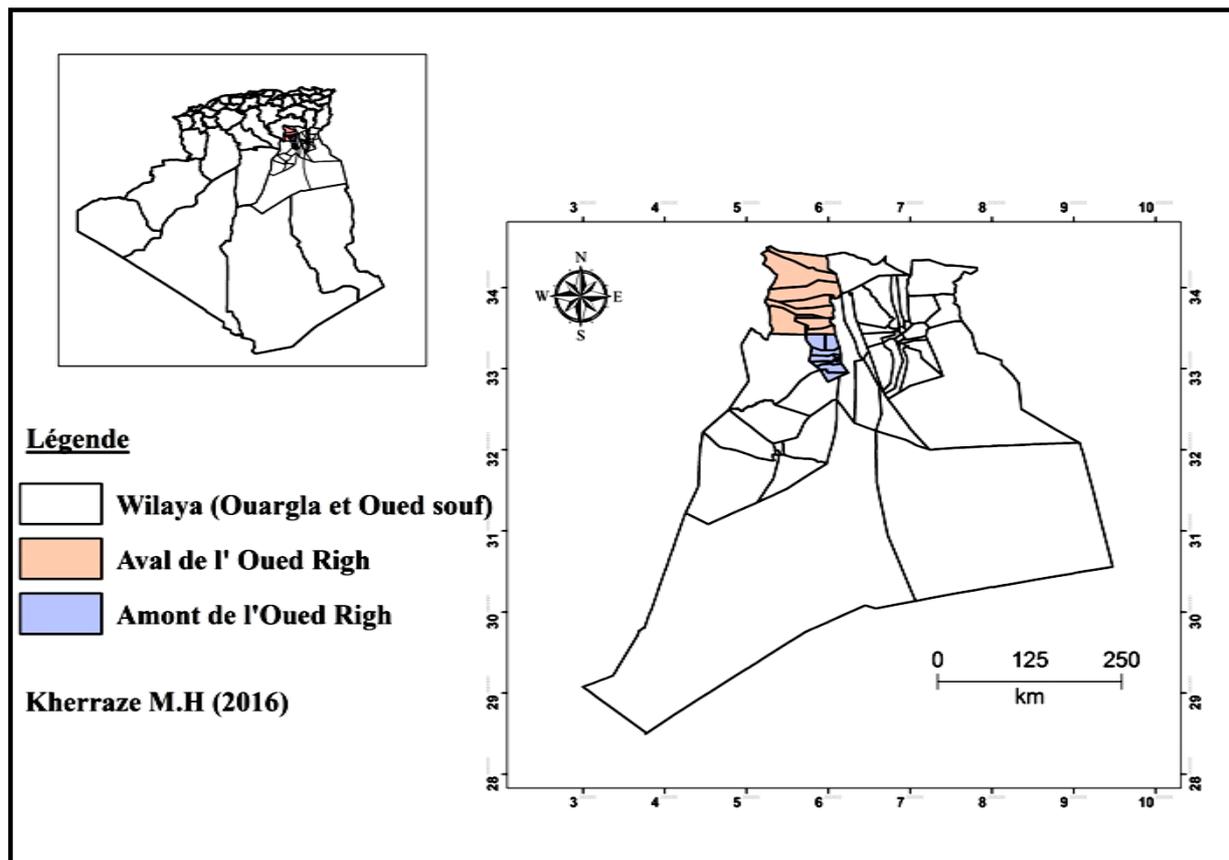


Fig.1. Carte de situation géographique de la région d’étude

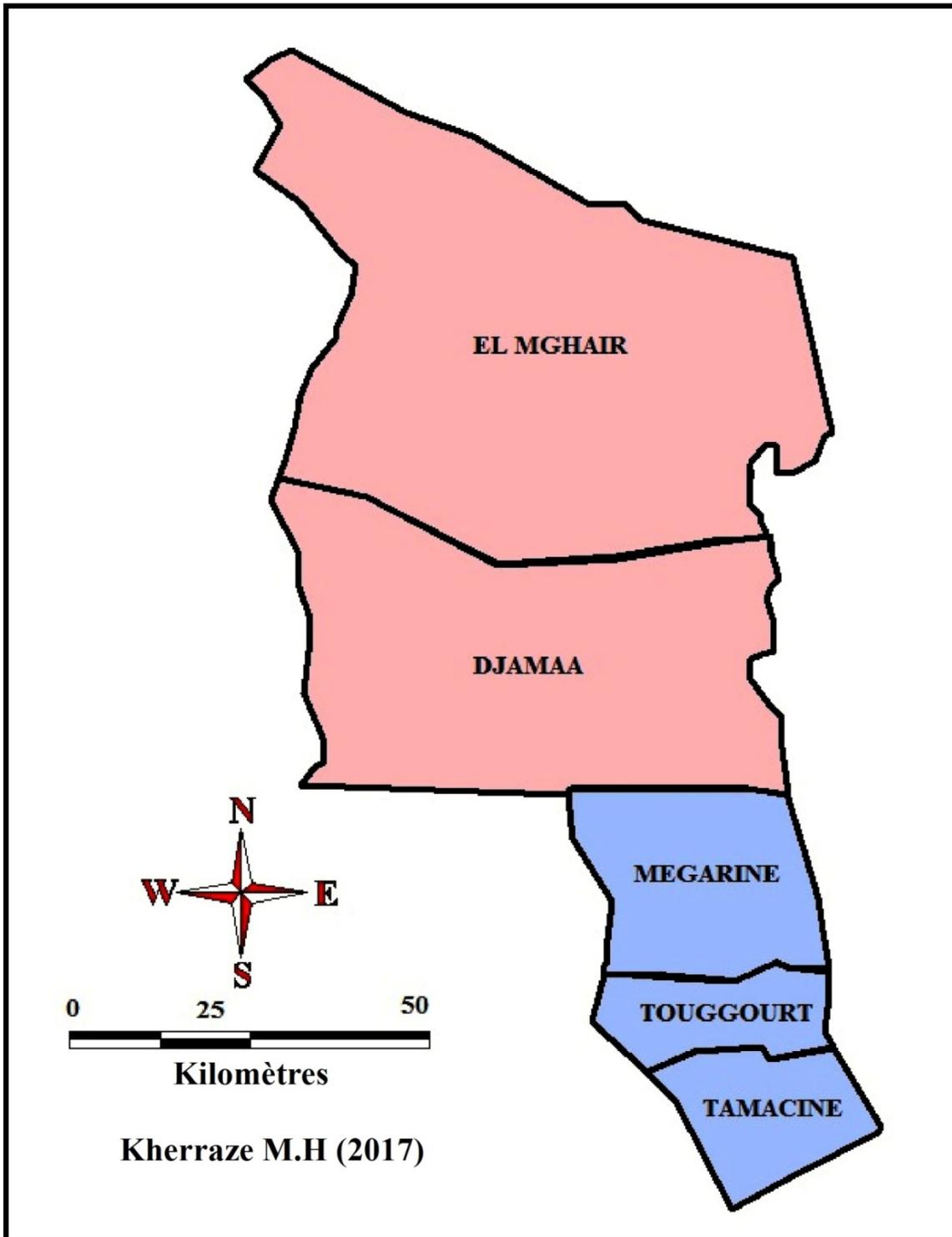


Fig. 2 : Répartition des daïras dans la région de l'Oued Righ

I.1.2. Géomorphologie

La région de l'Oued Righ à une morphologie homogène, Elle est incluse dans un ensemble appelé Bas Sahara, elle se présente comme une dépression (large fossé) orienté Sud-Nord, composée d'une véritable mer de sable et de dunes qui s'étend sur la plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions. (**Guettiche et Benabdasadok, 2006**).

Les formations géologiques dans la région sont en majeure partie d'âge Quaternaire. Quatre niveaux bien distincts apparaissent (**Kherraze, 2011**):

- Le niveau supérieur est représenté par des glacis à croûte gypseuse, ou par des buttes-témoins à relief plus ou moins accidenté.
- Le niveau intermédiaire caractérise généralement des glacis du quaternaire ancien. Les terres de ce niveau constituent la majorité des secteurs mis en valeur.
- Les pré-chotts apparaissent à un niveau nettement au-dessous et représentent des surfaces planes à pentes faibles.
- Les chotts représentent les zones les plus basses de la vallée et jouent le rôle de cuvettes de décantation.

La pente générale est très faible, elle est de l'ordre de 1‰. Cette inclinaison permet aux eaux excédentaires de s'écouler vers le Nord (**Dubost, 2002**). L'orientation Sud-nord de cette cuvette est marquée par la présence de deux oueds fossiles : l'oued Mya venant du tassili et l'Oued Igharghar qui viendrait du massif de l'Ahaggar. Cependant, le profil longitudinal de la région est très irrégulier : on note une succession de petits chotts communiquant entre eux par des seuils bas.

I.1.3. Hydrogéologie

Deux grands systèmes aquifères présentent les ressources en eaux souterraines dans le Sahara septentrionale : le continental intercalaire (CI), qui est un aquifère fossile constitue la formation la plus étendue et le complexe terminal (CT) qui est alimentée par les eaux de pluie (**Latrech, 1997**) (fig.3). Les potentialités de ces deux aquifères en eau ont été évaluées à 5 milliards de m³ réparties entre les deux aquifères (**Anonyme, 2000**). Le complexe terminal est plus hétérogène, il comprend : la nappe phréatique ;

- Nappe du mio-pliocène ;
- Nappe du sénono-éocène ;
- Nappe du turonien.

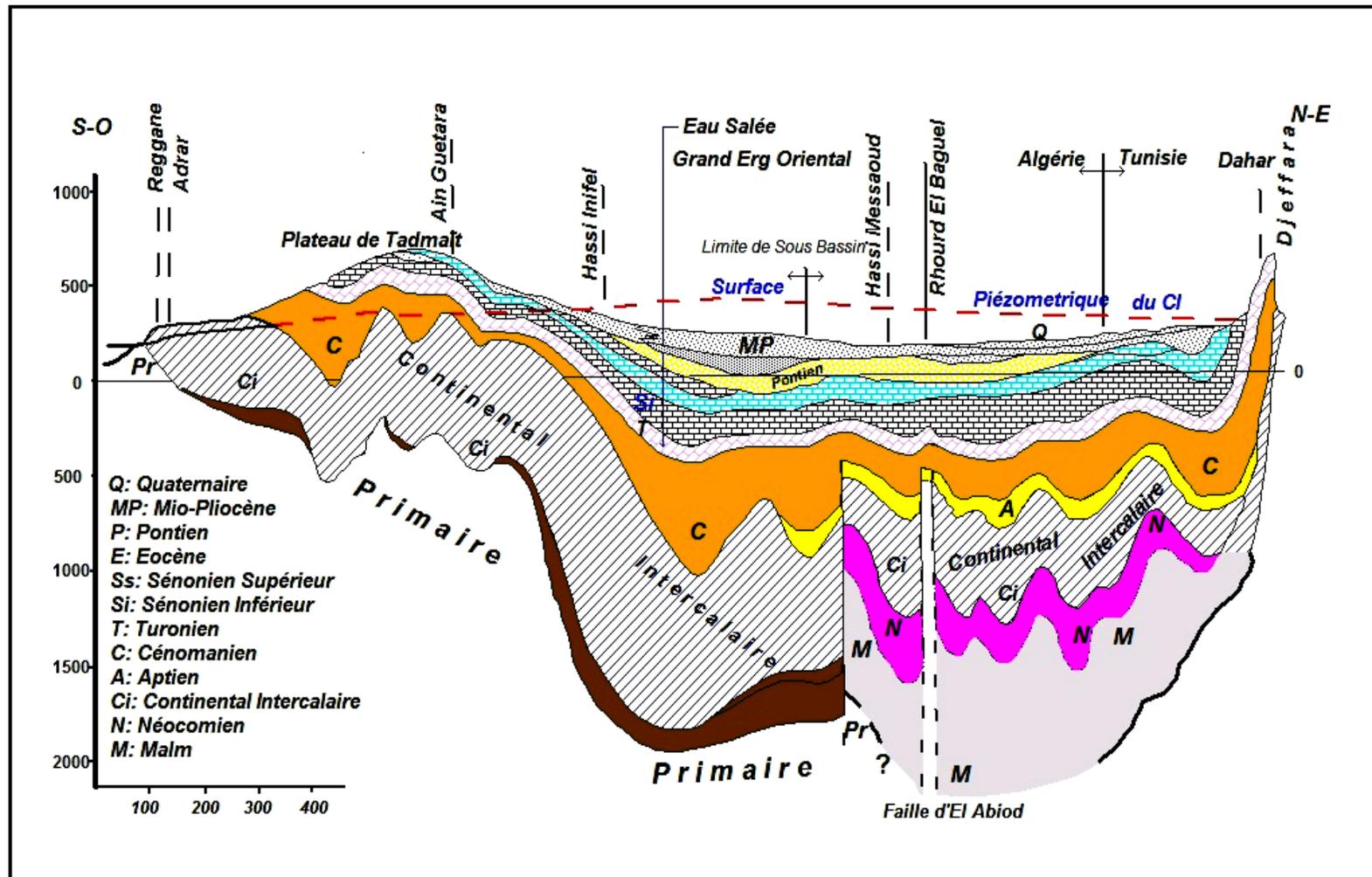


Fig.3. Coupe hydrogéologique synthétique du Sahara septentrional (UNESCO 1972, in Boukhari et al., 1998)

I.1.4. Climat

Le climat joue un rôle essentiel sur la végétation, la genèse, le type de sols et sur les activités agricoles ainsi sur l'utilisation de certaines ressources telles que l'eau. La connaissance des caractéristiques climatiques est fondamentale, pour une évaluation des besoins en eau des plantes et une détermination des facteurs qui ont un effet nocif sur leur développement (**Le Houérou et Hoste, 1977**), c'est pourquoi l'analyse du contexte climatique est la première étape à toute étude écologique. Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (**Ozenda, 1991**).

En Afrique du Nord les précipitations sont particulièrement irrégulières d'une année à l'autre, il fallait une durée d'observation minimale d'environ 20 ans pour avoir des résultats fiables. La présente caractérisation climatique est faite à partir d'une synthèse climatique de données d'une période de 40 ans (1975 – 2015) obtenus à partir de l'Office National de météorologie (**O.N.M, 2015**) de Touggourt afin de donner une grande fiabilité à nos résultats.

I.1.4.1. Facteurs climatiques

I.1.4.1.1. Précipitations

Elles constituent un facteur écologique d'importance fondamentale, par sa répartition annuelle et par sa valeur volumique. La pluviosité est un facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat ; elle conditionne le maintien de la répartition du tapis végétal d'une part et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion, d'autre part (**Djebaili, 1978**).

Dans la région de l'Oued Righ, les précipitations sont rares et irrégulières. La moyenne annuelle est de 70,03 mm (fig.4). Les quantités les plus importantes sont tombées en janvier de 14,99 mm tandis qu'une absence presque totale en juillet de 0,80 mm.

Cette variation des précipitations est importante de point de vue disponibilité d'eau aux plantes puisque les pluies d'hiver peuvent pénétrer le sol pour alimenter la nappe phréatique, tandis que les pluies d'été peuvent être perdues par l'évaporation car la surface du sol sera chaude. Cet effet est un bon explicatif de l'abondance de la végétation après un hiver plus pluvieux.

L'insuffisance de pluies sahariennes est accompagnée d'une irrégularité très marquée du régime pluviométrique et d'une variabilité interannuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse (Ozenda, 1991). La saison moyennement arrosée dans la région d'étude est l'hiver suivi de très peu en printemps ou de l'automne et très faible en été. Selon Daget (1977) in Lachachi, (2014), définit l'été sous le climat méditerranéen est la saison la plus chaude et la moins arrosée et selon la notion de Musset (1953) in Chaabane, (1993) qui consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer les classements des stations par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par l'initiale A, H, P et E, désignant respectivement l'automne, l'hiver, le printemps, et l'été.

$$Crs = \frac{Ps * 4}{Pa}$$

Tableau01. Coefficient relatif saisonnier de Musset

Région	Saison								Régimes saisonniers
	Hiver (H)		Printemps (P)		Été (E)		Automne (A)		HPAE
	Ps (mm)	Crs (mm)	Ps (mm)	Crs (mm)	Ps (mm)	Crs (mm)	Ps (mm)	Crs (mm)	
Oued Righ (1975-2015)	25,70	1,47	20,58	1,18	3,27	0,19	19,10	1,10	

Où : Ps. Précipitations saisonnières

Pa. Précipitations annuelles

Crs. Coefficient relatif saisonnière de Musset

On peut dire que la répartition saisonnière des précipitations dans la région de l'Oued Righ se traduit par un régime pluviométrique du type HP AE (tableau 1).

L'analyse de la courbe des variations annuelles de précipitations (fig.5), effectuées sur une période de quarante ans (1975-2015) montre que les années 1980, 1990, 1992,2001 et 2009 sont les plus arrosées avec une précipitation respectivement (12,75 mm ; 12,40 mm ; 11,01 mm ; 11,80 mm et 12,97 mm) et les deux années 1980 et 2011 sont les plus sèches avec 0,95 mm et 1,51 mm de précipitations.

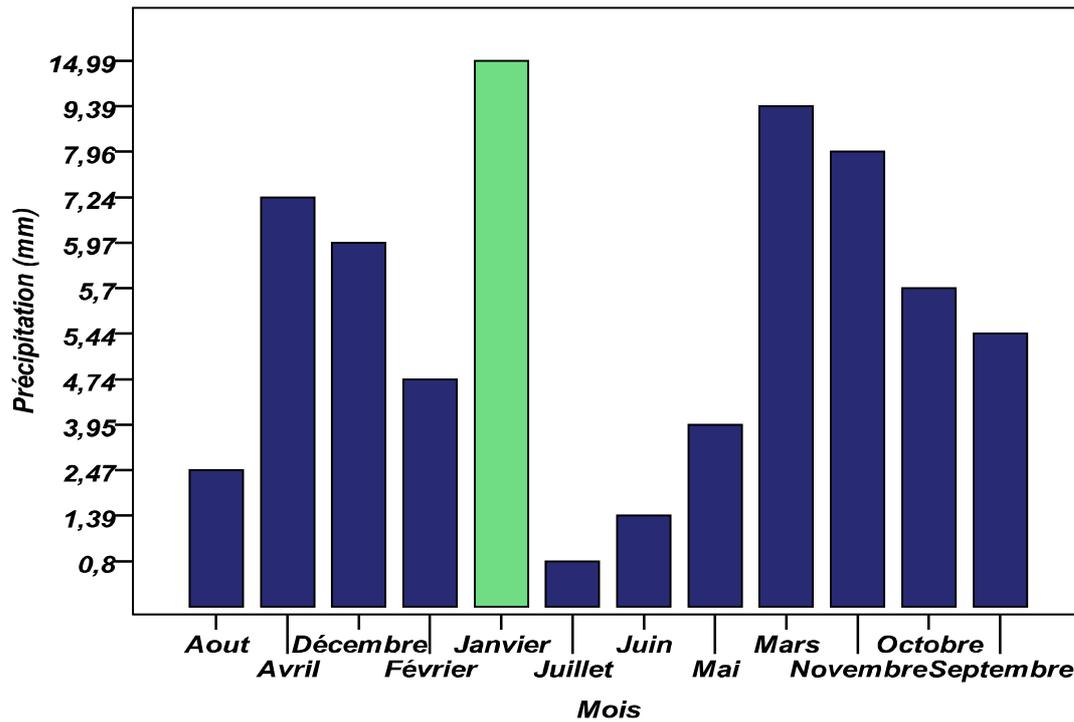


Fig.4. Moyennes mensuelles des précipitations
(Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)

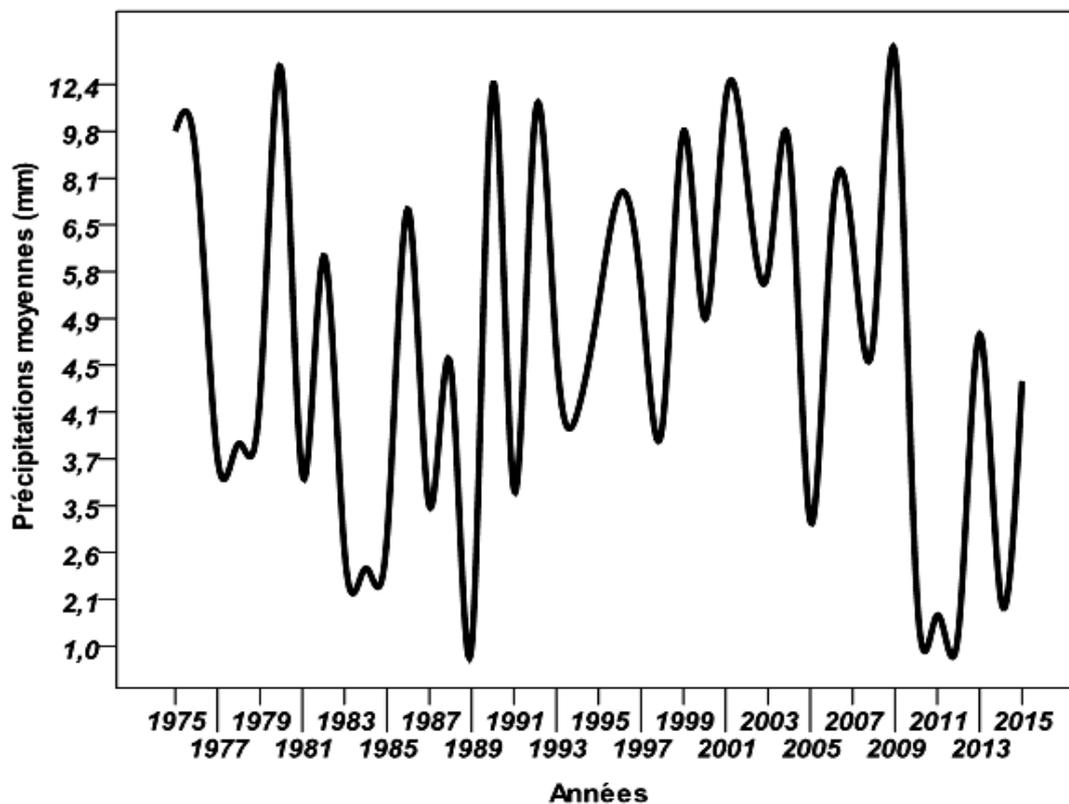


Fig.5. Évolution des précipitations annuelles de la région de l'Oued Righ (1975-2015).

I.1.4.1.2. Températures

La température est liée à la radiation solaire. Elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent influe sur le taux de salinité des eaux, ainsi elle agit sur les vitesses de croissance des végétaux comme sur tout processus organique. Selon **Prévost (1999)**, la température influence considérablement la végétation; elle est l'élément climatique le plus important dans l'aire de répartition des végétaux sur le globe (plantes des pays froids, plants des pays tempérés, plantes tropicales) ,ce qui fait que la connaissance de ce facteur est importante dans la caractérisation floristique.

Au Sahara la température maximum est de l'ordre de 40°C à 50°C pendant la période critique (juillet- août), par contre en hiver on peut observer -10°C (**Toutain, 1979**).

Les moyennes mensuelles ou trimestrielles sont fréquemment utilisées par les climatologues et fournissent des résultats plus significatifs (**Quezel et Medail, 2003**). Les moyennes mensuelles des températures de la région de l'Oued Righ confirment que janvier est le mois le plus froid avec 10,16°C par contre les températures moyennes les plus élevées, elle se situe au mois de juillet - août avec des températures respectivement (33,27°C et 32,84°C). (fig.6). La courbe de la variation annuelle de la température (fig.7), sur une période de quarante ans (1975-2015), montre que l'année 2005 la plus tempérée avec une moyenne 29,03°C tandis que l'année 1976 est moins tempérée avec une moyenne 20,35°C. En général, La température moyenne annuelle de la région d'étude est de 28,47°C, avec une minimale de 0,4°C au mois de janvier et une maximale de 37,7°C au mois d'août.

I.1.4.1.3. Vents

Le vent est un facteur climatique important sur le plan écologique car il a pour effet d'augmenter la transpiration, et le dessèchement des sols en entraînant une forte évaporation par capillarité en plus de son action érosive (**Dubief, 1963 ; Benabadji et Bouazza, 2000**). Il influe aussi sur la répartition du couvert végétal en déracinant les plantes annuelles, modifiant la morphologie des végétaux et en influant sur la répartition des graines lors de leur dissémination.

La région de l'oued Righ est en général venteuse ; avec une vitesse du vent moyen annuel est de l'ordre 3,22 m/s, la plus élevée vitesse est enregistrée pendant la période (1975-2015) d'Avril et Mai respectivement 4,08 m/s et 4,14 m/s et la plus faible en décembre avec 2,48 m/s (Fig.8). Selon **Grinev (1969)** les vents dans la région de l'Oued Righ sont plus forts à la fin de l'hiver et au printemps ; les vents de sable arrivent en mars, avril et mai, et le vent sirocco souffle principalement en juin et parfois en avril, mai et juillet. Selon **Barry et al. (1976)** Les vents d'hiver dominants sont les vents de Sud-ouest par contre en Été, les vents les plus fréquents proviennent du Sud-est (**Kherraze et Melizi, 1997**).

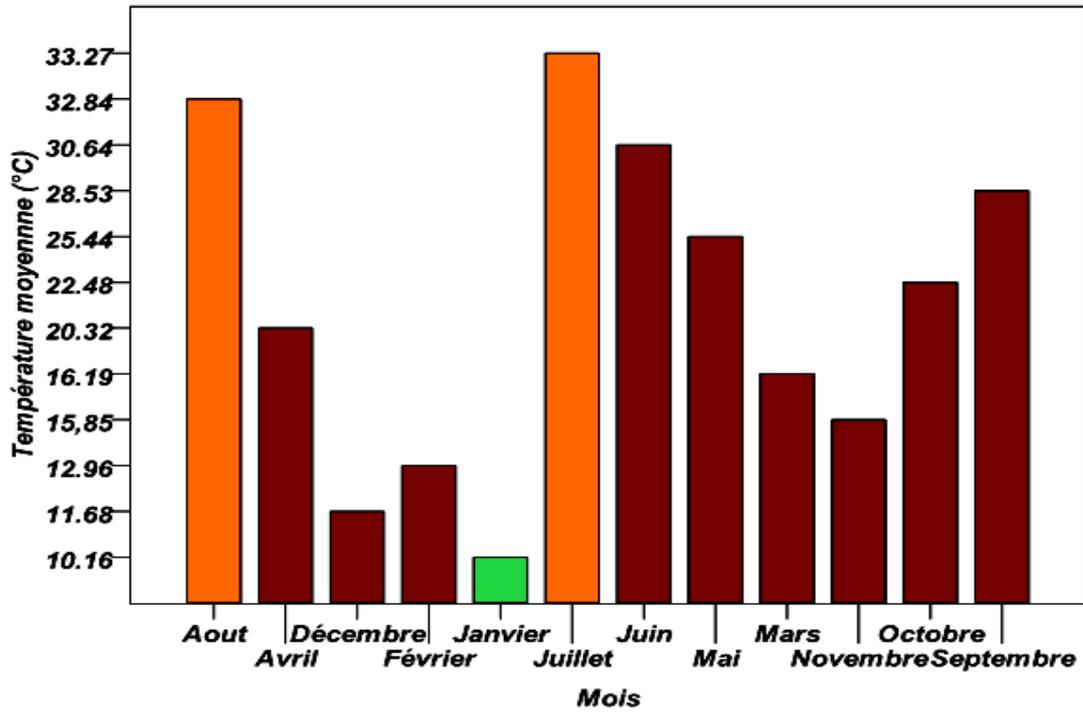


Fig.6. Moyennes mensuelles des températures moyennes (Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)

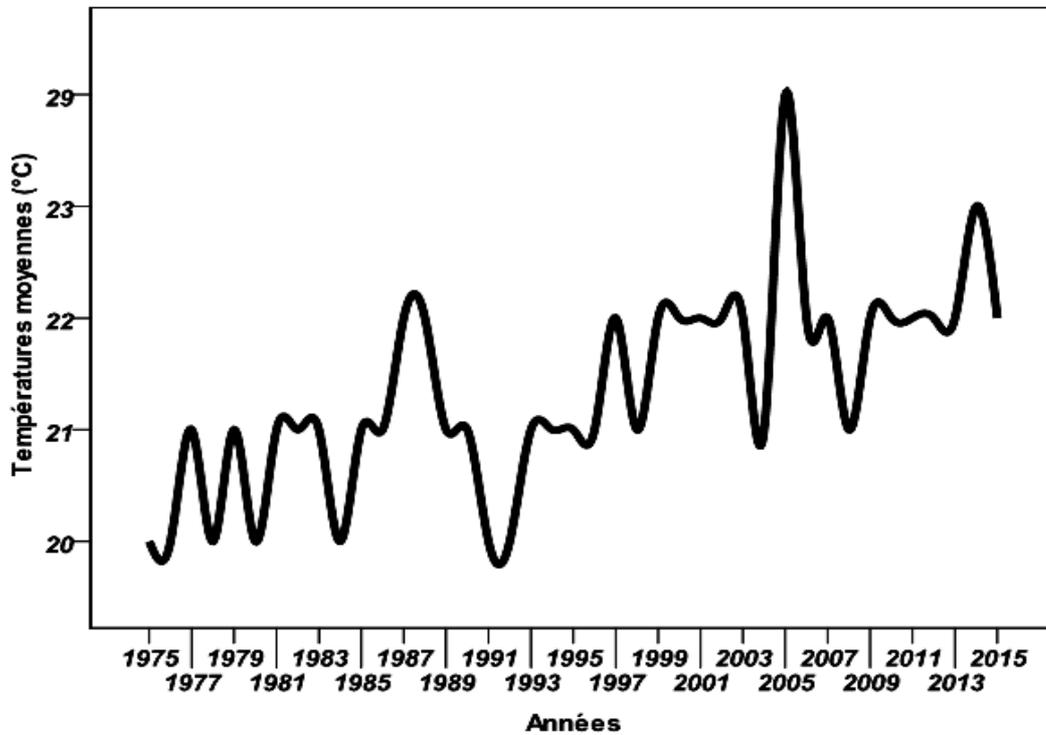


Fig.7. Evolution de la température moyenne annuelle de la région de l'Oued Righ (1975-2015)

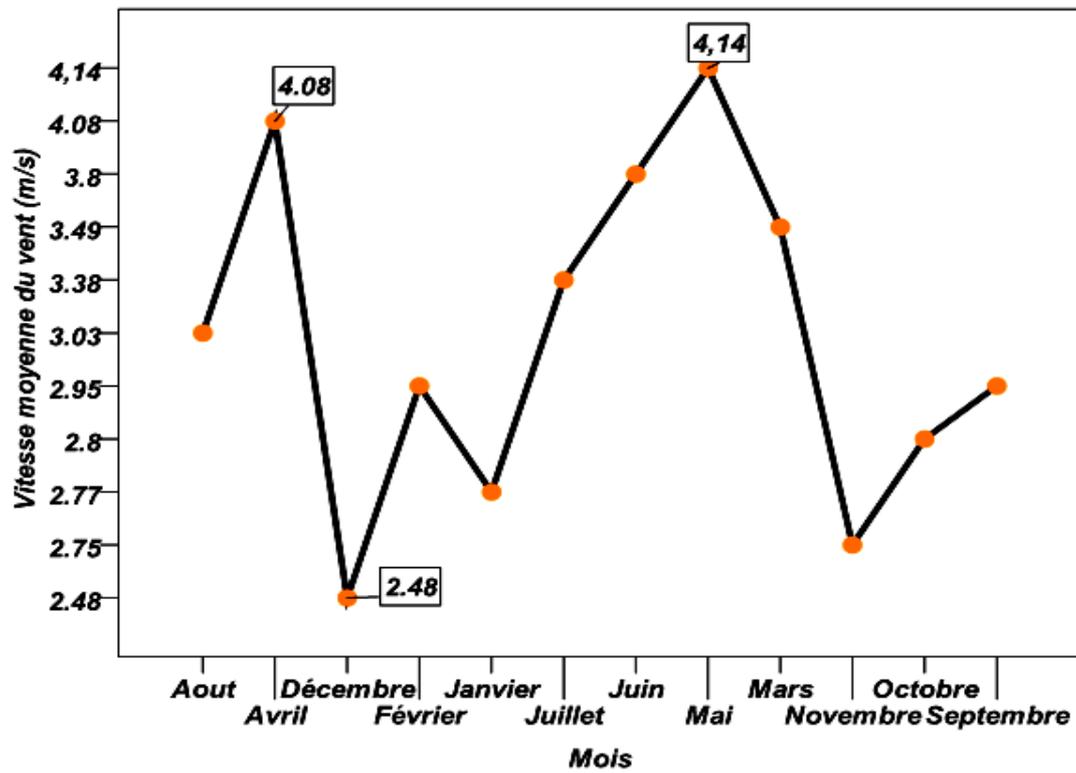


Fig.8. Moyennes mensuelles des vitesses des vents
(Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)

I.1.4.1.4. Humidité de l'air

L'humidité annuelle moyenne est de l'ordre de 48,05% pour les 40 ans (1975-2015). l'humidité la plus élevée est enregistré aux mois de novembre, Décembre, Janvier où elles sont de 61,17%¹ ; 65,48%²; 64,07 %³ respectivement et la plus basse est enregistré au mois du juillet avec 33,14%. D'une manière générale, la région d'étude est caractérisée par une faible humidité. Celle-ci influencée par la température et le vent (**Reghda, 1994**). Ce facteur est important pour les plantes, car il réduit l'évapotranspiration et la conservation du sol, entraînant une humidité de l'air plus élevée induite par l'équilibre de l'humidité du sol et la survie des plantes.

I.1.4.1.5. Evaporation

L'évapotranspiration est en fonction des facteurs précédents. Elle est d'autant plus importante que les vents sont plus forts, que les températures sont plus élevées, et que l'humidité est plus faible. D'après **Dubief (1950)**, l'évaporation se définit par l'épaisseur, exprimée en millimètres, de la couche d'eau évaporée dans l'unité du temps que l'on considère : jours, mois, année. L'évaporation moyenne annuelle de la région est de 237,96 mm/an avec un minimum de 113,82 au mois de décembre et un maximum enregistré au mois de juillet avec 426,97 mm et de 401,99 mm au mois d'août (Fig.10).

I.1.4.1.6. Insolation

En raison de la faible nébulosité de l'atmosphère, la lumière du soleil dans le Sahara est relativement forte ce qui a un effet desséchant en augmentant la température (**Ozenda 2004**). Les durées d'insolation sont très longues d'après les résultats obtenus, où elles sont de 213,68 h comme valeur moyenne minimale enregistrée en mois de décembre, et 324,39 h et 304,98 h sont des valeurs moyennes maximales enregistrées au mois de juillet et août respectivement (Fig.11). La durée moyenne annuelle de l'insolation de la région est de 3078,61 h/an.

¹ Moyenne mensuelle du mois Novembre

² Moyenne mensuelle du mois Décembre

³ Moyenne mensuelle du mois janvier

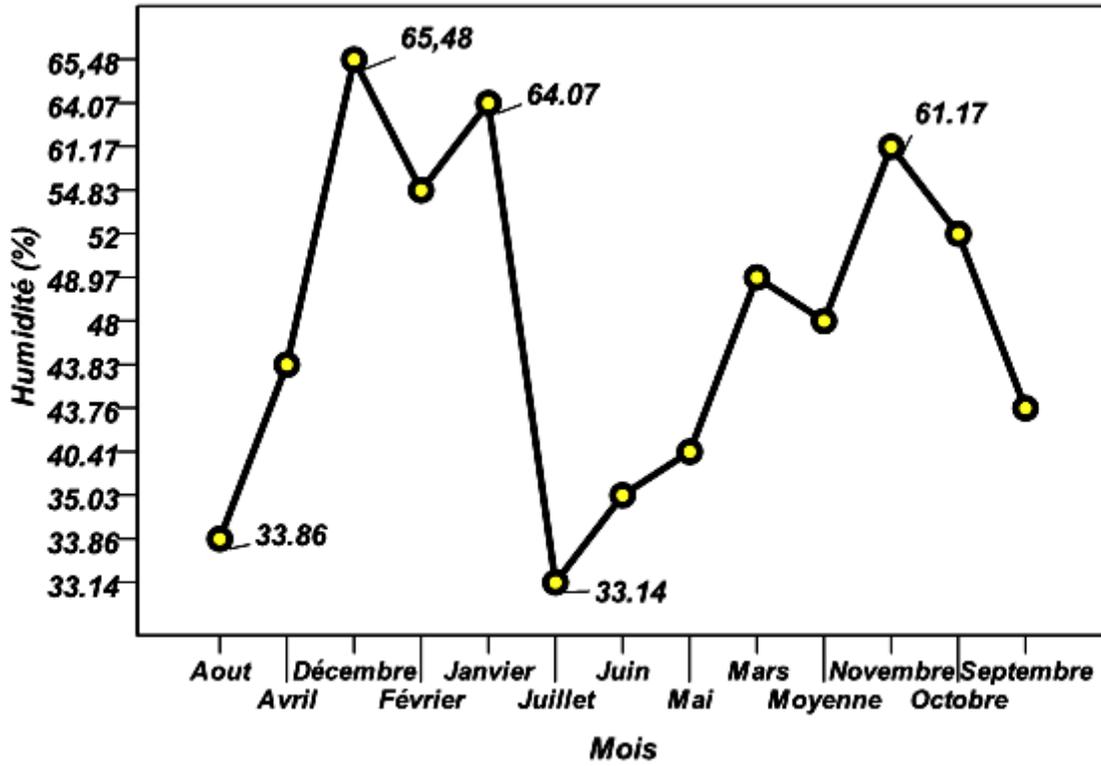


Fig.9. Moyennes mensuelles d'humidité de l'aire
(Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)

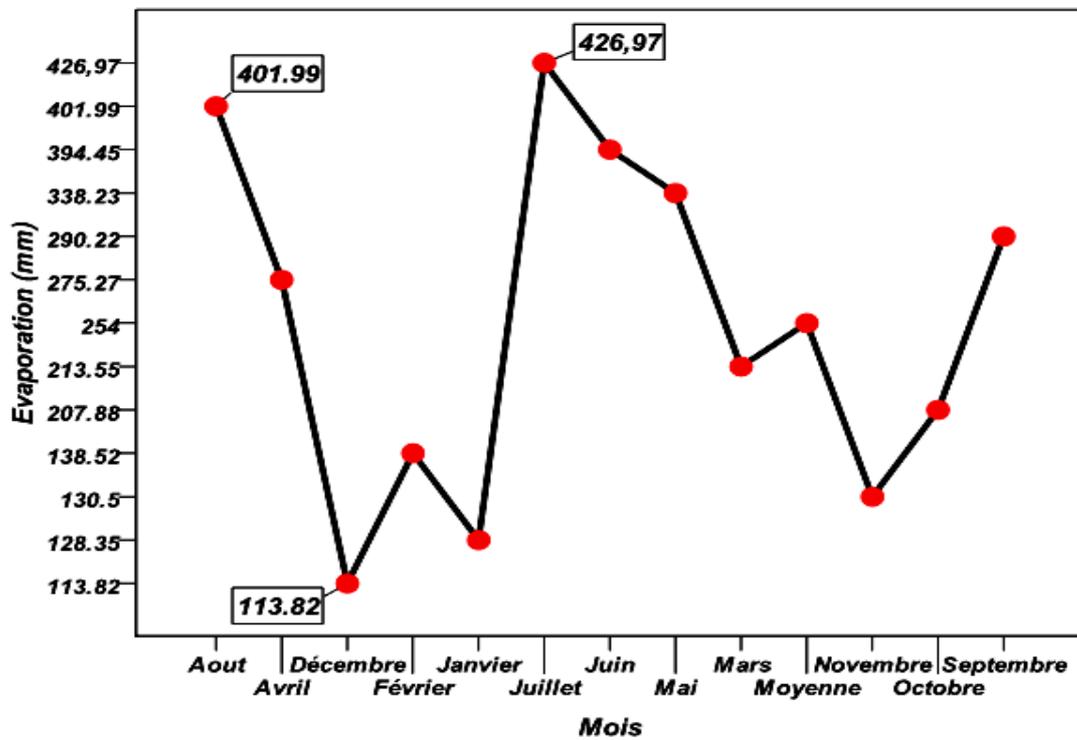


Fig.10. Moyennes mensuelles de l'évaporation
(Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)

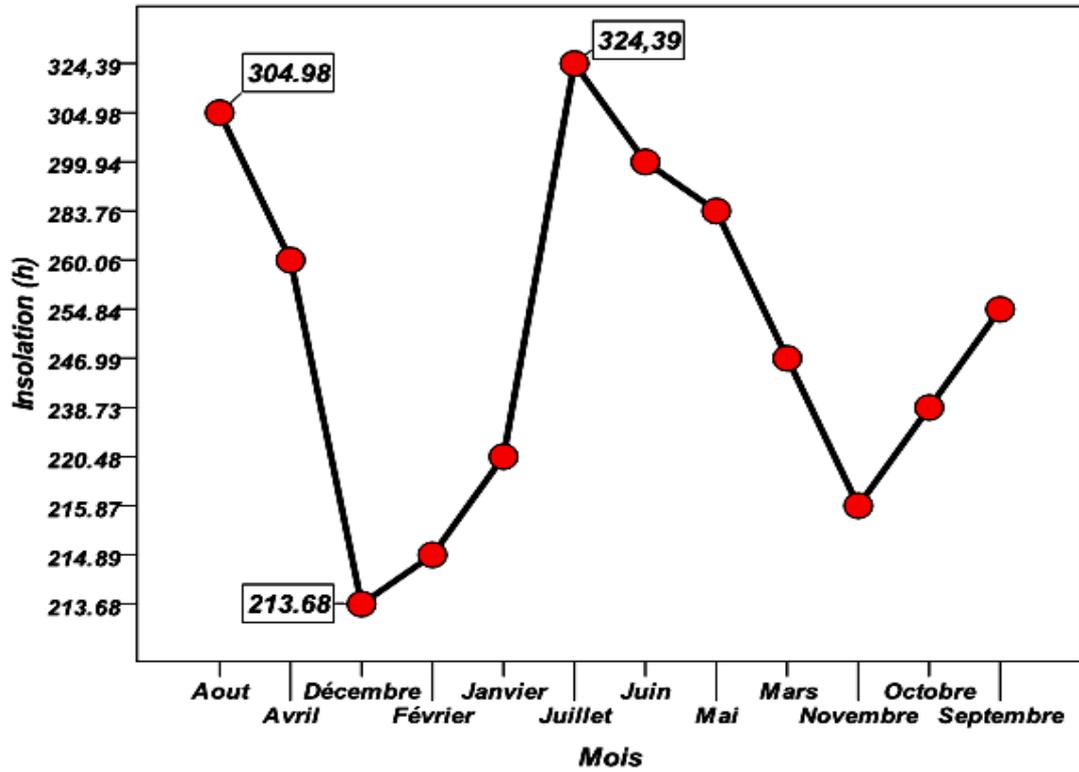


Fig.11. Moyennes mensuelles d'insolation
(Synthèse 2016. Source : O.N.M., 2015)

I.1.4.2. Synthèse bioclimatique

I.1.4.2.1. Indice d'aridité

L'aridité reflète un déficit pluviométrique permanent mais elle est liée à d'autres données climatiques spécifiques telles que : insolation forte, températures élevées, faible humidité de l'air, évapotranspiration poussée (**Mainguet, 1995**).

On a calculé l'indice d'aridité de la région selon la formule **De Martonne (1926)** $I=P/(T+10)$.

Où :

P : Total des précipitations annuelles en mm,

T : Températures moyennes annuelles en degrés Celsius,

I : Indice d'aridité.

Ainsi le total des précipitations annuelles de la région $P=70,03$ mm et la température moyenne annuelle $T=28,47^{\circ}\text{C}$ ce qui fait que l'indice d'aridité de la région de l'Oued Righ soit $I=1,82$. Selon les différentes classes ce dessous on peut dire que le climat de la région de l'Oued Righ est un climat hyperaride

$I < 5$: Climat hyperaride.

$5 < I < 7,5$: Climat désertique,

$7,5 < I < 10$: Climat steppique,

$10 < I < 20$: Climat semi-aride,

$20 < I < 30$: Climat tempère.

I.1.4.2.2. Diagrammes Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gausson (1953)** est un trace graphique formé par deux axes le premier à gauche désigne la température et l'autre à droite désigne la précipitation, ainsi que le diagramme caractérise par deux courbes l'un des pluviométries (P) et l'autre de température (T). En effet, Il met en évidence les périodes sèches et humides d'une région donnée. Bagnouls et Gausson considèrent comme sec tout mois où : $P < 2 T$.

La figure 12 est tracée sur cette base, en abscisse les mois et en ordonner les températures et les précipitations, ce qui permet de lire directement la durée de sécheresse, qui est selon le graphe long et s'étale sur toute l'année pour la région d'étude.

I.1.4.2.3. Climagramme d'Emberger

Pour situer notre région dans le climagramme d'**Emberger** nous avons appliqué la formule de **Stewart (1969)**, adoptée pour l'Algérie et le Maroc : $Q_2 = 3,43.P / (M-m)$ où on place en abscisse, la moyenne des minima du mois le plus froid, et en ordonnée le quotient pluviométrique d'**Emberger**.

3,43 : Coefficient de **Stewart** établi pour l'Algérie et le Maroc,

P : Totale moyenne annuelle des précipitations 70,03 mm,

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud 40,67°C,

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid 4,47°C.

En effet, le quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2) de la région de l'Oued Righ est de 6,63 ce qui nous permet de déduire l'étage bioclimatique de ce dernier qui est Sahara supérieur à hiver tempéré « doux » (fig.13).

I.1.5. Édaphologie

Les sols de la zone saharienne de l'Algérie contiennent des quantités significatives de sels solubles. Leur accumulation est due à la rareté des pluies qui ne pénètrent pas profondément dans le sol pour provoquer une infiltration appréciable (**Halilet 1998**). Le sable constitue la fraction minérale la plus dominante. Ses sols sont très peu fertiles à cause de sa faible teneur en matière organique (inférieure à 1%) et de sa faible réserve utile, environ 8% en volume d'eau disponible (**Daoud et Halitim, 1994**). **Sogreah (1971)** et **Abid (1995)** définissent l'origine des sols de la région d'Oued Righ comme des alluvions, des colluvions et des éoliennes. La partie amont (Blidet Amor, Temacine et Touggourt) de l'Oued Righ est composée de sols sableux éoliens peu profonds avec croûte de gypse et la partie aval (Sidi Amrane, Djamaa et Tendla) de sols sableux aigus plus profonds avec incrustation de gypse plus récent (**Mtimet et Hachicha, 1998**) les sols deviennent tous hydromorphes (Sidi Khilil, El M'ghiar et Oum Thiour) dans les dépressions super-salées composées d'alluvions fines.

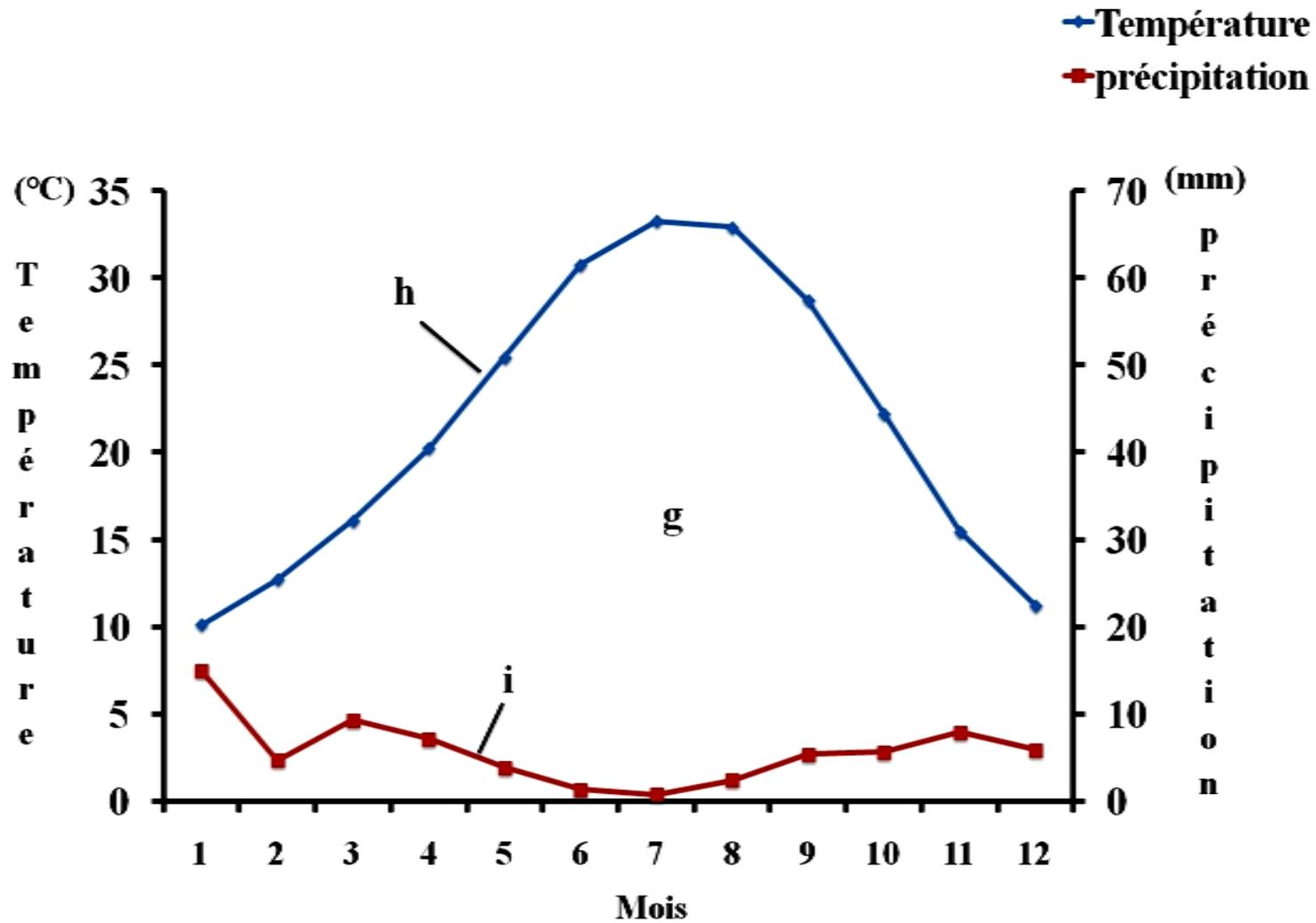


Fig.12. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de l'Oued Righ., g: période sèche, i: courbe de précipitation, h: courbe de température

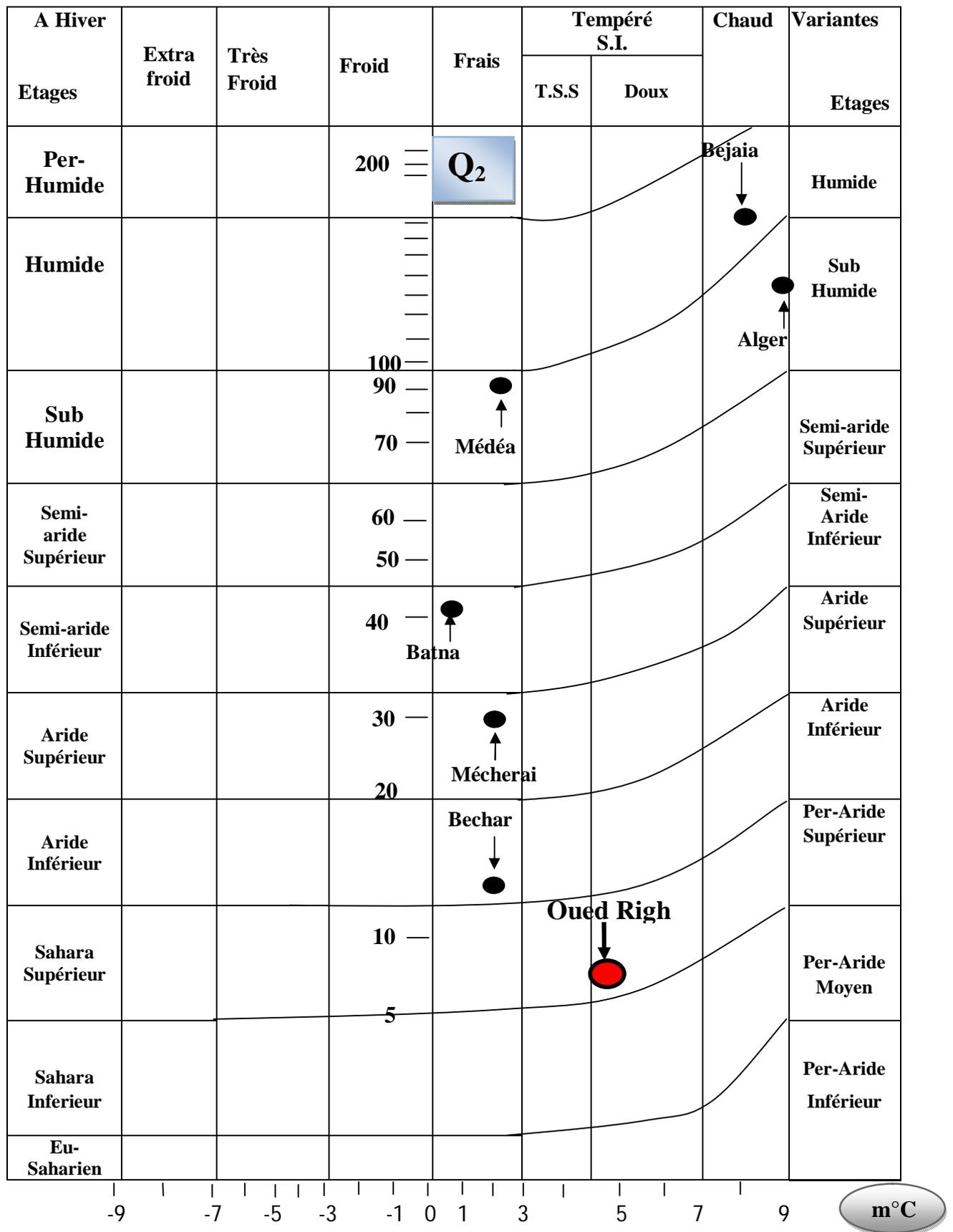


Fig.13. Climagramme d'Emberger de la région de l'Oued Righ

I.2. Généralités sur les halophytes

I.2.1. Définition

Bien que les halophytes aient été reconnus depuis des centaines d'années, leur définition reste équivoque (**Flowers et Colmer 2008**). Il existe de nombreuses définitions des halophytes; certains reflètent les antécédents scientifiques des chercheurs qui définissent ces plantes. Ainsi, certains auteurs les définissent comme « des plantes cultivées sur des sols salins » ou comme « des plantes qui poussent exclusivement sur des sols salés » ou comme « des plantes tolérantes au sel » ou comme « des plantes qui poussent et se perfectionnent tout le cycle de vie dans les habitats où la teneur en sel est élevée », ou encore plus comme « des plantes qui se développent sur des sols dont la salinité peut aller jusqu'à 30 g. kg⁻¹ de sol sec » ou « les plantes qui survivent se reproduisent dans des environnements où la concentration en sel est d'environ 200 mM NaCl ou plus », ou « les plantes qui tolèrent l'excès de sel » (**Fernald, 1950 ; Dansereau, 1957 ; Caspers, 1964 ; Waisel, 1972 ; Hubac, 1990 ; Flowers et Colmer, 2008 ; Quinn 2009**). Sur le plan écologique, on prend la définition la plus simple et la plus large de **Grigore (2008a, b), Grigore et al. (2010)**, que les halophytes doivent être considérées toutes les espèces qui végètent dans les habitats salins.

La définition des halophytes comme des plantes tolérantes au sel reste une définition insuffisante puisque nous reconnaissons que toutes les plantes tolérantes au sel ne sont pas des halophytes, un bon exemple est *Cynodon dactylon*, le *Bermuda Grass*, qui pousse parfois dans des conditions salines, mais le plus souvent sur des sols non salins.

I.2.2. Classification des halophytes

Trois critères majeurs, selon lesquels les halophytes ont été classées. Ainsi, certains auteurs ont pris en compte la teneur en sel des habitats indigènes, d'autres ont tendance à souligner l'importance de l'origine du sel et ont catalogué les halophytes appropriées. Enfin, certains ont souligné la réponse des plantes à la salinité (**Grigore 2008b**). En effet, dans ce titre, on présente quelques classifications données par plusieurs auteurs cités in **Grigore 2008b** à savoir :

Harmer et al. (1953), divise les espèces agricoles glycophiles et halophiles en quatre catégories en fonction de leur réponse à la salinité:

1. plantes qui ne montrent aucune réponse au sodium dans des conditions de carence en potassium;
2. plantes qui répondent positivement au sodium en cas de carence en potassium;
3. plantes présentant une réponse légèrement positive au sodium lorsque le potassium est abondant;
4. plantes présentant une réponse positive au sodium lorsque le potassium est abondant.

Bucur et al. (1957) divise les halophytes en xerohalophytes, hygrophalophytes mezohalophytes :

1. Xerohalophyte sont strictement adaptés à la salinité et à la sécheresse en période de développement végétatif maximal ;
2. Hygrohalophytes sont adaptés à la salinité et à l'humidité permanente dans le sol ;
3. Mezohalophytes sont adaptables à la salinité et l'humidité intermédiaire dans le sol.

D'autres classifications prennent en compte un autre critère, à savoir le contact entre les sels et les tissus des différents organes de la plante exposés à la salinité. Ainsi, dans les habitats terrestres, le contact se produit entre les racines et la salinité du sol (halophytes terrestres). Dans les habitats marins ou dans le sel marin, les sels entrent en contact soit avec les racines de la plante (hygrohalophytes) soit avec le corps entier de la plante (halophyte submergé ou hydro halophytes). Plantes côtières ou désertiques, dont les organes sont affectés par des particules de sel ou des éclaboussures de sel, sont appelées aérohalophytes (**Waisel, 1972**).

Un autre type de classification a été proposé par **Topa (1939 in Le Houérou 1993)** pour les communautés halophytes de la Roumanie, distinguant les catégories suivantes:

1. Halophytes obligatoires (ou obligatoires) dont la croissance et le développement nécessitent la présence de sels ou sont renforcés par la présence de sels; ceux-ci correspondent grossièrement aux hyperhalophytes, par ex. *Arthrocnemum glaucum* (Del.) Ung., et *Salicornia europaea*.
2. Les halophytes préférés (ou préférentiels) ne sont pas entièrement liés à la salinité mais montrent un meilleur développement et une plus grande agressivité dans des conditions salines, par ex. *Atriplex* spp., *Tamarix* spp., *Maireana* spp., *Populus euphratica*, *Eleagnus angustifolius*, *Salvadora persica*, *Hedysarum carnosum*, etc.
3. Les halophytes persistantes sont capables de vivre dans des conditions salines, mais se développent encore mieux et sont plus agressives dans des environnements non salins ou légèrement salins, par ex. *Scirpus* spp., *Juncus* spp., *Cyperus* spp., *Carex* spp., *Phragmites* spp., etc.
4. Les halophytes occasionnelles se comportent normalement comme des glycophytes, mais sont parfois trouvées dans des milieux salins; ils correspondent, en partie, aux hypohalophytes (halophytes tolérantes à des niveaux relativement faibles de salinité du sol), et en partie avec les pseudos-halophytes dans la mesure où certains d'entre eux suivent une stratégie d'évitement du sel, par ex. *Mucuna poggei*.
5. Les halophytes accidentelles sont des glycophytes qui se produisent dans un environnement salin par hasard, par exemple consécutives à une inondation qui a pu avoir temporairement lessivé la couche supérieure du sol.

I.3. Généralité sur les taxons étudiés

I.3.1. *Traganum nudatum* Del.

Le genre *Traganum* Delile, qui appartient à la sous-famille Salsoloideae, est représenté dans la famille des Amaranthaceae par une espèce végétale pérenne, *Traganum nudatum* Delile.

Le *Traganum nudatum* Del., est une espèce saharienne non menacée, classée «C» (IUCN, 2005) et inscrite sur la liste floristique de plusieurs sites protégés répertoriés par le Centre mondial de surveillance continue de la conservation de la nature du PNUE (United Nations Environment Programme). Il s'agit d'une espèce xerohalophyte, chamæphytes : les bourgeons étaient situés à moins de 50 cm du sol (<50 cm de hauteur) (Nedjimi et al., 2012), cosmopolite (Mroczek, 2015) (fig.14).

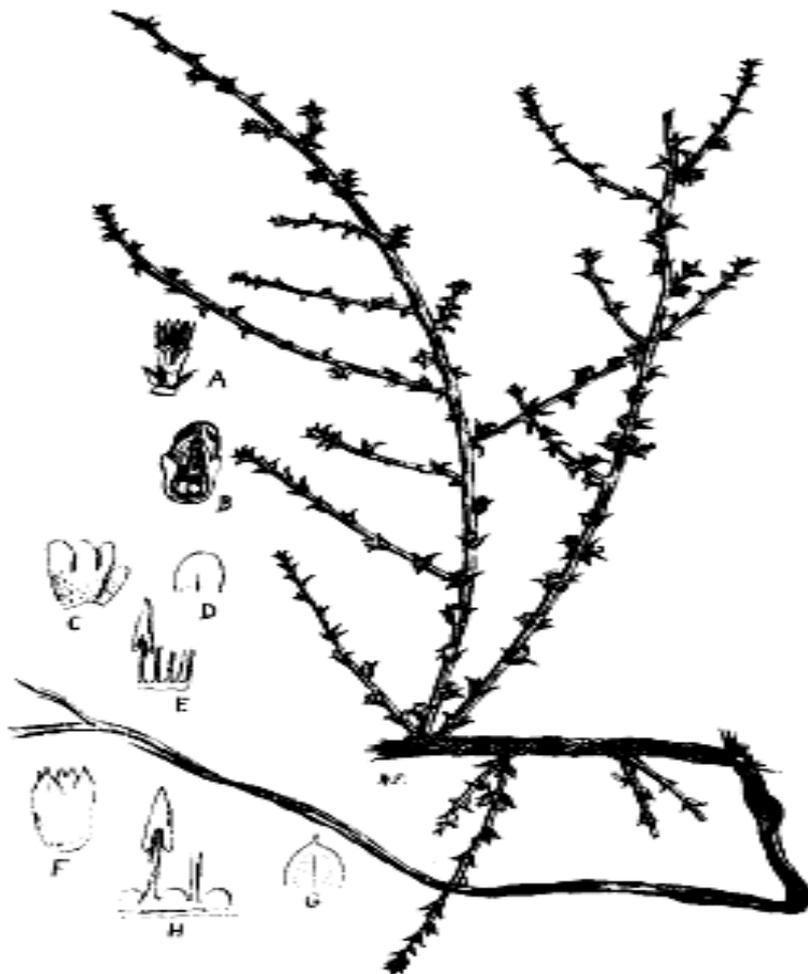


Fig.14. Une vue générale de *Traganum nudatum* Del. (A) fleur sans périlanthe ; (B) : fleur (coupe verticale) ; (C) périlanthe ; (D) division du périlanthe ; (E) étamine et disque staminifère : (F) périlanthe (G) division du périlanthe (H) étamine et disque staminifère. (Maire, 1962)

I.3.1.1. Aire géographique de l'espèce

Le *Traganum nudatum* peuple les dunes du grand Erg Oorientale le plateau pierreux (Kherraze et al., 2010), et dans tout le Sahara septentrional et central. La plante recouvre une grande surface des wilayas d'Ouargla, El-Oued, Ghardaïa et Tébessa au nord centre du Sahara (Zerrouki, 1996). C'est une espèce saharo-arabique, très répandu en Afrique du Nord et en Asie (Mauritanie, Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Égypte et Arabie Saoudite) (IUCN, 2005).

I.3.1.2. Intérêt de *Traganum nudatum* Del.

À côté à d'autres plantes de la famille des Amaranthaceae à usage thérapeutique, comme *Cornulaca monacantha* Del et *Haloxylon articulatum* Boiss, le *Traganum nudatum* est une plante médicinale traditionnelle dans le sud algérien contre la diarrhée et les exténuations, les plaies et les maladies cutanées, les différentes formes du rhumatisme, les dermatites, les otites, les hémorroïdes et le mal de dos particulièrement la douleur au bas du dos. La partie utilisée est la feuille et son mode d'utilisation est la macération, la poudre ou la pommade (Ould El Hadj et al., 2003; Kalla, 2012).

Ainsi, le *Traganum nudatum* avec d'autres espèces telles qu'*Aristida pungens*, *Zilla spinosa*, *Calligonum comosum*, *Anabasis articulata* et *Limoniastrum guyonianum*, considérées parmi les espèces les plus appétissantes dans les études antérieures menées dans les pâturages de chameaux (fig.15) (Le Houérou, 1995 ; Chehma, 2006 ; Longo-Hammouda et al., 2007 ; Chehma et al., 2010 ; Lakhdari et al., 2015). les parties sont des feuilles et des rameaux tendres (Zerrouki, 1996 ; Bouallala et al., 2011).

I.3.1.3. Systématique de *Traganum nudatum* Del.

I.3.1.3.1. Classification

Boumlik, 1995 ; Quezel, et Santa, 1963, a classé cette espèce comme suit :

Nom courant	Tragan Dénudé
Nom usuel en arabe	Edh-dhamrane
Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Apétales
Série	Apétales unisexuées
Ordre	Centrospermales

Famille	Chénopodiacées ou Amaranthaceae (APG classification)
Genre	<i>Traganum</i>
Espèce	<i>nudatum</i>
Nom scientifique	<i>Traganum nudatum</i> Del.

Le *Traganum nudatum* est appelé encore en Arabe « Dhamrane » et en Barbère « Ascaf, Tarhar, Tarhit, Tidja, Tazra » (Foureau F, 1896 ; IUCN, 2005).

I.3.1.3.2. Synonymes (Maire, 1962⁴)

Traganum nudatum Delile (1813)

Traganum nudatum var. *obtusatum* Maire et Weiller

Traganum nudatum var. *acuminatum* (Maire & Weiller) Maire

Traganum acuminatum Maire & Weiller (1939)

Traganum nudatum var. *microphyllum* Maire (1939)

I.3.1.4. Description l'espèce

Le *Traganum nudatum* est un feuillu vivace de la famille Chénopodiacées (Boumlik, 1995), sa hauteur est de 40-50 cm, des tiges rameau souvent effilées, à écorce grise ou brunâtre, fissurée, les feuilles alternes, charnus, ovoïdes-trigones, obtuses et brièvement apiculées au sommet, évasées à la base en une gaine légèrement embarrassante, portant dans son aisselle une touffe de longs poils blancs, laineux, ou une fleur avec 2 bractéoles également laineuses à la base de sorte que tous les nœuds sont pourvus d'une laine blanche qui persiste lorsque les feuilles sont tombées. Graine horizontale oblongue (Maire, 1962).

La floraison se produit durant le printemps en formant de modestes fleurs qui se regroupent en deux à trois fleurs. Notons enfin que la plante garde sa forme durant l'été avec jaunissement des feuilles (Boumlik, 1995).

I.3.2. *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb

Halocnemum Bieb est un genre d'arbustes halophytes appartenant à la sous-famille Salicornioideae, est représenté dans la famille d'Amaranthaceae par une seule espèce pérenne, *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Bieb.

Le *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Bieb a été décrit par Pallas (1771) sous le nom de *Salicornia strobilacea* sur des échantillons de la mer Caspienne. Il s'agit d'une espèce hygrophalophyte (Le Houérou, 1995), chamæphytes (Chenchouni, 2012 ; Salemkour et al., 2012) et cosmopolite (Salemkour et al., 2012) . En Italie, elle est classée comme une espèce vulnérable en fonction du statut IUCN national (Sandro et al., 2001) (fig.15).

⁴ Page121-122

I.3.2.1. Aire géographique de l'espèce

H. strobilaceum est distribuée de l'Europe du sud-est à travers l'Asie à la Mongolie et à l'Afrique du Nord (Nilhan et al., 2008), principalement dans des zones de macro-bioclimat méditerranéen, de maquis désertiques, arides ou semi-arides (pluviosité habituellement entre 40-300 mm) à l'altitude entre 0-2000 m ASL. Selon Bacchetta et al., (2012), on retrouve cette espèce en Europe de l'Est, de la Grèce à l'Ukraine, territoires irano-touraniens (Anatolie, Caucase, Iran, Irak, Afghanistan, Pakistan), Arabie, Chine, Mongolie, Sibérie, Kazakhstan. On peut également la rencontrer dans les régions présahariennes (Hodna, sud Tunisien) ; manque au Sahara central sauf dans le nord-est du Tassili-des-Ajjer) (Ozenda, 2004) Le *H. strobilaceum* possède des peuplements plus vastes et croît principalement dans les déserts salés, les lacs salés, les dépressions intérieures, où la principale source de sel est continentale et sur les bords des alluvions en général les habitats de cette espèce sont salins (Qu et al., 2007 ; Liu, 1985).

I.3.2.2. Intérêt de *Halocnemum strobilaceum* (Pall.)

Ozenda (1991) mentionne que beaucoup de plantes à feuillage mou ou charnu, notamment les crucifères, les légumineuses et quelques Chénopodiacees (Amaranthaceae « APGIII⁵ ») sont broutées par tous les animaux. Le Houerou (1995), concéder cette plante comme une plante non-palatable d'après son étude sur les halophytes forgeries dans le bassin Méditerranéen. Dans notre région d'étude peu des animaux appréciés cette plante (kherraze et al., 2010), surtout les petits ruminants, probablement à cause de sa forte teneur en sel, par contre les dromadaires sont les mois exigeants et s'accoutument à tous les plante de la famille Amaranthaceae épineuses et d'arbuste comme celle de notre plante d'étude. Elle est plus agréable à la fin de l'automne saison des pluies. Elle se trouve également à côté à d'autres espèces des zones salées telles que *Tamarix gallica* L, *Tamarix articulata* Vahl., une source de bois de feu au bénéfique des nomades et à la population sédentaire de la région d'étude (kherraze et al., 2014). Elle est utilisée fréquemment dans la réhabilitation ou l'établissement de pâturages halophytiques. La contribution de la biomasse est d'environ 0,15-0,25 t MS / ha (Gintzburger et al., 2003).

⁵ Espèce traditionnellement incluse dans la famille des Chénopodiacees mais selon la nouvelle classification APG III (groupe III des Angiospermes Phylogénie), les Chénopodiacees sont maintenant appelées Amaranthacées. Des études moléculaires et morphologiques ont montré que les Chenopodiaceae sont très proches des Amaranthaceae et, selon certains, les deux familles peuvent être fusionnées. (The Angiosperms Phylogeny Group, 1998, 2003, Judd et Ferguson, 1999).

I.3.2.3. Systématique de *Halocnemum strobilaceum* (Pall.)

I.3.2.3.1. Classification

Nom usuel en arabe Ghessal (**Foureau, 1896**) ou bien Guerna, barbite (**kherraze et al. 2010**)

Domaine	Eucaryotes
Sous-genre	plantae
Division	Angiosperme
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Caryophyllales (APG classification)
Famille	Chénopodiacées ou Amaranthaceae (APG classification)
Sexe	<i>Halocnemum</i> Bieb.
Espèce	<i>H. strobilaceum</i>
Nom binomial	<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) Bieb., 1819

I.3.2.3.2. Synonymes (Maire, 1962⁶; Bacchetta et al., 2012)

Halocnemum strobilaceum (Pall.) M. Bieb., Fl. Taur.-Caucas. (1819)

- Homotypique:
 - *Salicornia strobilacea* Pall., Reise (1771)
 - *Halopeplis strobilacea* (Pall.) CES. (1874)
- Hétérotypique :
 - *Halostachys perfoliata* (FORSSK.) MOQ. (1849)

I.3.2.4. Description des l'espèce

H. strobilaceum est un arbrisseau très ramifié de 0,20 à 1,20 m de hauteur, tronc brun ou gris-brun, à écorce lisse. Rameaux d'abord parfois couchés, très rameux, à rameaux secondaires dressés. Parties herbacées vertes et glabres ; rameaux cylindriques, aphyllés, alternes ou parfois opposés, noueux ; ramules turionaux articulés, à articles très courts, bilobés au sommet par des saillies obtuses, constituées par les parties libres des feuilles. Brachyblastes très courts, gemmiformes, à 4 rangs de feuilles très courtes, largement ovales, arrondi au sommet, sessiles, plus larges que long. Épis florifères latéraux et terminaux, courts, ovés ou cylindriques, les latéraux opposés, formant des épis composé, denses et longs (5-15 cm) (**Maire, 1962**). Les feuilles trapues, vert bleuté et en forme d'écailles entourent la tige à chaque nœud. Les fleurs sont hermaphrodites et très petites, et sont disposées en trois verticilles sur la partie supérieure des branches (**Grigore, 2014**) (fig16).

⁶ Page 95



Fig.15. *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb (Grigore, 2008a)

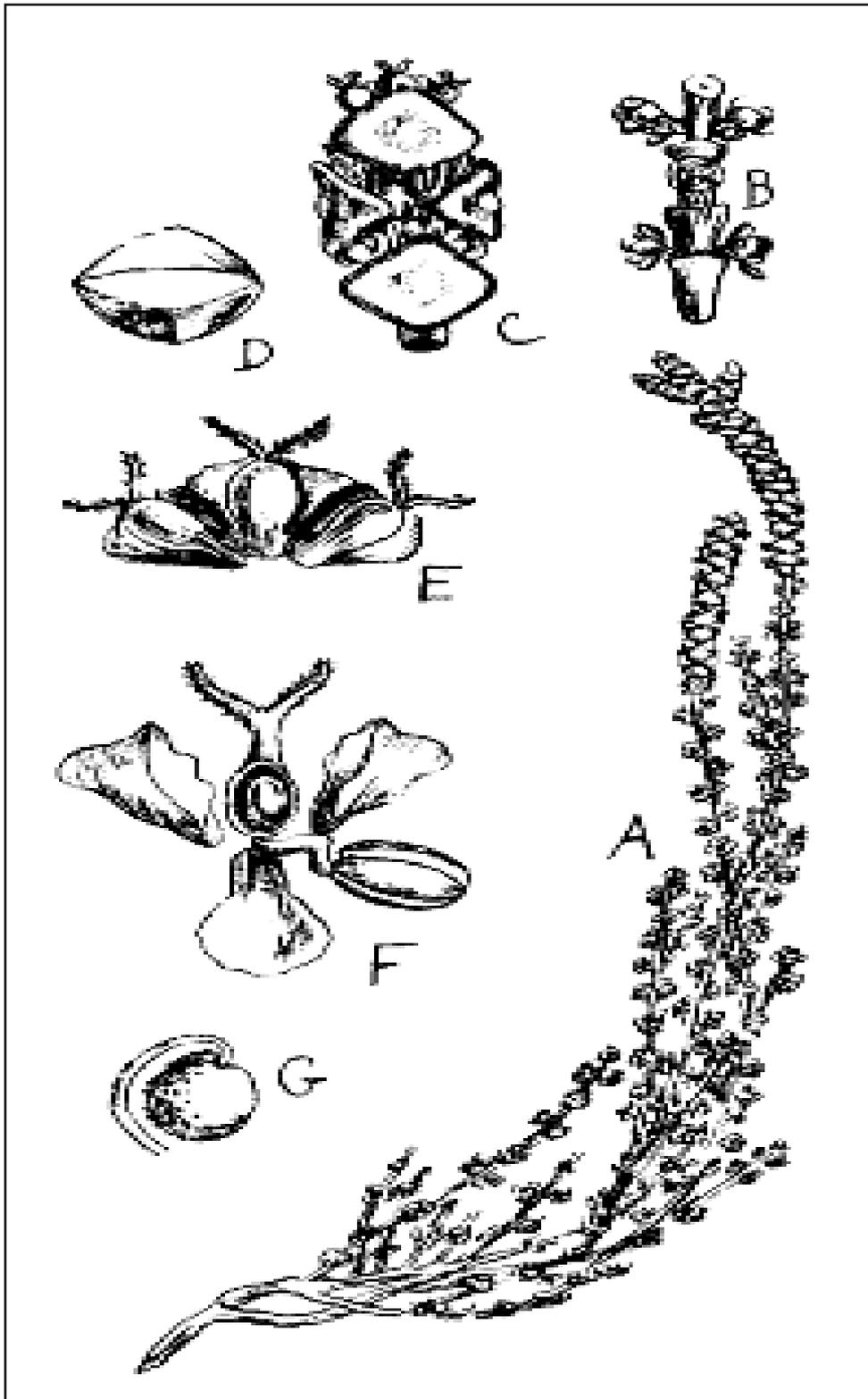


Fig16. *Halocnemum strobilaceum* : (A) Port, (B) Fragment d'épis florifère, (C) Fragment d'épi florifère, (D) Feuille florale, (E) Fleurs, (F) Détail de parties florales, (G) Graine. (Maire, 1962).



CHAPITRE II
MATÉRIELS ET MÉTHODES

CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

II.1. Étude à grande échelle

II.1.1. Choix de stations

Une station correspond à une étendue de terrain d'une superficie variable où les caractères microclimatiques et pédologiques sont relativement homogènes (Aubert, 2007). Le choix des stations est dirigé par une première vision à l'échelle paysagère de la station qui nous amène à choisir les éléments les plus représentatifs. Tels que les différentes formations végétales (Gehu, 1980), et par l'homogénéité floristique : apparition plus ou moins régulière de combinaisons définies d'espèce, c'est-à-dire répétitive de la combinaison floristique, on pourrait parler d'échantillonnage subjectif (Gounot, 1969). C'est la forme la plus simple et la plus intuitive d'échantillonnage orienté par la présence des peuplements halophytes et plus précisément de *Traganum nudatum* et de *Halocnemum strobilaceum* qui présentent des aspects très différents d'une station à l'autre, en tenant compte de l'altitude.

Les prospections du terrain nous ont permis de choisir 06 stations (tableau 2). La station de Temacine et Blidet Amor situent au sud de l'Oued Righ, et la station de Tendla, Djamaa, Oum Thiour et El M'Ghair situent au Nord de la région (fig. 17a et fig.17b).

Tableau 2. Stations d'études dans la région de l'Oued Righ

	<i>Stations de T.nudatum</i>	<i>Stations de H.strobilaceum</i>
Sud de la région	Temacine	Blidet Amor
Nord de la région	Tendla (Djamaa)	Djamaa
	Oum Thiour	El M'Ghair

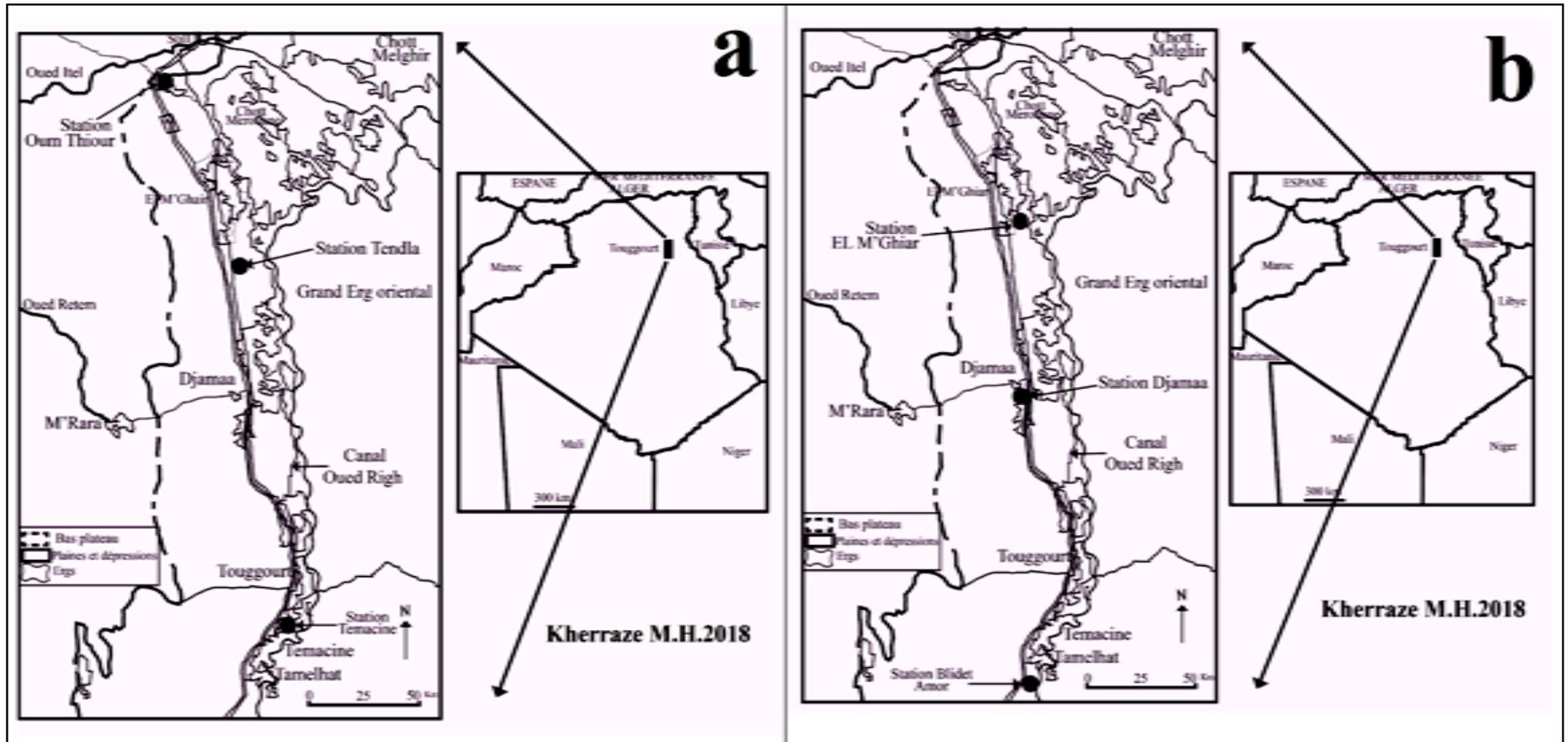


Fig.17a.Position des différents sites étudiés de *Traganum nudatum*

Fig.17b.Position des différents sites étudiés de *Halocnemum strobilaceum*

II.1.2. Description de stations

II.1.2.1. Stations sud Oued Righ

- **Station de Blidet Amor (*H.strobilaceum*)**

La station de Blidet Amor est situé sur la partie sud de la région de l'oued Righ (latitude 32° 57' 78" Nord, longitude 5° 59' 50" Est) non loin de palmeraies et au drain secondaire et s'élève à une altitude de 80 m. Elle se trouve à 22 km au sud de Touggourt sur le chemin menant à Temacine - el Goug. La morphologie de la station est sebkha avec des efflorescences salines. Ce milieu halohydromorphe est particulièrement favorable à l'installation de l'espèce étudiée en constituant une nappe à *H.strobilaceum* (fig.18 et fig.19).

- **Station de Temacine (*Traganum nudatum*)**

La station de Temacine se trouve aussi dans la partie sud de la région de l'Oued Righ (latitude 33° 01' 67" Nord, longitude 6° 00' 20" Est) à 13 km au sud de Touggourt et 0,67 km de la route nationale N°3, non loin de l'agglomération et des palmeraies de sidi Amor. Elle s'élève à une altitude de 78 m, la géomorphologie de la station est dunaire. Elle est caractérisée par une végétation xéromorphe dominée par *Traganum nudatum* avec une répartition et un faciès différent liés aux facteurs écologiques stationnels (fig.20 et fig.21).



Fig.18. Image satellitaire 13/06/2017 de la station de Blidet Amor (S.BA)

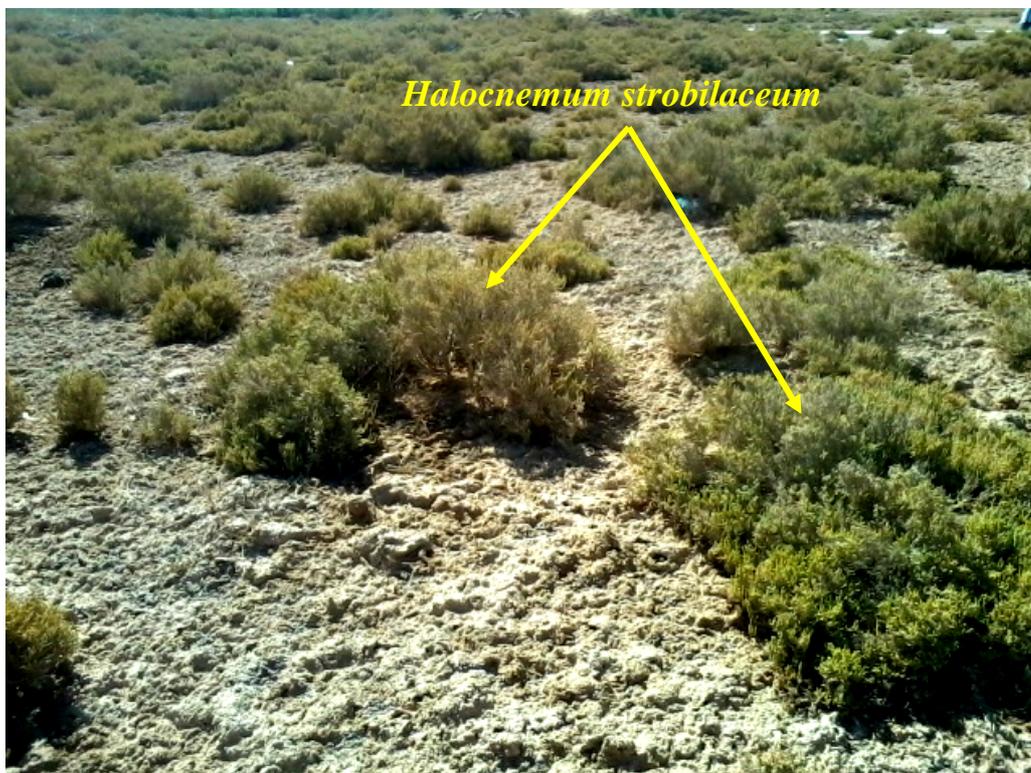


Fig.19. Nappe à *Halocnemum strobilaceum* : station Blidet Amor « Sebka »
(photo prise en 10-2014)



Fig.20. Image satellitaire le 20/06/2017 de la station Temacine (S.T)



Fig.21. Station Temacine « ensablée » (photo prise en 11-2014)

II.1.2.2. Stations nord Oued Righ

- **Station Djamaa** (*Halocnemum strobilaceum*)

La station située au Nord de la région nommée par le moyen oued Righ à cause de sa situation entre le haut qui se présente par les deux stations précédentes et le bas qui se présente par la station d'Oum Thiour (latitude 33° 31' 47" Nord, longitude 5° 03' 03" Est). Elle s'élève à une altitude de 38 m. Elle se trouve à proximité du carrefour de la route nationale N°3 et à environ 0,15 km des palmeraies de djamaa. La géomorphologie de la station est sebka, ce milieu est caractérisé par deux halophytes : *Sueda fruticosa* Forssk., et le *Halocnemum strobilaceum* ce dernier est l'espèce la plus dominante dans cette station (fig.22 et fig.23).

- **Station Tendla** (*Traganum nudatum*)

La station retenue est située au Nord de la région de l'Oued Righ, à environ 7,67 km de l'agglomération de Tendla, 7,02 km du canal Oued Righ et 4,86 km des palmeraies de Tendla (latitude 33° 34' 18" Nord, longitude 5° 57' 26" Est). Elle se trouve à proximité de la route nationale N°3. S'élevant à une altitude de 46 m. La morphologie de la station est Reg ensablée dominée par le *Traganum nudatum*, c'est un bon parcours pour les dromadaires (fig.24 et fig.25).

- **Station El M'Ghair** (*Halocnemum strobilaceum*)

Elle est loin de la station de Tendla à environ 20,28 km (latitude 33° 54' 92" Nord, longitude 5° 55' 11" Est) à une altitude de 3 m. La morphologie de la station est sebka. Elle se situe à proximité des palmeraies d'El M'Ghair et au voisinage du drain secondaire. Elle est caractérisée par la présence de deux types de végétation à savoir l'*Arthrocnemum glaucum* se trouve uniquement au frange de la route nationale N°3 par contre le *Halocnemum strobilaceum* colonise tout l'espace (fig.26 et fig.27).

- **Station Oum Thiour** (*Traganum nudatum*)

La station située au nord-est de la région (latitude 34° 9' 19" Nord, longitude 5° 48' 59" Est). S'élevant à une altitude de 19m, loin de 2 km de chef lieu de la commune d'Oum Thiour, près d'une nouvelle agglomération témoin d'une menace anthropogène (fig.30 et fig.31) La station est un ancien lit d'oued ensablé, actuellement non fonctionnelle, appelé d'après les riverains « Oued Itef » où quelques uns l'appellent « Sahan ». Elle est limitée de la côte Nord par des buttes et de la côte sud par des palmeraies d'Oum Thiour. On y retrouve une seule espèce en abondance est le *Traganum nudatum*, qui représente un bon parcours pour le dromadaire (fig.28 et fig.29).



Fig.22. Image satellitaire le 13/06/2017 de la station Djamaa (S.D)



Fig23. Station Djamaa « Sebka » (photo prise en 03-2015)

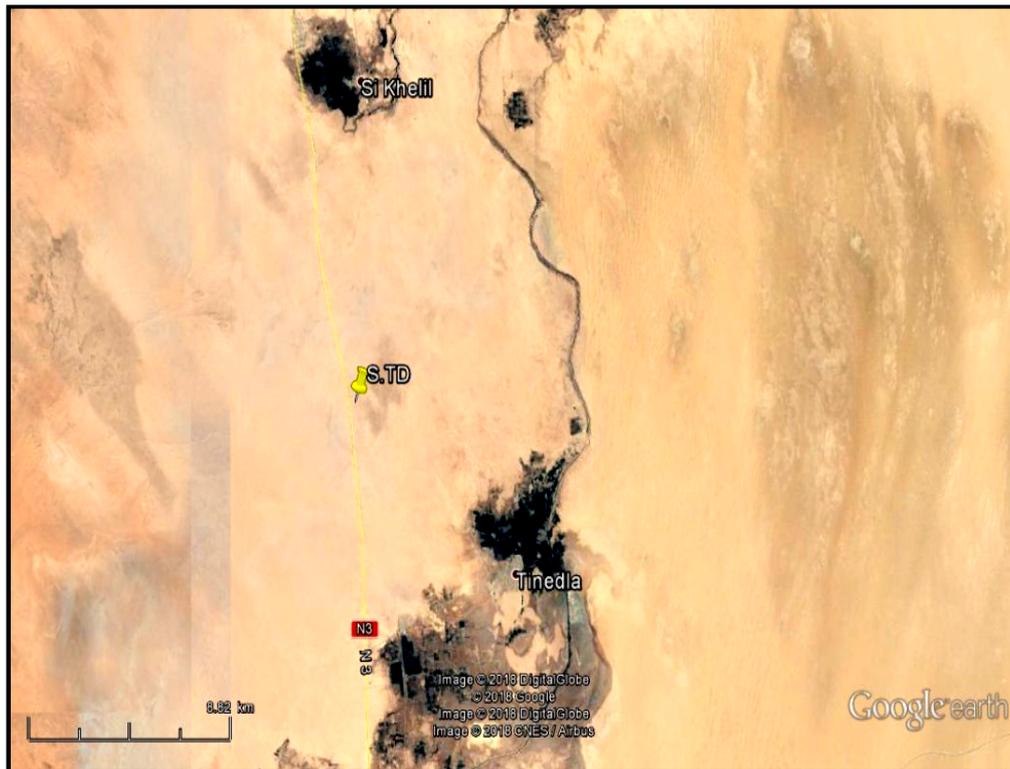


Fig.24. Image satellitaire le 20/06/2017 de la station Tendla (S.TD)



Fig. 25. Station Tendla « reg ensablée » (photo prise en 11-2014)



Fig.26. Image satellitaire le 20/06/2017 de la station El M'Ghair (S.EL)



Fig.27. Station El M'Ghair « Sebka » (photo prise en 10-2014)



Fig.28. Image satellitaire le 06/11/2013 de la station Oum Thiour (S.O)



Fig.29. Station Oum Thiour « lit d'oued ensablé » (photo prise en 08-2014)



**Fig.30. Image satellitaire le 15/10/2016 de la station Oum Thiour (S.O)
(Menace anthropogène)**



Fig. 31. Station Oum Thiour (menace anthropogène)

II.2. Caractéristiques du sol

II.2.1. Analyse du sol

Un sol est un espace où s'intriquent la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. C'est un ensemble très complexe évoluant la plupart du temps, et offrant un domaine gigantesque de recherches (Aubert, 1978). La présente étude cherche à connaître les caractéristiques du sol de chaque station afin d'illustrer une image sur la capacité de survivre de ces espèces dans ses différents milieux. Pour atteindre nos objectifs nous avons subdivisé la méthode d'analyse en deux étapes, la première sur le terrain, la seconde au laboratoire où les échantillons seront analysés.

II.2.1.1. Méthodes d'étude sur le terrain

L'étude sur le terrain à porter sur la détermination de l'humidité du sol (H%), la conductivité électrique (CE dS/m) et la réserve utile (RU).

II.2.1.1.1. Prélèvement des échantillons

Il est souvent intéressant d'organiser des campagnes de prélèvements en privilégiant les époques les plus favorables. En effet, nous avons effectué les campagnes de prélèvements à la fin de la saison d'été durant l'année 2013-2014. Les échantillons du sol sont prélevés au niveau de l'implantation de l'espèce afin de fournir un petit volume de sol à des fins d'analyse qui est représentatif du volume entier du sol dans la station portant à intérêt. 120 échantillons (soixante pour *T.nudatum*, et soixante pour *H.strobilaceum*) sont prélevés à l'aide de la tarière. Après un décapage de la terre sur demi-centimètre, nous avons pris un échantillon du sol à partir de l'horizon feuillé par l'enracinement le plus connu chez les végétaux en milieu salé (Babinot, 1982) à savoir : de 0- 40 cm pour le *T.nudatum* et de 0-35 cm pour *H.strobilaceum*, environ 300g pour chaque prélèvement, repéré par ses coordonnées GPS prise par une GPS Garmin 12 XL. L'humidité (H %), la conductivité électrique (CE dS/m) et la réserve utile (RU L/m³) sont calculés *in-situ* par une sonde TDR (Time Domain Reflectomètre HD2 séries N° 0172) basée sur le principe de la réflectométrie temporelle (fig.32 et fig.33.). les informations sont notées sur une fiche de prélèvement établie auparavant. La concentration en sel (TDS) par la formule : $\text{mg sel. L}^{-1} = 640 \times \text{CE}_{25}$ en dS/m (Mathieu et al., 2003).



Fig.32. Détermination *in-situ* l'humidité du sol, la conductivité électrique et la rétention d'eau par une sonde TDR (*T.nudatum*)



Fig.33. Détermination *in-situ* l'humidité du sol, la conductivité électrique et la rétention d'eau par une sonde TDR (*H.strobilaceum*)

II.2.1-1-2. Transport des échantillons

Les échantillons du sol sont immédiatement placés dans des sachets en plastique hermétique et réformable, étiqueté avant chaque période de prélèvement et porté des numéros associés au point de prélèvement, ensuite, ils ont été acheminés au laboratoire le plus rapidement possibles de manière à éviter que des altérations dans des conditions isothermiques ne détruisent la structure initiale en cours de voyage.

II.2.2. Méthodes d'étude au laboratoire

Les analyses au laboratoire à porter sur la détermination de la granulométrie, pH, le gypse, les sels solubles (les cations : Na, K, Ca, et Mg, les anions : chlore, sulfate, carbonate et bicarbonate).

II.2.2.1. Séchage et séparation des éléments

Les échantillons du sol sont séchés à l'air libre pendant quelques jours et tamisés à 2 mm (AFNOR, 1987) et procédés aux différentes analyses physico-chimiques.

II.2.2.2. Analyse granulométrique

La granulométrie a pour but de quantifier les particules minérales élémentaires groupées en classes, et de définir la composition granulométrique d'un sol (sables, limons et argiles) afin de définir la texture du sol. Elle a été déterminée par la méthode de la pipette selon la normalisation française X31-107 (AFNOR, 2003) (fig.34). L'opération nécessite d'abord la destruction de la matière organique par l'ajout de 20 ml d'eau oxygénée sur une prise d'essai de 20g du sol tamisé à 2 mm suivi par une destruction des carbonates par l'ajout d'HCl (1N) et l'ajout de 10 ml d'héxamétaphosphate de sodium pour stabiliser la suspension. À la proximité de la pipette de Robison on a procédé un premier prélèvement (Argiles+limons), le deuxième prélèvement (Argile +limons fins), le troisième prélèvement (Argiles) et enfin la détermination des sables grossiers et des sables fins par les tamis de 200 μm et 50 μm . La détermination de la texture du sol a été effectuée par le triangle de texture d'U.S.D.A. (1986).



Fig.34. Analyse granulométrique par la pipette de Robison

II.2.2.3. Analyses physico-chimiques

II.2.2-3.1.physique

La propriété physique est liée à la texture et structure du sol. Elle joue un rôle essentiel dans l'aération, la vie des microorganismes, perméabilité, lessivage et résistance à l'érosion du sol, (Khabtane, 2010). Les paramètres mesures et dosés sont :

a) Le pH –eau du sol

Il est mesuré au pH-mètre électrode (ADWA AD 1030), avec un rapport sol/eau (2/5) (Mathieu et al., 2003). L'échelle d'interprétation de pH-eau du sol est portée selon les normes représentées ci-dessous (Fig.35).

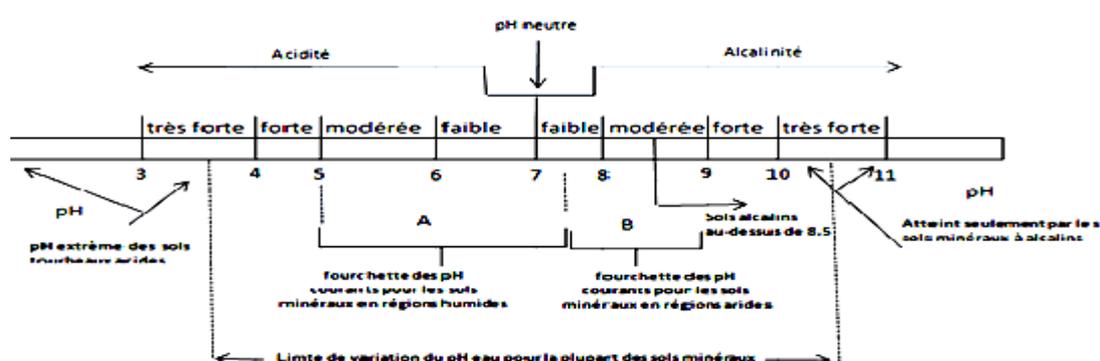


Fig.35. Norme d'interprétation du pH-eau du sol selon Mathieu et al., (2003)

b) Densité apparente

La détermination de la densité apparente est une mesure simple à effectuer. Le rapport masse sèche sur le volume de la carotte est la densité brute (**Black et al., 1965**). Normalement exprimée en grammes par centimètre cube (g/cm^3). Elle est mesurée par la méthode des cylindres en utilisant les échantillons non perturbés de chaque station, connaissant le poids sec constant des échantillons à 105°C et le volume des cylindres des prélèvements utilisés (**Blake et Hartage, 1986**). La détermination de la densité de chaque station a pour but de calculer la rétention d'eau du sol effectué par TDR (fig.36).



Fig.36. Méthode de cylindre pour la mesure de la densité apparente
(Photo prise le 11/2014. *H.strobilaceum*)

II.2.2.3.2. Chimique

c) Dosage de gypse

Le dosage de gypse a été effectuée par précipitation dans l'acétone. Le gypse est dissous dans l'eau par agitation, puis il est précipité par l'acétone. Après lavage, ce précipité est redissous dans une quantité d'eau connue. La conductivité de la nouvelle solution est mesurée et la quantité de gypse est déterminée par comparaison avec une série standard (**Mathieu et al., 2003**).

d) Dosage des cations

Les dosages sont effectués par spectrophotométrie d'émission atomique (photomètre à flamme JENWAY PFP7) pour le sodium, le potassium, le calcium et par spectrophotométrie d'absorption atomique pour le magnésium.

e) Dosage de quelques anions

Le dosage est concernant le chlore, le sulfate, les carbonates et bicarbonates. Le chlore a été dosé par la méthode argentométrique de Mohr qui consiste à précipiter les ions de Cl^- sous forme de AgCl en présence de AgNO_3 . Tandis que le dosage de sulfate a été dosé par un spectrophotomètre JENWAY 6310, en utilisant le chlore de baryum (BaCl_2) où l'ion de sulfate (SO_4^{2-}) réagit avec l'ion de baryum pour former un précipité de sulfate de baryum (BaSO_4). Le précipité est maintenu en suspension grâce à une solution de gomme d'acacia. La densité optique de la solution à 600 nm est une mesure de la quantité de sulfates présents dans la solution (Mathieu et al., 2003). Le dosage de carbonate et bicarbonate a été effectué par titrimétrie à l'aide de l'acide sulfurique (H_2SO_4). Elle consiste à titrer les carbonates en présence de la phénolphthaléine, et de titrer les bicarbonates en présence de l'orange de méthyle (AFNOR, 1999).

II.3. Analyse de matériel végétal

II.3.1. Teneur en eau chez les espèces (*T.nudatum* et *H.strobilaceum*)

La présence de l'eau est une condition incontournable pour que toute la plante puisse s'accroître et assurer ses fonctions physiologiques vitales (Calu, 2006). Pour évaluer la teneur en eau (TE) des tissus de deux espèces, premièrement au terrain, nous avons récolté des échantillons de la partie aérienne à partir de 120 pieds de l'espèce de *T.nudatum* et de *H.strobilaceum* au niveau de chaque station. Deuxièmement en laboratoire de CRSTRA, nous avons prélevé une prise d'essai de 100g pour le *T.nudatum* et 500g pour le *H.strobilaceum* que nous avons mis dans l'étuve à 105°C pendant 24h. Ces échantillons ont été pesés de nouveau jusqu'aux valeurs constantes et les valeurs obtenues correspondent au poids sec. (AFNOR, 1982). L'évaluation de la teneur d'eau des tissus est donnée par la relation :

$$\text{TE (\%)} = \frac{(\text{PF} - \text{PS})}{\text{PF}} \times 100$$

Où : TE : Teneur en eau,

Pf : Poids de l'échantillon frais en grammes,

Ps : Poids de l'échantillon après dessiccation en grammes.

II.3.2. Dosage de quelques cations

II.3.2.1. Préparation préliminaire

Préalablement les échantillons de deux espèces sont subis un prétraitement, débuté par un séchage à l'air libre pour réduire leur teneur en eau, ensuite mis à l'étrive réglée à 80°C pendant 72 heures pour obtenir un séchage complet afin de faciliter le broyage.

À l'aide d'un broyeur muni d'un tamis de 1 unité, le broyat obtenu est conservé dans des boîtes hermétiques et bien fermé jusqu'au jour des analyses.

II.3.2.2. Minéralisation

La méthode utilisée est décrite par **Ryan et al., (2003)**. Elle permet de mettre en solution des éléments minéraux contenus dans un matériel végétal.

Le principe consiste à prendre 1 g de l'échantillon végétal broyé puis introduit dans une capsule en porcelaine. Celle-ci est placée dans un four à moufle à froid, la température est augmentée progressivement jusqu'à 550°C, maintenue pendant 5 heures. Après le refroidissement, on ajoute 5 ml d'HCl (2N) pour dissoudre la cendre. Après 20 minutes on a ajouté 50 ml d'eau distillée et laisse le tout reposé durant 30 minutes, ensuite nous avons procédé au filtrage.

II.3.2.3. Dosage des cations

Après la filtration, on a procédé au dosage des éléments minéraux sur la solution mère obtenu pour chaque échantillon, par un photomètre à flamme JENWAY PFP7 pour le sodium (Na), le potassium (K) et le calcium.

II.3.3. Études morpho-anatomiques

II.3.3.1. Morphométrie

La morphométrie est la mesure de la forme d'un objet, elle permet de distinguer deux objets dont les formes très proches ainsi de caractériser des formes complexes (**Saucède, 2015**). Cependant, les formes et les caractéristiques peuvent changer selon le milieu où se développe l'espèce végétale. L'étude de cette variation nécessite l'utilisation de la morphologie, qui donne des informations sur l'état de dégradation de l'espèce et les adaptations aux différentes conditions (**Delpéch, 2006**). La méthode adoptée pour cette étude est de choisir vingt quadrats de 10 m x 10 m pour chaque station et pour chaque espèce (*T.nudatum* et *H.strobilaceum*), qui ont été parcourus et au niveau de chacun quadrat un échantillon au hasard a été mesuré. Les mesures ont été effectuées simultanément aux prélèvements des échantillons du sol.

Les différentes mesures des paramètres végétatifs ont été notées *in situ*. Les paramètres morphologiques quantitatifs de l'individu mesuré pour le *T.nudatum* ont concerné : la hauteur totale du pied HP (cm), la circonférence de la touffe CP (m), le grand rayon de la touffe GR (cm), le petit rayon de la touffe PR (cm) et la longueur du grand rameau LRA (cm) à l'aide d'un ruban métrique. Tandis que la largeur des feuilles LAF (mm) et leur épaisseur EF (mm) ont été mesurées par un pied à coulisse numérique (0,01 mm). Pour la *H.strobilaceum* ont concerné : la hauteur totale du pied HP (cm), la circonférence de la touffe CP (m), le grand rayon de la touffe GR (cm), le petit rayon de la touffe PR (cm), la longueur du grand rameau LRA (cm) et l'épaisseur de rameau (ERA).

II.3.3.2. Étude anatomique

L'étude anatomique des plantes vasculaires permet de mettre en évidence un certain nombre de tissus. Ces tissus sont répartis dans les trois organes fondamentaux de la plante : racine, tige et feuille, dans une disposition propre à chaque organe afin d'accomplir d'une même fonction.

II.3.3.2.1. Techniques d'étude

II.3.3.2.1.1. Préparation des coupes anatomiques

Pour effectuer les différentes observations, coupes et analyses, nous avons collecté le matériel végétal sur une dizaine d'individus développés en sol salin durant l'année 2016-2017. Le matériel frais (racines, tiges et feuilles) a été fixé et stocké dans l'alcool (70 °), selon les procédures habituelles. À main levée et avec une lame tranchante, nous avons réalisé des coupes transversales et longitudinales très fines sur la tige dans la partie médiane et sur les racines à 2 cm de l'apex de la racine, également sur les feuilles situées à la médiane des rameaux.

II.3.3.2.1.2. Technique

Ces matériaux végétaux ont été traités avec de l'hypochlorite de sodium pendant 10 à 15 minutes pour vider les cellules de leur contenu, suivi d'un lavage intensif à l'eau, suivi d'un lavage rapide dans de l'acide acétique dilué à 1%. La coloration a été effectuée en double avec du vert de méthyle (10 minutes), suivi par un lavage à l'eau et du rouge Congo (pendant 15 minutes), suivi par un lavage avec de l'eau.

II.3.3.2.1.3. Montage des coupes

Une fois les coupes ont été colorées, on a pris chaque coupe délicatement à l'aide d'une pince, les insérer entre lame et lamelle, immergée dans une goutte d'eau. Les préparations ont été observées et photographiées en utilisant un microscope optique, numérique Motic (DMB1-2 MP, Motic Instruments Inc., Xiamen, Chine).

II.3.3.2.1.4. Détermination de la densité stomatique et l'indice stomatique

La densité stomatique (DS) est calculée selon la formule de **Timmerman (1927)** qui prend en compte le rapport du nombre de stomates par unité de surface sur les faces inférieures ou supérieures des feuilles. Par la formule: DS (Stomates par mm²) = Nombre de stomates / surface. L'indice stomatique (IS) a été calculé selon la méthode décrite par **Meidner et Mansfield (1968)** en utilisant la valeur de (IS) par unité de surface donnée:

$$IS (\%) = \frac{\text{nb St} * 100}{\text{nb St} + \text{Nb Cell épidermique}}$$

nb St = nombre des stomates

Nb Cell épidermique = nombre des cellules épidermique non chlorophylliennes

Le nombre de stomates et le nombre de cellules épidermiques de la feuille ont été comptés dans une zone de 1 mm².

II.4. Analyses statistiques

Les mesures ont fait l'objet d'une analyse descriptive qui permettra d'identifier certaines relations entre les variables de l'étude. Et afin de déterminer la signification statistique de certains paramètres, nous avons effectué une analyse de variance à un facteur par le test F de Fisher afin de tester l'hypothèse d'égalité moyenne d'égalité du seuil de risque de 5%, en plus d'autres analyses et présentations graphiques, et qui répondront aux attentes concernant la compréhension de toutes les relations sol-plante-climat et les stratégies adaptées aux différentes contraintes environnementales. À cet effet, tous les prélèvements et les mesures ont été organisées sur un tableau (en Excel) avec les variables en colonnes (édaphiques, hydrologiques et morphologiques) et les mesures en lignes. Sur cette matrice et en utilisant le logiciel STATISTICA 10, nous avons appliqué tous nos calculs.



CHAPITRE II

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Édaphologie

III.1.1. Granulométrie

Les analyses granulométriques du sol des stations d'étude ont montré que le *Traganum nudatum* préfère les sols sablo-argileux limon et sablo-limoneux par contre l'*Halocnemum strobilaceum* préfère les sols sablo-argileux limon et sableux-argile (fig.37 et 38). Les éléments sablonneux sont très dominants dans les six stations avec un total de sable (fin et grossis) de 72,51% ; 70,15% et 82,62% respectivement aux stations de Temacine, Tendla et Oum Thiour pour le *Traganum nudatum* et un total de sable de 69,46 % ; 56,64 et 69,70 respectivement aux stations de Blidet Amor, Djamaa et El M'Ghair pour le *Halocnemum strobilaceum*. Selon **Khadraoui (2007)**, la teneur en sable fin et grossier dans la région peut dépasser les 90%. **Brady et Weil 2007** mentionnent que la texture d'un sol dans le champ n'est pas facilement sujette à changer, donc il est considéré comme un attribut permanent du sol. Le taux de l'argile et de limon est très faible dans les six stations (cf. annexe 1, tableau 10). En raison que les régions arides sont en général venteuses, où le vent cause des problèmes importants en emportant des particules de terre est le tri des matériaux du sol; l'érosion éolienne enlève progressivement, le limon, l'argile de la surface du sol. Les matières restantes peuvent être sableuses et infertiles. Il est fréquent que le sable s'entasse pour former des dunes et présente une menace grave pour les terres environnantes. Ceci a été observé au niveau des stations de (Djamaa et Oum Thiour) où le *Traganum nudatum* avait un rôle de fixateur de dunes surtout sur la formation dunaire dite nebkha⁷, que ce soit par son système racinaire bien développé que par les tiges qui retiennent le sable (fig.39, fig. 40 et fig. 41).

En outre, la texture sable fin qui présente 53,15% des sols de la station de *T.nudatum* de Temacine par rapport aux autres sols des stations du nord (Tendla avec 32,65% et Oum Thiour avec 32,30%) a favorisé l'augmentation de la rétention en eau du sol (Ru) au niveau de la rhizosphère de la plante ($280,50 \pm 128,06 \text{ l/m}^3$). Le même cas, la texture sableuse fine 45,30% et 39,05% des sols de la station *H.strobilaceum* de Blidet Amor et Djamaa par rapport à la station d'El M'Ghair (23,25%) a également favorisé l'augmentation de la rétention en eau du sol (Ru) pour les deux stations Blidet Amor et Djamaa ($312 \pm 113,38 \text{ l/m}^3$ et $315,72 \pm 128,16 \text{ l/m}^3$, respectivement) au niveau de la rhizosphère de la plante. Les deux stations d'Oum Thiour (*T.nudatum*) et El M'Ghair (*H.strobilaceum*) sont caractérisés par une texture grossière (53,90% et 49,75% ; respectivement). Le sol est drainé facilement et n'a qu'une faible capacité de rétention capillaire ($49,87 \pm 17,28 \text{ l/m}^3$ et $296,60 \pm 11,64 \text{ l/m}^3$,

⁷ C'est une petite dune ou d'après Khalaf, et al. (1995) c'est une structure construite et façonnée par l'action du vent.

respectivement) par suite de la grande taille des particules. Selon **Ramade (2003)**, la capacité de rétention de l'eau dans le sol varie beaucoup en fonction de leur porosité ; la surface disponible pour la rétention de l'eau est d'autant plus grande que les particules seront plus petites.

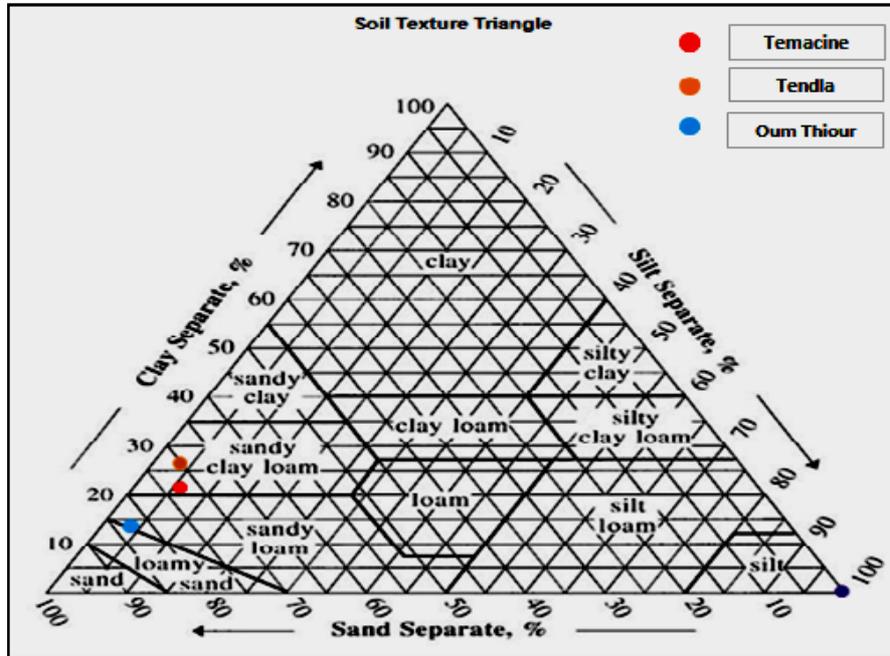


Fig.37. La texture des sols des stations de *T. nudatum* selon la classification américaine de texture de sol (U.S.D.A., 1986)

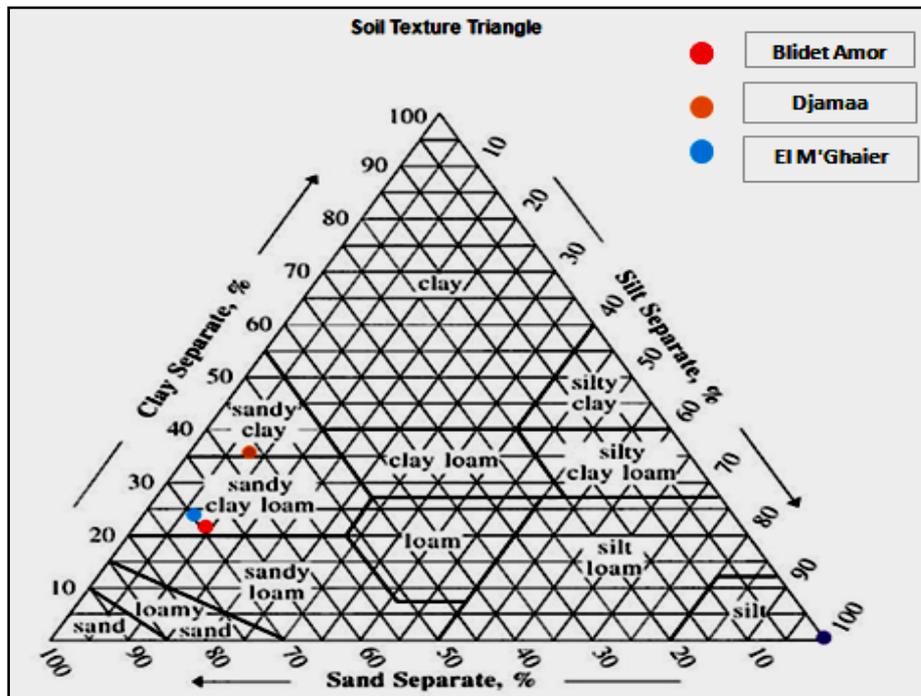


Fig.38. La texture des sols des stations *H. strobilaceum* selon la classification américaine de texture de sol (U.S.D.A., 1986)



Fig.39. Une formation dunaire «nebkha » fixé par le *Traganum nudatum*
station de Djamaa. Photo prise le 11/2014 (Kherraze, M.H)



Fig.40. Une formation dunaire «nebkha » fixé par le *Traganum nudatum*
station Oum Thiour. Photo prise le 11/2014 (Kherraze, M.H)



**Fig.41. Un système racinaire très développée de *Traganum nudatum*.
Les racines superficielles peuvent attendre 16m de long.
(Plante a subit une érosion éolien)**

III.1.2. Humidité du sol

L'étude de la teneur en eau d'un sol ou le taux d'humidité du sol est très important, puisque c'est le principal facteur limitant qui conditionne la répartition spatiale des halophytes sur le plan horizontal. La présence de ce facteur au sol peu ce différencié selon l'importance des laissons qui fixe l'eau aux différents éléments du sol. Un sable avec 10% d'eau paraît humide au toucher, la tourbe avec 40% d'eau paraît sèche et les végétaux flétrissent.

Les résultats d'humidité des sols des stations étudiés montrent une variation très hautement significative entre les stations de l'espèce *T.nudatum* ($F^{2,57} = 58,59$; $p < 0,0001$) peut être expliquée par la texture des sols, et/ou la topographie de la région , d'où une humidité de sols élevés au sud de la région au niveau la station de Temacine avec un taux de $20,70 \pm 0,61$ %, par rapport au deux autres stations stués au Nord de la région (station Tendla et Oum thiour) avec une humidité de $3,87 \pm 0,67$ % et de $2,35 \pm 0,12$ %. Respectivement. En revanche, une variation non signivicative enregistrée entre les stations de l'espèce de *H.strobilaceum* ($F^{2,57} = 0,12$; $p = 0,888$), ce qu'on a remarqué que toutes les stations de cette derniere espèce sont humides dont la sation de Blidet Amor avec un taux d' himidité de $23 \pm 0,83\%$, la station de Djamaa avec $22,87 \pm 0,75\%$ et la station d'El MGhiar avec $24,24 \pm 0,68\%$. Les sols de cette espèce peuvent être considérés comme hydromorphes (fig.42 et fig.43)



Fig.42. Sols hydromorphes au niveau de la station d'El M'Ghair
Photo 03/2015 (kherraze M.H)



Fig.43. Sols hydromorphes au niveau de la station de Djamaa
Photo 03/2015 (kherraze M.H)

III.1.3. pH

Les analyses des sols des stations étudiées de l'espèce *T.nudatum* montrent que selon l'échelle de **Mathieu et al. (2003)**, elles sont caractérisées par une alcalinité modérée à une faible alcalinité avec un pH variant de 7,33 à 8,95 et de moyen $7,96 \pm 0,38$. La différence entre les stations est hautement significative ($F^{(2,57)} = 51,93$; $P < 0,0001$) au seuil de 5% (fig.44). Par contre les sols des stations de l'espèce *H. strobilaceum* sont caractérisés par une alcalinité modérée dans toutes les stations avec un moyen de $8,34 \pm 0,36$. On n'a signalé aucune différence significative entre les stations ($F^{(2,57)} = 0,90$; $P = 0,414$) (fig.45). Les stations étudiées sont donc caractérisées par un pH appartient à la fourchette du pH courant pour les sols minéraux en régions arides (normes d'interprétation du pH-eau du sol ; $7,5 < \text{pH} < 9$) Selon (**Mathieu et al., 2003**). Ceci a également été indiqué par **Daoud et Halitim (1994)**, que les sols des régions arides sont généralement alcalins. Ainsi **Duchaufour, (1977)** mentionne que les sols halomorphes ont un pH supérieur à 7 .il augmente en corrélation avec le rapport $\text{Na}^+/\text{C.E.C.}$ selon **Khadraoui (2007)**, les sols halomorphes de la région de l'Oued Righ ont souvent alcalin, résultant surtout d'une importante teneur en gypse.

Un pH du sol alcalin favorisant, classiquement, une assimilation croissante. Les pH des sols mesurés au voisinage de ces espèces peuvent influencer donc négativement la disponibilité en éléments nutritifs pour ces deux espèces. En revanche, les tissus de ces espèces contiennent des pourcentages appréciables des cations. Ce qui peut démontre une adaptation spécifique des ces espèces pour surmonter de telles conditions physicochimiques.

III.1.4. Gypse

Le gypse dans les régions arides et semi-arides se comporte comme constituant semi-soluble dans le sol et où sa présence au-delà d'un certain seuil, affecte la croissance des plantes et leurs productivités (**F.A.O, 1990**), ainsi il affecte la plupart des propriétés du sol, causant des problèmes physiques, chimiques et des problèmes de fertilité (**Mashali, 1996**). Selon **Pouget (1968)**, l'origine du gypse en quantité important dans les sols est en relation avec (i) la présence des roches sédimentaires gypseuses, (ii) les apports éoliens, (iii) la présence des eaux souterraines et superficielles chargées en Ca^{2+} et So_4^{-2} .

Les résultats d'analyses des sols prélevés de six stations sont caractérisés par des sols gypseux à modérément gypseux selon la classification de **Barzanji (1973)** (cf. annexe 1, tableau 11). La station de Temacine (*T.nudatum*) et la station de Blidet Amor (*H.strobilaceum*) situées au sud de l'Oued Righ sont classés comme gypseux avec des taux de gypse de 19,59% et 16,36% respectivement (fig.46 et fig.47), par contre les sols des stations situées au Nord de la région de l'Oued Righ (Djamaa, Tendla, El M'Ghair et Oum Thiour) sont classés comme modérément gypseux avec des taux (14,71%, 13,46%, 13,42% et 12,65%, respectivement).

Ces taux peuvent limiter le développement des racines puisque la dissolution des taux élevés en gypse, augmente la pression osmotique dans la solution du sol, et inhibe la plante d'absorber l'eau et les éléments minéraux nécessaires à leur développement. D'après **Smith et Robertson (1962)** un taux de gypse entre 10-25% ; limite le développement des racines, mais lorsque ce teneur est supérieur à 25% dans la zone racinaire, la croissance est faible.

Selon **Sogreah (1971)**, le calcium se trouve dans région l'Oued Righ sous forme de gypse, il est donc peu soluble, pourtant sa solubilité légèrement en présence d'autres sels tels que le NaCl. Le gypse est un électrolyte faible et sa solubilité est modifiée lorsque la solution contient des électrolytes forts ayant ou non des ions communs (**Pouget, 1968**). **Durand et Guyot, (1955)** mentionnent que les sols de la région de l'Oued Righ sont gypseux. la genèse des sols gypseux est essentiellement due à l'activité des nappes et l'intensité de l'évapotranspiration (**Halitim et Robert, 1987**). Ceci se conforme avec les caractéristiques de notre région d'étude, où le sud de la région de l'Oued Righ présente une nappe phréatique, de profondeur, oscillant entre 42 cm et 263 cm, en revanche, au Nord de la région d'étude, la profondeur de la nappe phréatique oscille entre 43 cm et 121cm au niveau de zone Djamaa et entre 101,33 cm et 189,5 cm au niveau de la zone d'El M' Ghair (**Hayat, 2010**). En plus la région est également caractérisée par une évaporation moyenne annuelle de 237,96 mm/an⁸.

⁸ Cité au sous titre : I.1.4.1.5. L'évaporation (Chapitre I. Aperçu bibliographique)

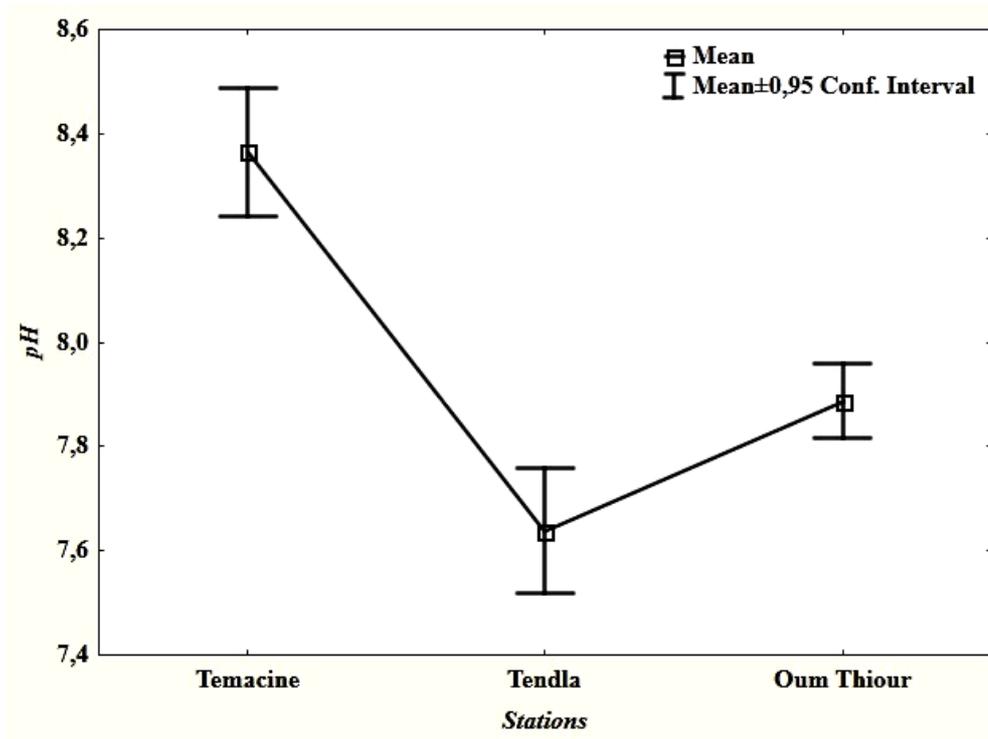


Fig.44. Mean Plot de pH du sol des stations de *T.nudatum*

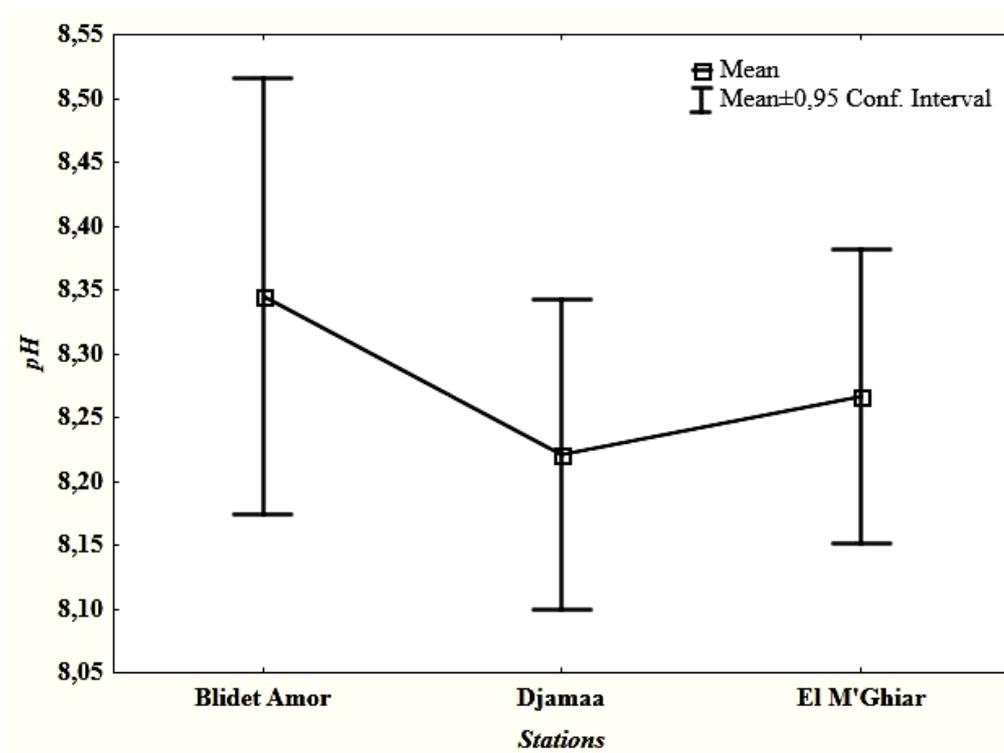


Fig.45. Mean Plot de pH du sol des stations de *H.strobilaceum*

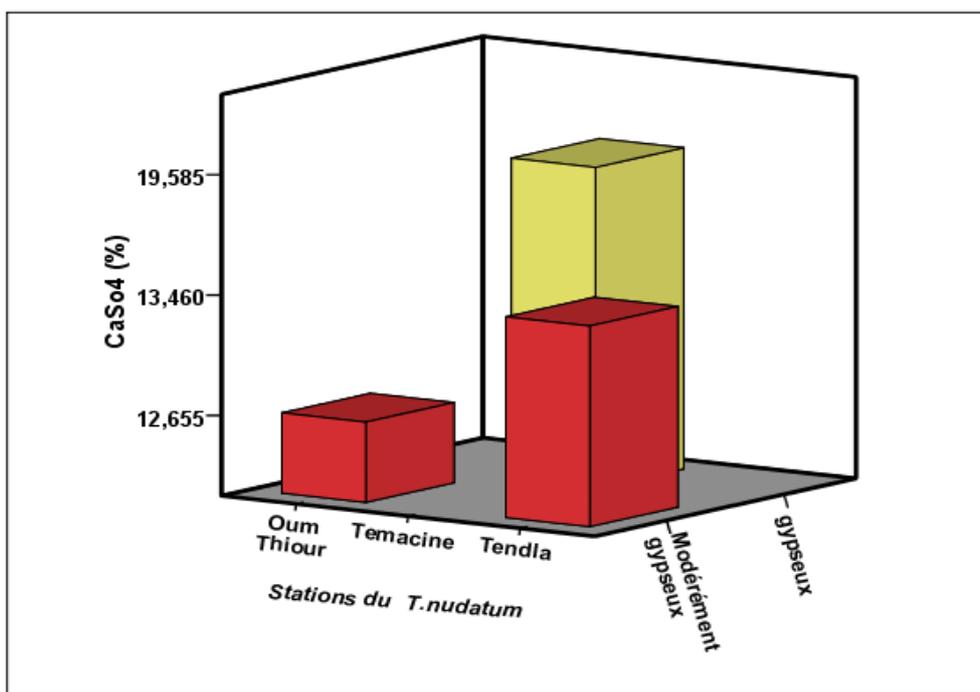


Fig.46. Teneurs moyennes en gypse des sols des stations d'études du *T.nudatum*

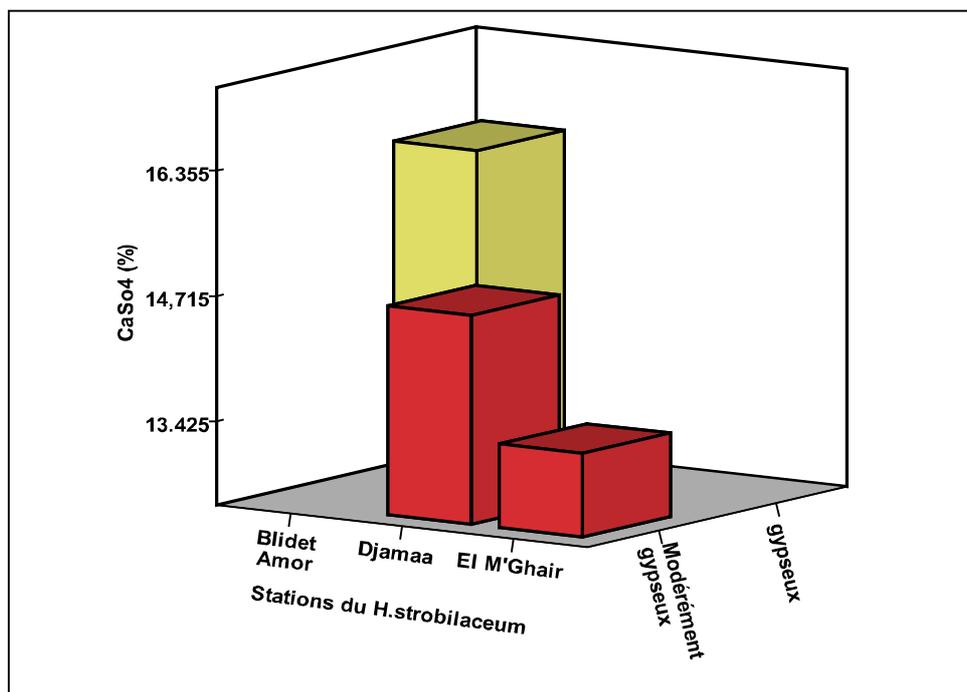


Fig.47. Teneurs moyennes en gypse des sols des stations d'études du *H.strobilaceum*

III.1.5. Sels solubles

Le faciès géochimique des solutions de sols est plus ou moins diversifié, où les résultants d'analyses de sols des stations montrent qu'ils sont caractérisés par la dominance du chlorure, de sodium et de sulfate. La station de Temacine (*T.nudatum*) est caractérisée par la dominance de chlorure et du sodium, en revanche, les sols de deux stations de la même espèce (Tendla et Oum Thiour) sont dominés par le chlorure et le sulfate. Par contre les sols des stations de Blidet Amor, Djamaa et El M'Ghiar de l'espèce *H.strobilaceum* sont dominés par le chlorure et le sodium. À partir de cela, on peut dire que les sols étudiés pour les deux espèces halophytes ont un faciès chloruré sodique (stations : Temacine, Blidet Amor, Djamaa et El M'Ghiar) (fig.48 et fig.49), chlorure sulfaté (stations : Tendla et Oum Thiour) (fig.48). L'abondance de chlore et de sodium dans les stations pourrait être liée au contact des eaux profondes avec les sédiments contenant ces éléments. **Aubert (1976)**, a indiqué que la richesse relative en ces divers sels varie sous l'effet de réactions d'échange cationique entre le sol et sa solution, mais aussi par suite des taux et vitesse de dissolution, ainsi que la viscosité différentes des divers ions et sels. En régions arides, ces sels se concentrent sur place ou dans les dépressions et zones basses du paysage. L'excès de ses sels dans un sol modifie les propriétés physiques et chimiques. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (**Gregory, 2005**).

III.1.6. Salinité du sol

Le terme de salinité se réfère à la concentration totale des ions non organiques principaux (tel que Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} et Cl^-) dissous dans l'eau d'irrigation, de drainage et souterraine.

Les résultats d'analyses des sols des stations étudiées pour l'espèce *T.nudatum* montrent une variation significative ($\text{ddl}=57$, $F^{2,57} = 51,33$, $p < 0,0001$) interstations en salinité. Selon l'échelle de **Mathieu et al., (2003)** (cf. annexe 1, tableau12), les sols de la station de Temacine situés au sud de la région sont caractérisés par une conductivité électrique très élevée de $2,37 \pm 0,85 \text{ dS m}^{-1}$ ($\sim 1,51 \pm 0,54 \text{ g l}^{-1} \text{ TDS}$) par rapport aux autres stations situées au nord de la région (Tendla et Oum Thiour) respectivement, $0,97 \pm 0,37 \text{ dS m}^{-1}$ ($\sim 0,61 \pm 0,23 \text{ g l}^{-1} \text{ TDS}$) et $0,80 \pm 0,13 \text{ dS m}^{-1}$ ($\sim 0,50 \pm 0,08 \text{ g l}^{-1} \text{ TDS}$) (Tableau 3).

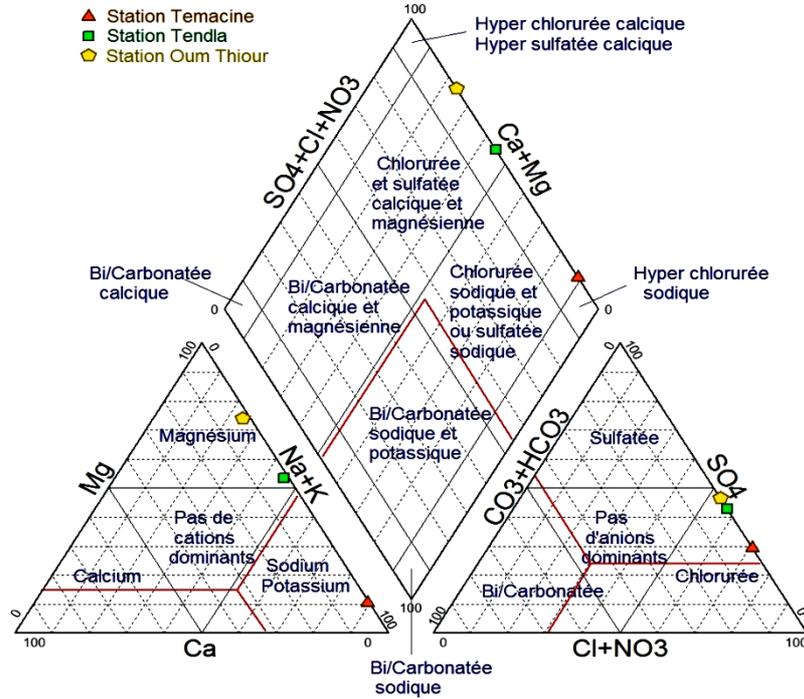


Fig.48. Diagramme de piper pour les solutions de sols des stations de *T.nudatum*

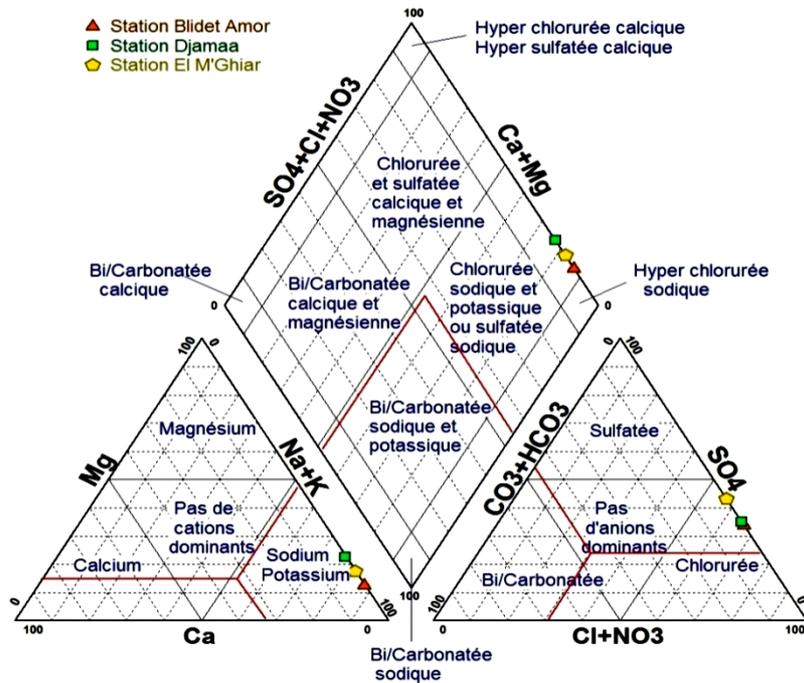


Fig.49. Diagramme de piper pour les solutions de sols des stations de *H.strobilaceum*

Cette séquence se répète au niveau de la teneur du sol en sels solubles d'où la présence d'une variation hautement significative ($P < 0,0001$) entre les sols des stations. Le sodium et le chlore sont plus élevés dans la station de Temacine ($60,50 \pm 17,81$ mEq l⁻¹ et $54,30 \pm 10,88$ mEq l⁻¹, respectivement), d'une part, par rapport au deux stations du Nord de la région : la station de Tendla (sodium : $5,10 \pm 4,08$ mEq l⁻¹ et chlore : $28,55 \pm 9,18$ mEq l⁻¹) et la station d'Oum Thiour (sodium : $1,46 \pm 1,75$ mEq l⁻¹ et chlore : $27,50 \pm 6,13$ mEq l⁻¹), et d'autre part aux autres concentrations des sels solubles (le potassium et le calcium) (Tableau 3).

Tableau 3. Répartition des individus échantillonnés dans chaque station (*T.nudatum*) entre les différents états de caractères pour 06 variables quantitatives retenues pour une analyse de la variabilité entre les stations.

Paramètres	Station (moyenne ± écart-type)			Test statistiques (Fisher)	
	Temacine	Tendla	Oum Thiour	F	P
CE (dS/m)	2,37±0,85	0,97±0,36	0,80±0,12	51,33	0,001*
TDS (g/l)	1,51±0,54	0,61±0,23	0,50±0,08	51,41	0,001*
Na ⁺ (mEq/l)	60,50±17,81	5,10±4,08	1,46±1,75	194,9	0,001*
K ⁺ (mEq/l)	2,40±0,72	0,45±0,10	0,38±0,17	138,6	0,001*
Ca ²⁺ (mEq/l)	0,31±0,04	0,16±0,01	0,15±0,03	134,1	0,001*
Cl ⁻ (mEq/l)	54,30±10,88	28,55±9,18	27,50±6,13	57,50	0,001*

Pour l'espèce *H.strobilaceum*, on a enregistré une variation non significative en salinité interstations (ddl=57, $F^{2,57} = 0,70$, $p = 0,504$) au seuil de 5% . d'où les sols de la station de Blidte Amor situés au sud de la région sont caractérisés par une conductivité de $2,58 \pm 0,85$ dSm⁻¹ (~ $1,65 \pm 0,54$ g l⁻¹ TDS), et la conductivité électrique des stations situées au nord de la région (Djamaa et El M'Ghiar) est de $2,55 \pm 0,88$ mEq l⁻¹ (~ $1,60 \pm 0,60$ g l⁻¹ TDS) et $2,30 \pm 0,71$ mEq l⁻¹ (~ $1,46 \pm 0,44$ g l⁻¹ TDS) respectivement (Tableau 4).

Une variation significative pour le calcium ($p < 0,014$) et hautement significative ($P < 0,0001$) pour les autres sels solubles entre les stations de l'espèce de *H.strobilaceum* , d'où le sodium et le chlore sont plus élevés dans la station de Blidet Amor ($65,18 \pm 27,44$ mEq l⁻¹ et $44,20 \pm 11,38$ mEq l⁻¹, respectivement), d'une part, par rapport au deux stations du Nord de la région : la station de Djamaa (sodium : $36,20 \pm 15,24$ mEq l⁻¹ et chlore : $34,25 \pm 12,32$ mEq l⁻¹) et la station d' El M'Ghiar (sodium : $35,27 \pm 15,78$ mEq l⁻¹ et chlore : $26,35 \pm 7,90$ mEq l⁻¹), et d'autre part aux autres concentrations des sels solubles (le potassium et le calcium) (Tableau 4).

Tableau 4. Répartition des individus échantillonnés dans chaque station (*H.strobilaceum*) entre les différents états de caractères pour 06 variables quantitatives retenues pour une analyse de la variabilité entre les stations.

Paramètres	Station (moyenne ± écart-type)			Test statistiques (Fisher)	
	Beldet Amor	Djamaa	El M'Ghair	F	P
CE (dS/m)	2,58±0,85	2,55±0,88	2,30±0,71	0,70	0,50
TDS (g/l)	1,65±0,54	1,60±0,60	1,46±0,44	0,64	0,531
Na ⁺² (mEq/l)	65,18±27,44	36,20±15,24	35,27±15,78	14,05	<0,001*
K ⁺ (mEq/l)	3,10±1,31	1±0,65	1±0,35	38,64	<0,001*
Ca ⁺² (mEq/l)	0,11±0,03	0,10±0,02	0,08±0,02	4,63	0,014*
Cl ⁻ (mEq/l)	44,20±11,38	34,25±12,32	26,35±7,90	13,96	<0,001*

Selon l'échelle de **Mathieu et al. (2003)**, la salinité s'augmente de l'aval vers l'amont c'est-à-dire du Nord vers le sud de la région d'étude pour les stations de *T.nudatum*. La station d'Oum Thiour et Tendla (Djamâa) sont légèrement salés respectivement (0,50 g^l⁻¹ et 0,62 g^l⁻¹) cependant, la station de Temacine est très salé avec un TDS de 1,51 g^l⁻¹, contrairement aux résultats rapportés par **Hamdi –Aïssa (1995 et 2001)** qui a été noté que la salinité s'augmente de l'amont vers l'aval dans la cuvette d'Ouargla. Tandis que, Elle est très salé dans tous les stations de l'espèce *H.strobilaceum*. Tout à fait raison puisque toutes les stations de cette espèce sont des sebkhas (fig.50).

Cette forte salinité qui caractérise les sols de *Traganum nudatum* de la station de Temacine et tous les sols de *H.strobilaceum* ; on peut l'attribuer aux effets conjugués d'une part de la qualité de l'eau de la nappe phréatique préalablement salée, et d'autre part aux conditions climatiques très arides produisant une forte évapotranspiration qui concentre la solution du sol. D'après **Dubost (2002)**, le chlore et le sodium sont parmi les moins Utiles aux plantes contrairement aux autres éléments Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺ et les sulfates So₄⁻ qui sont bien entendus des éléments nutritifs et utiles. Les ions chlore sont nécessaires à la photosynthèse à des doses très faibles (0,03) mEq/ l, et les ions sodium sont la plupart du temps tout à fait inutiles mais malgré ça les deux espèces ont pu les tolérer en quantités importantes.



Fig.50. Efflorescences salines en forme de croûte à la surface du sol au niveau de la station de Blidet Amor de l'espèce *H.strobilaceum*.

(Photo prise le 10/2014, Kherraze, M.H)

III.2. Analyse physico-chimique du matériel végétal

III.2.1. Teneur en eau

L'eau est un élément indispensable à la vie de tous les êtres vivants. Pour les plantes, c'est un milieu des réactions biochimiques, un vecteur des substances nutritives, assurant la rigidité des tissus par sa pression sur les parois cellulosesiques. Son absence au milieu cellulaire suspende tous les phénomènes vitaux et rentre la plante à une vie latente où il cause la mort total de ce dernier.

Les résultats de la teneur en eau pour les deux espèces étudiées montrent que les deux espèces possèdent une teneur en eau très importante. Ainsi aucune variation significative ($F^{2,57} = 0.169$, $p = 0.845$) entre les stations de *T.nudatum* a été signalée. Les individus de *T.nudatum* de la station de Temacine contiennent $56,98 \pm 10,90$ % d'eau, les individus de la station de Tendla contiennent $54,78 \pm 8,07$ % d'eau et de $55,71 \pm 15,76$ % d'eau pour les individus d'Oum Thiour. En revanche, une variation significative ($F^{2,57} = 0,16$, $p < 0.050$) à $\alpha = 5\%$ pour *H.strobilaceum* a été enregistrée. Cette variation est très légère, dont on a trouvé les individus de la station de Blidet Amor possèdent un taux de $51,48 \pm 11.36$ %, les individus de Djamaa avec un taux de $50 \pm 9,7$ % et de $57,22 \pm 9,34$ % d'eau pour les individus d'EL M'Ghiar. (Tableau 5).

Tableau 5. La teneur moyen en eau des spécimens étudiés

Teneur en eau	Moyen \pm Sd.	min	max
Teneur en eau (%) de <i>T.nudatum</i>	55.82 \pm 11.83	33.12	99.66
Teneur en eau (%) <i>H.strobilaceum</i>	52.70 \pm 10.54	29.86	71.70

L'accumulation d'importantes réserves d'eau tissulaires dans ces deux espèces sera soit au niveau des feuilles pour le *T.nudatum* soit au niveau de la tige pour le *H.strobilaceum*. C'est une caractéristique des plantes succulentes. La succulence est l'un des caractères les plus communs chez les halophytes, pour supporter la saison sèche (fig.51 et fig.52) par une réduction extrême des pertes par transpiration (**Ramade, 2003 ; Slimane, 2008**), ce dernier est accéléré par la sécheresse du milieu et les vents violant (siroco) qu'ils caractérisent la région d'étude, en augmentant la température autour de la plante. L'augmentation de la succulence des cellules peut être considérée comme un mécanisme compensatoire interne en sel par dilution (**Polijakoff-mayber, 1975 ; Flowers et al., 1977**). Selon **Soltner (2001)** la teneur en eau des plantes est très variable selon les espèces, les organes et les stades végétatifs.



Fig.51. Feuilles succulente de *Traganum nudatum*



Fig.52. Tige articulé, succulent de *Halocnemum strobilaceum*

III.2.2. Composition cationique des plantes

L'analyse statistique via le Mean plot (fig.53 et fig.54) de différentes variables des cations dans la partie aérienne de deux espèces montre un teneur important du sodium (Na^+) avec des valeurs allant de 16,64 à 39,07 mEq/l pour l'espèce *T.nudatum* avec un moyen de $25,67 \pm 4,96$ mEq/l et des valeurs allant de 21,9 à 58,35 mEq/l pour l'espèce *H.strobilaceum* avec un moyen de $40,40 \pm 9,07$ mEq/l. une faible teneur en potassium (K^+) et calcium (Ca^{2+}) enregistrée au niveau de deux espèces avec un moyen de $4,95 \pm 1,75$ mEq/l et $0,17 \pm 0,16$ mEq/l, respectivement pour l'espèce *T.nudatum* et d'un moyen de $4,18 \pm 1$ mEq/l et $0,05 \pm 0,02$ mEq/l, respectivement pour l'espèce *H.strobilaceum*.

L'augmentation du contenu sodique des tissus est accompagnée comme il est déjà vu à un appauvrissement de ces derniers (tissus) en potassium (K^+). Puisque la présence du sodium en excès dans la solution du sol limité l'absorption de K^+ et sa translocation vers les parties aériennes, ainsi les canaux transporteurs de K^+ seraient perméables au Na^+ et ceci d'autant plus que la concentration du second excède celle du premier (Murata et al., 1994 ; Ashraf et Ali, 2008). La faible teneur des tissus en Ca^{2+} peut également explique la faible teneur des tissus en K^+ , puisque l'existence des ions Ca^{2+} en concentrations élevées dans le sol augmente les valeurs de la ration moléculaire interne K^+/Na^+ (ration représentée la sélectivité d'une espèce donnée pour le K^+ sur le Na^+) (Tipirdamaz et al., 2006) et d'après

Cramer et al. (1987) et Niu et al. (1995) , le calcium extérieur réduit les effets toxiques des ions Na^{2+} en facilitant la sélectivité $\text{K}^{+}/\text{Na}^{+}$, mais comme on a vu auparavant (titre salinité⁹) la teneur faible de la solution du sol en Ca^{2+} a contrairement influé sur cette ration, qu'il est faible dans les deux espèces *T.nudatum* et *H.strobilaceum* ($\text{K}^{+}/\text{Na}^{+}= 0,16$ mEq/l ; $\text{K}^{+}/\text{Na}^{+}= 0,10$ mEq/l, respectivement), ce qui a favorisé la richesse des tissus en Na^{+} . Selon **Zhu (2001)**, l'ajustement osmotique est concédé comme un mécanisme le plus commun aux halophytes afin d'assurer leurs besoins en eau en augmentant leur pression osmotique par rapport à celle du sol via l'absorption des sels et leur transport vers les feuilles. C'est un élément important dans la tolérance des plantes au stress hydrique (**Bajji et al., 2001 in Mouellef, 2010**).

⁹Cf. III.1. Édaphologie (III.1.6. La salinité du sol)

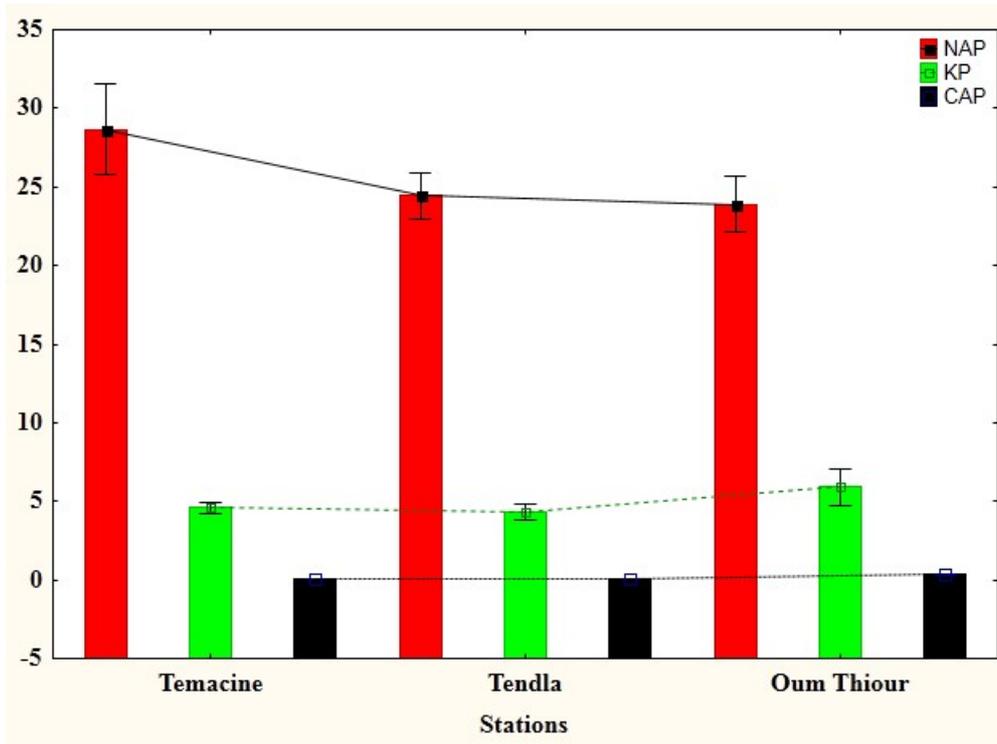


Fig. 53. Mean plot de différentes variables des cations regroupés par station. Espèce *T.nudatum*

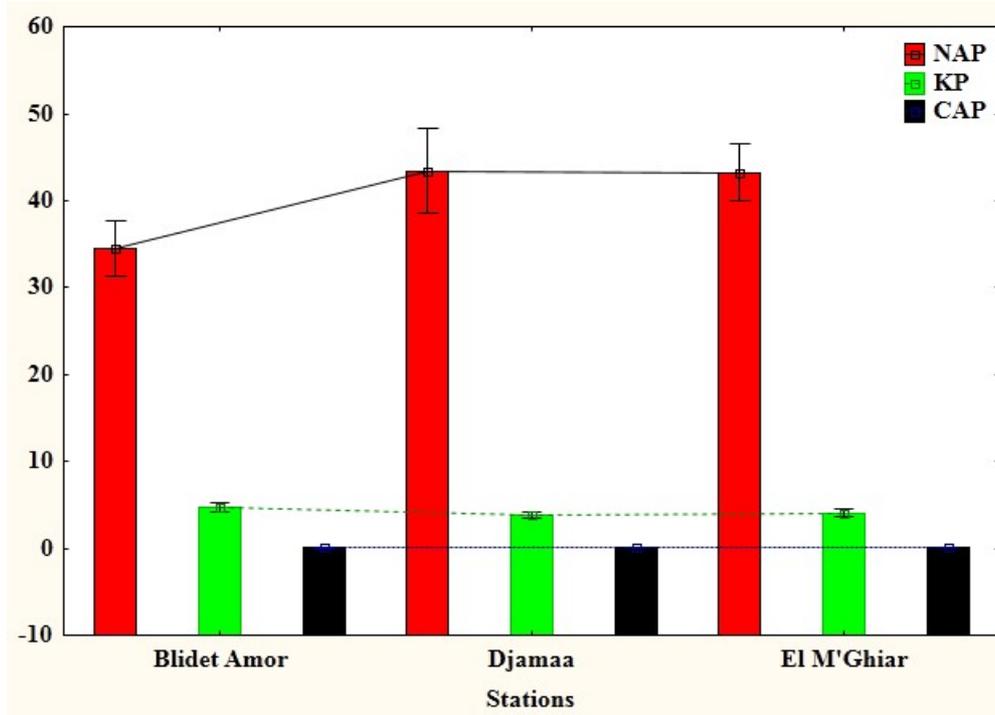


Fig. 54. Mean plot de différentes variables des cations regroupés par station. Espèce *H.strobilaceum*

III.3. Étude morphologique

La morphométrie végétale est la partie de la botanique qui consiste à décrire les formes extrêmes et la structure internes des plantes et de leur organisme. L'étude de la morphologie nous donne des renseignements sur l'état de dégradation de l'espèce et les adaptations aux différentes conditions (Delpech, 2006).

III.3.1. Aspect morphométrique du *T.nudatum*

Les mesures des paramètres morphologiques de *T.nudatum* ont été prises à partir de 60 individus au niveau de trois stations, deux stations situent en Nord (Oum Thiour et Tendla) et un situé au sud de la région d'étude (Temacine). Les données ponctuels montrent que les individus étudiés ont une hauteur de 13 à 100 cm ($51,60 \pm 25$ cm), une circonférence de 1,60 à 6,86 m ($3,55 \pm 1,23$ m) avec un grand et un petit rayon de 0,10 à 2,10 m ($1,05 \pm 0,53$ m) et 0,17 à 2 m ($0,93 \pm 0,41$ m), respectivement. Les rameaux ont une longueur de 22 à 85 cm ($50,38 \pm 14,06$ cm) et d'une épaisseur de 0,10 à 6,26 cm ($0,80 \pm 0,77$ cm), souvent effilé, de couleur blancs, ronds et peu dense en feuilles (fig. 55A). Les feuilles ont une longueur de 2 à 11,4 mm ($4,50 \pm 2,22$ mm), une largeur de 1,60 à 7,93 mm ($2,96 \pm 1,6$ mm), et une épaisseur de 1,11 à 5,86 mm ($2,40 \pm 1,30$ mm), ovoïdes-trigones, laineuses à la base (fig.56 et fig.57), obtuses, évasés à la base et alternes portant dans son aisselle de la laine, renouvelable durant le cycle végétatif : les plus anciennes feuilles de couleur jaunes dans lesquelles est stocké l'excédent de sels sont remplacés par des nouvelles feuilles vertes (fig.58 et fig.59). Une fleur glomérule laineux ; 5 étamines, insérés sur un disque nectarifère avec un filet de 1710 mm de longueur et une l'anthere de 130,75 mm de longueur et de 37 mm de largeur (fig.55B et fig.60); ovaire ovoïde; 2 styles soudés à la base (fig.55C); la longueur de 20 grains oscille entre 0,78 à 4,6 ($2,35 \pm 0,79$ mm) avec une largeur de 0,9 à 3,3 mm ($1,74 \pm 0,47$ mm) (Cf. Annexe tableau 12) (fig.55D), elles sont très légers, sans albumen et le poids de 1000 graines est de 176,5 g. la longueur de racine superficielle peut atteindre 16 - 30 m de long (fig.61) formant des réseaux horizontaux qui peuvent capter l'eau de pluie et les rosées

Une variation hautement significative pour la hauteur, la longueur du rameau, le grand et le petit rayon et la largeur et l'épaisseur de la feuille or, elle est significative pour longueur de la feuille qui a été mise en évidence entre les stations (Tableau 6). Ces variations morphologiques sont dues probablement à la géomorphologie des stations, c'est à-dire à l'adaptation de l'espèce aux conditions stationnelles.

Tableau 6. Les mesures des paramètres morphologiques de *T.nudatum*.

Paramètres	Station (moyenne ± écart-type)			Test statistiques (Fisher)	
	Temacine	Tendla	Oum Thiour	F	P
Hauteur (cm)	22,55±6,7	58.45±15.60	73.95±14	85,87	0.001*
Longueur du rameau (cm)	41,20±10	50±12.61	60±13	12,37	0.001*
Épaisseur du rameau (cm)	0,81±0.40	0.72±0.18	0.84±1.30	0.122	0.886
Circonférence (m)	3,31±1,23	3,33±0,92	4±1,43	2,1	0,132
Grand rayon (m)	0,44±0,21	1,30±0,27	1,42±0,41	58,38	0,001*
Petit rayon (m)	0,52±0,20	1,05±0,30	1,22±0,35	30,86	0,001
Longueur de la feuille (mm)	5,77±3,08	3.40±0,87	4,30±1,41	7,02	0,002*
Largeur de la feuille (mm)	4,41±2,05	2,35±0,40	2,12±0,40	21,09	0,001*
Épaisseur de la feuille (mm)	3,61±1,40	1,85±0,90	1,75±0,37	22,34	0,001*

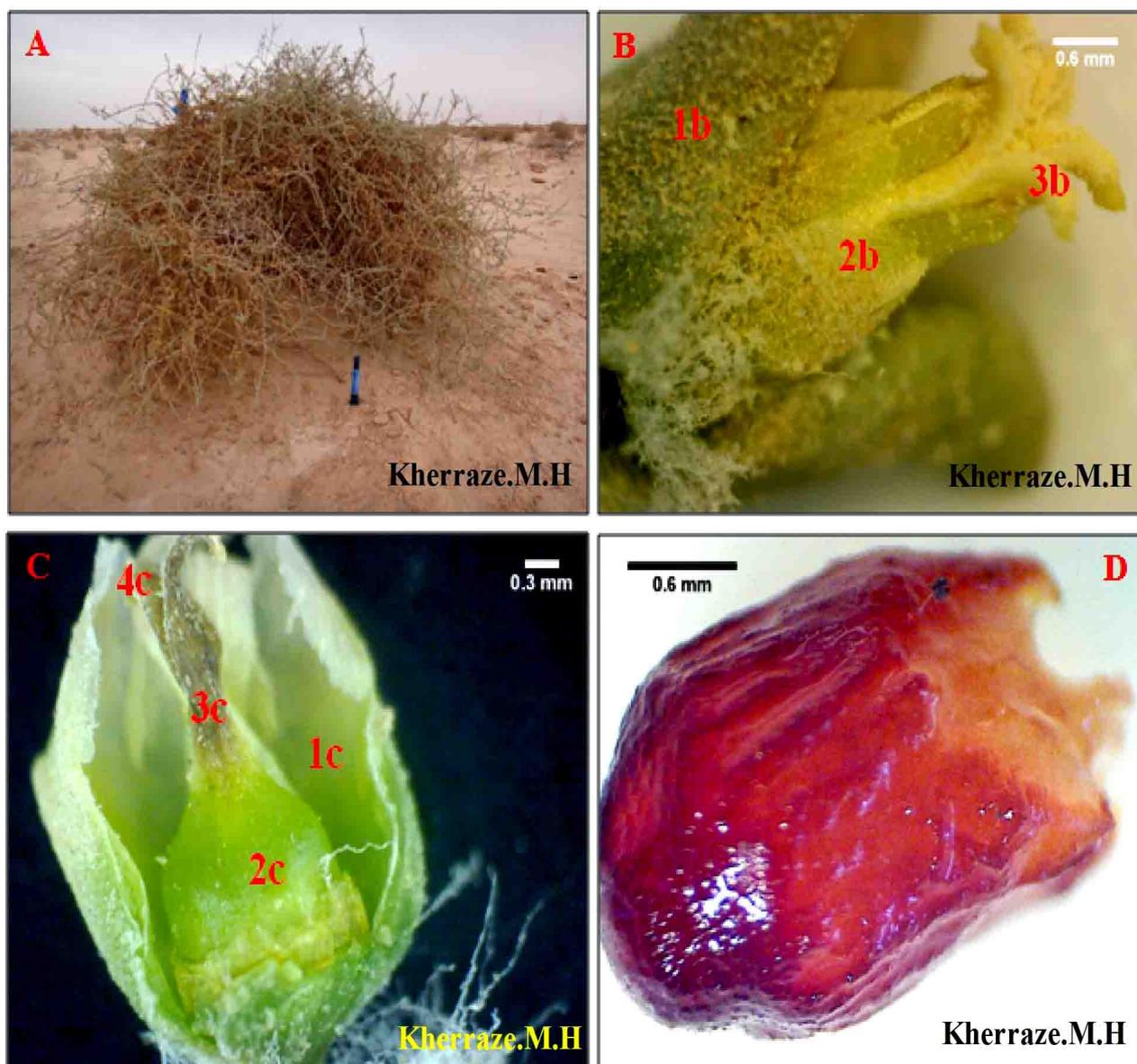


Fig.55. Morphologie de *T. nudatum* : A – Plante ramifiée B- Fleur glomérule laineux. (1b-feuille axillaire, 2b –tépale, 3b- Étamines); C- Pistil. (1c-Tépale ,2c- Ovaire, 3c- deux styles soudés, 4c-stigmate) ; D-Graine.



Fig.56. Feuille de *T.nudatum* : ovoïde-trigone, obtuse, évasée et laineuse à la base.



Fig.57. Laine issue lors de l'opération de broyage de la partie aérienne (*T.nudatum*)



Fig.58. un rameau avec des feuilles de couleur jaune
(Milieu de stockage des sels en excès)



Fig.59. Rameaux de *T.nudatum*. Portant des feuilles jeunes
(Anciennes feuilles) et des feuilles vertes (nouvelles feuilles).



Fig.60. Vue générale d'une étamine de *T.nudatum*. A : anthère, f : filet



Fig.61. Vue générale d'une plante de *T.nudatum* avec une racine superficielle de 16 m de long.

III.3.2. Aspect morphométrique du *H. strobilaceum*

Les mesures des paramètres morphologiques de *H. strobilaceum* ont été également prises à partir de 60 individus au niveau de trois stations, deux stations situent en Nord (El M'Ghair et Djamaa) et un situé au sud de la région d'étude (Blidet Amor). Les données ponctuels montrent que les individus étudiés ont une hauteur de 20 à 77 cm ($43,2 \pm 11,68$ cm), avec une circonférence 1,10 à 6,80 m ($3,35 \pm 1,27$ m) d'un grand et petit rayon de 0,37 à 2,10 m ($1,16 \pm 0,38$ m) et 0,37 à 2,20 m ($1,01 \pm 0,4$ m), respectivement (fig.62A), ayant également des rameaux parfois couchés avec des rameaux secondaires ascendants d'une longueur de 18 à 80 cm ($46 \pm 13,20$ cm), cylindrique à une épaisseur de 0,31 à 5,80 cm ($0,85 \pm 0,70$ cm) avec des noueuses ramules, articulés, (fig.62B ,C,D,E). Les feuilles sont fortement réduites à tasses charnues, connées à la base (difficile à mesurer). Les fleurs sont hermaphrodites groupées en 2 à 3 et complètement enfoncées dans les rameaux charnus, sans bractée (fig.62C). La longueur de 20 grains oscille entre 0,69 à 1,50 mm ($0,95 \pm 0,26$ mm) et d'une largeur de 0,38 à 1,15 mm ($0,65 \pm 0,16$ mm) (cf. Annexe tableau 12), des couleurs brunes, ovales, avec une surface irrégulière granuleuse-rugueuse et un embryon petit enformé d'arque, leucophyte (fig.62F, fig.63). Le poids de 1000 graines est de 0,07g. Le système racinaire superficiel de profondeur de 10 à 35 cm. Ce système racinaire peu profond peut récolter l'eau du sol rapidement et efficacement (fig.64).

Une seule variation significative ($F^{2,57} = 4,51$, $p < 0.015$) à $\alpha = 5\%$ de la hauteur a été mise en évidence entre les stations étudiées (tableau 7). Les autres caractéristiques de l'espèce sont non significatives.

Tableau 7. Les mesures des paramètres morphologiques de *H. strobilaceum*

Paramètres	Paramètres			Test statistiques (Fisher)	
	Blidet Amor	Djamaa	El M'Ghair	F	P
Hauteur (cm)	42,4±9,20	38,40±9,58	48,8±13,77	4,51	0,015*
Longueur du rameau (cm)	45,4±10,75	41,45±14	51,35±13,37	3,03	0,056
Épaisseur du rameau (cm)	0,73±0,30	0,71±0,22	1,10±1,1	2,03	0,140
Circonférence (m)	3,55±0,94	2,81±1,2	3,70±1,50	2,94	0,060
Grand rayon (m)	1,21±0,32	1,04±0,34	1,23±0,46	1,58	0,213
Petit rayon (m)	1,15±0,35	0,94±0,36	1,20±2,2	2,37	0,102

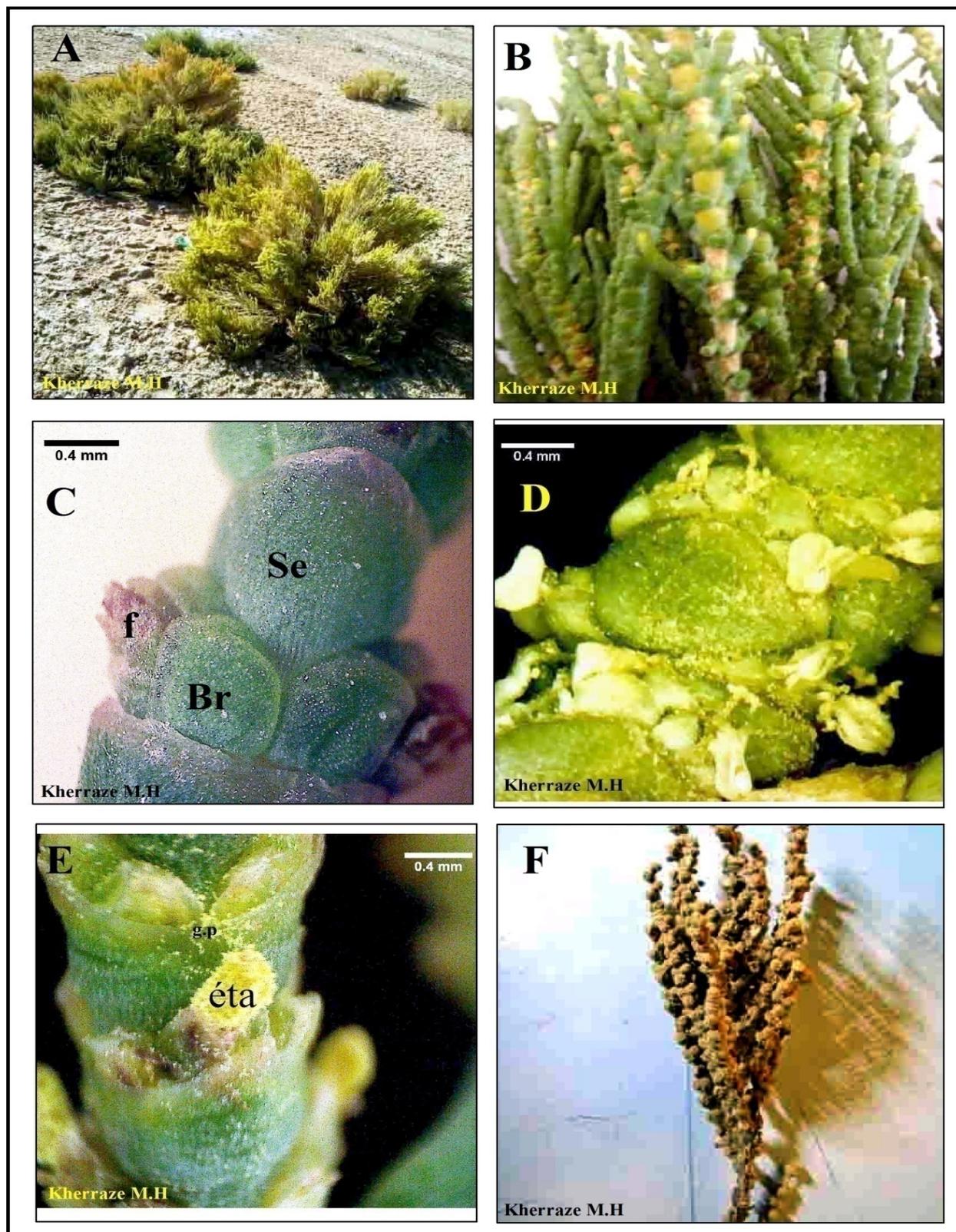


Fig.62. Morphologie de *H. strobilaceum* (Pall.) M.B. A : Plante ramifiée ; B- C-D-E : Rameaux (Tige) cylindriques épais, articulé (Se : Segment succulent, Br : Bractée, F : Fleur, éta : Étamine, g. p : graines de pollens); F : Rameau desséché portant des graines.

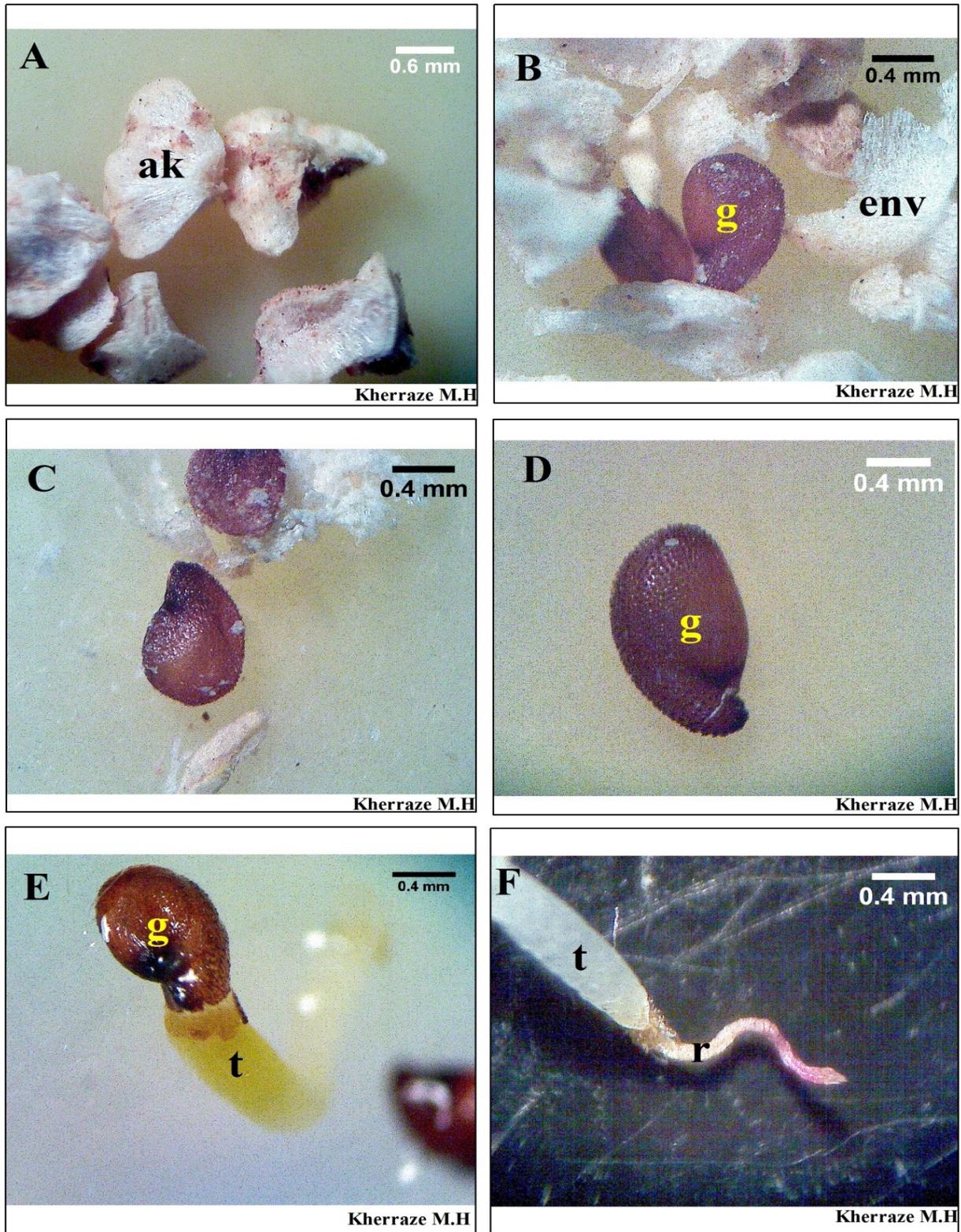


Fig.63. Graine de *H.strobilaceum* (Pall.) M.B. A : Akènes (ak : akène), B : grains avec des enveloppes (g : graine, env : enveloppes), C et D : petites graines ovale de couleur brune avec une surface irrégulière granuleuse-rugueuse, E et F : une graine en germination (t : tige, r : Racine).



Fig.64. Système racinaire d'une jeune plante de *H.strobilaceum*

III.3.3. Effet de l'altitude sur les paramètres du sol, la morphologie et la nutrition minérale des espèces.

Les contraintes qui sélectionnent l'adaptation d'une espèce quelconque sont d'ordre climatique (précipitation, vent permanent), édaphique et hydrique (sols salés, eau salée), et même biotique (concurrence). Les résultats ponctuels de mesures biométriques précédentes pour les individus de l'espèce *T.nudatum* et de *H.strobilaceum* montrent que les deux espèces sont développées un ensemble des caractères morphologiques qui les permettent de s'adapter aux conditions de vie hostile de milieu. Pour expliquer ces résultats on a interpolé un autre paramètre, qu'on a vu utile, c'est l'altitude.

Les individus de deux espèces sont stratifiés sur des élévations distinctes. Ce dernier était significativement variable pour le *Traganum nudatum* ($F^{2, 57} = 1145$; $P < 0,0001$) et également significatif pour l' *H. strobilaceum* ($F^{2, 57} = 1221$; $P < 0,0001$) (fig.65 et fig. 66).

Les individus de *T.nudatum* de la station de Temacine situent au sud de la région ayant une élévation de $84 \pm 4,78$ m, celle de Tendla au Nord à $57,6 \pm 2,43$ m et Oum Thiour à $25,6 \pm 4,01$ m d'altitude. Cette variation d'altitude (AL) coïncide avec une augmentation significative de l'humidité du sol (H), de la conductivité électrique (CE), du total des solides dissous (TDS) et la teneur du sol en sel soluble (Na^+).

Effectivement les sols de la station élevée (Temacine) ont été significativement plus humides ($p < 0,0001$) par rapport à la moyenne élévation (Tendla) et la basse élévation (Oum Thiour).

De même, les sols de la station élevée (Temacine) ont été significativement très salée ($p < 0,0001$) vis-à-vis à la moyenne et la basse élévation (Tendla et oum Thiour). Cette séquence se répète au niveau de la teneur du sol en sels solubles d'où les sols de la station élevée ont été significativement en un teneur important en sodium soluble ($P < 0,0001$) que les autres sols des stations.

De plus, les paramètres des sols de l'espèce *T.nudatum* étaient auto-corrélés. L'élévation était significativement et positivement corrélée avec l'humidité du sol ($r = 0,71$, $P < 0,0001$), avec la conductivité électrique ($r = 0,70$, $P < 0,0001$), les solides totaux dissous ($r = 0,70$, $P < 0,0001$) et sodium soluble ($r = 0,79$, $P < 0,0001$). L'humidité du sol significativement et positivement corrélée avec la conductivité électrique du sol ($r=0,64$, $p<0,0001$) et le sodium (Na^+) a été également hautement significative et positive avec la conductivité (CE) ($r=0,76$, $p<0,0001$).

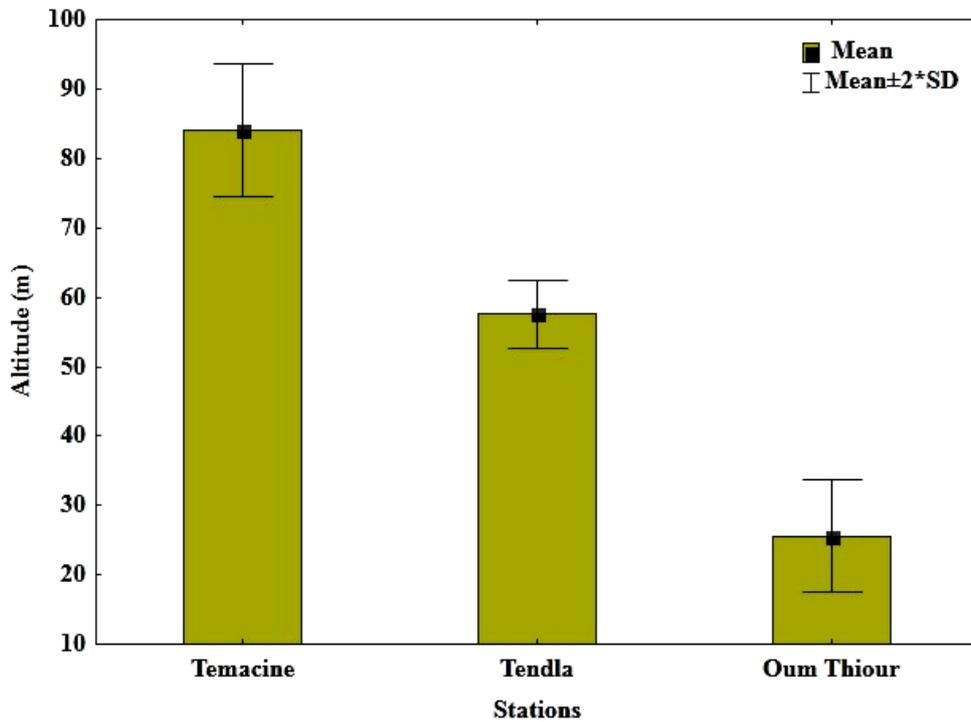


Fig.65. Diagrammes en boîtes de la variation de l'altitude « AL » pour l'espèce de *T.nudatum*

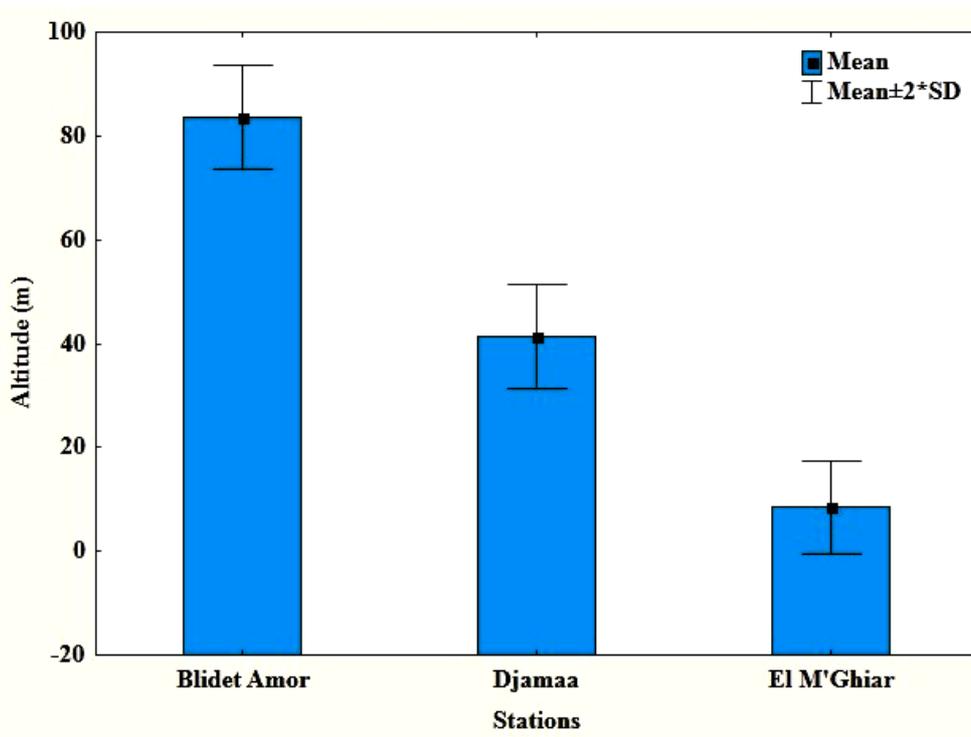


Fig.66. Diagrammes en boîtes de la variation de l'altitude « AL » pour l'espèce de *H.strobilaceum*

De plus, les paramètres morphométriques de *Traganum nudatum* ont été significativement et négativement influencés par l'altitude. Effectivement, l'altitude a été négativement corrélée avec la circonférence de la plante (CP) ($r = -0,2602$; $p = 0,0446$), la longueur du rameau (LRA) ($r = -0,295$; $p = 0,0222$), le grand rayon (GR) ($r = -0,3277$; $p = 0,0106$), le petit rayon (PR) ($r = -0,3126$; $p = 0,0015$) et la hauteur maximale de la plante (HP) ($r = -0,3602$; $P = 0,0047$) au seuil d'erreur de 5%.

Il est apparu que l'élévation de 1m d'altitude coïncide avec la baisse de plus de 13,2 mm de la circonférence de la plante, la baisse du 5,2 mm du grand rayon et une baisse de 4,5 mm du petit rayon (fig.67). En outre, l'élévation de 1m d'altitude coïncide aussi avec une baisse de 2,3 mm de la hauteur de la plante et une baisse de 1,5 mm de la longueur du rameau (Fig.68).

Contrairement aux autres paramètres de la plante entière, la largeur et l'épaisseur des feuilles ont enregistré des corrélations significatives et positives avec l'altitude; *Traganum nudatum* de sol élevé a des feuilles plus larges ($r = 0,5957$, $P < 0,0001$) et plus épaisses ($r = 0,5893$, $P < 0,0001$) par rapport aux sols les plus bas. Ainsi, l'élévation de 1 mètre coïncide avec l'augmentation de 0,0389 mm de largeur de la feuille et de 0,0314 mm de son épaisseur (Fig.69).

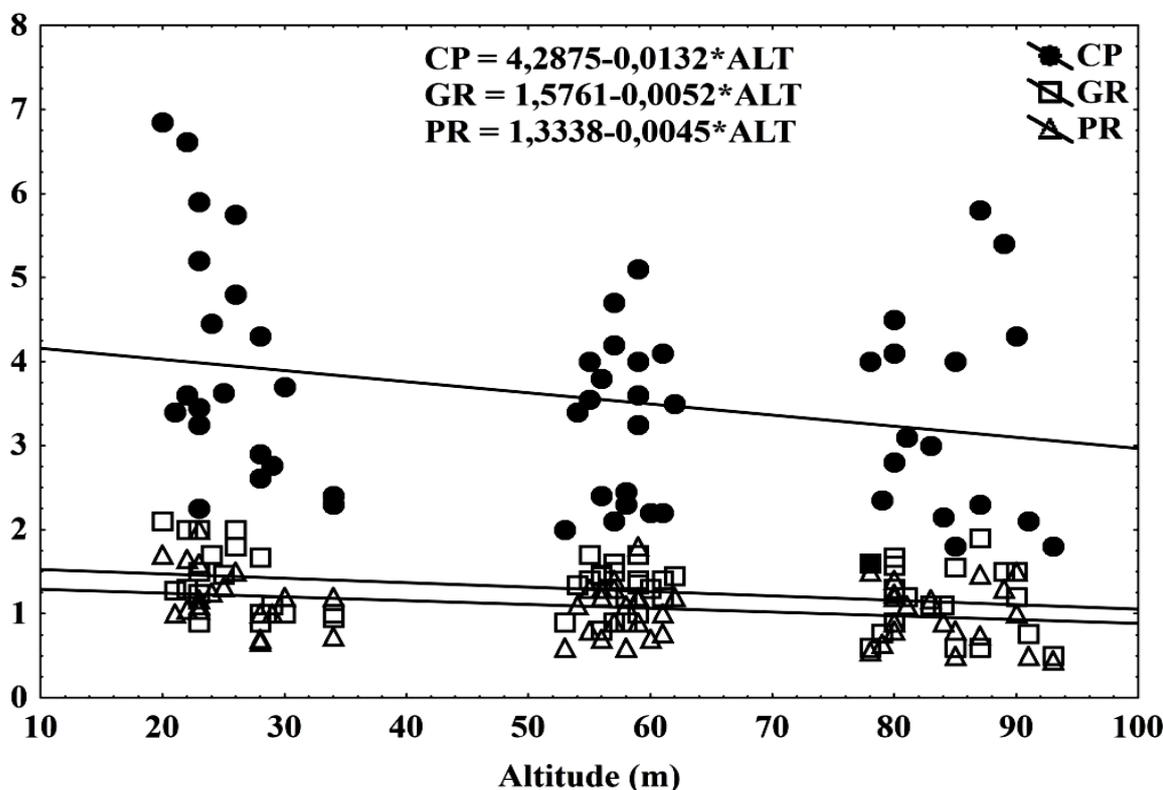


Fig. 67. La relation entre l'altitude et les paramètres morphométriques de *T. nudatum* (Circonférence "CP", grand rayon "GR" et petit rayon "PR").

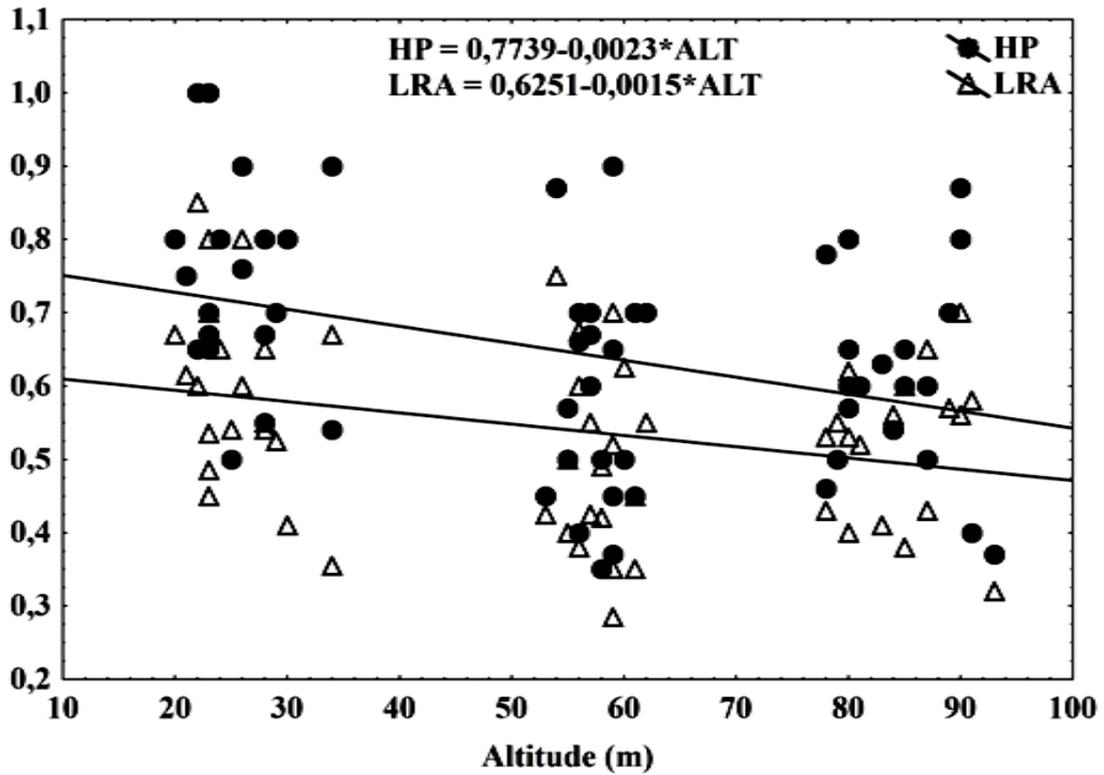


Fig. 68. La relation entre l'altitude et les paramètres morphométriques de *T. nudatum*. (Hauteur du pied «HP» et la longueur des rameaux "LRA")

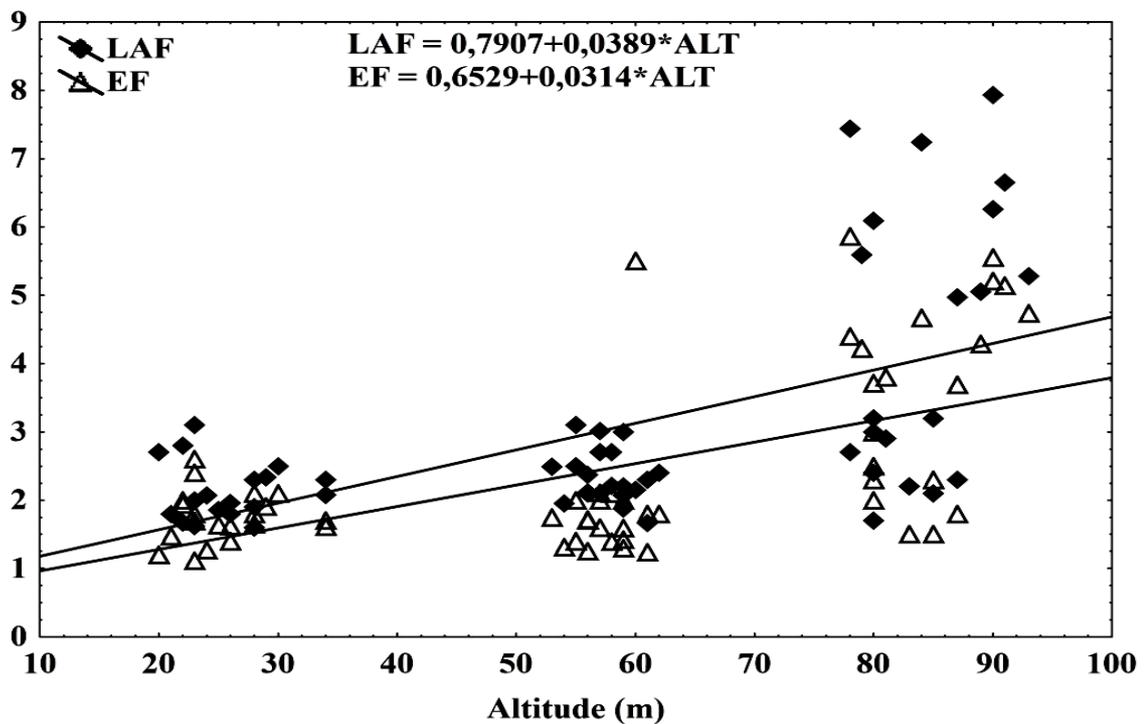


Fig. 69. La relation entre l'altitude et les paramètres morphométriques de la feuille de *Traganum nudatum*. (Largeur de la feuille "LAF" et l'épaisseur de la feuille "EF")

On a également enregistré une corrélation médiocre entre l'altitude et la teneur de la plante en éléments minéraux (Tableau 8), sauf pour le calcium (Ca^{2+}) elle est bonne ($p < 0,0001$). Il est apparu que pour une élévation moyenne de 55,73 m, on a une accumulation de sodium (Na^+) dans la partie aérienne de la plante de 4,44 mEq l^{-1} et un échappement de 1,30 mEq l^{-1} de potassium (K^+) et de 0,20 mEq l^{-1} de calcium (Ca^{2+}). En parallèle nous avons trouvé une corrélation positive et significative entre la salinité et la morphologie de la feuille particulièrement au niveau de l'épaisseur et sa largeur respectivement ($r = 0,4411$; $p < 0,0001$ et $r = 0,348$; $p = 0,006$) les deux s'augmentent proportionnellement avec l'altitude.

Tableau 8. Corrélation de l'altitude avec la teneur de la plante en cation

Les couples des éléments minéraux et l'élévation	Pour les 3 stations		
	Équation de régression	r	p
Sodium / Altitude	$\text{Na}^+ = 21,231 + 0,0797 * \text{ALT}$	0,3909	0,0020
Potassium / Altitude	$\text{K}^+ = 6,2598 - 0,0235 * \text{ALT}$	-0,3269	0,0108
Calcium / Altitude	$\text{Ca}^{2+} = 0,4205 - 0,0045 * \text{ALT}$	-0,6849	<0,0001

Concernant la deuxième espèce *H. strobilaceum*, les individus de l'espèce de la station de Blidet Amor situent au sud de la région ayant une élévation de $83 \pm 4,95$ m, celle de Djamaa au Nord à $41,35 \pm 5,06$ m et El M'Ghair à $8,45 \pm 4,41$ m d'altitude. Cette variation d'altitude (AL) est non significative avec l'humidité du sol « H » ($r = -0,07$, $p = 0,599$), avec la conductivité électrique « CE » ($r = 0,107$, $p = 0,415$), avec le total des solides dissous « TDS » ($r = 0,108$, $p = 0,411$) et hautement significative avec la teneur des sols en sodium (Na^+) ($r = 0,52$, $p < 0,0001$). Le modèle de la figure 70 prévoit une augmentation de 27,80 mEq/l de sodium soluble (Na) dans les sols pour une élévation de 1m. cela nous permet d'expliquer 27,7% de la variance de la concentration du Na^+ .

Ainsi, aucune corrélation n'a été mise en évidence entre l'altitude et les paramètres morphologiques des individus de l'espèce (*H.strobilaceum*) (tableau 9).

Tableau 9. Corrélation entre l'altitude et les paramètres morphologiques de *H.strobilaceum*

Les couples des paramètres morphologiques et l'élévation	R ² %	r
Altitude/ Hauteur	5,2	-0,23
Altitude/ circonférence	0,11	-0,34
Altitude/ grand rayon	0	-0,003
Altitude/petit rayon	0,14	-0,04
Altitude Longueur du rameau	3,39	-0,18
Altitude/ Épaisseur du rameau	4,51	-0,21

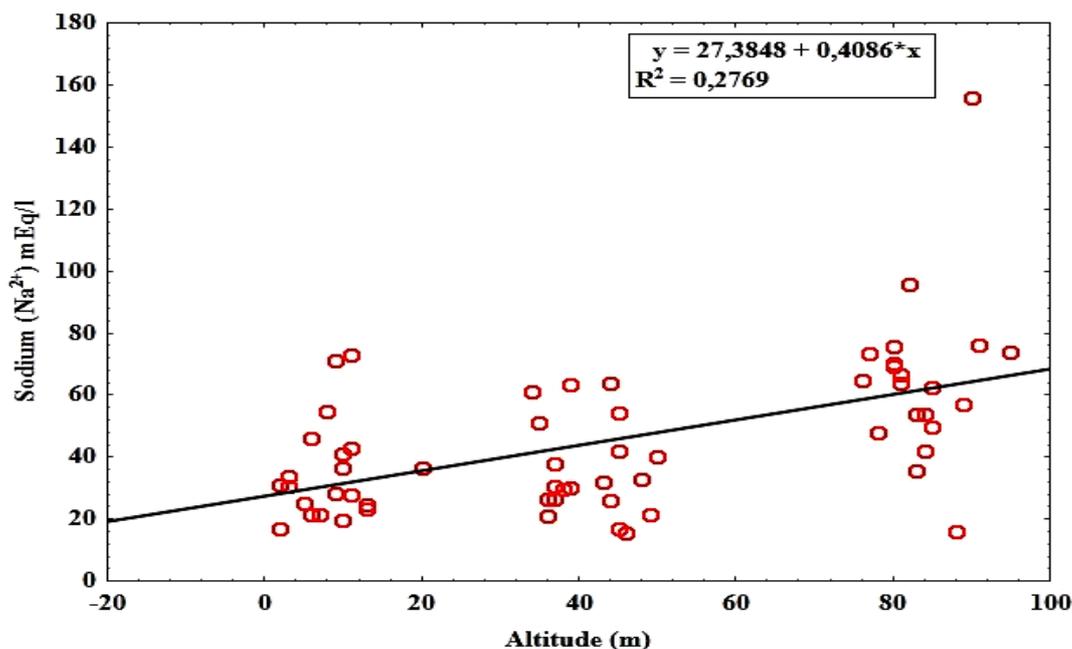


Fig.70. Relation entre l'altitude et la teneur des sols en Na^+ de *H.strobilaceum*

- Discussion

La région de l'Oued Righ se situe sur la plateforme saharienne peu accidenté (**Outtani et al., 1995**), qui traverse le bas Sahara avec une faible pente vers les chotts Melghir et Merouane qui sont des grandes dépressions ayant des points inférieurs du niveau de la mer (**Valles et al., 1997 ; Frizon de Lamotte et al., 2000**), avec une évolution principalement hydromorphe et halomorphe des sols (**Dutil, 1971 ; Hamdi-Aïssa et Girard, 2000 ; Idder et al., 2014**). Cette variation topographique et géomorphologique, semble avoir une influence sur les caractéristiques physicochimiques des sols (**Scatena, 1995 ; Seibert et al., 2007**), avec un impact sur les caractéristiques morphométriques des plantes spontanées de notre région.

L'influence de l'altitude sur la genèse du sol a été rapportée par plusieurs auteurs (**Abtahi, 1980, Jenny 1994, Lev et al., 1999, Anderson et Cerkowniak, 2010**), sur la structure du sol (**Dorioz et Van Oort., 1991, Lev et al., 1999, Western et al., 2004**), et sur ses paramètres physicochimiques (**Mane et al., 2001 ; Manning et al., 2001**). Trois paramètres physicochimiques importants ont été significativement corrélés, confirmant cette influence d'élévation. Le faible pendage de l'ordre de 1‰ (**Bouchahm et al., 2013**) qui caractérise la région d'étude a induit une augmentation de l'humidité du sol (H%), de la conductivité électrique (CE dS/m), et le total des solides dissous (TDS g/l), de l'aval vers l'amont.

L'élévation du sol a fait augmenter son humidité, ce résultat est en accord avec celui de **Griffths et al. (2009)** dans les cascades des montagnes de l'Oregon (USA), qu'il a trouvé une augmentation significative de l'humidité du sol avec l'élévation, à partir d'une étude de l'influence de l'élévation sur les variables de sol avec des mesures effectuées au début (1998)

et à la fin de l'été (1994). Dans notre cas, l'humidité a été attribuée à une nappe phréatique plus proche à la surface du sol (**Cheverry et Robert, 1998**). D'après **Pouget (1968)**, l'origine d'une nappe phréatique est liée aux eaux profondes, mais aussi au mauvais drainage, et c'est le cas de la majorité des palmeraies de l'Oued Righ (**Koull et al., 2013**).

Sur le plan spatial, la salinisation est variable sous l'impact du relief et microrelief (**Hamdi-Aïssa, 2001**), elle forme un paysage fréquent dans les régions arides à cause de l'irrigation par des eaux très chargées en sels et une topographie défavorable (**Mtimet et al., 1995 ; Hamdi-Aïssa, 2001**). Il a été apparu un lien positif entre l'élévation et la salinité du sol. **Hamdi-Aïssa (2001)** a mentionné une augmentation des sels de l'amont vers l'aval dans la cuvette d'Ouargla. Dans notre étude on a rapporté l'inverse, les sols de l'espèce *T.nudatum* de la station d'Oum Thiour (basse élévation) sont légèrement salés (0,50 g/l), ensuite une légère augmentation des sels (0,61 g/l) dans la station de Tendla (moyen élévation), puis une forte salinité des sols de la station de Temacine (haute élévation) (1,52 g/l). pour les sols de l'espèce de *H.strobilaceum* sont tous très salé mais avec légère variation remarquée tout en allant du Nord vers le Sud, c'est-à-dire de l'amont vers l'aval (El M' Ghiar « 1,46g/l », Dajamaa « 1,60g/l » et Blidite Amor « 1,65g/l »).

Cette salure a été accentuée probablement par les eaux de drainage des oasis limitrophes des stations d'études. Ces oasis sont connues par le dysfonctionnement du système de drainage qui se traduit par une forte salinité liée à la remontée de la nappe phréatique chargée en sels, ainsi aux conditions climatiques très arides produisant une forte évapotranspiration qui concentre la solution du sol (**Cheverry et Robert, 1998, Askri et Bouhlila, 2010**).

En deuxième lieu, la texture sableuse fine des sols des stations se reflète sur la rétention en eau (**Tessier, 1994**), et sur une salinité plus élevée par rapport au texture sableuse grossière (**Abtahi, 1980**) conduisant par conséquent à un risque de dégradation des sols.

L'interaction de la variation de l'élévation et la dégradation des sols ont influencé la distribution des plantes (**Li et al., 2009 ; Ezeaku et Iwuanyanwu, 2013**). Un certain nombre de facteurs édaphiques variable le long de ces élévations, telles que la salinité par endroits serait à l'origine de la disparition de nombreuses espèces végétales (**Diallo et al., 2009**) dans la région de l'oued Righ. Et, comme les facteurs climatiques ont des impacts sur la morphologie des plantes (**Gbemavo et al., 2015**), ces facteurs édaphiques tels que les paramètres physicochimiques sont prometteurs à effectuer cette influence (**Mahamat-Saleh et al., 2015, Diallo et al., 2015**). Dans notre cas, une variation importante dans la morphométrie des plantes a été observée. Elle a été corrélée principalement avec l'élévation du sol ; les sols les plus élevés sont peuplés par des pieds de *Traganum nudatum* de petite taille avec des grosses feuilles charnues, par rapport aux sols de moyenne et basse élévation. Ce résultat a été

confirmé par la régression linéaire qui a bien montré des différences morphométriques pour chaque changement d'élévation. L'action de l'humidité du sol est plus nette et peut nous expliquer l'effet de la salinité sur la vitesse de croissance de notre espèce qui se traduit par une réduction en croissance d'une façon générale (Munns *et al.*, 1983, Mezni *et al.*, 1999) ou spécialement sur la réduction de la hauteur et la longueur des rameaux, et la circonférence de la plante. Cette réduction a été attribuée selon Munns (2002) aux signaux hormonaux produits par les racines. Imamul Huq et Larher, (1983) ont rapporté que la plante oriente son énergie vers la production des solutés organiques pour l'ajustement à une osmorégulation au lieu de l'élongation cellulaire, ce qu'on le considère comme un signe de tolérance de l'espèce lors d'un stress salin (Hamrouni *et al.*, 2011). Pour le *H.strobilaceum* on n'a mis en évidence aucune influence de l'altitude sur les caractères morphologiques où on a remarqué un bon développement des individus des stations étudiées de cette espèce ça peut être due à d'autres facteurs, comme le cas remarque de la variation en hauteur entre les individus de l'espèce. Ainsi, les individus de la station d'El M'ghiar ont une bonne hauteur que les autres stations. Il apparut que la cause due à l'humidité importante du sol. Au terrain cette humidité est issue probablement de l'interflux. C'est-à-dire de l'écoulement est le mouvement latéral de l'eau d'un drain secondaire très proche de la station (fig.42¹⁰).

L'augmentation de succulence d'une plante est due à la concentration élevée des sels dans le milieu (Black, 1956) et l'accumulation d'ions minéraux dans les tissus (Flowers et Colmer, 2008) notamment les ions de Na⁺, ce qu'il peut expliquer dans notre cas l'accroissement des feuilles de *T.nudatum* (en largeur et en épaisseur) selon l'élévation du sol, et le bon développement des individus de l'espèce *H.strobilaceum* dans toutes les stations, surtout les rameaux. D'après Jennings (1968), l'augmentation de succulence provoquée par les ions sodium est le résultat d'un mécanisme homéostatique dans la cellule qui empêche l'effet toxique de ces ions. Nos résultats concordent avec celle de Nedjimi et Beladel (2015), qui ont été mentionnée l'existence des quantités importantes de Na⁺ dans le *Traganum nudatum* de la steppe de Djelfa au sud d'Alger, supérieure à la critique et ainsi se concordent avec les résultats de Slimane (2009) qui a trouvé une quantifie important de Na⁺ chez le *H.strobilaceum* après une analyse de la composition minérale de cette dernière espèce de la région d'Ouargla.

III.4. Étude anatomique

Les caractéristiques morphologiques, micromorphologiques et anatomiques sont des caractéristiques importantes, qui peuvent être impliquées dans le diagnostic taxonomique, ainsi que dans l'explication des conditions écologiques (Safiallah *et al.*, 2017). ce qui nous a

¹⁰ Cf. III.1. Édaphologie (III.1.2. L'humidité du sol)

poussé à réaliser une étude anatomique sur la racine, la tige et la feuille afin d'avoir une idée sur la structure histologique et de bien comprendre la relation qui existe entre les espèces étudiées et son milieu ainsi que leurs adaptations face aux différentes contraintes environnementales en basant sur des études antérieures qui ont été réalisées sur d'autres espèces.

III.4.1. Aspects écologiques de l'anatomie des espèces

III.4.1.1. Racine

L'observation des coupes anatomiques réalisées au niveau de la racine de deux espèces présente un phénomène de cambium successif (additionnel) qui se forme chez le *T.nudatum* des cylindres concentriques de tissu de xylème, de tissu de phloème et de cercles de cambium, par contre elle est discontinue chez le *H.strobilaceum* (fig.71a, fig.72A). Le tissu xylème et le tissu phloème forment des arcs en cercles discontinus. Cette formation confère à la racine l'aspect lignifié et elle lui offre un avantage écologique dans les conditions de stress hydrique. **Grigore et Toma (2007)** ont trouvé chez les espèces chénopodes surtout dans la structure tertiaire des organes qui sont affectés par le phénomène de Cambium successif, une énorme quantité de lignine. Ils ont également suggéré que la lignine peut être un élément de résistance cellulaire contre la haute pression osmotique à l'intérieur du corps de la plante (**Grigore et Toma, 2007**). **Robert et al. (2011)** affirment que le cambium successif est une caractéristique anatomique importante du bois expliquant au moins partiellement la répartition des espèces écologiques, ainsi l'apparition des espèces dans des conditions de salinité extrêmement élevée telles que l'espèce *Avicennia marina*. Ce phénomène a été enregistré aussi au niveau de tiges et racines des espèces *Sesuvium portulacastrum*, *Trianthema portulacastrum* et *Boerhaavia diffusa* (**Patil et al., 2016**).

La stèle (cylindre central) de la racine chez les deux espèces était plus large que le cortex (fig.71b, fig.72B), c'est une caractéristique des racines des plantes du désert salin en réduisant leur cortex afin d'obtenir une courte distance entre l'épiderme et le cylindre central (**Wahid, 2003**). Cette allure a été la même observée sur quelques halophytes de la famille d'Amaranthaceae telles que *A.tatarica*, *Suaeda maritima* et *Camphorosma annua* (**Grigore et Toma, 2007**).

Les vaisseaux du méta xylème qui sont en fait les vaisseaux de xylème transporteur de la sève brute paraissent à la fois plus élargis en diamètre et plus nombreux (fig. 71c, fig.72C), ce qui pourrait faciliter la circulation de l'eau, comme le rapporté **Zhu et al. (2000)** dans *Puccinellia tenuiflora* hautement tolérante au sel. **Hameed et al. (2010)** ont mentionné que l'augmentation de la surface du métaxylème joue un rôle important dans la conduction de l'eau, et les assimilats, en particulier dans des conditions salines défavorables. Cela a été confirmé chez le riz (**Datta et Som, 1973**), *Kandelia candel* (**Hwang et Chen, 1995**),

Ziziphus lotus (Awasthi et Pathak, 1999), et *Arabidopsis thaliana* (Baloch et al., 1998). Le même aspect a été observé également chez les genres d'Atriplex (plus large chez *A.halimus*, moins large et nombreux chez l'*A.nummularia*, et plus large et plus nombreux chez *A.canescens* qui sont soumises à un stress salin (Mâalem, 2011). Il convient aussi de signaler qu'une sclérisation envahit toute la masse du cylindre central (Fig.71d, fig.72D). Les parois cellulaires du sclérenchyme ont des couches secondaires épaissies à base de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine qui confèrera à notre espèce la dureté et la rigidité (Jarvis, 2012). Les analyses de Chehema et al., (2010) qui ont été effectuées sur la composition chimique de 21 plantes vivaces spontanées des parcours du Sahara septentrional algérien, ainsi les analyses chimiques de Bouallala et al., (2011) sur les principales plantes broutées par le dromadaire du Sahara occidental algérien confirment notre constatation. D'après Chehema et al., (2010) le pourcentage en matière sèche de cellulose brute chez le *T.nudatum* a été de 32,8 % MS et de 27,33 % MS trouvé par Bouallala et al., (2011) chez la même espèce. D'après Bouallala et al., (2011) la richesse en cellulose brute des plantes sahariennes est liée à leur mécanisme d'adaptation. Jarrige (1981) et Demarquilly (1982) soulignent que l'augmentation de la température stimule la lignification des tissus de soutien. Grigore et Toma (2017) considèrent que toutes les implications liées au cambium successif pourraient être liées à l'augmentation de la surface interne, si l'on considère seulement la grande capacité de rétention et de « stockage » de l'eau salée dans la racine et la tige. D'autre part, l'existence de périderme (association de liège-phelloderme et phellogène) et de liège vers l'extérieur de la racine avec une épaisseur calculée sur 20 individus pour chaque espèce ($147,81 \pm 28,89 \mu\text{m}$ pour le *T.nudatum* (fig.71b et fig.73) et $203,66 \pm 39,58 \mu\text{m}$ pour le *H.strobilaceum* (fig.72A ; 72B et fig.74) pourrait également retarder l'absorption d'eau. Par conséquent, les sels pénètrent lentement dans les racines, mais une fois arrivés là, ils seraient dispersés dans cette surface augmentée. Littéralement, la distribution de l'eau au reste des organes de la plante semble être « retardée ». Augmenter cette surface signifierait inévitablement une zone de dispersion pour les sels, qui sont également dilués, ce qui est finalement moins nocif pour la plante. Sans aucun doute, le nombre et le diamètre des vaisseaux du xylème peuvent jouer un rôle dans ce mécanisme.

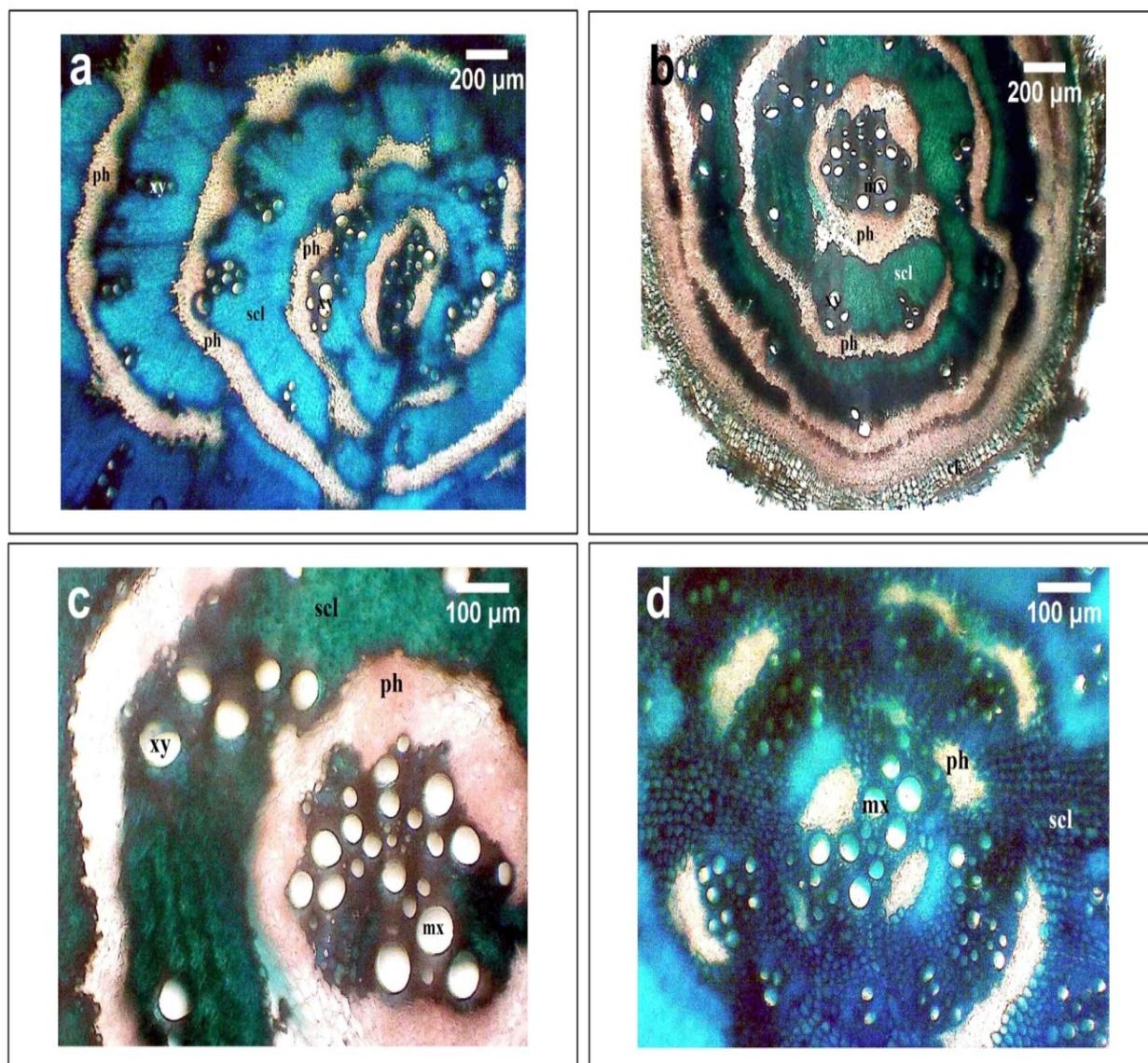


Fig.71. Coupes transversales à la racine de *T.nudatum*. (a) Montrant le phénomène de cambia successifs, (b) montrant un cylindre central plus large, (c) montrant des vaisseaux de métaxylème plus grand et plus nombreux, (d) montrant la sclérisation massive du cylindre central (stèle). xy: xylème, ph: phloème, ck: liège, mx: métaxylème, scl: sclérenchyme.

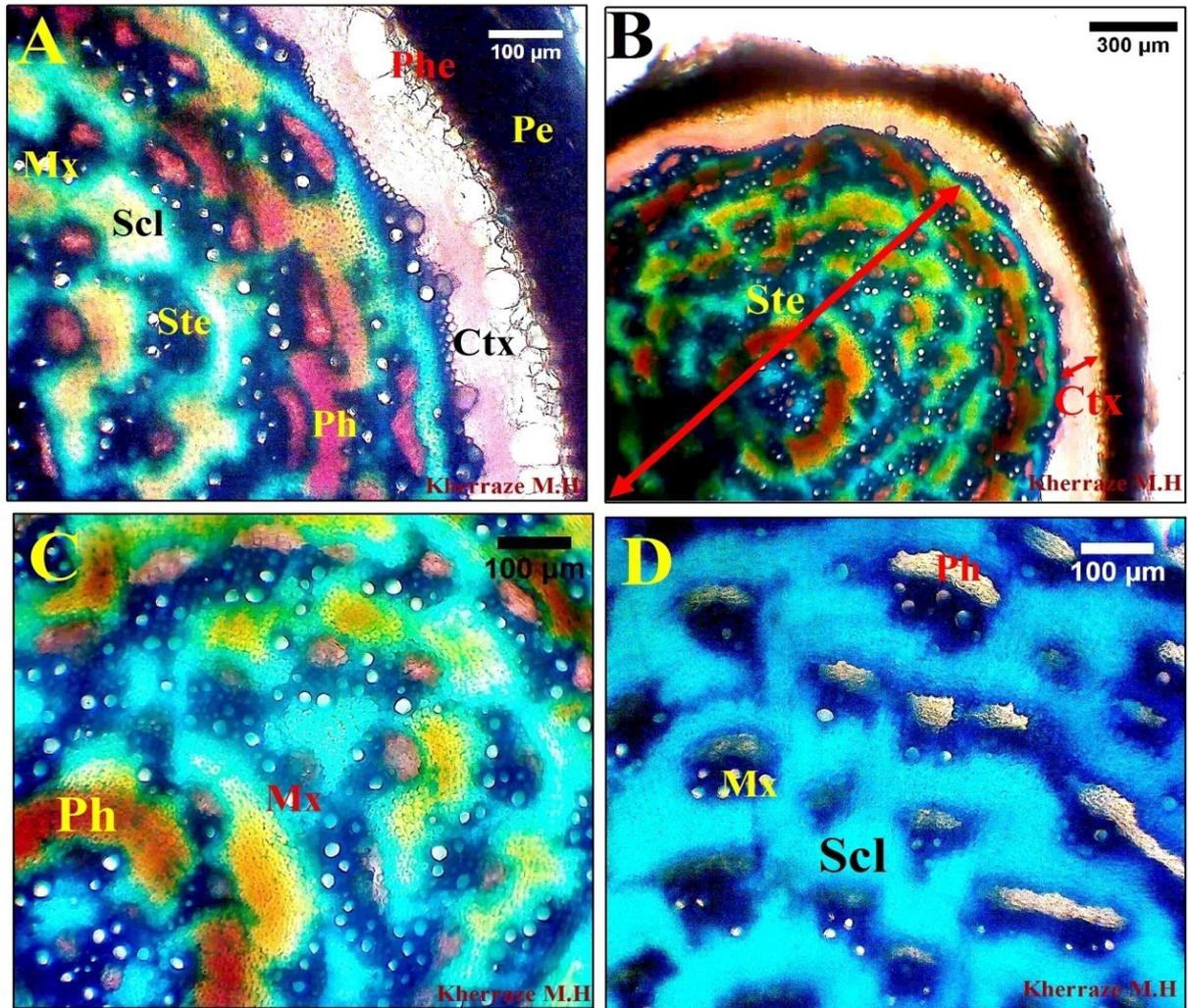


Fig.72. Coupes transversales à la racine de *H.strobilaceum*. (A) Montre le phénomène de cambia successifs, (B) montre un cylindre central plus large, (C) montre des vaisseaux de métaxylème plus grand et plus nombreux, (D) montrant la sclérisation massive du cylindre central (stèle). xy: xylème, ph: phloème, Phe : phellogène, Pe : périderme : Mx: métaxylème, Scl: sclérenchyme. Ste : stèle ou cylindre centrale ; Ctx : cortex.

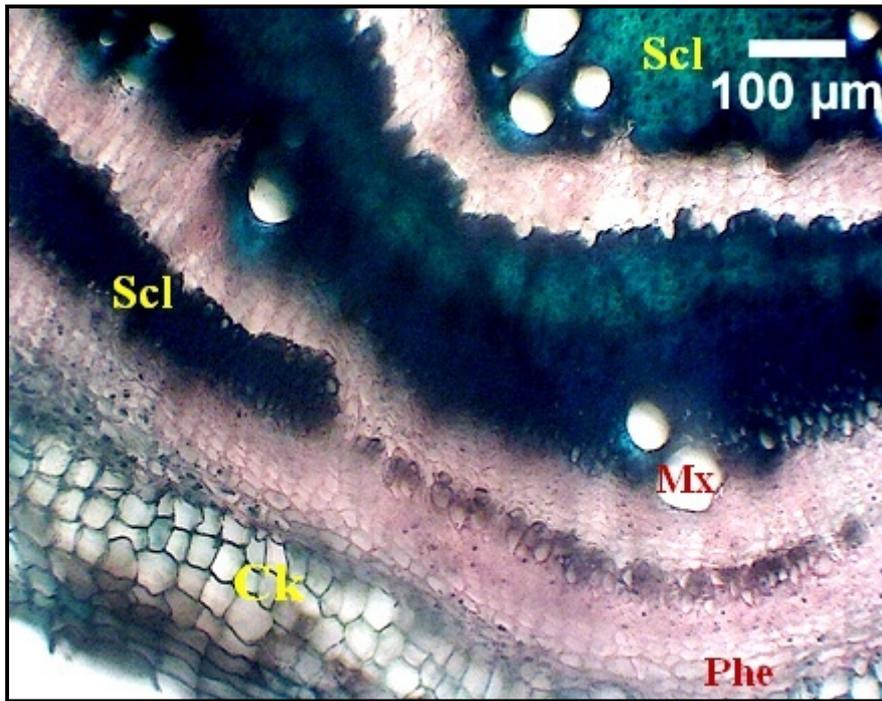


Fig.73. Coupes transversales à travers la racine de *Traganum nudatum* montrent la formation de liège. Ck : liège, phe : phellogène, Scl : sclérenchyme (dans de tels organes, il est organisé dans ce qu'on appelle le tissu conjonctif), Mx : métaxylème, Ph : phloème.

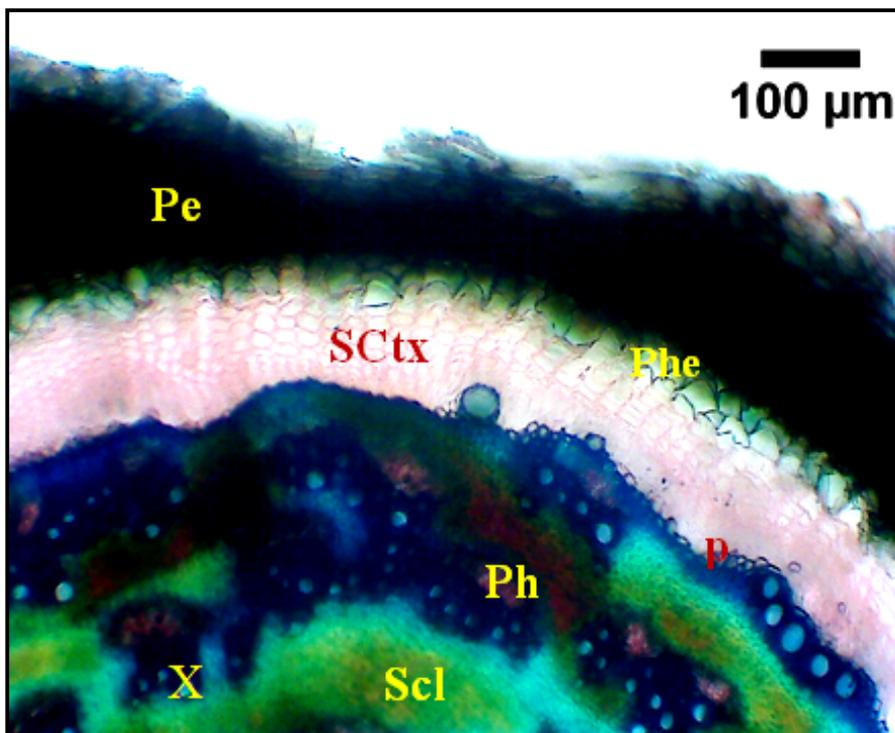


Fig.74. Coupes transversales à travers la racine de *H. strobilaceum* montre la formation de périderme. Pe : périderme, Phe : phellogène, SCTx : secondaire cortex, P : péricycle, X : xylème, Ph phloème, Scl : sclérenchyme.

III.4.1.2. Tige

III.4.1.2.1. Tige de *Traganum nudatum*

Nous avons trouvé une forte accumulation de collenchyme sous l'épiderme de la tige de cette espèce ce qu'il lui confère une grande résistance à la flexion et à la traction, une élasticité et un bon soutien, puisque les cellules du collenchyme sont des cellules à parois cellulodiques très épaisses (**Zaffran, 1998**). Cette constatation anatomique spécifique pour le *T.nudatum* correspond parfaitement avec l'état de port de l'espèce étudiée. La plante est plus érigée et flexible dans le cas des jeunes plantes et à courber, lignifie dans le cas adulte, ce qu'il confère une forme allant de grandes touffes à celle d'un arbrisseau (Fig.75a ; 75b). L'élasticité peut être avantageuse pour les jeunes plantes confrontées à du vent intense habituellement existant dans la période printanière dans la région, qui peut leur provoquer des graves dommages par lapidation.

L'écorce de la tige de *T.nudatum* apparaît réduite en épaisseur, ceci correspondant à un signe adaptatif (fig.76a). En effet ce signe a été observé chez les rameaux de *Salsola vermiculata*, *Rhanterium adpressum* (**Houari et al., 2012**), chez *Euphobia guyoniana* et *petrosimonia oppositifolia* (**Houari et al., 2012 ; Grigore et Toma, 2007**) et même chez la tige de la luzerne (**Zaffran, 1998**).

Un autre caractère d'adaptation qu'il apparaît de renforcer l'organe en question (tige), c'est la lignification du parenchyme cortical du *T.nudatum*. Cette lignification rend les tissus rigides est par conséquent apportée le soutien à la tige (Fig.76b). Selon **Wang et al. (1997)**, sous stress salin, la lignification des apex des tiges devient de plus en plus prononcée chez *A. prostrata*. La lignification de la moelle chez le *T.nudatum* apparaît d'être renforcé aussi la tige. Ce même aspect a été aussi observé au niveau de la moelle de l'espèce américaine *Atriplex canescens* soumise à un stress salin (**Mâalem, 2011**) et chez l'espèce *Smilax aspera* a. (**Zaffran, 1998**) (Fig.76a).

Nous avons également mis en évidence la présence de trichomes multicellulaires filiformes à la surface de l'épiderme de la tige de jeunes plants (*T.nudatum*) (Fig.76c et Fig.76d). Cependant, les tiges des plantes adultes sont complètement sans poils. Ces trichomes pourraient avoir une fonction de protection contre les changements environnementaux (par exemple, chaleur excessive). Ainsi, la présence de *T.nudatum* dans des habitats ouverts, chauds et secs dans la zone d'étude peut être une des raisons de la présence de ces trichomes chez les jeunes plants (*T.nudatum*) pour protéger les tissus les plus sensibles. Certains auteurs tels que **Grigorev (1955)** cité par **Weryszko-Chmielewska et Chernetsky (2005)**, **Agren et Schemske (1993)**, **Nabors (2008)** ont indiqués que ces trichomes protègent les plantes contre la sécheresse (réduisant l'intensité de la transpiration), empêchent

l'augmentation de la température au niveau de la surface (tige ou feuille), ils ont également une fonction défensive (attaque d'insectes ou herbivores), cela peut être une raison plus à la présence de ces trichomes chez les jeunes plants.

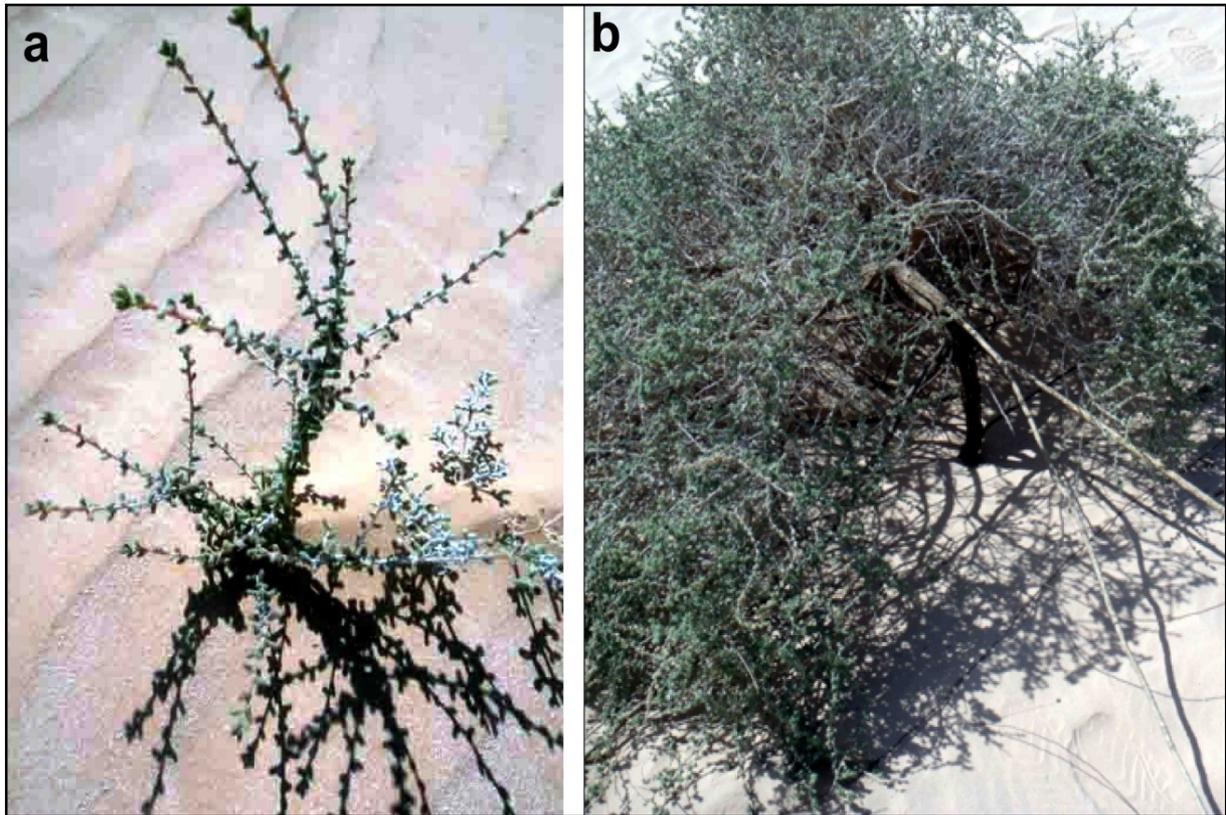


Fig.75. Vue générale de *T. nudatum*.

(a) Jeune plante (flexible), (b) plante adulte (courbée et rigide)

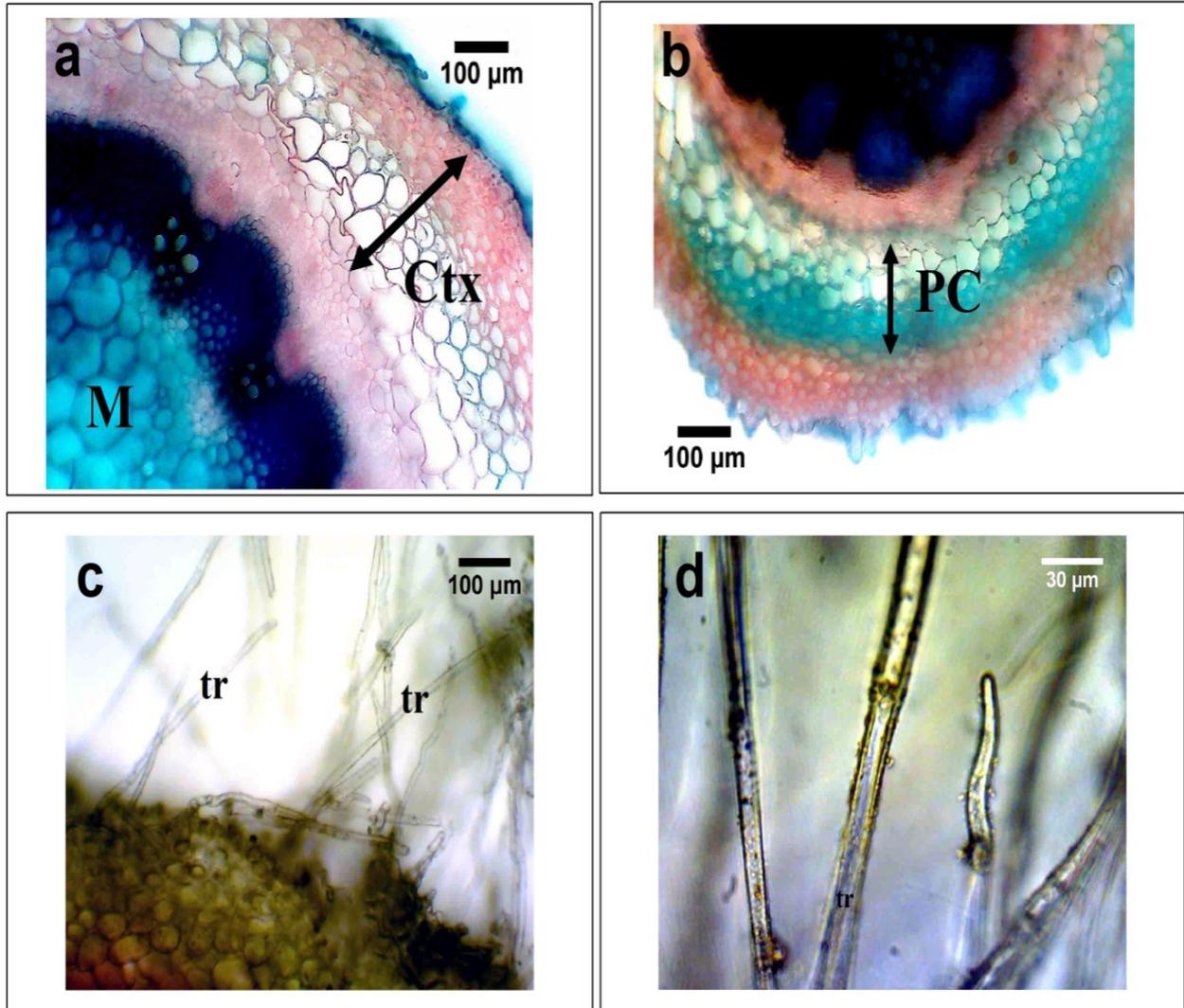


Fig.76. Coupes transversales à travers la tige de *T. nudatum*. a: montrant la réduction du cortex par rapport au cylindre central (stèle) et la lignification de la moelle, Ctx: Cortex, M: moelle, b: montrant la lignification du parenchyme cortical, PC: parenchyme cortical, c et d: montrant les trichomes multicellulaires, filiformes, sur l'épiderme de la tige, tr: trichome

III.4.1.2.2. La Tige de *Halocnemum strobilaceum*

Dans la présente étude, on a pu mettre en évidence deux caractères étonnants, d'une part la présence au niveau de l'épiderme d'un arrangement de stomates du type anomocytique, où les cellules de garde sont entourées par des cellules épidermiques sans aucune morphologie spécifique. (fig.77A et fig.77B), comme décrit par **Judd et al.,(2002)**. Ce type de stomate a été observé chez les feuilles de *Coffea kianjavatensis*, *Coffea sambavensis* et *Coffea richardii* de la famille Rubiaceae dans la commune rurale Kianjavato (Madagascar) qui a un climat du type tropical humide (**Ranaivoarimanana, 2011**) et chez les feuilles de *Oudneya africana*, *Emex spinosa* et la tige de *Zilla macroptera*, *Moricandia arvensis* de la famille Brassicaceae, également dans la tige de *Fagonia glutinosa* (Scrofulariacée), et la tige de *Reseda decursiva* (Résédacées) dans les parcours de dromadaire du Sahara septentrional Algérien (**Slimani et al., 2013**).

D'après les littératures le type paracytique présente une caractéristique d'adaptation des espèces des milieux arides par rapport aux autres types tels qu'anomocytique ou bien anisocytique, pour une seule raison que la fréquence du type paracytique de stomate s'augmente avec le gradient d'aridité du milieu (**Kadi-Bennane et al., 2005**).

D'autre part la présence d'un parenchyme assimilateur de cellule allongé situé directement sous l'assise épidermique au niveau du cortex, jointive, riche en chloroplastes et à parois minces, ça nous indique que la voie photosynthétique de l'espèce est du type C₃ (fig.77C et fig. 77D). Cette confirmation dernière a été mentionnée par **Ting (1975) et Deputit (1978) in Houari et al., (2012)** que les espèces dont le parenchyme assimilateur est composé de cellules allongées semblables optent pour la voie photosynthétique du type C₃. Par ce caractère, **Smail-Saadoun (2005b)** a pu distinguer parmi quatorze (14) espèces appartenant à la famille de Chenopodiaceae, une seule espèce *Salicornia fruticosa*, tandis que **Houari et al., (2012)** a pu parmi dix (10) espèces appartenant à 9 familles végétales différentes distinguer quatre (04) espèces à savoir : *Halocnemum strobilaceum* (Amaranthaceae), *Euphorbia guyoniana* (Euphorbiacées), *Zygophyllum album* (Zygophyllacées) et *Ephedra alata* (Ephédracées), tous ces espèces ayant un parenchyme assimilateur constitué de plusieurs assises de cellules allongées tous semblables.

Dans la voie du type C₃, le CO₂ forme un acide à trois molécules de carbone où le ribulose-bisphosphate (C₅) s'incorpore avec le CO₂ et avec la présence de l'eau donne 2-phosphoglycérate (C₃) (**Hogan, 2011**).

Les températures très élevées affectent d'une manière importante les espèces ayant cette voie (photosynthèse C₃) contrairement aux espèces ont une photosynthèse C₄ qui sont insensiblement à une telle influence et qu'ils s'adaptent mieux au milieu tropicaux ouverts à

rayonnement solaire élevé. Selon **Hogan (2011)**, les plantes C₃ tendent à se développer dans des conditions modérées de point de vue rayonnement solaire et température, des eaux abondantes au niveau de la rhizosphère et où les concentrations de CO₂ sont d'au moins 200ppm. Ces plantes C₃ sont parfaitement adaptées au climat tempéré et plus froid (**Champigny et Moyse 1983 ; Gaudin et Diarra 1995**). On peut alors se demander comment le *H.strobilaceum* a pu résister par ses caractéristiques précédentes (stomate du type anomocytique et une voie de photosynthèse C₃) aux contraintes thermiques des milieux et aux sols très salés, par exemple le cas de *H.strobilaceum* de Blidet Amor.

Par le biais de cette étude histologique de l'épiderme de la tige, on a mis en évidence quelques caractères qui peuvent être joué un rôle fondamental pour renforcer les cratères ce dessus, à savoir :

➤ **Densité et index stomatique faible**

Le *H.strobilaceum* est connue avec d'autres espèces tels que *Salicornia europaea*, *Halimione verrucifera*, *Suaeda macrocarpa*, *Salicornia patula*, que c'est une halophyte stricte ou dite obligatoire (**Wagenitz, 1959 ; Yousefi, 2011 ; Grigore et al., 2014**). Selon **Van Eijk (1940) et Adriani (1948) in Grouzis et al., (1977)**, les halophytes dites obligatoires ou sensu stricto sont les halophytes dont la croissance est maximale en milieu salé, donc il exige une certaine teneur en sel dans le milieu pour assurer leur plein développement. Ceci a induit chez le *H.strobilaceum* des adaptations micromorphologiques mise en évidence par une faible densité stomatique (2 stomates / mm²) et un index stomatique faible (au moyen de 15,7%) indique une adaptation à la salinité. En effet la faible densité et le faible index stomatique conféraient à l'espèce une bonne adaptation au contrôle des pertes d'eau par transpiration. **Chretien (1992)** à mentionner d'après leur étude sur jjoba (*Simmondsia chinensis* LS) que les sels peuvent induit à une réduction de la densité stomatique. D'autres auteurs, comme **Salisbury (1928)** signale qu'une faible fréquence stomatique peut être en raison de la croissance exceptionnelle des cellules épidermiques, augmentant ainsi la distance entre les stomates et diminuer leur nombre par unités de surface. **Mbaye et al., (2001)** ont trouvé chez des espèces appartient au genre *Corchorus* L. (Tiliaceae) qui est très répandu sous les tropiques (Sénégal) : *C. aestuans* L., *C. fascicularis* Lam., *C. olitorius* L., *C. tridens* L. et *C. trilocularis* L., un index stomatique moins de 27%, comme ils ont indiqué que cet index est variable en fonction des conditions du milieu.

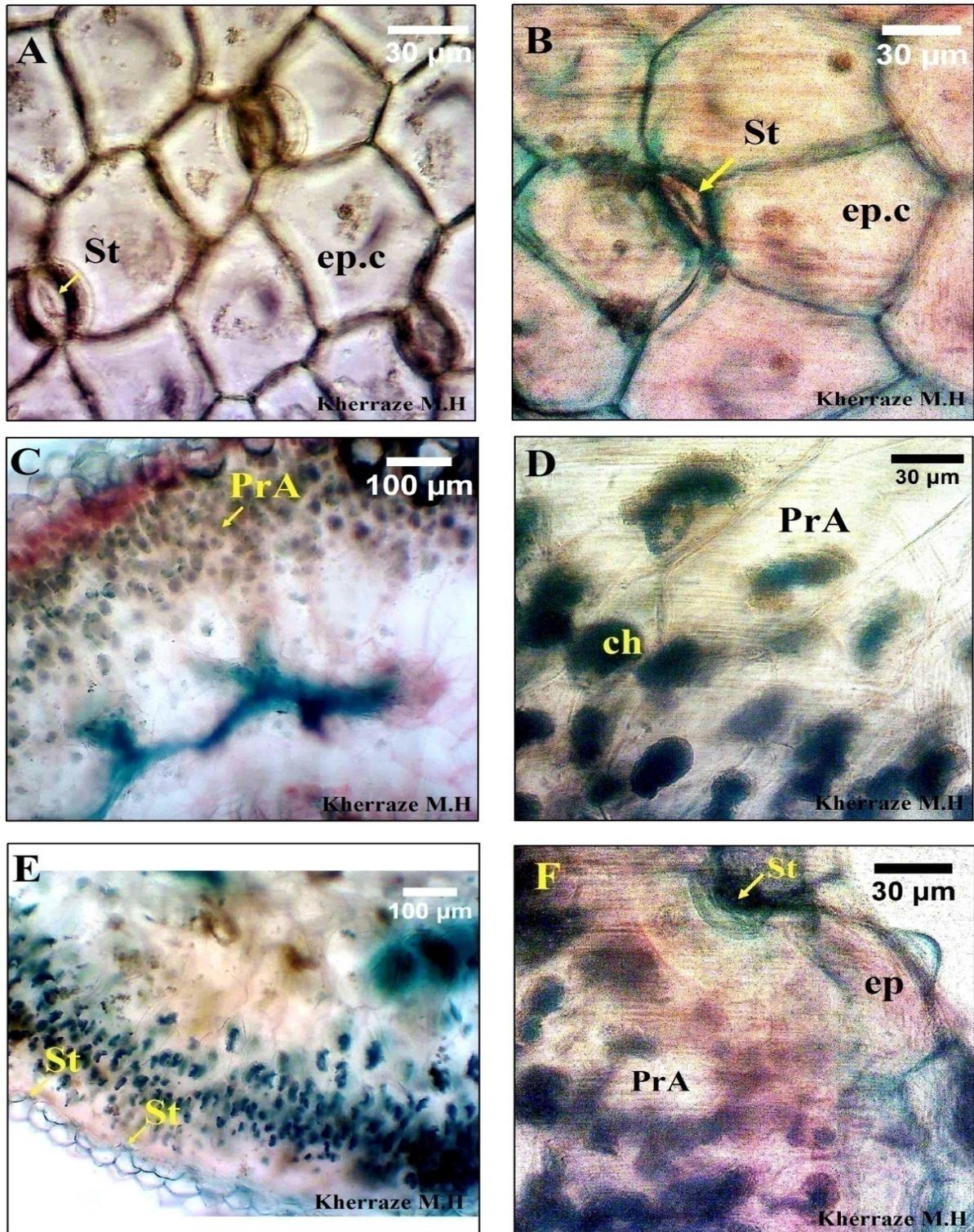


Fig.77. Coupes transversales et longitudinales à travers la tige de *H.strobilaceum*. A et B : montrent l'arrangement de stomate du type anomocytique, C et D : montre les parenchymes assimilateurs à cellules allongées, jointives et riche en chloroplastes, E et F : montre l'enfoncement des stomates au fond des sillons au niveau de l'épiderme. ep.c : épiderme, St : stomate, PrA : parenchyme assimilateur de cellule allongé, ch : chlorenchyme

➤ **Position et fonctionnement stomatique**

Le contrôle de l'évaporation au niveau des stomates s'effectue également grâce à l'enfoncement de ces derniers dans l'épiderme au fond de sillons (fig.77E et fig.77F) et grâce à la présence des rebords épais protègent l'ostiole et qu'ils peuvent être contrôlés les processus d'ouverture et de fermeture du stomate (fig.78) conduisant donc à une économie d'eau plus élevée. Selon **Raschke et Fellows (1971)**, le déclenchement de la fermeture des stomates est dû généralement par l'acide abscissique synthétisé par les racines dans le cas d'une sécheresse du sol qui, véhiculé par la sève du xylème vers les cellules stomatiques, provoqué leur fermeture par plasmolyse, pour éviter les trop grandes déperditions d'eau par évaporation. Plusieurs auteurs ont mentionné l'apparition de ces stomates enfoncés chez d'autres espèces tels que dans l'épiderme adaxial de *Chenopodium soanum*, *Chenopodium retusum* et *Chenopodium microcarpum* de la famille *Amaranthaceae* (**Simón ,1997**), dans l'épiderme de *Limoniastrum guyonianum* (ou Zita ou Faux limonium) de la famille de *Plumbaginaceae* (**Houari et al., 2012**), et chez les espèces *Halostachys belangeriana* et *Arthrocnemum marcrostachyum* de la famille chénopodiaceae (**Keshavarzi et Zare 2006**), indiquant l'isolement de ces stomates à l'exposition directe du soleil et diminuant par conséquent l'évaporation.

➤ **Tissu de stockage d'eau**

Chez certaines espèces halophytes telle que notre espèce *H.strobilaceum*, l'écorce est très large avec un parenchyme cortical constitué de grandes cellules de stockage d'eau ce qui donne à ces espèces l'aspect succulent (fig.79). Ça nous confirme notre résultat de la teneur en eau importante trouve dans cette espèce¹¹ qui est due à la salinité accrue du milieu. Les résultats obtenus sur *Salicornia stricta* Dumort., (*Amaranthaceae*) **Langlois (1969)**, *Cakile maritima* (ou roquette de mer : halophyte annuelle de la famille *Brassicaceae*) **Debez et al., (2006)**, *Nitraria retusa* (ou Elghardak de la famille *Zygophyllaceae*) et *Atriplex halimus* (ou Guetf de la famille *Amaranthaceae*) **Boughalleb et al., (2009)** sont similaires à nos résultats de point de vue que la salinité augmente la succulence chez ses espèces. La succulence peut être un inconvénient pour cette espèce, puisque par ce phénomène la plante se présente comme une source d'eau pour les animaux assoiffés, alors elle protège leur eau farouchement pour survivre dans un environnement aride et d'un sol très salé. Celle-ci pourrait être par son coût amer ou à la quantité excessive du sel dans la tige. C'est peut-être par cette explication que cette plante est non palatable surtout pour les petits ruminants.

¹¹ CF.III. 2. Analyse physico-chimique du matériel végétal (III.2.1. La teneur en eau)

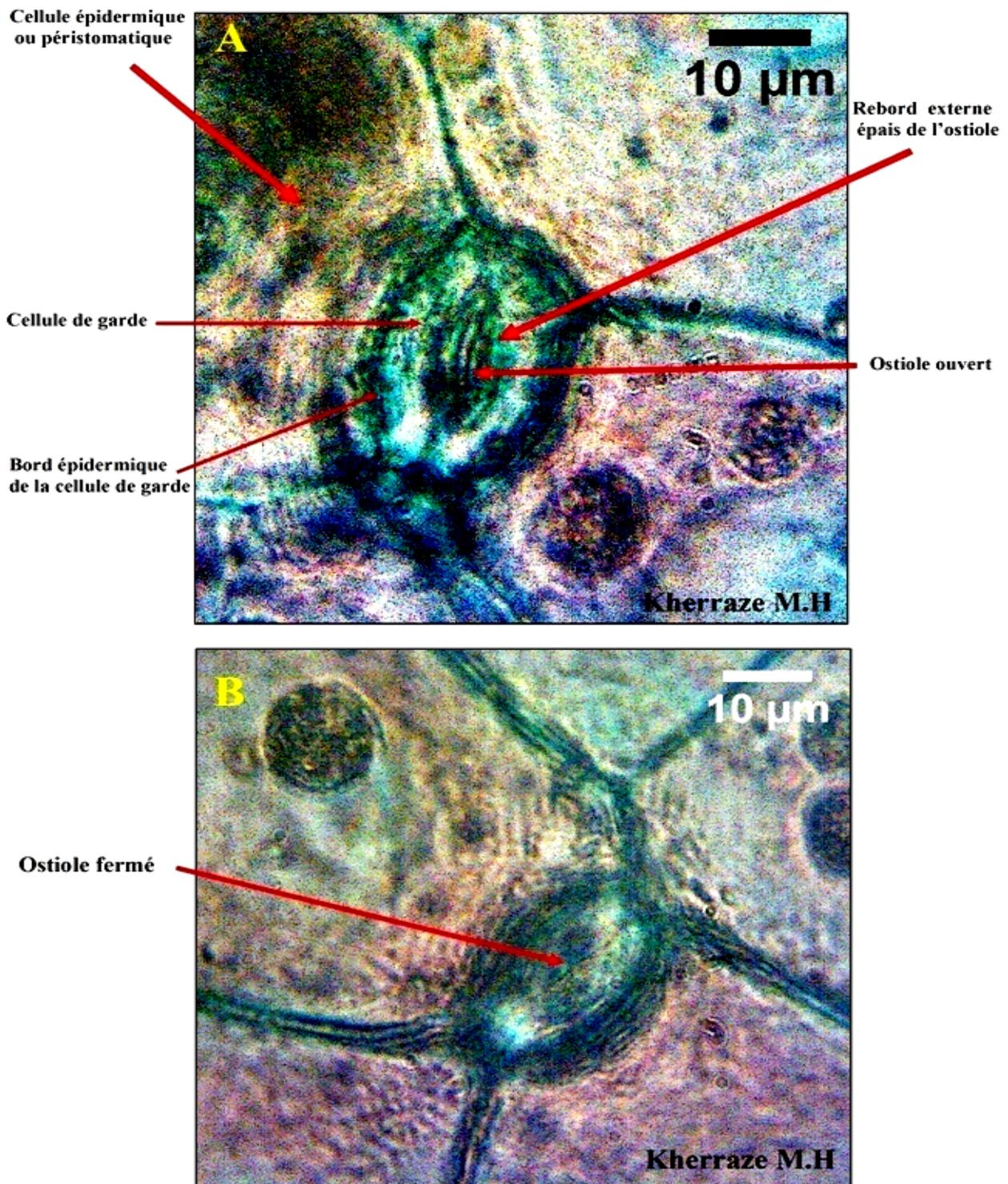


Fig.78. Vue générale d'un stomate.

A : montre un stomate ouvert, B : montre un stomate fermé

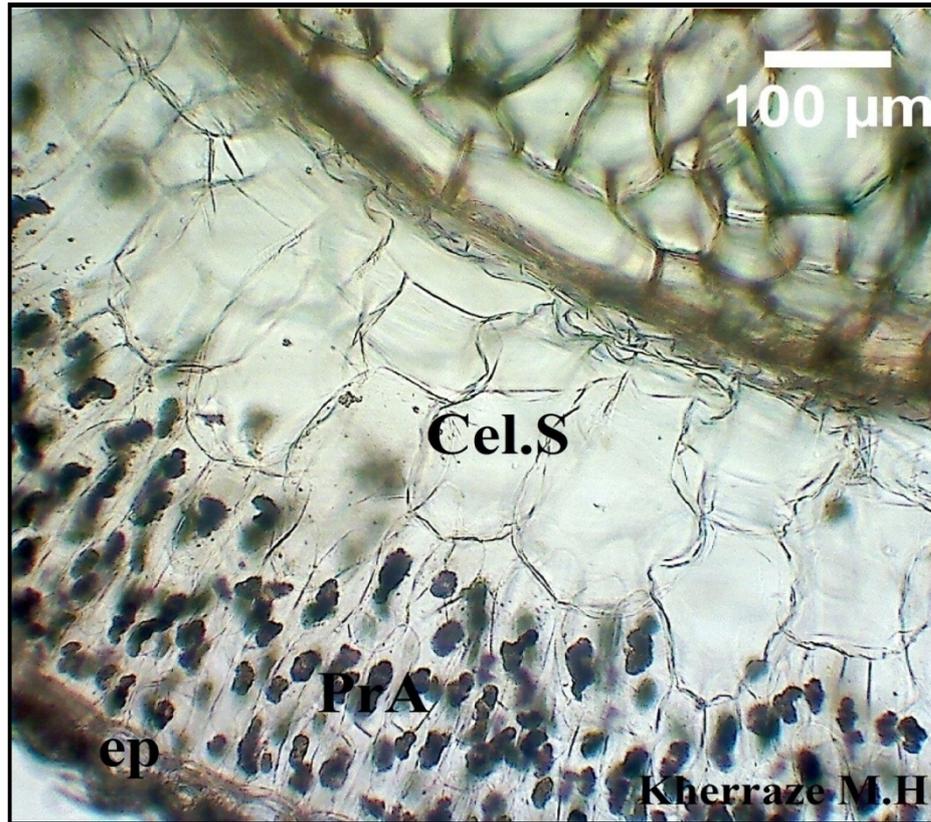


Fig.79. Coupe transversale à travers la tige de *H.strobilaceum* montrant une tissue de stockage d'eau (l'aspect succulent de la tige), ep : épiderme, PrA : Parenchyme assimilateurs à cellules allongées (tissues de palissade), Cel.S : cellules de stockage d'eau (ou tissue de stockage d'eau).

➤ **Vaisseau latéraux**

La présence d'un parenchyme assimilateur loin des tissus conducteurs (xylème et phloèmes) rendre l'approvisionnement des cellules chlorophylliennes en eau très lente. Donc pour que le parenchyme assimilateur maintenu leur fonction, d'assurer la continuation de photosynthèse et de produire de la matière organique nécessaire à la croissance et au développement de l'espèce doit en effet être alimenté continuellement en eau, car ce dernier joue un rôle indispensable dans la formation du sucre et de l'amidon (succession de molécules de glucose) par la photosynthèse qui est un processus bioénergétique nécessite trois paramètres afin de synthétiser de la matière organique : le dioxyde de carbone (CO₂) de l'aire, l'eau (H₂O) du sol et de l'énergie lumineuse du soleil. Dans cette étude nous avons mis en évidence des vaisseaux corticaux entre la couche de palissade et le tissu de stockage d'eau à des cellules spirales, qu'ils sont apparus très importants (fig.80) ceci se concorde avec les travaux de **Keshavarzi et Zare (2006)**. Ainsi l'eau perdue en surface par évaporation est substitué rapidement au biais des vaisseaux vasculaires latéraux radiaux en réduisant au minimum les stresse hydrique des cellules de parenchyme assimilateur, et inversent ces faisceaux assurent l'acheminement de la matière organique produite par la photosynthèse au reste des cellules.

➤ **Moelle vivante**

Un caractère très étonnant qu'on ait observé que les cellules de la moelle chez toutes les jeunes plantes observées de cette espèce sont colorées en rose, ceci signifie que ces cellules sont vivantes (fig.81). Ces résultats sont concordés avec ceux de **Keshavarzi et Zare (2006)** et contrairement qu'on a observé auparavant chez l'espèce du *T.nudatum* où la moelle est totalement lignifiée. Comme il est connu que la moelle occupe le centre de la tige, formé de tissu parenchymateux, spongieuse et lacunaire, entourée par les tissus vasculaires à un rôle dans le stockage et le transport des éléments nutritifs dans la plante. Ça peut-être un trait xéromorphe dans les cas d'un stresse physiologique dû à la salinité du sol, les vaisseaux qu'ils entourent la moelle peuvent substituant l'eau du sol (difficilement d'obtenir par les racines) par l'eau puisée de tissu parenchymateuse de la moelle. De cette manière en évitant la déshydratation des tissus de la surface éloignée de la moelle telle que le parenchyme assimilateur. Contrairement aux plantes adultes où on n'a pas pu même de faire une coupe transversale de la tige à cause de la lignification complète de ce dernier afin de réduire les pertes d'eau.

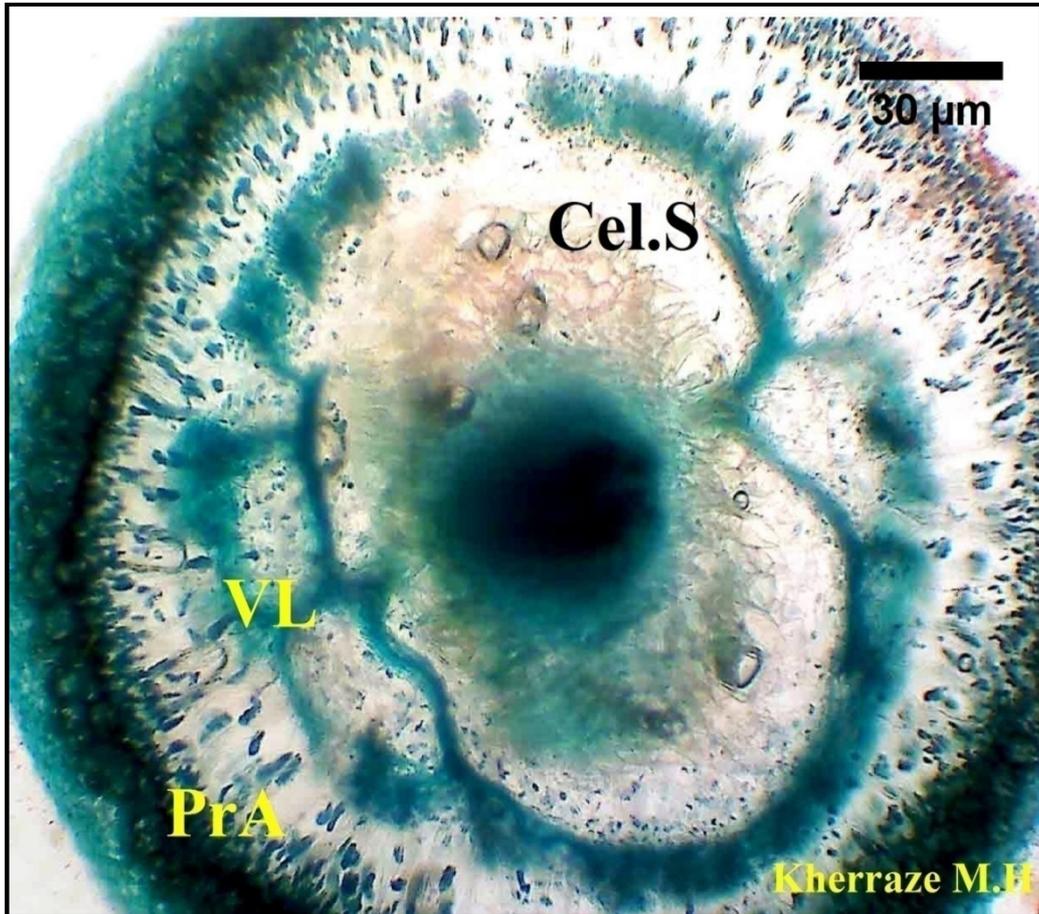


Fig. 80. Coupe transversale à travers la tige de *H.strobilaceum* montrant les vaisseaux latéraux ou corticaux dans le côté extérieur de la stèle entre la tissu de stockage d'eau et le parenchyme assimilateur (assurant aux cellules de parenchyme assimilateur l'approvisionnement en eau et au même temps véhiculant la matière organique vers les autres organes). PrA : parenchyme assimilateur à cellules allongées, VL : vaisseaux latéraux ou corticaux, Cel.S : cellules de stockage d'eau.

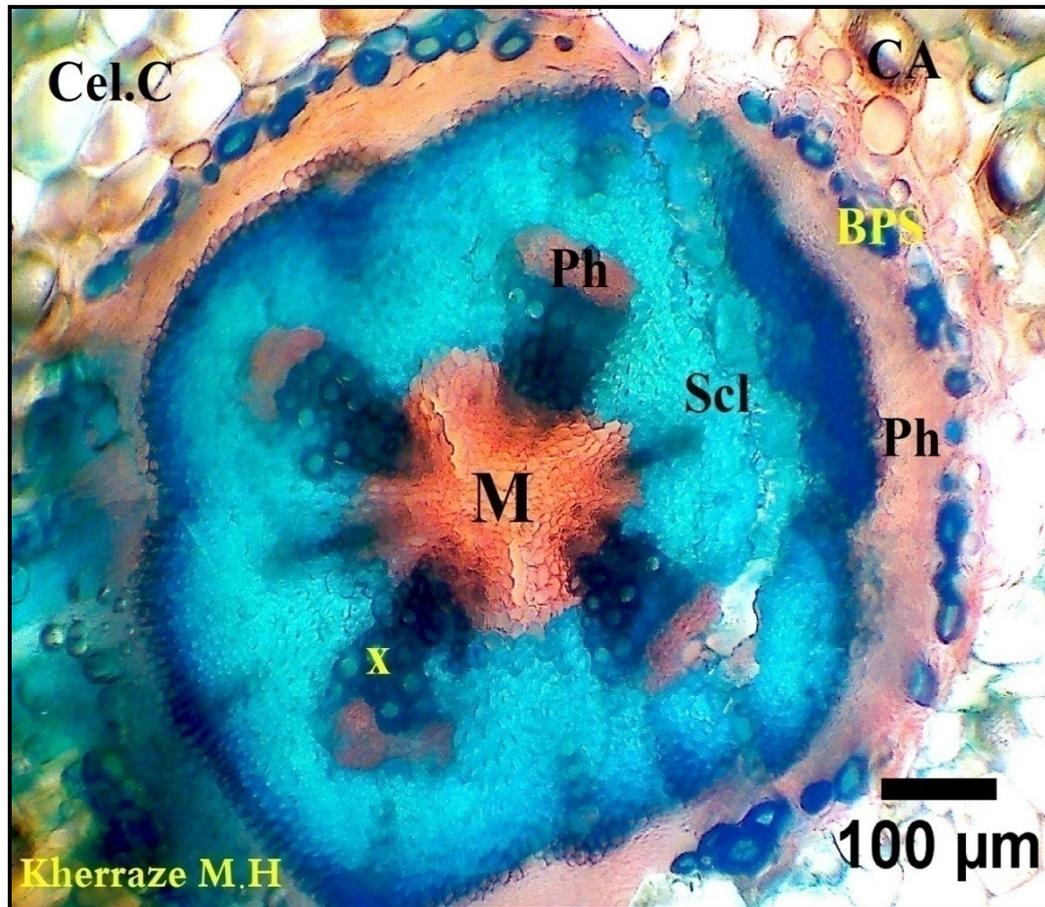


Fig. 81. Coupe transversale à travers la tige montrant la moelle colorée en rose chez une jeune plante de *H.strobilaceum*. Cel.C : cellules corticales, CA : cellules aërolières, BPS : Brins de péricycles sclérenchymes, X : xylème, Ph phloème, Scl : sclérenchyme.

III.4.1.3. Feuille de *Traganum nudatum*

En plus de ces observations précédentes sur la tige et la racine de *T. nudatum*, les caractéristiques anatomiques de la feuille de *T. nudatum* sont exprimées par plusieurs critères liés au mode d'adaptation à l'environnement saharien (fig.82a). Une structure mise en évidence au niveau de l'épiderme, présence d'un arrangement de stomates du type paracytique, où les deux cellules secondaires latérales orientées parallèlement aux cellules de garde (fig.82b), comme décrit par **Carpenter (2005)** sur la base des travaux de **Dilcher (1974)**.

Ce type paracytique reflète les caractéristiques xérophytiques de l'espèce (**Smail-Saadoun 2005a, Kadi-Bennane et al., 2005**). **Kadi-Bennane et al. (2005)** ont rapporté que l'augmentation de la fréquence du type paracytique est influencée par les conditions climatiques, ce fait est démontré avec les espèces du genre *Pistacia*, où les auteurs ont trouvé une corrélation positive entre l'augmentation de la fréquence du type paracytique et l'augmentation du degré d'aridité de la station. Plus le degré d'aridité de la station est élevé, plus la fréquence du type paracytique augmente (coefficient d'Emberger des stations: Ain Oussera, Messaad et Taissa respectivement 23, 16 et 10). Nous comparons ces coefficients avec ceux de la région d'Oued Righ qui est de 6,63; nous voyons que ces résultats de ces auteurs soutiennent notre observation. Ce type d'arrangement de stomates (paracytique) a également été trouvé chez des espèces spontanées du Sahara septentrional tels que *Limoniastrum guyonianum* (Plumbaginaceae), *Anabsis articulata* (Amaranthaceae) et *Pituranthos chloranthus* (Apiaceae) (**Benghersallah 2013**).

D'autres caractéristiques anatomiques mises en évidence dans la feuille de *T.nudatum* peuvent être corrélées avec les particularités de l'environnement (très longue période sèche et température estivale très élevée) où pousse la plante, ce qui expliquerait la présence requise d'une faible densité stomatique (01-03 stomates / mm²) avec un index stomatique faible (au moyen de 11,6%). Cette observation a été soutenue par le travail de **Finsinger et al., (2013)** qui ont suggéré que la variation de la fréquence des stomates (densité stomatique et indice stomatique) était liée aux conditions environnementales régionales (climatiques). **Kadi-Bennane et al., (2005)** ont rapporté que la densité stomatique est influencée par les conditions climatiques, ce fait est démontré avec des espèces du genre *Pistacia* où les auteurs ont trouvé une corrélation entre la densité stomatique et le degré d'aridité de la station. D'autres auteurs tels que **Flowers et al., (1986), Bray et Reid (2002)** ont signalé une diminution du nombre de stomates et de l'indice stomatique à la salinité accrue du sol. En effet, en utilisant cette stratégie de réduction du nombre de stomates, la plante diminue la perte d'eau par évaporation (**Gorenflot, 1980**).

De plus, nous avons pu mettre en évidence au niveau de la feuille de *T.nudatum*, la présence d'une éminence en forme de papila, non aiguë, d'une longueur variant entre 0,02 mm et 0,50 mm au niveau de l'épiderme (fig.82c). Une couche sous-épidermique, hypoderme, riche en cristaux d'oxalate de calcium sous forme de jumeaux (fig.82d) a été mise en évidence. Il existe deux types de chlorenchyma situés sous l'épiderme et l'hypoderme: un chlorenchyma externe constitué de cellules allongées de forme cylindrique et un chlorenchyma interne constitué de cellules cubiques (fig.82d). Un tissu de stockage d'eau développé, occupe la zone centrale (fig. 82e et fig.82a), et il est formé de grandes cellules à paroi mince, dans lesquelles les nervures rayonnent dans toutes les directions, observées pour s'anastomoser dans un réseau sous l'intérieure couche de cellules cubiques (fig.82f et fig.83b).

L'observation des papila a également été enregistrée à une coupe transversale de la tige chez une espèce hygro-halophytique prélevée dans différents marais salés d'Iran: la *Halostachys belangeriana* (Moq.) Botch d'une longueur variant entre 0,04 mm et 0,06 mm (**Keshavarzi et Zare 2006**), et chez la tige de notre espèce de *Halocnemum strobilaceum* d'une longueur d'environ de 0,01 mm (fig.84). Ainsi, nos observations à d'autres tissus étaient en accord avec les observations de Saadoun (2005b) au niveau de la feuille de *T. nudatum* récoltée dans la région de Béni-Abbès (Algérie). Nous notons que la présence de l'hypoderme a également pu caractériser huit espèces de Chénopodiacées sur les 14 espèces étudiées par Saadoun (2005b), et la structure parenchymateuse assimilatrice ont également permis de caractériser 11 espèces de Chénopodiacées étudiées par le même auteur.

Ces structures intéressantes qui ont été mises en évidence au niveau de la feuille de *T.nudatum* peuvent être corrélées avec les particularités de l'environnement dans lequel le *T. nudatum* se développe. En effet, en cas de chaleur excessive, la structure des papila de l'épiderme de la feuille de *T. nudatum* et même de *H.strobilaceum* contribue à disséminer la chaleur. Selon **Stebbins (1974)**, la présence des papilles au niveau de l'épiderme est importante à la réflexion de la radiation solaire en évitant par conséquent la surchauffe de la feuille. D'après **Collin, (2001)**, la chaleur élevée peut avoir un impact négatif sur le métabolisme de la plante. Le même auteur soutient également que la présence de papilles dans certains cactus (*Mammillaria*, *Echinopsis*, etc.) aide à dissiper la chaleur.

La présence de l'hypoderme peut renforcer les caractéristiques isolantes et mécaniques de l'épiderme. Une fonction particulière de ce tissu a été suggérée par **Pautov et Telepova-Texier (1999)** que l'hypoderme assure l'absorption de la majeure partie du rayonnement et réduit ainsi la charge thermique sur la plante, car elle participe aux transports de substances dans la couche sous-épidermique du mésophylle et protège également les flans foliaires contre

la déshydratation. Une autre fonction de l'hypoderme rapportée par **Smail-Saadoun (2005b)** est que l'hypoderme sépare le parenchyme assimilateur de la surface des feuilles.

La richesse de l'hypoderme par des cristaux d'oxalate de calcium pourrait être corrélée avec le métabolisme végétal. C'est un produit final du métabolisme (**Franceschi et Horner 1980**), et peut également être considéré comme un effort pour maintenir l'équilibre ionique (**Franceschi et Horner 1980, Grigore et al., 2014**). Certains auteurs comme **Paupardin (1965)** et **Calmes et Piquemal (1977)** cités par **Vintéjoux et Shoar-Ghafari (1985)** travaillant sur d'autres plantes respectivement vigne et aubépine cultivées in vitro, ont prouvé que l'oxalate de calcium pouvait être réutilisé dans le métabolisme tissulaire de ces les plantes. Ces derniers résultats nous inciteront à réaliser dans le futur des études dans ce sens sur *T. nudatum*.

L'organisation du parenchyme assimilateur dans *T.nudatum* en deux couches adjacentes et différentes: couche externe avec des cellules allongées (ecp) (aussi appelé chlorenchyma externe) et couche interne avec des cellules cubiques (ccp) (également appelé chlorenchyma interne) se réfèrent à une spécifique fonctionnelle anatomie. Cet examen est confirmé par les travaux de **Smail-Saadoun (2005b)**, **Muhaidat et al. (2007)**, **Houari et al. (2012)**, **Grigore et Toma (2007)**, sur plusieurs genres: *Kochia*, *Camphorosma*, *Petrosimonia*, *Atriplex*, *Anabasis*, *Salsola* et *Bassia*. D'après **Ting (1975)** et **Deput (1978)**, les espèces portant cette organisation correspondent à la voie photosynthétique du type C₄ (fig. 74a, 74d et 74f). Selon les travaux de **Smail-Saadoun (2005b)**, **Muhaidat et al. (2007)**, **Houari et al. (2012)**, les cellules cubiques de la couche interne sont caractérisées par un plus grand nombre de chloroplastes et de mitochondries que les cellules allongées de la couche externe. De plus, de nombreux éléments vasculaires ont été observés qui s'anastomosent en réseau sous la couche cubique (présence de contacts veineux avec la couche interne), ce qui semble être une couche plus spécialisée que la couche externe des cellules allongées. Selon **Muhaidat et al. (2007)**, ce modèle structural - connu sous le nom d'anatomie de Kranz - appartient au sous-type de salsoloid. Il a été montré au niveau de l'espèce *Salsola kamarovii* (Amaranthaceae) par le même auteur.

Cette architecture interne divise physiquement les événements biochimiques de la voie C₄ en deux étapes. (I) Au préalable, le CO₂ atmosphérique est incorporé dans les acides à quatre carbonnes, d'où le nom de photosynthèse C₄. Cette incorporation se fera au niveau de la couche externe (ecp) (ii) décarboxylation de cet acide C₄ et le CO₂ libéré est re-fixé par Rubisco spécifique au tissu interne (ccp) (**Muhaidat et al., 2007**). Le système biphasique C₄ semble être une bonne adaptation à la sécheresse puisque le cycle de Calvin et la synthèse des hydrates de carbone se produisent au niveau des cellules internes (ccp) de l'assimilateur du

parenchyme loin de la chaleur et au voisinage des vaisseaux, ce qui implique un approvisionnement en eau plus facile et évacuation rapide des hydrates de carbone (**Heller et al., 1993, Sage, 2004, Smail-Saadoun, 2005b, Houari et al., 2012**).

En plus de l'importance du phénomène de cambium successif au niveau de la racine, ou de l'anatomie de Kranz à partir du niveau des feuilles, il existe un autre phénomène plus important au niveau de la feuille de *T. nudatum*. C'est le phénomène de la succulence qui est corrélé avec les facteurs environnementaux locaux. Ainsi, *T. nudatum* a été recueilli à partir d'un sol salin, ce qui expliquerait la présence nécessaire de tissu de stockage de l'eau à la feuille et sa forme globulaire (fig.83). Ce tissu parenchymateux apparaît très épais par rapport aux autres tissus de la feuille. Cet épaississement de ce tissu pourrait être dû à la salinité du sol. Plusieurs données publiées montrent que la salinité augmente la succulence chez les plantes telles que *Atriplex patula* de la famille des Amaranthaceae (**Longstreth et Nobel 1979**), *Cakile maritima* de la famille des Brassicacées (**Debez et al., 2006**), *Nitraria retusa* de la famille des Nitrariaceae (**Boughalleb et al., 2009**) et même chez les glycophytes tels que *Gossypium hirsutum* de la famille des Malvaceae (**Longstreth et Nobel 1979**) et *Hordeum vulgare* de la famille des Poaceae (**Kiliç et al., 2007**), sont similaires à notre observation. Ce phénomène de succulence permet de ralentir l'élévation de température des feuilles exposées, car il est plus difficile de chauffer un volume d'eau sphérique que le même volume d'eau étalé comme c'est le cas dans une feuille non succulente (**Collin, 2001**). En outre, la succulence exerce un effet de dilution sur les sels accumulés dans les feuilles de *T. nudatum*, ce qui permet aux feuilles de faire face à des quantités plus élevées de sel. **Debez et al., (2006)** ont montré que la succulence est l'une des adaptations à l'augmentation de la salinité. Selon **Larcher (1986)** cité par **Mantovani (1999)**, une plante serait plus résistante à la sécheresse si elle possédait une grande capacité de stockage de l'eau, en plus de faibles pourcentages de transpiration.

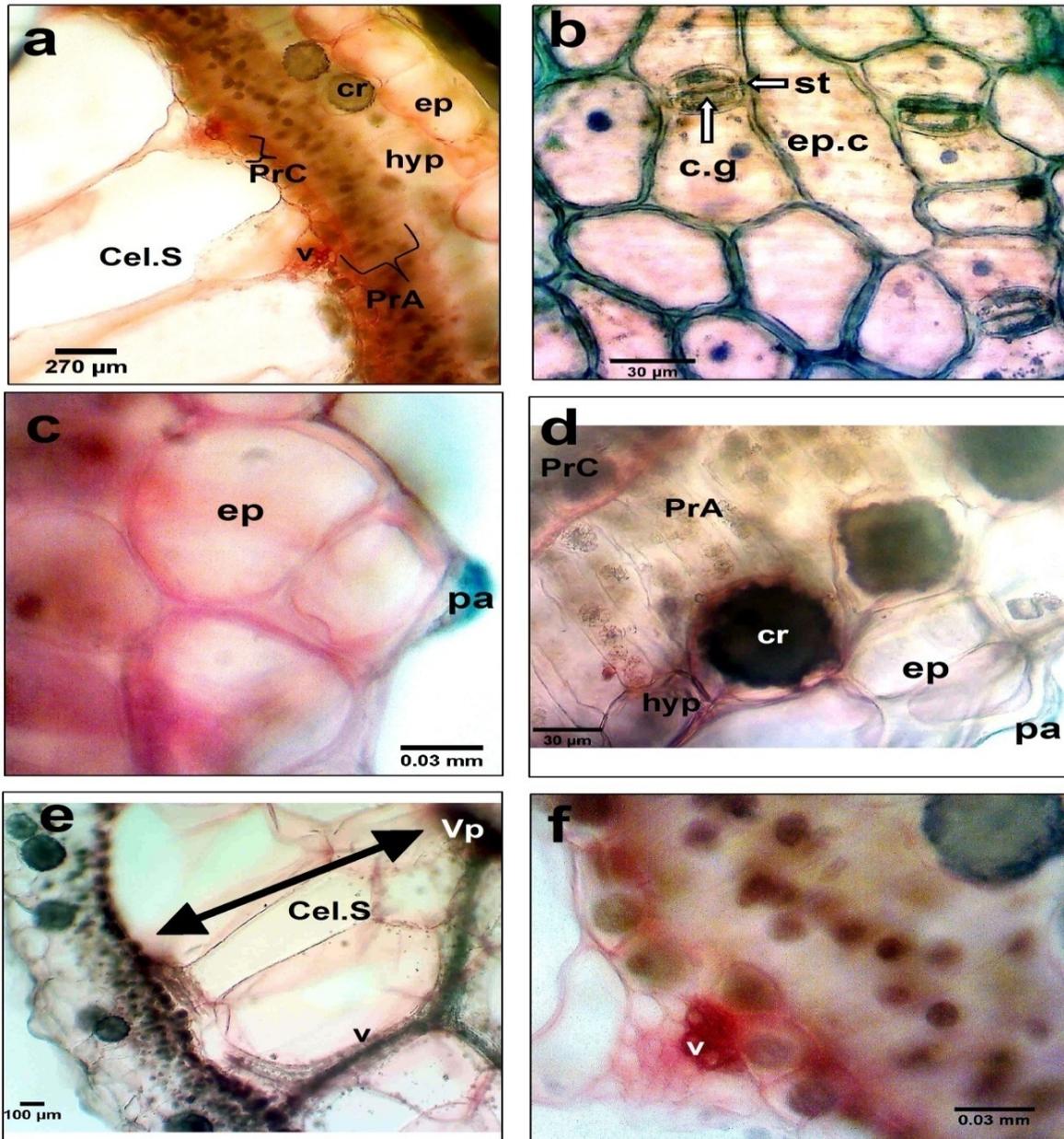


Fig.82. Coupes transversales de feuilles C_4 chez *T.nudatum*. Fig.6a. vue générale (disposition des tissus cellulaires dans la lame), Fig.6b. Montre la disposition des stomates (type paracytique), Fig.6c. Papilla non aiguë dans l'épiderme, Fig.6d. L'organisation du parenchyme chlorenchymatique (assimilable) en deux couches (externe (e.c.p) et interne (c.c.p)) et la présence d'un hypoderme riche en cristaux d'oxalate de calcium (forme jumelle), Fig.6e. Montre de grandes cellules de tissu de stockage de l'eau occupant la zone centrale de la feuille et la disposition des côtes, Fig.6f. Montre le contact d'un faisceau vasculaire avec la couche interne (c.c.p) (modèle structural - connu sous le nom d'anatomie Kranz de type salsoloid). ep: épiderme, hyp: hypoderme, ecp: parenchyme cellulaire allongé, ccp: parenchyme cubique, cr: cristaux d'oxalate de calcium, vb: faisceau vasculaire, Cel.S: cellules de stockages d'eau, st: stomate, gc: cellules de garde, ep.c: cellules épidermiques, pa: papille, Vp: veine principale, v: veine.

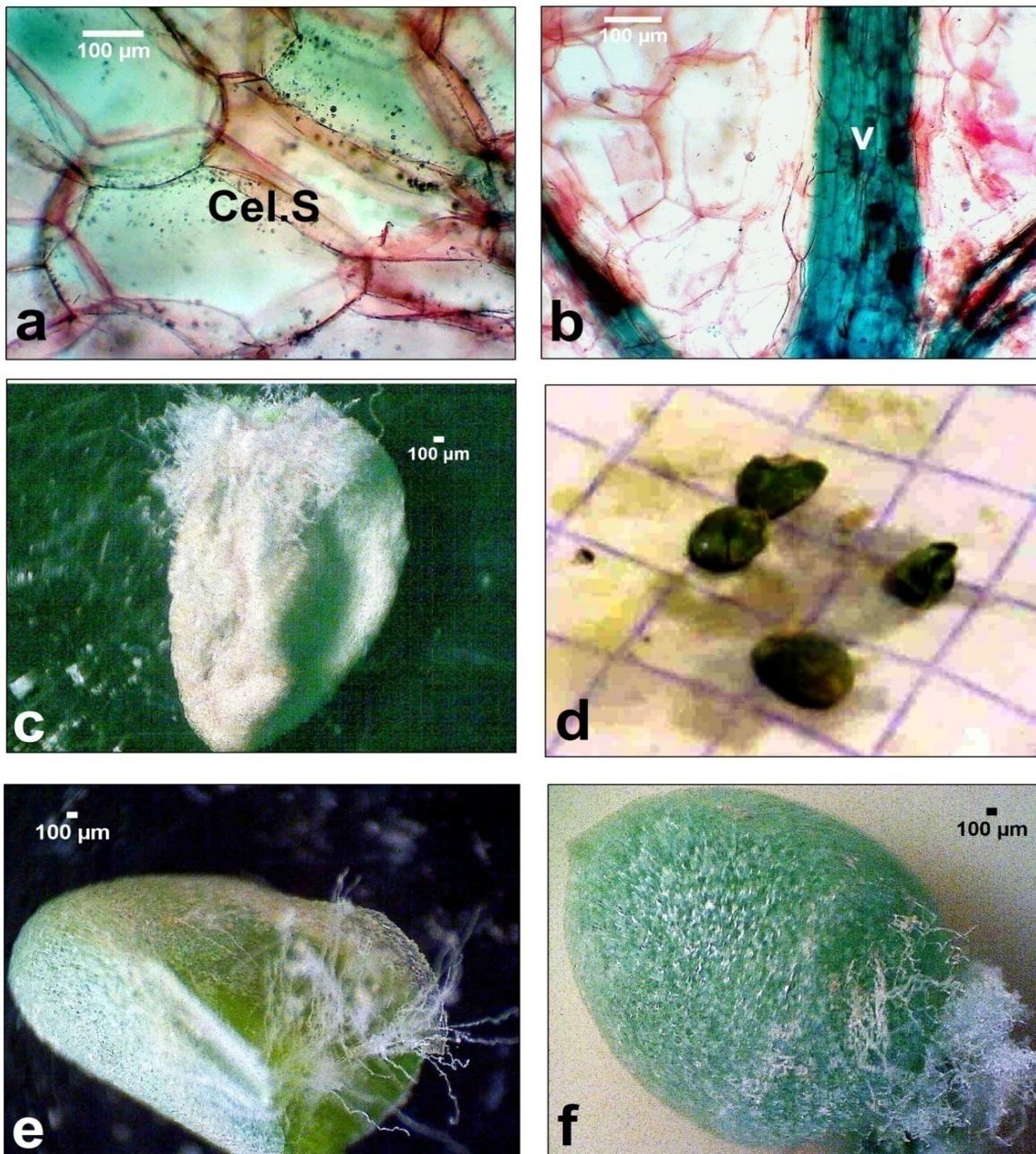


Fig.83. Un aperçu de certaines morphologies et anatomies de la feuille de *T. nudatum*. a: une section transversale montre le tissu de stockage d'eau, b: une coupe longitudinale montre le réseau vasculaire, c: montrant une feuille séchée, d: un papier millimétré humide avec de la sève d'eau de feuilles compressées, (e) et (f): l'apparence succulente des feuilles.

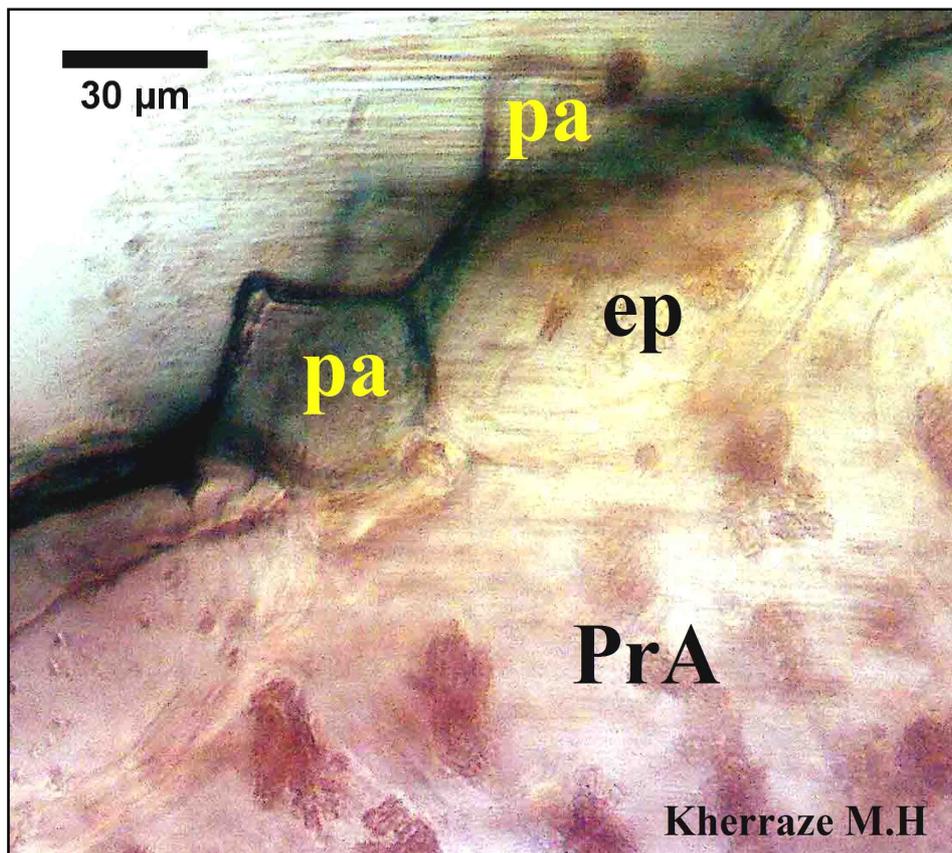


Fig.84. Coupe transversale à travers la tige de, *H.strobilaceum* montrant la présence d'une éminence en forme de papila, non aiguë dans l'épiderme de la tige. ep : épiderme, pa : Papila, PrA : parenchyme assimilateur (chlorophyllien)

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

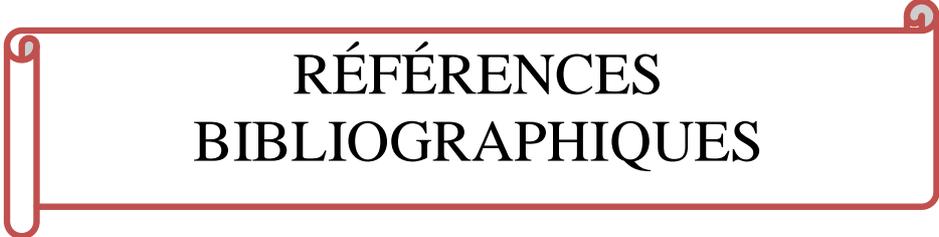
Cette étude nous a permis d'avoir des renseignements sur l'adaptation écologique de deux espèces de la famille Amaranthaceae (*Traganum nudatum* et *H.strobilaceum*) et les modifications morphologiques et anatomiques visibles et invisibles. Les deux halophytes subissent les influences du climat qui reste caractérisé par la rareté des pluies et de longues périodes sèches). L'ajustement osmotique est reconnu comme un mécanisme important dans la tolérance des plantes au stress hydrique en augmentant leur pression osmotique par rapport à celle du sol via l'absorption des sels et leur transport vers les feuilles ou la tige. En effet, nous avons trouvé une teneur significative en sodium (Na^+) dans la partie aérienne de deux espèces, dans les six stations d'étude avec une moyenne de $25,67 \pm 4,96$ mEq/l pour le *T. nudatum* et une moyenne de $40,40 \pm 9,07$ mEq/l pour le *H.strobilaceum* comparé au potassium (K^+) et calcium (Ca^{2+}), pour assurer leurs besoins en eau et survivre dans des sols connus pour leur hostilité abritée. Dans des conditions de vie similaires (aridité et salinité du sol), nous avons démontré une convergence morphologique de deux espèces qui se traduit par une réduction de la taille (taille modeste) pour limiter l'exposition au soleil, de l'agitation de l'air chaud ou sec, perte d'eau (rétention d'eau dans les tissus) et charge thermique. Remplacement des feuilles ancestrales (en excès de sels) de *T. nudatum* par de petites feuilles vertes neuves affectées au stockage de l'eau et des sels afin de réduire l'effet nocif des sels. En revanche, les feuilles chez le *H.strobilaceum* sont fortement réduites à tasses charnues difficiles à mesurer, ajoutant une autre forme d'adaptation, l'une pour maintenir l'équilibre osmotique et d'autre part, pour minimiser l'évaporation de l'eau. Le *T.nudatum* présente une hypertrophie du système racinaire superficiel qui peut atteindre 16 - 30 m de long, tandis que le système racinaire de *H.strobilaceum* est peu profond, atteignant 10 à 35 cm. Ce système situé à une courte distance de la surface du sol peut capter l'eau des pluies rares et peu abondantes ainsi les rosées. La légèreté des grains de *T. nudatum* et de *H.strobilaceum* (176,5 g et 0,07 g pour 100 grains) facilite leur dissémination spatiale sous l'action du vent (anémochorie). Par suspension (dans le cas de vents très violents et turbulents), ou par saltation (dans le cas de vents assez forts) qui les transporte vers des habitats appropriés et favorables au développement de futures pousses, préservant ainsi ces ressources naturelles. Aucune variation significative des paramètres morphologiques entre les stations enregistrées chez le *H.strobilaceum* sauf pour la hauteur ($p < 0.015$), par contre une variation significative à hautement significative enregistrée chez le *Traganum nudatum* est due à l'adaptation de l'espèce aux conditions stationnelles.

L'étude de l'effet de l'altitude sur les paramètres physicochimiques du sol pour l'espèce *Traganum nudatum* a montré que l'altitude a principalement varié le taux de l'humidité de sol, la salinité et la teneur du sol en sels solubles avec des conséquences sur les paramètres morphométriques de l'espèce étudiée (diminution de la taille de la plante entière, augmentation de la taille des feuilles et forte minéralisation de ces parties aériennes, notamment par une teneur élevée en sodium). Toutes ces modifications morphologiques de l'espèce constituent un indice d'adaptation aux conditions xériques, où l'altitude semble avoir un effet direct sur les paramètres du sol et indirectement sur les paramètres morphologiques et nutritionnels de la plante.

L'étude anatomique de *T. nudatum* et de *H.strobilaceum*, effectuée avec toutes les difficultés liées aux préparations des coupes nous a permis d'obtenir des résultats relativement acceptables. Le travail en question semble à notre avis apporter des indications en matière de nutrition hydrique (facteur limitant dans ces zones méridionales). Ces zones (nord-est du Sahara algérien et spécifiquement à la région de l'oued Righ) constituent en effet un écosystème aride (environnement hostile, aridité sévère et sol salin) où certains sujets comme le *T. nudatum* et le *H.strobilaceum* semblent afficher une certaine adaptation. Ainsi, le *T. nudatum* et le *H.strobilaceum* ont montré deux stratégies très importantes: la tolérance et l'évitement. Dans le cas de la tolérance, la succulence du limbe (*T.nudatum*) et de la tige (*H.strobilaceum*) est considérée comme l'un des principaux facteurs de tolérance au sel et d'autre part la présence d'oxalates de calcium au niveau de l'hypoderme de la feuille de *T.nudatum* peut jouer un rôle métabolique conférant une résistance au sel. Dans le cas de la stratégie d'évitement, il y a une réduction de la transpiration, qui est un élément essentiel de la résistance à la sécheresse puisqu'elle permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé. Il se traduit également par la réduction de la charge thermique de la surface de la feuille et de la tige. La réduction de la transpiration et de la charge thermique sont obtenues par réduction et protection de la surface transpirante: réduction (densité et indice stomatique faible, parenchyme assimilateur éloigné de la surface des feuilles, présence de trichomes dans l'épiderme de la tige, l'enfoncement des stomates dans l'épiderme, et fermeture des stomates) et protection (présence de la papille et l'hypoderme et de la forme globulaire due à la succulence, et des vaisseaux corticaux et d'une moelle vivante), en outre, par l'arrangement spécifique des stomates (type paracytique). D'autres caractères histologiques adaptatifs sont apparus à la racine et à la tige pour réduire les besoins en eau et en nutriments par la diminution de la densité des tissus vivants suite à la présence de phénomènes cambiaux successifs et la lignification pouvant également agir contre la déshydratation. L'amélioration de l'absorption d'eau est obtenue en augmentant le nombre et le diamètre des vaisseaux du

métaxylème, comblant ainsi le déficit hydrique imposé par la forte salinité de la solution du sol. L'anatomie de Kranz du sous-type salsoloid dans *T.nudatum* est nécessaire pour la photosynthèse de C₄ et contribue à une meilleure adaptation à la sécheresse et à la salinité.

La connaissance des composantes de l'environnement saharien et les interactions sol-plante du milieu halomorphe ou hydromorphe est essentiel afin de mieux connaître les stratégies d'adaptation des plantes et la gestion raisonnable de ces ressources naturelles. Gestion répondant aux objectifs d'un programme scientifique ou assurant la préservation de ces environnements. Parce que ces milieux naturels limitent la survie de plusieurs êtres vivants. Ainsi, ces deux espèces pourraient être très prometteuses dans les programmes de réhabilitation des zones dégradées pastorales et des sites salins dans les régions arides en raison de leur adaptation aux conditions salines, au stress hydrique et à l'ensablement. Ce sont de bons xerohalophytes adaptés respectivement à la salinité et à la sécheresse lors de la période de développement végétative maximale.



RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Abtahi, A. (1980). Soil Genesis as Affected by Topography and Time in Highly Calcareous Parent Materials under Semiarid Conditions in Iran 1. *Soil Science Society of America Journal*, 44(2), 329-336.

Abid, F. (1995). *Caractérisation des sels des sols de l'Oued Righ*. Engineer dissertation, University of Batna, Algeria. 47p.

Aboura, R. (2011). Contribution à l'étude des Atriplexaies en Algérie occidentale, aspects physiologiques et phytodynamiques. Thèse.Doct .ecol Vég. Univ.Tlemcen.156p.

Adriani, M. J. (1948). Sur la Phytosociologie, la Synécologie et le Bilan d'Eau de Halophytes de la région néerlandaise méridionale ainsi que de la Méditerranée française. Batavia, JB Wolters' Uitgeversmaatschappij NV. *Vegetatio*, 1(1), 76-78.

A.F.N.O.R., 1982. Aliments des animaux, détermination de la teneur en eau. Ed AFNOR NF V 18-109, 5 p.

A.F.N.O.R. (1987). *Qualité des sols. Méthodes d'analyses*. 1 ère édition, 133 p.

A.F.N.O.R. (1999). Qualité des sols. Ed., AFNOR, vol. 1 et 2, paris, 973p.

A.F.N.O.R. (2003). Qualité des sol-Détermination de la distribution granulométrique des particules du sol - Association Française de Normalisation, Paris. Méthode à la pipette-NF X31-107.

Agren, J., & Schemske, D. W. (1993). The cost of defense against herbivores: an experimental study of trichome production in Brassica rapa. *The American Naturalist*, 141(2), 338-350.

Anderson, D., & Cerkowniak, D. (2010). Soil formation in the Canadian Prairie region. *Prairie Soils Crops*, 3, 57-64.

Anonyme. (2000). Agence nationale des ressources hydrauliques. Notes relatives à la remontée des eaux dans la cuvette d'Ouargla, 11p.

Ashraf, M., & Ali, Q. (2008). Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 63(1-3), 266-273.

Askri, B., & Bouhlila, R. (2010). Évolution de la salinité dans une oasis moderne de la Tunisie. *Étude et Gestion des sols*, 17, (3-4), 197-212.

Aubert, Georges. (1976). Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A El Harrach, Alger, 17(1), 185-196.

Aubert, Guy. (1978). Méthodes d'analyses des sols, centre national de documentations pédologiques. *CNDP Marseille*. 189p.

Aubert, Guy. (2007). Rôle des facteurs du milieu dans la différenciation de la couverture végétale en milieu continental terrestre au sein de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Office National des Forêts, Agence Départementale du Var*.35p.

Awasthi, O. P., & Pathak, R. K. (1999). Effect of salinity levels on survival and anatomy of four scion cultivars budded on Indian jujube. *Hort. J*, 12(2), 53-59.

Babinot, M. (1982). Promontoire oriental du Grand Rhône (embouchure): Étude de la végétation et cartographie écologique des aires culicidogènes à *Aedes (O.) Caspius* en milieu instable. Thèse Doct. Etat, Fac. Sci. St Jérôme, Univ. Aix-Marseille III, 201 p.

Bacchetta, G., Brullo, C., Brullo, S., Guarino, R., & Sciandrello, S. (2012). Studi tassonomici sulle popolazioni italiane di *Halocnemum strobilaceum* (Amaranthaceae). Atti della Riunione scientifica del Gruppo di Floristica della Società Botanica Italiana "Flora vascolare d'Italia: studi biosistemati, taxa endemici e loci classici, comunicazioni". Società Botanica Italiana, Firenze, 29-30.

Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 88,193–239.

Bajji, M., Lutts, S., & Kinet, J.M. (2001). Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*. 160(4), 669 -681.

Barzanji, A.F. (1973). *Gypsiferous soils of Irak*. PhD. Thesis. Univ. Gent, 199 p.

Barry, J. P., Celles, J. C., & Manière, R. (1976). Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara Algérien: note 2. Le Sahara central et le Sahara méridional. *Naturalia Montpellienis*, Ser.Bot., fasc, 26, 211-241.

Batanouny, K. H. (1993). Adaptation of plants to saline conditions in arid regions. In *Towards the rational use of high salinity tolerant plants*. Springer, Dordrecht. 1, 387-401.

Belhassen, É., This, D., & Monneveux, P. (1995). L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. *Cahiers agricultures*, 4(4), 251-261.

Benabadji, N., & Bouazza, M. (2000). Quelques modifications climatiques intervenues dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie-occidentale). *Rev. Energ. Ren*, 3, 117-125.

Benghersallah, N., & Elhadi, K. (2013). Réponse anatomique à la sécheresse de quelques plantes spontanées du Sahara septentrional. Master Académique. Université Kasdi Merbah, Ouargla.53p.

Black, R. F. (1956). Effect of Nacl in Water Culture on the Ion Uptake and growth of *Atriplex hastata* L. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9(1), 67-80.

Black, C.A., Evans D.D., Ensminger, L.E., White, J.L. & Clark, F.E. (1965). Methods of soil analysis, part 1. Madison, WI: American Society of Agronomy. 9, 653-708.

Blake, G.R, Hartge, K.H. (1986). Bulk density. In: Klute A (ed) *Methods of soil analysis*, part 1: physical and mineralogical properties (2nd ed). American Society of Agronomy Monograph No. 9. American Society of Agronomy, Madison. 363-382.

Boumlik, M. (1995). Systématique des spermaphytes, Botanique, Ed *office des publications universitaire Ben Aknoun d'Alger*, 80p.

Boukhari, S & Boufelousse, A.C. (1998). Étude de l'évolution des sols sous irrigation de la vallée de l'oued Righ première campagne de mesure –Mars. ANRA- d'Ouargla.122p.

Boughalleb, F., Denden, M., & Tiba, B. B. (2009). Anatomical changes induced by increasing NaCl salinity in three fodder shrubs, *Nitraria retusa*, *Atriplex halimus* and *Medicago arborea*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(5), 947-960.

Bouallala, M., Chehma, A., & Bensetti, M. (2011). Variation de la composition chimique de principales plantes broutées par le dromadaire du Sud-ouest Algérien. *Livestock Research for Rural Développement (LRRD)*, 23 (5), 1-9.

Bouchahm, N., Chaib, W., Drouiche, A., Zahi, F., Hamzaoui, W., Salemkour, N., ... & Djabri, L. (2013). Caractérisation et cartographie des sites de remontée dans la région de l'Oued Righ (bas Sahara algérien). *Journal Algérien des Régions arides*, N° spécial, 76-88.

Boumaraf, A., Manna, A., & Adjel, F. (2018). Inventaire de la végétation halophyte, cas de la région d'El Maghsel–Ank Djemel. Master. Écologie des milieux naturels. Univ. Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi.71p.

Bray, S., & Reid, D. M. (2002). The effect of salinity and CO₂ enrichment on the growth and anatomy of the second trifoliate leaf of *Phaseolus vulgaris*. *Canadian Journal of Botany*, 80(4), 349-359.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2007). The colloidal fraction: seat of soil chemical and physical activity. *The Nature and Properties of Soils, 14th ed. Prentice Hall*, 310-357.

Bucur, N., Dobrescu, C., Turcu, G. H., Lixandru, G. H., Teșu, C., & Dumbravă, I. AFUSOAIIE, 1957–Contribuții la studiul halofiliei plantelor din pășuni și fânețe de sărătură din Depresiunea Jijia-Bahlui (partea a Ia). *Stud. și Cerc.(Biol. și Șt. Agricole)*, Acad. RPR, filiala Iași, an. VIII, fasc, 2, 277-317.

Calmés, J., & Piquemal, M. (1977). Variation saisonnière des cristaux d'oxalate de calcium des tissus de Vigne vierge. *Canadian Journal of Botany*, 55(15), 2075-2078.

Calu, G. (2006). Effet du stress salin sur les plantes. *Comparaison entre deux plantes modèles: Arabidopsis thaliana et Thellungiella halophila*. Master, 1.

Carpenter, K.J.(2005).Stomatal architecture and evolution in basal angiosperms. *American Journal of Botany*, 92(10), 1595-1615.

Caspers, H. (1964). Chapman, VJ: Salt marshes and Salt Deserts of the World. Plant Science Monographs (ed. by N. Polunin). With 45 pl., 102 fig.—London: Leonard Hill (Books) Ltd.(Interscience Publ., Inc., New York) 1960. 392 pp. 95 s. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 49(1), 179-179.

Champigny, M. L., & Moyses, A. (1983). Les différents types métaboliques végétaux et l'assimilation de CO₂, leur diversité botanique. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 130(1), 71-83.

Chaabane, A. (1993). Étude de la végétation du littoral septentrional de Tunisie: typologie, syntaxonomie et éléments d'aménagement. Thèse PhD, université Aix-Marseille III ,205p.

- Cheverry, C., & Robert, M. (1998).** La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau : une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la méditerranée? *Étude et Gestion des sols*, 5(4), 217-226.
- Chehma, A. (2006).** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Ed. Dar El Houda, Algérie, 140p.
- Chehma, A., Faye, B., & Bastianelli, D. (2010).** Valeurs nutritionnelles de plantes vivaces des parcours sahariens algériens pour dromadaires. *Fourrages* 204, 253–256.
- Chenchoun, H. (2012).** Diversité floristique d'un lac du bas-Sahara algérien. *Acta Botanica Malacitana* 37,33-44.
- Chretien, D. (1992).** La résistance au sel chez le jojoba (*simmondsia chinensis* (link) Schneider): croissance et modification du contenu lipoprotéique de calcs cultivés en présence d'une teneur élevée en nacl.PhD.université.Paris VI, 144p.
- Christmas, M.J., Breed, M.F., & Lowe, A.J. (2016)** Constraints to and conservation implications for climate change adaptation in plants. *Conservation Genetics*, 17(2), 305-320.
- Collin, P. (2001).** L'adaptation au milieu chez les plantes vasculaires. *L'Année Biologique*, 40, 21-42.
- Cramer, G. R., Lynch, J., Läuchli, A., & Epstein, E. (1987).** Influx of Na⁺, K⁺, and Ca²⁺ into roots of salt-stressed cotton seedlings: effects of supplemental Ca²⁺. *Plant Physiology*, 83(3), 510-516.
- Cuénoud, P., Savolainen, V., Chatrou, L. W., Powell, M., Grayer, R. J., & Chase, M. W. (2002).** Molecular phylogenetics of Caryophyllales based on nuclear 18S rDNA and plastid rbcL, atpB, and matK DNA sequences. *American Journal of Botany*, 89(1), 132-144.
- Daget, Ph. (1977).** Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, méthode de caractérisation. *Végétation*, 34 (1), 1-20.
- Dansereau, P. (1957).** Biogeography, an ecological perspective. Ronald Press Co., New York.394p.
- Daoud, Y., & Halitim, A. (1994).** Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 5(3), 151-160.
- Datta, S. K., & Som, J. (1973).** Effect of salinity on structural-changes in stem of rice varieties. *indian journal of agricultural sciences*, 43(6), 614-617.
- Debez, A., Saadaoui, D., Ramani, B., Ouerghi, Z., Koyro, H. W., Huchzermeyer, B., & Abdelly, C. (2006).** Leaf H⁺-ATPase activity and photosynthetic capacity of *Cakile maritima* under increasing salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 57(3), 285-295.
- Delpech, R. (2006).** Méthodes pratiques de la phytosociologie, Masson, Paris, 320p.
- De Martonne, E. (1926).** Une nouvelle fonction climatologique : l'indice d'aridité. *Météorologie*, 2, 449-459.

Demarquilly, C. (1982). Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe. *Actions du climat sur l'animal au pâturage*. INRA, Versailles, 49-63.

Deput, D.J. (1978). Photosynthesis and respiration of plant. In the arid ecosystem. Cambridge: Cambridge University Press, 509–36.

Diallo, A., Guisse, A., Faye, M., & Saradoum, G. (2009). Variabilité floristique de la végétation herbacée de la Niaye de Pikine au Sénégal. *Revue Écologie. Terre Vie*, 64, 123-133.

Diallo, M. D., Ndiaye, O., Saleh, M. M., Tine, A., Diop, A., & Guisse, A. (2015). Étude comparative de la salinité de l'eau et des sols dans la zone nord des Niayes (Sénégal). *African Crop Science Journal*, 23(2), 101-111.

Dilcher, D. L. (1974). Approaches to the identification of angiosperm leaf remains. *The botanical review*, 40(1), 1-157.

Djebaili, S. (1978). Recherches phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat d'état, Université Science et technologie. Languedoc, Montpellier, France, 229p

Djebaili, S. (1984). Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. Recherche phytosociologiques et écologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien. O.P.U. Alger. 171p.

Dubief J., 1950-évaporation et coefficients climatiques au Sahara. ED: IRS, TOM VI , ALGER. Ed., Institut de recherches sahariennes, Alger. Tome VI, 13-43

Dubief J., 1963. Le climat du Sahara. Ed., Institut de recherches sahariennes, Alger. Tome II. 275p.

Dubost, D. (2002). Écologie, Aménagement et développement Agricole des oasis algériennes. Ed Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA), Alger. 423 p.

Duchaufour, P. (1977). Pédogénèse et classification. Ed. Masson & CIE, Paris, 477p.

Durand, J. H., & Guyot, J. (1955). L'irrigation des cultures dans l'Oued Righ. *Trav. De l'I.R.S. Université d'Alger*, T.XIII, 13, 75-130.

Dorioz, J. M., & Van Oort, F. (1991). Approche agro-pédologique des zones pastorales sur calcschistes sédimentaires (Beaufortain-Alpes du Nord). II. Répartition des sols et des valeurs d'usage pastoral. *Agronomie*, EDP Sciences, 11(5), 395-409.

Dutil, P. (1971). Contribution à l'étude des sols et des paléosols sahariens. Thèse doctorat d'état, Faculté des sciences de l'université de Strasbourg.

El-Iklil, Y., Karrou, M., & Benichou, M. (2000) Salt stress effect on epinasty in relation to ethylene production and water relations in tomato. *Agronomie*, 20(4), 399-406.

Ezeaku, P.I., & Iwuanyanwu, F.C. (2013). Degradation rates of soil chemical fertility as influenced by topography in Southeastern Nigeria. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 6: 39-49.

- FAO, (1990).** Ménagement of Gypsiferous soils. *Soils Bull* .n° 62, Rome ,81 p
- Fernald, M. L. (1950).** Gray'S Manual Of Botany Eight Edition. American Book Company. Boston, New York.
- Finsinger, W., Dos Santos, T., & McKey, D. (2013).** Estimating variation in stomatal frequency at intra-individual, intra-site, and inter-taxonomic levels in populations of the *Leonardoxa africana* (Fabaceae) complex over environmental gradients in Cameroon. *Comptes Rendus Geoscience*, 345(7-8), 350-359.
- Flowers, T. J., Troke, P. F., & Yeo, A. R. (1977).** The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual review of plant physiology*, 28(1), 89-121.
doi:10.1146/annurev.pp.28.060177.000513
- Flowers, T. J., Hajibagheri, M. A., & Clipson, N. J. W. (1986).** Halophytes. *The quarterly review of biology*, 61(3), 313-337.
- Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2008).** Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*, 179(4), 945-963.
- Foureau, F. (1896).** Essai de catalogue des noms arabes et berbères de quelques plantes, arbustes et arbres algériens et sahariens ou introduits et cultivés en Algérie. A. Challamel. 62p.
- Franceschi, V. R., & Horner, H. T. (1980).** Calcium oxalate crystals in plants. *The Botanical Review*, 46(4), 361-427.
- Frizon de Lamotte, D., Saint Bezar, B., Bracène, R., & Mercier, E. (2000).** The two main steps of Atlas building and geodynamics of the western Mediterranean. *Tectonics*, 19(4), 740-761.
- Fujii, K. (2014).** Soil acidification and adaptations of plants and microorganisms in Bornean tropical forests. *Ecological research*, 29(3), 371-381.
- Jarrige, R. (1981).** Constituants glucidiques des fourrages: variations, digestibilité et dosage. *Prevision de la valeur nutritive des aliments des ruminants/ouvrage collectif coordonne par C. Demarquilly*. Éd., INRA publications, Versailles, 13-40.
- Jarvis, M.C. (2012).** Sclerenchyma. eLS. Glasbow University, Glasgow, Scotland, UK
<https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0002082.pub2>
- Jennings, D. H. (1968).** Halophytes, succulence and sodium in plants—a unified theory. *New Phytologist*, 67(4), 899-911.
- Jenny, H. (1994).** Factors of soil formation: a system of quantitative pedology. McGraw Hill, New York. 301p.
- Judd, W. S., & Ferguson, I. K. (1999).** The genera of Chenopodiaceae in the southeastern United States. *Harvard Papers in Botany*, 4(2), 365-416.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., & Stevens, P. (2002).** Botanique systématique: une perspective phylogénétique. De Boeck Supérieur. 467p.

- Halitim, A., & Robert, M. (1987).** Interactions du gypse avec les autres constituants du sol. Analyse microscopique de sols gypseux en zone aride (Algérie) et études expérimentales. In *Réunion internationale de micromorphologie des sols*. 7, 179-186.
- Halillet, M.T. (1998).** Étude expérimentale de sable additionnée d'argile. Comportement physique et organisation en condition saline et sodique. Thèse PhD. I.N.A.P.G, Paris. 250p.
- Hameed, M., Ashraf, M., Naz, N., & Al-Qurainy, F. (2010),** Anatomical adaptations of *Cynodon dactylon* (L.) Pers., from the salt range Pakistan, to salinity stress. I. Root and stem anatomy. *Pakistan Journal of Botany*, 42(1), 279-289.
- Hamdi-Aïssa, B., & Girard, M. C. (2000).** Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 11(3), 179-188.
- Harmer, P. M., Benne, E. J., Laughlin, W. M., & Key, C. (1953).** Factors affecting crop response to sodium applied as common salt on Michigan muck soil. *Soil Science*, 76(1), 1-18.
- Heller, R., Esnault, R., & Lance, C. (1993).** Physiologie végétale. Vol. I. Nutrition, 5^{ème} éd. Masson. Paris. 293p.
- Hubac, C. (1990).** Stratégies des plantes en milieu salé ou semi-aride. *Bulletin de la société d'écophysiologie*, 15(1), 23-36.
- Hamdi –Aïssa, B. (1995).** *Fonctionnement des sols de la cuvette de Ouargla ; essai micromorphologique et géochimique. DEA pédologie, Univ. Nancy I, INA-PG, ENSA-Montpellier, ENSA-Rennes.*
- Hamdi-Aïssa, B. (2001).** Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette d'Ouargla). Approches micromorphologiques, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. Thèse PhD. I.N.A. Paris-Grignon, Paris, 315 p.
- Hamrouni, L., Hanana, M., Abdely, C., & Ghorbel, A. (2011).** Exclusion du chlorure et inclusion du sodium: deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *Sylvestris* (var. 'Séjène'). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15(3), 387-400.
- Hayat, N. (2010).** Contribution à l'étude des ressources Hydro-Édaphique à Oued Righ. Mémoire d'ingénieur. Université Kasdi Merbah. Ouragla. 67p.
- Hogan, M. (2011).** "Respiration". Encyclopedia of Earth. Eds. Mark McGinley and C. J. Cleveland. National Council for Science and the Environment. Washington.
- Horie, T., Karahara, I., & Katsuhara, M. (2012).** Salinity tolerance mechanisms in glycophyte: An overview with the central focus on rice plants. *Rice*, 5(1), 11-18.
- Houari, K.D., Chehma, A., & Zerria, A. (2012).** Étude de quelques paramètres d'adaptation anatomique des principales plantes vivaces spontanées dans la région d'Ouargla (Algérie). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 23(4), 284-288.

Hwang, Y.H., & Chen, S.C. (1995). Anatomical responses in *Kandelia candel* (L.) Druce seedlings growing in the presence of different concentrations of NaCl. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 36,181–188.

Idder, T., Idder, A., Tankari Dan-Badjo, A., Benzida, A., Merabet, S., Negais, H., & Serraye, A. (2014). Les oasis du Sahara algérien, entre excédents hydriques et salinité: L'exemple de l'oasis d'Ouargla. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 27(2), 155-164.

Imamul Huq, S. M., & Larher, F. (1983). Osmoregulation in higher plants: effect of NaCl salinity on non-nodulated *phaseolus aureus* L. II. Changes in organic solutes. *New Phytologist*, 93(2), 209-216.

IUCN (World Conservation Union) (2005). Guidelines for using the IUCN Red List Categories and Criteria. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee of the IUCN SSC Red list Programme Committee. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, United Kingdom. Available: <http://www.iucn.org/themes/ssc/red-lists.htm>. Accessed September 2006.

Gaudin, R., & Diarra, A. (1995). Les mécanismes physiologiques C₃, C₄ et CAM mis en œuvre par les plantes en milieu sahélien et quelque aspects génétique de leur régulation : Atelier national sur les ressources phylogénétique au Niger.14p.

Gbemavo, D. S. J. C., Gandji, K., Gnangle, P. C., Assogbajo, A. E., Sokpon, N., & Kakai, R. G. (2015). Adaptation écologique et modélisation du rendement du *Jatropha curcas* L. en fonction des caractéristiques morphologiques le long d'un gradient climatique. *Agronomie Africaine*, 27(3), 201-211.

Gehu J.M., 1980. La phytosociologie d'aujourd'hui. Not. fitosoc. Pavia 16p.

Ghezlaoui, B. (2010). Bio-morphologie et polymorphisme des appareils aériens de quelques espèces halophytes en Oranie, cas de *Atriplex halimus* et *tamarix gallica*). These. Doc. Ecol. Vég. Univ.Tlemcen. 170p

Gintzburger, G., Toderich, K.N., Mardonov, B.K. & Mahmudov, M.M. (2003). Rangelands of the arid and semi-arid zones in Uzbekistan. Éditions Quae. CIRAD - ICARDA. 432 p.

Gorenflot, R. (1980). Biologie végétale. Plantes supérieures : appareil végétatif. Masson, Paris.

Gounot, M. (1969). Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris. 314p.

Gregory, B. (2005). Écophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique. Thèse PhD, en science forestières, 190p.

Grigore, M.N., & Toma, C. (2007). Histo-anatomical strategies of Chenopodiaceae halophytes: adaptive, ecological and evolutionary implications. *WSEAS Trans Biol Biomed* 4(12), 204–218.

Grigorev JS (1955) Comparative ecological investigations of higher plant xerophilization. AN SSSR, Moscov-Leningrad. (In Russian).

Grigore, M.N., (2008a). Halofitotaxonomia. Lista plantelor de saratura din România. Edit. Pim, Iasi. 143p.

Grigore, MN. (2008b). Introducere în Halofitologie. Elemente d'anatomie integrativa. Edit. Pim, Iasi. 239p.

Grigore, M. N., Toma, C., & Flowers, T. J. (2010). Halofitele: aspecte de anatomie ecologică. Editura Universității "Alexandru Ioan Cuza". Iasi. 324p.

Grigore, M.N. (2012). Romanian Salt Tolerant Plants: Taxonomy and Ecology Edit. Tehnopress, Iasi. 466p.

Grigore M.N., Ivanescu, L., Toma, C. (2014). Halophytes. An integrative anatomical study. Springer, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London. 544p.

Grigore, M. N., & Toma, C. (2017). Anatomical Adaptations of Halophytes: A Review of Classic Literature and Recent Findings. Springer. 349p.

Griffiths, R.P., Madritch, M.D. & Swanson, A.K. (2009). The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties. *Forest Ecology and Management*. 257(1), 1-7.

Grinev, E.I. (1969). Irrigation, drainage et productivité des palmeraies de l'Oued Righ. Thème n°1 de la mission Soviétique à la station expérimentale de Sidi-Mehdi, Touggourt, 116p.

Grouzis, M., Heim, G., & Berger, A. (1977). Croissance et accumulation de sels chez deux salicornes annuelles du littoral méditerranéen. *Oecologia Plantarum*, 12(4), 307-322.

Guettiche, S., & Benabdasadok, D. (2006). Contribution à l'étude de la possibilité de réutilisation des eaux de la nappe phréatique pour l'irrigation dans la région de l'oued Righ. Mémoire d'ingénieur. Université de mentouri Constantine, 135p.

Khabtane, A. (2010). Contribution à l'étude du comportement éco physiologique du genre Tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela. Mémoire de magister. Université de Constantine. 155p.

Kadi-Bennane, S., Ait-Said, S., Smail-Saadoun, N. (2005) Adaptation study of three *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* populations (Ain Oussera - Messaad - Taissa) through stomatal complex. In: Oliveira M.M. (ed.), Cordeiro V. (Ed.). *XIII GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios*. Zaragoza: CIHEAM, Opt Méd 63, 365–368.

Khadraoui, A. (2007). Sols et hydraulique agricole dans les oasis Algériennes (caractérisation, contraintes et propositions d'aménagement).Ed. Dar Houma, Alger. 317p.

Khalaf, F. I., Misak, R., & Al-Dousari, A. (1995). Sedimentological and morphological characteristics of some nabkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia. *Journal of Arid Environments*, 29(3), 267-292.

Kalla, A., 2012. Étude et valorisation des principes actifs de quelques plantes du sud algérien. Thèse PhD. Université mentouri-Constantine. Algérie. 140p.

- Keshavarzi, M., & Zare, G. (2006).** Anatomical Study of *Salicornieae* Dumort.(Chenopodiaceae Vent.) native to Iran. *International Journal of Botany*, 2(3), 278-285.
- Kherraze, M.H., & Melizi. (1997).** Contribution à l'étude d'un système de production agricole oasisien de la vallée de l'oued Righ. Essai d'une typologie d'exploitations. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie saharienne. Université Kasdi Merbah Ouargla - Algérie, 87p.
- Kherraze, M. E., Lakhdari, K., Kherfi, Y., Benzaoui, T., Berroussi, S., Bouhanna, M., & Sabaa, A. (2010).** Atlas floristique de la vallée de l'Oued Righ par écosystème. *Ed. CRSTRA Touggourt*, 91p.
- Kherraze, M. E (2011).** Contribution à l'étude de la diversité floristique de différents écosystèmes de la vallée de l'Oued Righ. Mémoire de magister. Université de Laghouat. 80p.
- Kılıç S, Çavuşoğlu, K., Kabar, K. (2007).** Effects of 24-epibrassinolide on salinity stress induced inhibition of seed germination, seedling growth and leaf anatomy of barley. *SDU Fen-Edb Fak Fen Dergisi (E-Dergi)* 2(1), 41–52.
- Koull, K., Kherraze, M. H., Lakhdari, K., Benzaoui, T., Helimi, S., Laouissat, M. S., ... & Mezrag, M. (2013).** Eaux d'irrigation et salinisation des sols des périmètres irrigués dans la vallée de l'oued Righ. *J Alg Rég Arid*, 12, 97-102.
- Lachachi, S. N. B. (2014).** Aspects écologiques et bio-morphologiques des populations à *Lygeum spartum* L. dans les régions Sud et Nord de l'Ouest algérien. Thèse doctorat. Dép.Ecol.Env.Fac.Sci.Univ. Tlemcen. 240p.
- Lakhdari, K., Belhamra, M., & Mayouf, R. (2015).** Forage species preferred by dromedaries and their chemical composition in arid rangelands of Algeria. *Livestock Research for Rural Development*, 27(10):1–10
- Langlois J. 1969.** Sodium et succulence chez *Salicornia stricta* Dumort. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 116(9), 393-398.
- Larcher, W. (1986).** *Ecofisiologia Vegetal*. Curitiba: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo. 319p.
- Latrech, D. (1997).** Eaux et sols d'Algérie. Ed: A.N.R.H., Alger. 60p.
- Le Houérou, H. N., & Hoste, C. H. (1977).** Rangeland production and annual rainfall relations in the Mediterranean Basin and in the African Sahelo-Sudanian zone. *Journal of Range Management*, 30,181-189.
- Le Houérou, H. N. (1993).** Salt-tolerant plants for the arid regions of the Mediterranean isoclimatic zone. In *Towards the rational use of high salinity tolerant plants* Springer, Dordrecht. 27: 403-422
- Le Houerou, H. N. (1995).** Forage halophytes in the Mediterranean basin. *Halophytes and biosaline agriculture*. Marcel Dekker, New York, 115-136.

- Lev, A., & King, R. H. (1999).** Spatial variation of soil development in a high arctic soil landscape: Truelove Lowland, Devon Island, Nunavut, Canada. *Permafrost and Periglacial Processes*, 10(3), 289-307.
- Li, F. R., Zhao, L. Y., Zhang, H., Liu, J. L., Lu, H. Y., & Kang, L. F. (2009).** Habitat degradation, topography and rainfall variability interact to determine seed distribution and recruitment in a sand dune grassland. *Journal of Vegetation Science*, 20(5), 847-859.
- Liu, Y. X. (1985).** Flora in desertis reipublicae populorum sinarum. Volume I. *Beijing: Science Press [in Chinese]. Long CF, Kakiuchi N. SQ & Mikage M, 20, 1080-1085.*
- Longstreth, D. J., & Nobel, P. S. (1979).** Salinity effects on leaf anatomy: consequences for photosynthesis. *Plant Physiology*, 63(4), 700-703.
- Longo-Hammouda, F. H., Siboukheur, O. E., & Chehma, A. (2007).** Aspects nutritionnels des pâturages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie. *Cahiers Agricultures*, 16(6), 477-483.
- Mâalem, S. (2011).** Étude de l'impact des interactions entre le phosphore et le chlorure de sodium sur trois espèces végétales halophytes du genre *Atriplex* (*A.halimus*, *A.canescens* et *A.nummularia*). Thèse PHD, Université Badji Mokhtar-Annaba. Algérie. 169p.
- Mahamat-Saleh, M., Diallo, M. D., Ndiaye, O., Niang, K., Sane, S., Touroumgaye, G., ... & Guisse, A. (2015).** Influence des caractéristiques physico-chimiques des sols sur la flore et la végétation ligneuse de trois stations du tracé de la grande muraille verte du Tchad. *Journal of Applied Biosciences*, 95, 8937-8949.
- Mainguet, M. (1995).** L'homme et la sécheresse. Paris :Masson, 335 p.
- Maire, R. (1962).** Flore de l'Afrique du Nord. Ed. Paul LECHEVALIER. Paris –France. Vol. VIII.301p.
- Mane, L.K., J.F. Richard & P. Defourn. (2001).** Diagnostic des unités morpho-pédologiques de la vallée du fleuve Sénégal sur le terrain et à partir des données satellitaires. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 12(1), 7-14.
- Manning, G., Fuller, L. G., Eilers, R. G., & Florinsky, I. (2001).** Topographic influence on the variability of soil properties within an undulating Manitoba landscape. *Canadian Journal of Soil Science*, 81(4), 439-447.
- Mantovani, A. (1999).** A method to improve leaf succulence quantification. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42(1), 9–14.
- Mashali, A. M. (1996, September).** Soil management practices for gypsiferous soils. In *Proceeding of the International Symposium on Soils with Gypsum*. (Ed. RM Poch) pp (pp. 34-52).
- Mathieu, C., Pielain, F., & Jeanroy, E. (2003).** *Analyse chimique des sols: Méthodes choisies.* Tec & doc. 387p.

- Mbaye, M. S., Noba, K., Sarr, R. S., Kane, A., Sambou, J. M., & Tidiane, B. A. (2001).** Éléments de précision sur la systématique d'espèces adventices du genre *corchorus* L. (tiliaceae) au Senegal. *Africain Journal of Science and Technology*, 2(1): 51-64.
- Meidner, H., & Mansfield, T. A. (1968).** *Physiology of stomata*. Tata Mcgraw-Hill Publishing Company Limited; Bombay.194p.
- Merzouk, A. (2010).** Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologique des peuplements végétaux halophiles de la région de l'Oranie (Algérie). *Thèses. Doct. écologie. vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 261p.*
- Mezni, M., Bizid, E., & Hamza, H. (1999).** Effets de la salinité des eaux d'irrigation sur la survie et la croissance de trois cultivars de luzerne pérenne. *Fourrages*, 158, 169-178.
- Mondolot-Cosson, L., Andary, C., Dai, G. H., & Roussel, J. L. (1997).** Histolocalisation de substances phénoliques intervenant lors d'interactions plante-pathogène chez le tournesol et la vigne. *Acta Botanica Gallica*, 144(3), 353-362.
- Mouellef, A. (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Magistère en Biotechnologies Végétales. Université Mentouri, Constantine. 118p.
- Mroczek, A. (2015).** Phytochemistry and bioactivity of triterpene saponins from Amaranthaceae family. *Phytochemistry reviews*, 14(4), 577-605.
- Mtimet, A., & Hachicha, M. (1995).** Salinisation et hydromorphie dans les oasis tunisiennes. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 6(4), 319-324.
- Mtimet, A., & Hachicha, M. (1998, August).** Gestion durable de l'eau et du sol dans les oasis tunisiennes. In: Proceedings of the 16th ISSS world congress. , Montpellier, France.
- Muhaidat, R., Sage, R. F., & Dengler, N. G. (2007).** Diversity of Kranz anatomy and biochemistry in C₄ eudicots. *American Journal of Botany*, 94(3), 362-381.
- Munns, R., Greenway. H., & Kirst, G.O. (1983).** Halotolerant eukaryotes. In physiological plant ecology. III. Responses to the chemical and biological environment. (Eds O.L.Lange, C.B. Osmond, P.S. Nobel and H. Zeigler.) *Encyclopedia of Plant Physiology*, (Springer-Verlag: Berlin.), 12, 59-135.
- Munns, R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.
- Murata, Y., Obi, I., Yoshihashi, M., Noguchi, M., & Kakutani, T. (1994).** Reduced permeability to K⁺ and Na⁺ ions of K⁺ channels in the plasma membrane of tobacco cells in suspension after adaptation to 50 mM NaCl. *Plant and cell physiology*, 35(1), 87-92.
- Musset, R. (1953).** Température et pluie dans le Nord du Cotentin, A.ASS.N. 77-83
- Nabors, M.W. (2008).** Biologie végétale: structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies. Pearson Éducation, France, Paris.551p.
- Nedjimi, B., Beladel, B., & Guit, B. (2012).** Biodiversity of halophytic vegetation in Chott Zehrez Lake of Djelfa (Algeria). *American Journal Plant Science* 3(11),1527-1534

- Nedjimi, B., & Beladel, B. (2015).** Assessment of some chemical element contents in *Traganum nudatum* Del shrub using instrumental neutron activation analysis. *Nuclear Science and Techniques*, 26(4), 40304-040304.
- Nilhan, T. G., Emre, Y. A., & Osman, K. (2008).** Soil determinants for distribution of *Halocnemum strobilaceum* Bieb.(Chenopodiaceae) around Lake Tuz, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(4), 565-570.
- Niu, X., Bressan, R. A., Hasegawa, P. M., & Pardo, J. M. (1995).** Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant physiology*, 109(3), 735-742.
- O.N.M. 2015.** Office National de la Météorologie, Synthèse de données climatiques (1975-2015).10p.
- Ouiza, D. Z., Belkhodja, M., Bissati, S., & Hadjadj, S. (2010).** Effet du Stress Salin sur l'accumulation de Proline Chez Deux Espèces d'Atriplex Halimus L. et Atriplex Canescens (Pursh) Nutt Effect of Salt Stress on the Proline Accumulation in Young Plants of Atriplex Halimus L. and Atriplex Canescens. *European Journal of Scientific Research*, 41(2), 248-259.
- Ould El Hadj MD, Hadj-Mahammed M, Zabeirou H (2003)** Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (Sahara septentrional Est). *Courrier du Savoir. Université Mohamed Kheider – Biskra, Algérie* (3) ,47–51.
- Outtani, F., Addoum, B., Mercier, E., de Lamotte, D. F., & Andrieux, J. (1995).** Geometry and kinematics of the south Atlas front, Algeria and Tunisia. *Tectonophysics*, 249(3-4), 233-248.
- Ozenda, P. (1991).** Flore du Sahara, 3^{ème} éd. mise à jour et augmentée. CNRS, Paris. 662p.
- Ozenda, P. (2004).** Flore et végétation du Sahara, 3^{ème} éd., CNRS, Paris. 662p.
- Pallas, P. S. (1771).** Reise durch verschiedene Provinzen des russischen Reichs (Vol. 3). gedruckt bey der Kayserlichen Academie der Wissenschaften.
- Patil, V. S., Rajput, K. S., & Malpathak, N. P. (2016).** Comparative study on morpho-anatomy of leaf, stem and root of *Boerhaavia diffusa* L.(Nyctaginaceae) and its adulterant plants. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 52(3), 433-442.
- Paupardin, C. (1965).** Sur la morphologie des tissus d'Aubépine (*Crataegus monogyllil* Jacq.) cultivés in vitro et la possibilité pour ces tissus d'utiliser l'oxalate de calcium comme substance de réserve. 90^{ème} Congr Nat Soc Sav (Nice). C.R. II. GauthierVillars, Paris, 379–389.
- Pautov, A., & Telepova-Texier, M. (1999).** Structure et développement de l'hypoderme dans les feuilles de Peupliers (Salicaceae). *Acta botanica gallica*, 146(2), 123-137.
- Poljakoff-Mayber, A. (1975).** Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. In *Plants in saline environments* (pp. 97-117). Springer, Berlin, Heidelberg. New York.
- Pouget, M. (1968).** Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le sud tunisien. *Cah. ORSTOM, Serie. Pedofil*, 6, 309-365.

- Prévost, P. (1999).** Les bases de l'agriculture. 2^{ème} Ed. Technique et documentation, Paris, 243p.
- Quézel, P., & Santa, S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. C.N.R.S. Paris. France 581, 893 – 894.
- Quézel, P., & Médail, F. (2003).** Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen (Vol. 572). Paris: Elsevier. 592p.
- Quinn JA., 2009.** Desert biomes. In: Woodward SL (ed) Greenwood guides to Biomes of the world. Greenwood Press, Westport, Connecticut.
- Qu, X. X., Huang, Z. Y., Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2007).** Effect of temperature, light and salinity on seed germination and radicle growth of the geographically widespread halophyte shrub *Halocnemum strobilaceum*. *Annals of botany*, 101(2), 293-299.
- Rabaud, E. (1922).** L'Adaptation et l'évolution. *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*, 93, 73-99.
- Rahimi, A., Biglarifard, A., & Firozabadi, M. (2011).** Influence of NaCl salinity on some physiological aspect of strawberry cv. Camarosa. *Russian agricultural sciences*, 37(5), 378-384.
- Ramade, F. (2003).** Éléments d'Écologie – Écologie fondamentale. 3ème édition, Dunod Paris, 665 p.
- Ranaivoarimanana, M. E. (2011).** Anatomie des appareils végétatifs de dix huit espèces de caféiers sauvages endémiques de Madagascar. Mémoire en écologie végétale Université d'Antananarivo. 92p.
- Raschke, K., & Fellows, M. P. (1971).** Stomatal movement in *Zea mays*: shuttle of potassium and chloride between guard cells and subsidiary cells. *Planta*, 101(4), 296-316.
- Reghda, L. (1994).** Contribution à l'étude de la croissance végétative de la fructification et de la relation entre les deux paramètres chez le palmier dattier (*phoenix dactylifera*. L) variété « deglet- Nour » à la station NIRA Sidi –Mahdi Touggourt. Mémoire ingénieur. Agronomie, NESA, Batna, 46p.
- Robert, E. M., Schmitz, N., Boeren, I., Driessens, T., Herremans, K., De Mey, J., ... & Koedam, N. (2011).** Successive cambia: a developmental oddity or an adaptive structure?. *PLoS one*, 6(1), e16558.
- Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2003).** Soil and plant analysis lab manual. 2nd ed. International Center for Agricultural Research in the Dryland Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. National Agricultural Research Center (NARC), Islamabad, Pakistan. 172p. <https://www.yemen-nic.info/contents/Agric/studies/9.pdf>
- Safiallah, S., Hamdi, S. M. M., Grigore, M. N., & Jalili, S. (2017).** Micromorphology and leaf ecological anatomy of *Bassia* halophyte species (Amaranthaceae) from Iran. *Acta Biologica Szegediensis*, 61(1), 85-93.
- Sage, R. F. (2004).** The evolution of C₄ photosynthesis. *New phytologist*, 161(2), 341-370.

Salemkour, N., Chalabi, K., Farhi, Y., & Belhamra, M. (2012). Inventaire floristique de la région des Ziban. *Journal Algérien des Régions Arides*, (9-10-11), 3-16.

Salisbury, E. J. (1928). I. On the causes and ecological significance of stomatal frequency, with special reference to the woodland flora. *Phil. Trans. Royal. Soc. Lond. B*, 216(431-439), 1-65.

Sandro, P., Patrizia, M., Valeria, G. (2001). Listes rouges et bleues de la flore italienne. Agence nationale pour la protection de l'environnement, Rome: 313p.

Sari-Ali, A. (2012). Contribution à l'étude des peuplements à *Arthrocnemum glaucum* ung. De l'oranais (Algérie occidentale) taxonomie et bio-écologie. Thèse .Doc . Ecol. Univ. Tlemcen 145 p.

Saucède T., 2015. Morphométrie. Analyse des formes, méthodes et applications. L3STE. https://thomassaucede.files.wordpress.com/2013/05/morphomecc81trie_2015.pdf

Scatena, F. N., & Lugo, A. E. (1995). Geomorphology, disturbance, and the soil and vegetation of two subtropical wet steepland watersheds of Puerto Rico. In *Biogeomorphology, terrestrial and freshwater systems* 13,199-213.

Seibert, J., Stendahl, J., & Sørensen, R. (2007). Topographical influences on soil properties in boreal forests. *Geoderma*, 141(1-2), 139-148.

Simón, L. E. (1997). Variations des caractères foliaires chez *Chenopodium* subg. *Ambrosia* sect. *Adenois* (Chenopodiaceae) en Amérique du Sud: valeur taxonomique et évolutive. *Adansonia*, 19(2), 293-320.

Slimani, N. (2008). Essai de caractérisation de quelques propriétés d'adaptation au milieu saharien des principales plantes spontanées vivaces de la région d'Ouargla. Mémoire Magister. Université Kasdi-Merbah, Ouargla, 80 p.

Slimani, N., & Chehma, A. (2009). Essai de caractérisation de quelques paramètres d'adaptation au milieu hyperaride saharien des principales plantes spontanées vivaces de la région d'Ouargla (Algérie). *Journal Algérien des Régions Arides (CRSTRA)*, 08, 15-20

Slimani, N., Bouras, S., & Chehma, A. (2013). Caractérisation Epidermique des Principales Plantes Spontanées Broutées Par le Dromadaire dans le Sahara Septentrional Algérien. *Revue des Bioressources*, 257(1621), 1-10.

Smail-Saadoun, N. (2005a). Stomata types of *Pistacia* genus: *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* and *Pistacia lentiscus* L.. In: Oliveira M.M. (ed.), Cordeiro V. (ed.). *XIII GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios*. Zaragoza: CIHEAM, (*Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*). 13. Meeting of the Mediterranean Research Group for Almond and Pistachio, 2003/06/01-05, Mirandela (Portugal), (63): 369-371.

Smail-Saadoun, N. (2005b). Réponse adaptative de l'anatomie des Chénopodiacées du Sahara algérien à des conditions de vie d'aridité extrême. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 16(2), 121-124.

Smith, R., & Robertson, V. C. (1962). Soil and irrigation classification of shallow soils overlying gypsum beds, northern Iraq. *Journal of soil science*, 13(1), 106-115.

- Sogreah, S. (1971).** Participation à la mise en valeur de l'Oued Righ. *Étude agro pédologique, Doc. Poly. MTPC. Alger*, 7-36.
- Soltner, D. (2001).** Les bases de la production végétale, tome3 ; la plantes et son amélioration .Ed S.T.A. ,304 p.
- Souguir,D., Jouzdan, O., Khouja, M. L., & Hachicha, M. (2013)** Suivi de la croissance d'Aloe vera en milieu salin: Parcelle de Kalaât Landelous (Tunisie). *Étude et Gestion des sols*, 20(3), 19-26.
- Stebbins, G. L. (1974).** Flowering plants: evolution above the species level. *London: Arnold xviii, 399p*
- Stewart, P.H. (1969).** Quotient pluviothermique et dégradation de la biosphère. Quelques réflexions. *Bull.Soc.Hist.Nat. de l'Afrique du Nord*. 59, 23 – 37.
- Tessier, D. (1994).** Rôle de l'eau sur les propriétés physiques des sols. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 5(3), 143-150.
- The Angiosperm Phylogeny Group. (1998).** An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the Missouri botanical Garden*, 85, 531-553.
- The Angiosperm Phylogeny Group. (2003).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical journal of the Linnean Society*, 141(4), 399-436.
- Timmerman, H. A. (1927).** Stomatal numbers: their value for distinguishing species. *Pharm. J*, 118, 241-3.
- Ting, I. P. (1975).** Physiological adaptation to water stress in desert plants. In: Vernberg FJ, ed. *Physical Adaptation to theEnvironment. Intext Educational Publishers, New York*, 99-109.
- Tipirdamaz, R., Gagneul, D., Duhazé, C., Aïnouche, A., Monnier, C., Özkum, D., & Larher, F. (2006).** Clustering of halophytes from an inland salt marsh in Turkey according to their ability to accumulate sodium and nitrogenous osmolytes. *Environmental and Experimental Botany*, 57(1-2), 139-153.
- Topa, E. (1939).** La végétation des halophytes du Nord de la Roumanie, en connexion avec celle de la veste du pays. *Station Intern. de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine, Montpellier Com. No. 70. Bull. Fac. St., Cern*, 13, 50-80.
- Toutain, G. (1979).** Éléments d'agronomie saharienne : de la recherché au développement. Éd. INRA. Paris, 276p.
- Valles, V., Rezagui, M., Auque, L., Semadi, A., Roger, L., & Zougari, H. (1997).** Geochemistry of saline soils in two arid zones of the Mediterranean basin. I. geochemistry of the chott melghir-mehrouane watershed in Algeria. *Arid Land Research and Management*, 11(1), 71-84.
- Van Eijk, M. (1940).** Analyse der Wirkung des NaCl auf die Entwicklung, Sukkulenz und Transpiration bei *Salicornia herbacea*, sowie Untersuchungen über den Einfluss der

Salzaufnahme auf die Wurzelatmung bei *Aster tripolium*. *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, 36(2), 559-657.

Vintéjoux, C., & Shoar-Ghafari, A. (1985). Répartition et ultrastructure comparées des cellules oxalifères en vie latente et en vie active de *Spirodela polyrrhiza* L.(Lemnacées). *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques*, 132(1), 25-39.

Wagenitz, G. (1959). Neue und bemerkenswerte Chenopodiaceen Inneranatoliens. *Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft*. Bd. LXXII, Heft, 14: 151-158.

Wahid, A. (2003). Physiological significance of morpho-anatomical features of halophytes with particular reference to Cholistan flora. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(2), 207-212.

Waisel Y., 1972. *Biology of halophytes*. Academic, New York

Wang, L. W., Showalter, A. M., & Ungar, I. A. (1997). Effect of salinity on growth, ion content, and cell wall chemistry in *Atriplex prostrata* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany*, 84(9), 1247-1255.

Weryszko-Chmielewska, E., & Chernetsky, M. (2005). Structure of trichomes from the surface of leaves of some species of *Kalanchoë* Adans. *Acta Biol Cracov Ser Bot*, 47(2), 15-22.

Western, A. W., Zhou, S. L., Grayson, R. B., McMahon, T. A., Blöschl, G., & Wilson, D. J. (2004). Spatial correlation of soil moisture in small catchments and its relationship to dominant spatial hydrological processes. *Journal of Hydrology*, 286 (1-4), 113-134.

Youcefi, M. (2011). Étude de l'impact de l'hydro-halomorphie des sols sur la biogéographie des sols sur la biogéographie des hydro-halophytes dans la cuvette de Ouargla. Mémoire de Magister. Université d'Ouargla. 161p.

Zaffran, J. (1998). *Initiation à la biologie végétale*. éd. Ellipses, Paris.

Zerrouki, Z. (1996). Contribution a l'inventaire des plantes spontanées et leur utilisation éventuelle en médecines traditionnelles par la population d'Ouargla, *Mémoire d'ingénieur*. INFS/AS Ouargla, 81p.

Zhu, Y., Zhang, Y., Hu, Z., & Yan, S. (2000). Studies on microscopic structure of *Puccinellia tenuiflora* stem under salinity stress. *Grassland of China*, (5), 6-9.

Zhu, J. K. (2001). *Plant salt tolerance*. Plant sciences, university of Arizona. 6 (2), 66-71.

ANNEXES

Annexe1

Tableau 10. La granulométrie de stations d'études

Fraction	Argile %	Limon fin %	Limon grossier %	Sable fin %	Sable grossier %
Stations	<i>Traganum nudatum</i>				
Temacine	22,75	7,50	0,00	53,15	22,10
Djamaa	25,25	0,00	2,50	32,65	35,40
Oum Thiour	15,25	2,50	5,00	32,30	53,90
Stations	<i>Halocnemum strobilaceum</i>				
Blidet Amor	22,75	2,50	10,00	45,30	27,30
Djamaa	40,25	0,00	12,50	39,05	26,95
M'Ghair	25,25	7,50	2,50	23,25	49,75

Tableau 11: Classe des sols gypseux (Barzanji, 1973)

Gypse (%)	Nom de classe
< 0.3	Non gypseux
0.3 à 10	Sol faiblement gypseux
10 à 15	Modérément gypseux
15 à 25	sol gypseux
15 à 50 %	sol très gypseux
> 50	sol excessivement gypseux

Tableau 12: Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique (Mathieu et al., 2003)

mmhos.cm ⁻¹ dS. m ^{-1/5}	0,6	1	2	3	4
CE _{1/5}	nom salé	légèrement salé	Salé	très salé	
					extrêmement salé

Annexe 2

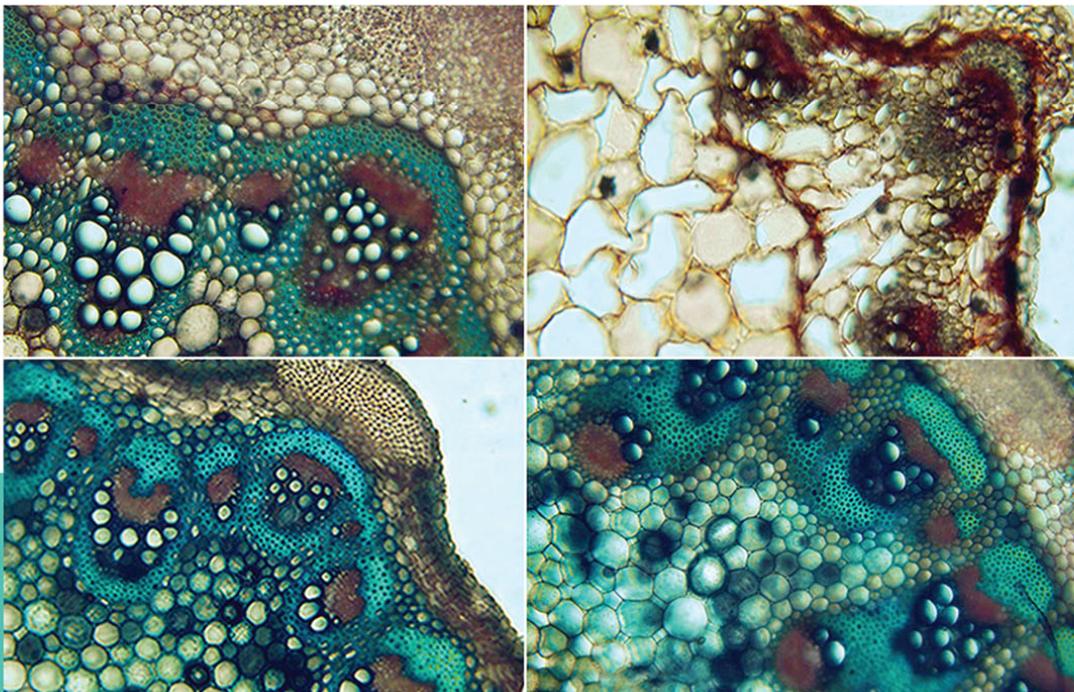
Tableau 13. Morphométrie des grains de *T.nudatum* et *H.strobilaceum*

Grains	<i>T.nudatum</i>		<i>H.strobilaceum</i>	
	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Longueur (mm)	Largeur (mm)
1	3,17	1,98	1,07	0,78
2	0,78	0,9	1,15	0,84
3	4,6	3,3	0,98	0,59
4	1,63	1,43	0,91	0,66
5	2,42	1,49	1,48	0,84
6	2	1,83	0,86	0,57
7	1,63	1,45	0,77	0,58
8	2,74	2,02	0,7	0,57
9	2,17	1,78	0,84	0,49
10	2,11	1,6	0,8	0,64
11	2,13	1,62	0,78	0,6
12	2,5	1,51	0,69	0,38
13	2,24	1,51	0,78	0,51
14	3,3	2	0,85	0,54
15	3,19	2,3	0,73	0,56
16	2,43	1,52	0,83	0,59
17	1,77	1,48	0,97	0,7
18	2,26	1,8	1,5	0,64
19	1,96	1,82	1,5	1,15
20	2,13	1,44	0,92	0,68

Acta Universitatis Szegediensis

Acta Biologica Szegediensis

Volume 62,
Number 1,
2018



University of Szeged, Szeged, Hungary

<http://abs.bibl.u-szeged.hu/index.php/abs>

ARTICLE

Aspects of ecological anatomy of *Traganum nudatum* Del. (Amaranthaceae) from the Northeast of the Algerian Sahara

Mohamed Elhafed Kherraze^{1,2*}, Mohamed Belhamra³, Marius-Nicușor Grigore⁴¹Department of Ecology and Environment, Faculty of Science and the Natural and Life Science and Sciences of Earth and the Universe, University of Abou Bakr Belkaid, Tlemcen 13000, Algeria²Scientific and Technical Research Center of Arid Areas (CRSTRA), Biophysical Station, 3240 Nezla, Touggourt, Algeria³Department of Agronomy, Faculty of Science and the Natural and Life Sciences, University of Mohamed Kheider, Biskra, Algeria⁴Alexandru Ioan Cuza University, Faculty of Biology, Iași, Romania

ABSTRACT This study focuses on the anatomical strategies developed by the *Traganum nudatum* Del., prevalent in the Algerian Sahara, particularly in the region of Oued Righ, which allows to this species to survive in a harsh environment (aridity and salinity). The anatomical structure of this species was studied using fresh materials (roots, stems and leaves). These materials have been collected from several individuals in different saline habitats. Some interesting features such as successive cambia phenomenon, calcium oxalate crystals, Kranz anatomy (salsoloid subtype), succulence, low stomata density, low stomata index, the presence of the papillae, paracytic stomata and other structures have been noticed. We can conclude that the ecological significance of evidenced adaptations by *T. nudatum* is supported in this article by the analysis of adaptations of other species belonging either to the Amaranthaceae or to other botanical families; and that this adaptation has no link with botanical families. In these species, the key adaptation is the ability to maintain growth processes and water saving under difficult living conditions (high summer temperatures or salty soils), regardless of the evolutionary level of the taxon.

Acta Biol Szege diensis 62(1):25-36 (2018)

KEY WORDSKranz anatomy
photosynthesis C4
strategy
successive cambia
succulence**ARTICLE INFORMATION**

Submitted

25 December 2017.

Accepted

30 March 2018.

*Corresponding author

E-mail: kherrazetggt@gmail.com

Introduction

Natural rangelands in North Africa cover an area of 130 million hectares (Ben M'hamed 1990). The flora of these rangelands, important for its specific and infra-specific diversity, is typically Mediterranean with a highly developed Ibero-Maghreb element (Le Houérou 1980). Iranian-Turanian and Saharan-Sindien species are restricted to arid and desert regions. A number of genera of Amaranthaceae family are important components of the flora and vegetation of the arid to semi-arid saline environments as well as agricultural habitats in temperate and subtropical regions (Keshavvri and Zare 2006; Grigore 2012; Grigore et al. 2014; Safiallah et al. 2017). Amaranthaceae includes 110 to 166 genera with 1700 species (Cuenoud et al. 2002; Safiallah et al. 2017). It is one of the most interesting families in terms of having species with a great diversity the structure of carbon assimilating organs with different types of photosynthesis

C₃ or C₄ (Grigore and Toma 2007; Grigore et al. 2014; Grigore and Toma 2017). The genus *Traganum* Delile, which belongs to the subfamily Salsoloideae, is represented in Amaranthaceae family by a perennial plant species, *Traganum nudatum* Delile (Fig. 1).

Traganum nudatum Del. is a Saharan-Sindien species, non-threatened, classified as "C" (IUCN 2005) and is listed on the floristic list of several protected sites listed by the UNEP World Conservation Monitoring Center (UNEP), (United Nations Environment Programme). It is a xerohalophyte species, chamaephyte (Nedjimi et al. 2012), cosmopolitan (Mroczek 2015), widespread throughout North Africa and Asia (IUCN 2005). Beside other plants belonging to the Amaranthaceae family that have a therapeutic use, such as *Cornulaca monacantha* Del., and *Haloxylon articulatum* Boiss. *Traganum nudatum* is a plant used in the traditional medicine of southern Algeria against diarrhea, wound, rheumatism, dermatitis, otitis, hemorrhoids and back pain especially low back pain. The used part is the leaf, and its mode of use is by

إن دراسة الأنواع الهلوفيتية في البيئات المالحة في منطقة وادي ريغ لتزل ضعيفة وإن الهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على الصفات المورفولوجية والتشريحية للتكيف بين نوعين من النباتات الملحية الضمران و البربيط (*Halocnemum strobilaceum* و *Traganum nudatum*). رت أساليب أخذ العينات الذاتية في ست محطات $N = 120$ عينه من هذه الأنواع كما أظهرت النتائج أنه في كلا النوعين، يوجد هناك تكيف قوي ضد الضغوطات والمشاكل البيئية (). لقد أظهرنا تقارب مورفولوجي للنوعين ويتمحور في تقليل الحجم ، وتسهيل خفة يعها المكاني تحت تأثير الرياح وكما سجدنا تباعد مورفولوجي للنوعين يتمثل في تضخم نظام الجذر السطحي عند نبتة الضمران في حين أن هذا النظام الجذر عند نبتة البربيط ضامر. كما قمنا كذلك بتسليط الضوء على سمات أخرى خاصة لكل نوع ، مثل: استبدال لأوراق القديمة (المحتوية) بأوراق جديدة خضراء عند نبتة الضمران أما عند نبتة البربيط فلأوراق صغيرة جدا إلى كومات ممتلئة وطري. يبدو أن الارتفاع يسمح بتواجد ملوحة عالية في التربة. ينتج عنها استجابة تكيفية تمثل في انخفاض في طول الفروع ومحيط النبات. في المقابل هناك زيادة كما أظهرت الدراسة التشريحية اثنتين من استراتيجيات التكيف الهامة جدا: الكالسسيوم. يؤدي التجنب إلى تقليل وحماية السطح الطليق. ظهرت ملامح نسيجية تكيفية أخرى مهمة ، مثل ظاهرة كامبيا المتعاقبة في كلا النوعين ، وتشريح كرانز (L'anatomie de Kranz) ضروري لعملية التمثيل الضوئي لـ C_4 ويساهم في التكيف بشكل أفضل.

la succulence يظهر في

الكالسسيوم. يؤدي التجنب إلى تقليل وحماية السطح الطليق. ظهرت ملامح نسيجية تكيفية أخرى مهمة ، مثل ظاهرة كامبيا المتعاقبة في كلا النوعين ، وتشريح كرانز (L'anatomie de Kranz) ضروري لعملية التمثيل الضوئي لـ C_4 ويساهم في التكيف بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: الهلوفيت ، البربيط ، إستراتيجية التكيف ، وادي ريغ () .

Caractérisation d'adaptation de deux halophytes (*Traganum nudatum* Del., et *Halocnemum strobilaceum* (Pall.)) du Nord-est du Sahara septentrional Algérien (Cas région de L'oued Righ).

RÉSUMÉ : Les espèces halophytes des milieux salins de la région de l'oued Righ sont peu étudiées. L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les grandes lignes d'adaptation morphologique et anatomique chez deux espèces halophytes (*Traganum nudatum* et *Halocnemum strobilaceum*). Les approches d'échantillonnage subjectif dans six stations a permis de prélever $N = 120$ individus. Les résultats montrent que chez les deux espèces, il existe une forte adaptation aux contraintes environnementales (aridité et salinité). Nous avons mis en évidence une convergence morphologique de deux espèces qui se traduit par une réduction de la taille, la légèreté des grains facilite leur dissémination spatiale sous l'action du vent et une divergence traduite par une hypertrophie du système racinaire superficiel chez le *T.nudatum* tandis que ce système racinaire est atrophique chez le *H.strobilaceum*. D'autres traits spécifiques à l'espèce sont mis en évidence, tels que : le remplacement des feuilles ancestrales (en excès de sels) par de petites feuilles vertes neuves chez le *T.nudatum*. Les feuilles fortement réduites à tasses charnues chez le *H.strobilaceum*. L'altitude semble favoriser une salinité élevée des sols. La réponse adaptative se traduit par une réduction en hauteur en longueur des branches et de la circonférence de la plante. En opposé on note une augmentation de la taille des feuilles en largeur et en épaisseur. L'étude anatomique a montré deux stratégies d'adaptation très importantes: la tolérance et l'évitement. La tolérance se traduit par la succulence et par la présence d'oxalates de calcium. L'évitement se traduit par une réduction et une protection de la surface transpirante. D'autres caractéristiques histologiques adaptatives sont apparues importantes, telles que le phénomène de cambia successifs chez les deux espèces et l'anatomie de Kranz du sous-type salsoloid chez le *T.nudatum* est nécessaire pour la photosynthèse de C_4 et contribue à une meilleure adaptation à la sécheresse et à la salinité.

Mots clés: Halophyte, *Traganum nudatum* Del. *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb, Stratégie d'adaptation, Oued Righ (Algérie).

Adaptation characterization of two halophytes (*Traganum nudatum* Del., And *Halocnemum strobilaceum* (Pall.)) From north-eastern Algerian northern Sahara (Case region of Oued Righ)

ABSTRACT: Halophytic species in saline environments in the Oued Righ region are poorly studied. The objective of this study is to highlight the morphological and anatomical adaptation traits of two halophyte species (*Traganum nudatum* and *Halocnemum strobilaceum*). Subjective sampling approaches in six stations yielded $N = 120$ individuals. The results show that in both species, there is a strong adaptation to environmental constraints (aridity and salinity). We have demonstrated a morphological convergence of two species which results in a reduction of the size, the lightness of the grains facilitates their spatial dissemination under the action of the wind and a divergence translated by a hypertrophy of the superficial root system in the *T. nudatum* whereas this root system is atrophic in *H.strobilaceum*. Other features specific to the species are highlighted, such as: the replacement of ancestral leaves (in excess of salts) by new green leaves *T.nudatum*: Strongly reduced leaves with fleshy cups in *H.strobilaceum*. Altitude seems to favor high salinity of soils. The adaptive response results in a reduction in height in length of the branches and the circumference of the plant. In contrast there is an increase in the size of the sheets in width and thickness. The anatomical study showed two very important adaptation strategies: tolerance and avoidance, tolerance is expressed by succulence and by the presence of calcium oxalates. Avoidance results in a reduction and protection of the transpiring surface. Other adaptive histological features appeared to be important, such as the successive cambia phenomenon in both species and the Kranz anatomy of the salsoloid subtype in *T.nudatum* is necessary for C_4 photosynthesis and contributes to better adaptation drought and salinity.

Keywords: Halophyte, *Traganum nudatum* Del. *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb, adaptation strategy, Oued Righ (Algeria)