

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Dr. Moulay Tahar - Saida
Faculté des Sciences et Technologie
Département de Biologie



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme :

Master en biologie

Spécialité : Ecologie et Environnement.

Présenté par :

REBIE AHMED et BENAOUMEUR SAFIA.

Sur le thème intitulé :

*Contribution à l'étude de la phyto diversité des
Steppes a halophytes (cas de Ain Skhouna-Saida).*

Soutenu le 28 /06/2018

Devant la commission de jury compose par :

-Président : Mr. ANTEUR D. Maitre de conférence-B- U Saida

-Encadreur : Mr. HENNI M. Maitre de conférence-B- U Saida

-Examineur : Mr. MDERBAL K. Maitre de conférence-B- U Saida

Année universitaire 2017-2018.

Remerciement

Avant tout on tient nos remerciements à notre Dieu tout puissant de nous avoir donné la foi, la force et le courage.

À travers ce modeste travail, nous tenons à remercier vivement notre encadreur « Mr. HENNI M ».

Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi à messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de Notre cycle universitaire.

Sans omettre bien sur de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.

Benaoumeur Safia.

Rbie Ahmed.

Dédicace :

Après avoir remercié « ALLAH » le tous puissant qui m'a aide d'accomplir mes études, je

Tiens à dédier ce modeste travail :

A ceux qui mon aide à affronter cette vie, ceux qui je ne réussirais jamais à les remercier.

A ceux je porte toujours dans mon cœur.

A mes parents :

*Mon très cher père **MOHAMED**, qui m'a soutenu, protéger, et encourager tout long de ma vie. Merci.*

*Ma très chère mère **SLEMET**, qui m'a donné beaucoup d'affection et d'amour tout au long de ma vie. Merci.*

A mes très Chers frères : Abdel moumen et Billel.

A mes tirée chère sœur : Karima .

*A toute la famille: **BENAOUMEUR**.*

A mees amies :H Meriem, M Fatiha, T Ines.

A mes très Chers Amis :Ahmed, Mokhtar, et Mohamed.

A toutes ma promotion de 5^{me} année biologie

Enfin a tout les personnes qui mon aidées de près ou de loin.

SAFIA

Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail qu'il me

Fait une joie de dédier :

A mon très cher père ABDEL KADER pour son soutien moral et leurs encouragements constants. Merci

A ma très chère mère LHAJA KANZA, ma bougie de vie pour ses sacrifices et sa tendresse

et surtout son amour, que Dieu la garde pour moi.

Tout membre de la famille : Rbie.

A mes très chers amis : Mostafa et Mokhtar qui ils ont me donné beaucoup d'amour et survivance. Merci.

Tout membre de la famille : Rbie .

A mes amies : Benoaumeur Safia, Hamlet Meriem, Arabie fatima.

A toute la promotion de protection d'Environnement.

Et toutes personnes qui ont concouru de près ou de loin à la réalisation de ce travail

AHMED.

Résumé :

Ce travail avait pour objectif l'étude de la diversité des halophytes aux bords du chott ech-cherGUI (commune Ain Skhouna). Les résultats obtenus ont permis d'inventorier 37 espèces appartenant à 33 genres et 17 familles. D'autre part, cette étude met en exergue l'influence des facteurs du milieu (aridité du climat, action anthropozoogène, salinité et ensablement du sol) sur la répartition de la végétation du chott, cette influence est perceptible par la dominance des thérophytes (60%) sur les sols sableux ou les chamaephytes (55,55%) sur les sols halomorphes et par un gradient de dégradation de la phytodiversité en direction du centre du chott.

Mots clés : Halophytes, Chott ech-cherGUI, Sol sableux, Sol halomorphes, Phytodiversité.

ملخص :

كان الغرض من هذا العمل هو دراسة تنوع النباتات الملحية على حافة الشط الشرقي (عين السخونة) وقد أتاحت النتائج التي تم الحصول عليها جرد 37 نوعاً من 33 جنساً و 17 عائلة. من ناحية أخرى ، تسلط هذه الدراسة الضوء على تأثير العوامل البيئية (جفاف المناخ، العامل الأنثروبوزوجيني ، الملوحة و التربة الرملية) على توزيع الغطاء النباتي ، هذا التأثير يمكن ملاحظته من خلال هيمنة النباتات التيروفيتية (60%) على التربة الرملية أو الكاميفيتية (55.55%) على التربة الملحية ، وتدرج عن طريق التدهور في تنوع النباتات كلما توجهنا نحو مركز الشط.

الكلمات المفتاحية : النباتات الملحية، الشط الشرقي، التربة الرملية، التربة الملحية ، تنوع النباتات.

Abstract :

This work was aimed at studying the diversity of halophytes at the edges of chott ech-cherGUI (Ain Skhouna) . The results obtained made it possible to inventory 37 species belonging to 33 genera and 17 families. On the other hand, this study highlights the influence of environmental factors (arid climate, anthropozoogenic action, salinity and silting of the soil) on the distribution of chott vegetation, this influence is perceptible by the dominance of therophytes (60%) on sandy soils or chamaephytes (55.55%) on halomorphic soils and by a gradient of phytodiversity degradation towards the center of chott.

Keys words: Halophytes, chott ech-cherGUI, sandy soils, halomorphic soils, phytodiversity

Sommaire :

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Introduction générale01

Chapitre I : Généralités sur la steppe algérienne

1. Généralités.....03

2. Caractères écologiques de la steppe04

2.1. Les caractères climatiques04

2.2. Hydrographique08

2.3. Caractères pédologiques10

2.4. Les principales formations végétales steppiennes12

3. La problématique de la steppe Algérienne14

3.1. la désertification14

3.2. les causes de la désertification15

3.3. Politiques publiques de lutte contre la désertification20

Chapitre II : Salinité des sols et halophytes

I. Salinité et sols salins.....22

1. Généralité22

2. définition de la salinité et des sols salins22

3. Origine des sols salins23

4. Mesure de la salinité23

5. Processus de salinisation des sols24

6. Classification des sols sales	24
II. Les halophytes	25
1. Généralités	25
2. Définition des halophytes	25
3. Catégories d`halophytes	26
4. Flore halophyte et sa place dans le règne végétal	26
5. Classification des halophytes	29
6. Caractéristiques morphologiques, anatomiques et physiologiques	29
7. Mécanismes de résistance chez les halophytes	31

CHAPITRE III : Présentation de la zone étude

1. Situation géographique	36
1.1. Wilaya de Saida	36
1.2. Commune d`Ain Skhouna	36
1.3. Consistance et composition territoriale	38
2. Milieu humain	38
3. Caractères pédologiques	40
4. Caractères topographiques	40
5. Valeur hydrologique	43
6. Les caractéristiques climatiques	46
7. Synthèse climatique	51

CHAPITRE IV : Matériel et méthodes

I. Matériel utilisé	57
II. Méthodes d`étude	57
1. Le choix des stations	57
2. Choix de type d`échantillonnage	59
3. La surface des relèves	59
4. Caractères analytiques de relèves	59
5. Etat de la surface du sol	60
6. Indice diversité spécifique	61
7. Indice d`équitabilité	61
8. Types biologiques	62

CHAPITRE V : Résultats et discussion

1. Relevés floristiques	63
2. Etat de surface.....	64
3. Composition en familles	65
4. Diversité spécifique et équitabilité	68
5. Les spectres biologiques	68
6. Discussion	70
Conclusion	72
Références bibliographiques.....	73

Liste des abréviations:

AEP	Alimentation en Eau Potable
An	Année
ANAT	Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire.
APC	Assemblée populaire communale
ATP	Adinosinetriphosphate
Ca	Calcium
CE	Conductivite Electrique
Cm	Centimètre
Cl	Chlore
Co ₂	Dioxyde de carbone
DGF	Direction Générale des Forêts
G	Gramme
GPS	Global Positioning System
H	Hydrogène
Ha	Hectare
HCDS	Haut-Commissariat au Développement de la Steppe
INRF	Institut national de la recherche forestière
J/an	jours par année
K+	Potassium
Kg	Kilogramme
Kg.M.S/ha	kilogramme matière sèche par hectare
Km	Kilomètre
L	Litre
M	Mètre
MADR	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
Max	Maximale
Mg ⁺⁺	Magnésium
Min	Minimale

Mm	Millimètre
Na	sodium
NaCl	Clore sodium
p	Précipitation
PH	potentiel hydrique
P moy	Précipitation moyenne mensuelle
PNDA	Programme National pour le Développement Agricole
qx/ha	Quintaux par hectar
S	Seconde
T	Température
UF	Unité Fourragère
°C	Le degré Celsius

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre de tableaux	N° de la page
01	Les températures de la steppe (en °C)	06
02	L'effectif du cheptel en régions steppiques	18
03	Liste approximative des halophytes méditerranéennes	28
04	Répartition de la population d'Ain Skhouna	38
05	Répartition de la population selon l'activité	39
06	Répartition de la superficie de la commune d'Ain Skhouna par hectares	39
07	La mise en valeur de l'élevage suite au recensement 2007-2008	39
08	Présentation des précipitations moyennes mensuelles de station d'Ain Skhouna (1960-1998).	46
09	Répartition des précipitations saisonnières (station métrologique d'Ain Skhouna 1999).	47
10	Températures moyennes, minimales et maximales (en C°) au niveau de la station Ain Skhouna (1960 à 1998).	48
11	Moyennes mensuelles de l'humidité relative (en %) durant la période 1960 à 1998).	49
12	ETP durant la période 1960 à 1998(station d'Ain Skhouna 1960-1998).	50
13	Indice d'Abondance-Dominance.	60
14	Indice de sociabilité.	60
15	Indice abondance-dominance et sociabilité des espèces dans les deux stations.	62
16	Liste des familles rencontrées dans les deux stations.	66
17	Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité.	67

Liste des figures

N° de Figure	Titre de figure	N° de la page
01	Délimitation de la Steppe Algérienne Source	04
02	Carte bioclimatique de l'Algérie	04
03	Évolution de la population steppique par rapport à la population totale.	17
04	Actions de lutte contre la désertification	21
05	Localisation de la zone d'étude	37
06	Carte des pentes de la zone d'étude	41
07	Carte d'exposition de la zone d'étude	42
08	carte de distribution des fourrages	45
09	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1960 à 1998 au niveau de la station Ain Skhouna	46
10	Températures moyennes, minimales et maximalisent durant la période 1960 à 1998 au niveau de la station Ain Skhouna	48
11	Histogramme de l'humidité durant la période 1960 à 1998 au niveau de la station Ain Skhouna	50
12	Histogramme de l'évapotranspiration moyenne mensuelle durant la période 1960 à 1998 au niveau de la station Ain Skhouna	50
13	Le diagramme ombro-thermique de Ain Skhouna.	52
14	Détermination du type de climat d'après le climagramme d'EMBERGER.	54
15	Position d'AinSkhouna sur le diagramme de De Martonne.	56
16	Etat de la surface des deux stations.	63
17	Importance des familles rencontrées dans la station 01.	65
18	Importance des familles rencontrées dans la station 02.	65

19	Pourcentage des types biologiques dans la station 01.	68
20	Pourcentage des types biologiques dans la station 02.	68

Liste des photos

N° de tableau	Titre des photos	N° de la page
01	Vue générale de la station 01.	58
02	Vue générale de station 02.	58
03	Etat de surface de la station 01.	63
04	Accumulation des sables par la végétation.	63
05	Etat de surface de la station 02.	64
06	Efflorescences salines.	64

Introduction :

La zone humide du Chott Ech Chergui est un milieu riche tant sur le plan de la faune que la flore, il a été classée comme zone humide d'importance internationale le 02 février 2001. Mais malheureusement ces dernières décennies, des fortes pressions humaines ont porté atteinte quantitative sur la biodiversité du Chott Ech Chergui, Cette dégradation a été souvent un sujet préoccupant qui a fait l'objet de plusieurs travaux (Arabi et Mederbal, 2016).

La famille des Chénopodiacées fournit le contingent majoritaire de la végétation halophile qui peuple cet écosystème spécifique caractérisé par des conditions pédoclimatiques extrêmes notamment des concentrations élevées en sels (Ozenda, 1982).

Cette végétation est dotée de caractéristiques requises pour tolérer le sel et s'adapter, en déclenchant des mécanismes de résistance et/ou de tolérance a ces contraintes (Sambatti et Caylor, 2007). En plus de leur tolérance aux sels, les halophytes se caractérisent aussi par leur capacité de réguler la teneur relative en eau et le potentiel hydrique des feuilles dans des conditions stressantes (Joshi et *al.*, 2015).

Les halophytes déclenchent des mécanismes de tolérances qui contribuent à l'adaptation au stress osmotique et ionique provoqué par la salinité élevée (Lee et *al.*, 2008), tel que l'accumulation ou l'exclusion d'ions sélectives (Garza Aguirre, 2015) et la capacité de synthétiser et d'accumuler des solutés compatibles ou osmoprotecteurs dans leur cytoplasme (Parida et Das, 2005).

En fait, l'objectif de ce travail consiste à effectuer des relèves floristiques au niveau du chott ech chergui (commune de Ain Skhouna) afin d'étudier la diversité de la végétation de cette zone et d'inventories l'ensemble des espèces présentes notamment les espèces halophytes qui résistent aux différents stress pédoclimatiques telles la sécheresse et la salinité des sols.

Le présent mémoire est structuré en cinq chapitres. Le premier chapitre est une étude bibliographique se rapportant sur des généralités sur la steppe Algérienne. Un deuxième chapitre est consacré à une étude bibliographique sur la salinité des sols et les halophytes. Un troisième chapitre consacré à une présentation générale de la zone d'étude et des caractéristiques du milieu naturel. Dans le quatrième chapitre, est décrite la méthodologie du travail. Le cinquième chapitre regroupe l'ensemble des résultats qui seront suivis d'une discussion. Une conclusion générale qui est un ensemble de réflexions achève ce travail.

1. Généralités :

En Algérie la steppe constitue une vaste région qui s'étend du sud de l'Atlas Tellien (figure 01) formant un ruban de 1 000 Km de long, sur une largeur de 300 km à l'ouest et au centre réduite à moins de 150 km à l'est, les limites de cette dernière s'appuyant sur les critères pluviométriques entre 100 et 400 mm de pluviosité moyenne annuelle (statistique agricoles 1974), les spécialistes de l'Afrique du nord s'accordent généralement pour limiter cette zone aux mêmes critères pluviométriques. Elle est caractérisée par une formation végétale discontinue de plantes xérophiles et très souvent des herbacées ou règne un climat continental défini par sa longue période de sécheresse, le végétal et son milieu physique s'y dégradent d'une année à l'autre (GUENDOUZI, 2014).

Les steppes algériennes présentent un aspect dominant caractérisé par de grands espaces pastoraux à relief plat et à l'altitude plus ou moins importantes de 900 à 1 200 m parcourus par des lits d'oued parsemés de dépressions plus ou moins vastes de quelques îlots de chaînons montagneux isolés. Elles couvrent une superficie globale de 20 millions d'hectares (soit 8,4 % de la surface de l'Algérie). On distingue deux grands ensembles :

- Les steppes occidentales, qui sont constituées des Hautes Plaines Sud Oranaises et Sud Algéroises, dont l'altitude décroît du Djebel Mzi à l'Ouest (1 200 m) à la dépression salée du Hodna au centre (11 000 hectares) occupées par des dépôts détritiques.
- Les steppes orientales à l'Est du Hodna, qui sont formées par les Hautes Plaines du Sud Constantinois où domine le crétacé de nature calcaire et dolomitique. Ces Hautes Plaines bordées par le Massif des Aurès et des Nememchas (BELLIL M et CHERFA F., 2012).

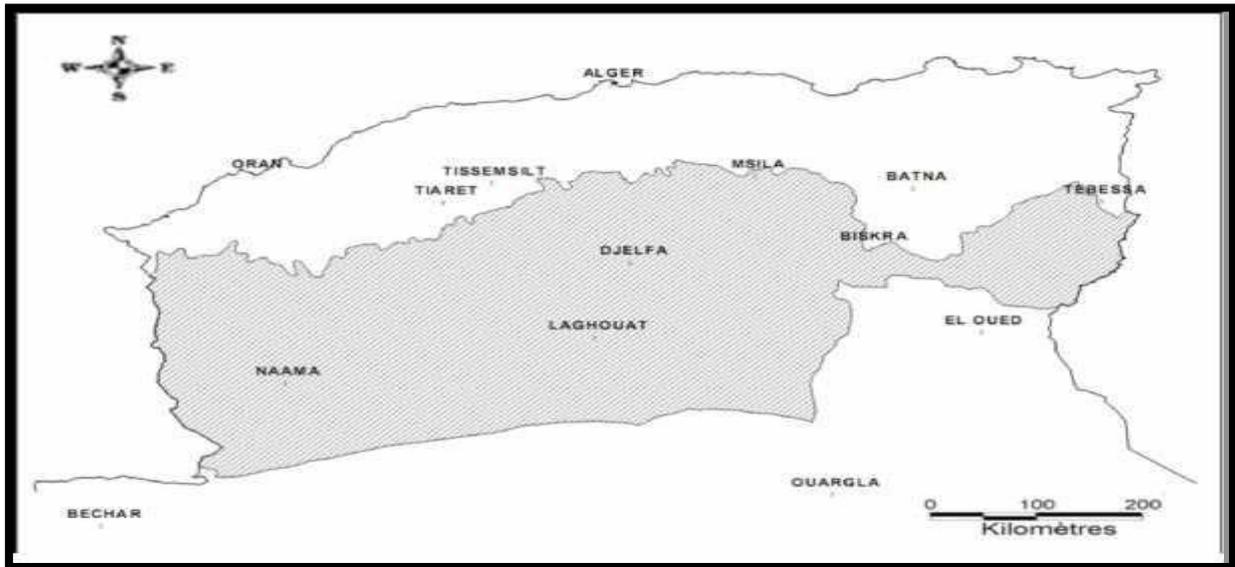


Figure 01 : Délimitation de la Steppe Algérienne Source :(NEDJRAOUI, 2002)

2. Caractéristiques écologiques de la steppe :

2.1. Les caractères climatiques :

Le climat général des steppes algériennes (figure 02) est de type méditerranéen avec une saison estivale sèche et chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse, fraîche sinon froide. Il se caractérise par la diminution et l'irrégularité accrue des pluviosités, l'augmentation des températures et de la longueur des périodes de sécheresse estivale rendant encore plus difficiles les conditions de développement des plantes avec un bilan hydrique déficitaire (LE HOUEROU H,N 1996).

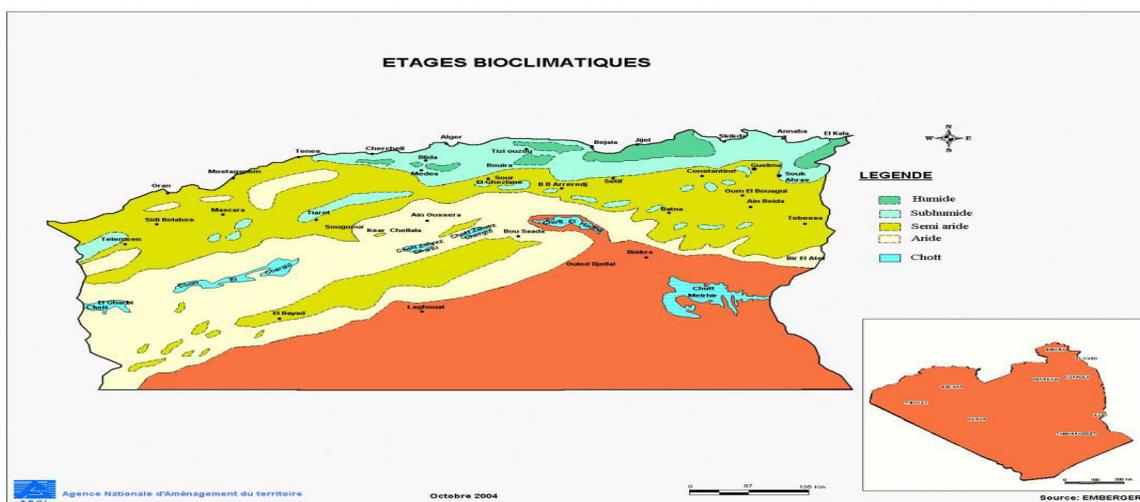


Figure 02 : Carte bioclimatique de l'Algérie (source ANAT, 2004)

2.1.a . La pluviométrie :

Sur la steppe, les pluies y sont très irrégulières et tombent sous forme de grosses averses. La pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 250 mm/an est faible. Selon (KHELIL ,1997), les précipitations subissent une baisse vers l'Ouest (Ain Sefra) par suite de la présence du grand Atlas marocain, elles augmentent progressivement vers le centre (El Bayadh, Aflou, Djelfa) puis diminuent vers Boussaâda et M'sila dominées par l'influence de l'enclave saharien du Hodna. Elles diminuent encore plus vers le piémont sud de l'Atlas Saharien (Laghouat) décroissent rapidement dès que l'on s'éloigne de la flexure sud atlasique vers le Sud. Les massifs montagneuses dont les monts des Ouled Naïl et Djebel Amour sont relativement plus arrosées, ils sont les plus favorisés avec des précipitations dépassent 400 mm/an et où les crêtes reçoivent jusqu'à 600 mm/an (KHELIL ,1997).

2.1.b . Les températures :

Les températures jouent un rôle important dans la vie des végétaux et des animaux. Il s'agit surtout des températures extrêmes. Le régime thermique de la steppe (tableau : 01) est de type continental, l'amplitude thermique annuelle est généralement supérieure à 20°C d'après (LE HOUEROU, 1977). Les gelées de la saison froide inhibent la poussée de la végétation, ce qui amène les éleveurs à se déplacer vers les parcours sahariens à température plus chaude (Azzaba). Les températures très élevées de la saison estivale inhibent également le développement de la végétation, ce qui amène les éleveurs cette fois à se déplacer vers le Nord pour gagner les plateaux céréaliers (Achaba).

Tableau 01 : Les températures de la steppe (en °C)

Région	Station	Altitude (m)	Températures moyennes (°C)				m absolu
			Annuelles	Juillet	Janvier	Minima	
Ouest	Mostaganem.	26	18,20	24,90	12	9,5	1,2
		495	16,70	26,50	8,30	2,56	-5,4
	Ghris	988	16	29	7	1,2	-6
	Kheider	1037	13,70	25,15	3,85	-1,06	-13,5
	Bayadh	654	15,50	28,40	6	1,05	-13,5
	Ain.Sefra						
Centre	Alger	59	18,30	25,55	12,10	9,76	1
	Médéa	928	14,50	19,80	9,20	3,11	-1,8
	Chellala	854	16,20	23,40	9	-1	-7,1
	Djelfa	1143	13,4	20,20	6,5	-2	-8
	Laghouat	752	17,3	12,5	11	-1,05	-6
Est	Jijel	6	18,20	26,05	11,60	8,76	0,30
	Sétif	1081	13,90	24,70	4,80	0,93	-9,30
	Barika	456	18,55	30,95	7,95	3,43	-6,20
	Batna	1040	14	24,70	4,90	0,66	-12,40
Sahara	Ghardaïa	526	21,80	28,60	14,1	-1	-5

(Synthèse réalisée à partir des relevés du réseau national de météorologie et de SELTZER, 1946)

2.1.c . Les vents :

Le vent est un paramètre climatique agissant sur la végétation et qui influe également sur le déplacement du sable et des particules fines, entravant le développement des plantes et la composition du sol superficiel. Ce facteur est d'autant plus agressif pour les écosystèmes en place qu'il accentue le phénomène de désertification. La steppe est considérée comme un espace privilégié de rencontre pour les masses d'air, en raison des immenses étendues et des couloirs qu'elle comporte. Elle est traversée par les courants de vent glaciaux en hiver, et en été par des courants d'air secs et chauds.

Le sirocco : C'est un vent chaud et sec à pouvoir desséchant élevé par l'augmentation brutale de la température, et l'abaissement simultané de l'humidité de l'air qu'il provoque. Le sirocco en Algérie est lié aux perturbations de nature orageuse. Indépendamment de son caractère local, le sirocco est plus fréquent à l'Est (30 j/an en moyenne) qu'à l'ouest (15 j/an en moyenne) ; rare en hiver, il souffle surtout en été. (DJEBAILLI., 1984)

2.1.d . Les orages :

Surtout dans l'Atlas saharien pendant la saison chaude (90% des orages entre Mai et septembre à Djelfa). (POUGET., 1980).

2.1.e . La grêle :

Quelques jours par an en moyenne, donc assez négligeable d'autant que les grêlons, de taille réduite, n'occasionnent pas de dégâts sérieux aux cultures (POUGET., 1980).

2.1.f . La neige :

A la faveur d'une température pas trop basse, l'eau de neige imbibe le sol, plus la durée d'enneigement au sol persiste plus le potentiel hydrique du sol augmente. Ainsi, plus que sa fréquence, la durée d'enneigement moyen au sol (nombre de jours où le sol est couvert de neige), est donnée la plus utile à connaître.

Selon DJBAILI (1978), le nombre de jours d'enneigement varie de 5 à 19 jours. Dans les hautes plaines, l'épaisseur de la couche de neige au sol est très mince ; elle ne dépasse les 10 cm. Dans les hautes plaines steppiques, elle est par contre plus dense et d'après SELTZER (1946), on estime qu'elle fournit le cinquième de sa hauteur en tranche d'eau, c'est-à-dire dans les meilleurs cas un apport d'eau de l'ordre de 20 mm par an. Ceci est d'autant plus appréciable lorsque la fusion intervient au début du printemps. En réalité, la neige ne dure que très peu de temps ; jusqu'à 1500 m d'altitude, elle fond aussitôt.

2.1.g . La gelée :

La moyenne est de 40 à 60 jours de gelées blanches par an; elles sont plus fréquentes dans les hautes plaines (30 jours par an) et dans l'Atlas saharien (50 jours par an). Le risque de gelée commence quand le minimum de la température tombe au-dessous de 10°C et il dure tant que ce minimum reste inférieur à cette valeur. En pratique, pour la végétation, le risque de gelées persiste pendant toute la moitié de l'année, en général de Novembre à la fin Avril (MEMOIRE BOUKHARI ,Y 2015/2016).

2.1.h . Evaporation et insolation :

Dans la région où l'eau est un facteur déterminant, l'évaporation est très importante et atteint son maximum en été. La tranche d'eau évaporée annuellement est presque toujours supérieure à la quantité totale de pluie tombée (SELTZER, 1946).

2.2. Hydrographie :

Au niveau de la steppe, les ressources hydriques sont faibles, peu renouvelables et anarchiquement exploitées. Le réseau hydrographique est diffus et peu hiérarchisé sur le piémont où il se disperse en chenaux multiples sur les cônes de déjection et sur les glaciers. Les oueds sont caractérisés par un écoulement temporaire et endoréique qui se termine généralement au niveau des dépressions salées, chotts ou sebkhas (JOLY, 1986).

2.2.1. Le caractère de l'écoulement des eaux :

Les oueds de la steppe sont caractérisés par des écoulements temporaires, pour la plupart secs en été et parcourus par de violentes et abondantes crues le plus souvent au début et à la fin de l'hiver. Parmi les causes de cet écoulement temporaire :

- la rareté des précipitations ;
- le mode des précipitations marqué par des averses (les orages déversent brutalement d'énormes masses d'eau dans les oueds) ;
- la répartition annuelle des précipitations (les oueds ne reçoivent les eaux que durant un nombre de jours assez limité).

L'écoulement en direction des bassins endoréiques (chott et zahrez) est une autre caractéristique des oueds de la steppe. En effet hormis trois exceptions (oued Mekkera, oued Nahr Ouasel et oued Touil constituant par leur réunion l'oued Chéelif), les cours d'eau de la steppe ne parviennent jamais à la mer, cela est dû essentiellement à la topographie du terrain.

2.2.2. Le mode de l'écoulement des eaux:

Deux types d'écoulements sont à faire signaler en steppe à savoir :

- un écoulement en nappe : qui se manifeste le plus souvent sur les piémonts au débouché des montagnes, c'est l'épandage des crues.
- un écoulement en ravines profondes : lorsque la pente, trop forte, ne permet pas l'épandage. Les ravines aggravées après chaque crue sont un facteur redoutable de dégradation des sols.

2.2.3. Les nappes phréatiques :

Les grandes cuvettes endoréiques sont de part leur structure, de véritables réservoirs où les eaux d'infiltration s'accumulent en nappes, plus ou moins artésiennes. Ces nappes recèlent plusieurs milliards de m³ d'eau dont une partie (encore mal précisée) est fortement salée, donc difficilement utilisable (TSAKI. 2003).

2.3. Caractères pédologiques :

Les sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire, la faible teneur en matière organique et une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation.

2.3.1. Types de sols :

On distingue plusieurs types de sols (DJEBAÏLI. et *al*, 1983 ; HALITIM., 1988 ; KADI HANIFI., 1998).

- **Les sols minéraux bruts ou sols très peu évolués :**

Sont localisés principalement sur les sommets des djebels et sont soumis à une érosion hydrique intense. Ces sols caractéristiques des forêts et des matorrals, ils comportent :

- les lithosols sur les roches dures (grès ou calcaires),
- les régosols sur les roches tendres (marnes et calcaires marneux),
- les sols minéraux bruts d'apport alluvial dans les lits des oueds caillouteux.

- **Les sols peu évolués :**

Ils regroupent :

- les sols d'origine colluviale sur les piedmonts des djebels et les glacis,
- les sols d'origine alluviale dans les lits d'oued, les zones d'épandage et les dayas,
- les sols d'origine éolienne avec des formations sableuses fixées.

- **Les sols calcimagnésiques :**

Regroupent les sols carbonatés parmi lesquels on retrouve :

- les rendzines humifères sur les versants des djebels ;
- les sols bruns calcaires à accumulation calcaire xérifiée qui sont très répandus sur les glacis polygéniques du Quaternaire ancien et moyen.
- Les sols à encroûtement gypseux qui sont plus rares, représentés par des petites plages dans les zones de grès alternant avec les marnes et argiles versicolores.
- Les sols carbonatés sont les plus répandus en Algérie, notamment dans les écosystèmes steppiques et présahariens où ils représentent de vastes étendues encroûtées (HALITIM., 1988).

- **Les sols isohumiques :**

Sont représentés dans les glacis d'érosion polygéniques du Quaternaire récent. Ils regroupent les sols à encroûtement calcaire ou gypseux. On les retrouve dans les régions arides lorsque les précipitations sont inférieures à 200mm/an, dont le groupe le plus présenté est les sierozems qui s'étendent sur les glacis d'érosion polygénique du quaternaire moyen et récent ainsi que sur les terrasses. Ils sont colonisés par les groupements à *Lygeum spartum* et surtout *Arthrophytum scoparium*. La présence d'un voile sableux plus ou moins continu favorise la présence de *Thymelaea microphylla* et *Arthrophytum schmittianum*.

- **Les sols halomorphes :**

Sont localisés dans les chotts et les sebkhas. Ces sols sont généralement profonds à texture et structure variable. Leur teneur en calcaire est faible (inférieur à 30%), pauvres en matière organique (0,5%), pH voisin de 8 et leur conductivité électrique comprise entre 3 et 40 mmhos/cm à 25°C. Ils sont colonisés par de nombreuses espèces telles que *Salsola tetrandra*, *Atriplex glauca* et *Frankenia thymifolia*, (DJEBAÏLI., 1984).

2.3.2. Problème de salinité des sols :

Plus de 95% des sols des régions arides sont soit calcaires, gypseux ou salsosodiques (HALITIM., 1988). Du fait des hautes températures qui sévissent pendant une longue période de l'année, les précipitations subissent après leur infiltration, une forte évaporation entraînant la remontée vers la surface du sol, des particules dissoutes qui se concentrent en croûtes et stérilisent le sol.

On trouve deux types de dépressions salées aux niveaux des régions arides et semi-arides dont les termes vernaculaires sont Chott et Sebkha (POUGET M., 1980) ; la différence entre ces deux noms réside dans le mode d'alimentation. Les sebkhas sont sous la dépendance d'apport des eaux de crues et les Chotts sont alimentés respectivement par les apports de ruissellement et aussi par les nappes artésiennes profondes arrivant jusqu'en surface par des sources et/ou des suintements. Les Chotts seraient de véritables «machines évaporatoires», en période pluvieuse normale (hiver, printemps) une couche d'eau de quelques centimètres saturée en sel (300-400g/l) recouvre la surface, laissant après évaporation des dépôts surtout de chlorure de sodium, parfois exploitables. Après de fortes pluies, les Chotts peuvent constituer de véritables lacs de plusieurs mètres de profondeurs; quelques mois après, l'évaporation très forte assèche complètement la surface. Le vent balayant cette surface desséchée et dénudée peut, dans certaines conditions, entraîner des particules argileuses et des

cristaux de sels (chlorure de sodium, gypse) qui s'accumulent en bordure de la dépression (NEDJIMI., 2012). Tout autour de ces systèmes, la présence d'une nappe phréatique plus ou moins salée et inégalement profonde contribue à la formation de sols halomorphes (POUGET., 1973).

2.4. Les principales formations végétales steppiques :

Les steppes algériennes sont dominées par 4 grands types de formations végétales: les formations à alfa (*Stipa tenacissima*), à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*), à sparte (*Lygeum spartum*) et à remt (*Hamada scoparium*). Les formations azonales sont représentées par les espèces psammophiles et les espèces halophiles.

2.4.1. Les steppes à alfa :

Dont l'aire potentielle était de 4 millions d'hectares assurent la transition entre les groupements forestiers et les groupements steppiques à armoise blanche. Elles présentent une forte amplitude écologique (KADI-HANIFI., 1998). On les retrouve en effet dans les étages bioclimatiques semi arides à hiver frais et froid et aride supérieur à hiver froid. Ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1 800 m d'altitude (DJEBAILI., 1995). Dans les cas les plus favorables la production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes MS/ha, mais la partie verte, qui est la partie exploitable, a une production de 1 000 à 1 500 kg MS/ha (NEDJRAOUI., 1990). La productivité pastorale moyenne de ce type de steppes varie de 60 à 150 UF/ha selon le recouvrement et le cortège floristique. La valeur pastorale des parcours à alfa peu importante (10 à 20/100 en moyenne) permet une charge de 4 à 6 hectares par mouton (NEDJRAOUI., 1981).

2.4.2. Les steppes à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) :

Elles recouvrent 3 millions d'hectares (en aire potentielle) et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage, dans les dépressions et sur les glacis encroûtés avec une pellicule de glaçage en surface. La production primaire varie de 500 à 4 500 kgMS/ha (AIDOUD., 1983, 1989) avec une production annuelle totale de 1 000 kg MS/ha. La production annuelle consommable est de 500 kg MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. L'armoise ayant une valeur fourragère importante de 0,45 à 0,70 UF/kgMS (NEDJRAOUI., 1981), les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours, 1 à 3 ha/mouton.

Ces parcours sont utilisés pendant toute l'année et en particulier en mauvaises saisons, en été ou en hiver, où ils constituent des réserves importantes. L'armoise blanche est une espèce bien adaptée à la sécheresse et à la pression animale, en particulier ovine. Le type de faciès dégradé correspond à celui de *Peganum harmala* dans les zones de campement et autour des points d'eau.

2.4.3. Les steppes à sparte :

Elles couvrent 2 millions d'hectares. Elles sont rarement homogènes et occupent les glacis d'érosion encroûtés recouverts d'un voile éolien sur sols bruns calcaires, halomorphes dans la zone des chotts. Ces formations sont soumises à des bioclimats arides, supérieurs et moyens à hivers froids et frais. L'espèce *Lygeum spartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS). Les steppes à *Lygeum spartum* sont peu productives avec une production moyenne annuelle variant de 300 à 500 kg MS/ha, mais elles constituent cependant des parcours d'assez bonne qualité. Leur intérêt vient de leur diversité floristique. La productivité, relativement élevée (110 kg MS/ha/an), des espèces annuelles et petites vivaces, confère à ces types de parcours une production pastorale importante de 100 à 190 UF/ha/an permettant une charge de 2 à 5 ha/mouton (NEDJRAOUI., 1981).

2.4.4. Les steppes à remt (*Arthrophytum scoparium*) :

Elles forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5%. Les mauvaises conditions de milieu, xérophilie (20<P<200 mm/an), thermophilie, variantes chaude à fraîche, des sols pauvres, bruns calcaires à dalles ou sierozems encroûtés, font de ces steppes, des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La valeur énergétique de l'espèce est de l'ordre de 0,2 UF/kgMS. La production moyenne annuelle varie de 40 et 80 kgMS/ha et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha/an avec une charge pastorale de 10 à 12 ha/mouton. (NEDJRAOUI., 1981).

2.4.5. Les steppes à psammophytes :

Sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne. Ces formations sont inégalement réparties et occupent une surface estimée à 200.000 hectares. Elles suivent les couloirs d'ensablement et se répartissent également dans les dépressions constituées par les chotts. Elles sont plus fréquentes en zones arides et présahariennes. Ces formations psammophytes sont généralement des steppes graminéennes à *Aristida punjens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des steppes arbustives à *Retama retam*

(DJEBAÏLI., 1978). Le recouvrement de la végétation psammophyte est souvent supérieur à 30 % donnant une production pastorale importante comprise entre 150 et 200 UF/Ha/an. Cette production relativement élevée est due essentiellement à la prolifération des espèces annuelles dans ce type de parcours ensablés, ce qui permet une charge de 2 à 3 ha/mouton.

2.4.6. Les steppes à halophytes :

La nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace vont créer une zonation particulière de la végétation halophile autour des dépressions salées. Ces formations se développent sur des sols profonds (supérieur à 1 mètre) riches en chlorure de sodium et en gypse. Ces formations étant très éparées, leur surface n'a pas été déterminée de façon très précise, cependant elles constituent d'excellents parcours notamment pour les ovins en raison des fortes teneurs en sel dans ce type de végétation et les valeurs énergétiques relativement élevées des espèces les plus répandues (0,89 UF/KgMS pour *Suaeda fruticosa*, 0,85 UF/KgMS pour *Atriplex halimus*, 0,68 pour *Frankenia thymifolia* et 0,58 pour *Salsola vermiculata*).

3. La problématique de la steppe algérienne :

3.1. La désertification :

La désertification, phénomène de perte de productivité des terres est à la fois une question d'environnement et de développement (CORNET., 2002). Elle est liée à l'action anthropique et à la variabilité climatique mais aussi aux modifications de la biodiversité, en particulier au Maghreb (HOBBS., 1995). La désertification des zones steppiques d'Afrique du Nord (Algérie, Maroc, Tunisie) est jugée préoccupante par les spécialistes de ces régions. La multiplicité des informations chiffrées, des disciplines mobilisées et l'absence d'états de référence nationaux constituent cependant des freins à une analyse méthodique des évolutions de ce phénomène (ABAAB., 1995).

Selon la Convention sur la lutte contre la désertification des Nations-Unis, le terme de la désertification signifie « la diminution ou la destruction du potentiel biologique des terres pouvant conduire à son terme ultime à des conditions désertiques » (UNCOD., 1977).

La désertification est l'ensemble des facteurs géologiques, climatiques, biologiques et humains qui conduisent à la dégradation des qualités physiques, chimiques et biologiques des terres des zones arides et semi-arides et qui mettent en cause la biodiversité et la survie des communautés humaines (FAO., 1992).

3.2. Les causes de la désertification :

Les causes susceptibles de mener à la désertification sont les facteurs naturels, actions anthropiques et facteurs politiques.

3.2.1. Les facteurs naturels :

3.2.1.a. L'érosion :

Les sols sont soumis à une forte érosion hydrique et éolienne due aux conditions climatiques et à la forte action anthropique qui diminue le couvert végétal. L'érosion éolienne affecte principalement les régions arides et semi-arides. Près de 600 000 ha de terres en zone steppique sont totalement désertifiées sans possibilité de remontée biologique. (HADJIAT., 1997).

On donnera le nom d'érosion du sol à tout enlèvement de la matière de sols sous l'effet d'agents externes : eau et vent (GERCO). C'est l'usure de la partie superficielle et l'écorce terrestre sous l'effet des actions physiques, chimiques et biologiques. Elle a plus d'effet sur les sols généralement instables et a comme conséquences :

- La dénudation des sols ;
- Le nivellement des terrains ;
- Appauvrissement en matière fertile.
 - **Erosion éolienne** : Le vent est un agent très actifs qui soulève des particules fines (poussières du sable et des particules argilo-calcaire), des éléments qui lui impriment son efficacité ; ce dernier use les affleurements rocheux.
 - **Erosion hydrique** : L'eau a une action importante qui dépend de son énergie cinétique, car elle se trouve à la base de toutes altérations exogènes et endogènes de la roche, cette action se résume en : la dissolution, la destruction des particules, le transport et l'accumulation et ses actions chimiques.

Le processus de l'érosion : L'érosion des sols passe par différentes phases et se manifeste par de "multiples façons :

- Destruction de la structure grumeleuse du sol sous l'effet de battance de gouttes d'eau.
- Dispersion de colloïdes sous l'action des gouttes d'eau, ce qui augmente le ruissellement aux dépens des eaux d'infiltration.
- Entraînement des éléments fins soit par le vent, soit par l'eau de ruissellement et destruction totale des horizons qui peut atteindre la roche mère « c'est le ravinement ».

3.2.1.b. La sécheresse :

La sécheresse est due essentiellement à une insuffisance des précipitations, mais elle est accentuée par l'irrégularité du régime des pluies qui permet l'existence de longues périodes sans une goutte d'eau.

Les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité interannuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. La diminution des précipitations est de l'ordre de 18 à 27% et la saison sèche a augmenté de 2 mois durant le siècle dernier (BELLIL.M et CHERFA.F.,2012). Les travaux de HIRCHE et *al.* (2007) portant sur une analyse statistique de l'évolution de la pluviosité de plusieurs stations steppiques, montrent que les steppes algériennes se caractérisent par une aridité croissante, cette tendance est plus prononcée pour les steppes occidentales que les steppes orientales.

Les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviométrie annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. De longues observations sur le terrain ont démontré qu'une aridité croissante provoque une détérioration des caractéristiques du sol donnant lieu à un processus de désertification.

3.2.2. L'action anthropique :**3.2.2.a. La population :**

Dans les régions steppiques algériennes (9% du territoire national) la population, composée essentiellement d'agropasteurs, représente environ 12 pourcent de la population totale (figure.3). Dans les zones steppiques la croissance démographique est plus forte que celle enregistrée dans le reste du pays, elle est passée de 1 million d'habitants en 1966 à plus de 5 millions en 1998. Cette croissance a concerné aussi bien la population sédentaire que la population éparse. Cependant, on note une importante régression du nomadisme qui ne subsiste que de façon sporadique, les déplacements de grande amplitude ne concernent plus que 5% de la population steppique. La population des steppes vit de l'élevage autour duquel elle a construit un mode de vie, une organisation sociale et économique, des savoirs et des savoirs faire ancestraux diversifiés et d'une grande richesse (NEDJRAOUI., 2011).

Dans les zones les plus vulnérables, la surexploitation des ressources naturelles renouvelables a eu pour effet de favoriser différents processus de dégradation conduisant à une progression rapide de la désertification. L'économie de ces zones est basée sur l'élevage extensif des ovins, ainsi que la culture sporadique de céréales en sec (Le HOUEROU H. N.,

2001). Le problème majeur auquel l'élevage fait face dans ces zones est la rareté et l'irrégularité des ressources alimentaires. La production animale des ruminants dans les zones arides se caractérise par des crises périodiques dues à des disettes résultant de la sécheresse (LE HOUEROUH. N., 2006). Compte tenu de l'état de dégradation des écosystèmes naturels et de la forte pression humaine et animale qui s'exerce sur ces écosystèmes, la reconstitution du couvert végétal ne peut plus être assurée dans la plupart des cas par les mécanismes naturels de régénération et nécessite le recours à des techniques récentes d'aménagement et de gestion des terres. Ces techniques se basent sur l'utilisation judicieuse des eaux de pluie et la plantation d'espèces ligneuses contribuant aussi bien à l'accroissement de la production qu'à la protection des sols contre l'érosion (LE HOUEROU H. N., 1992).

L'équilibre social et biologique s'est trouvé fortement perturbé par l'intensification des besoins engendrés par la croissance démographique qui n'a pas été accompagnée par une création d'emplois suffisamment conséquente pour absorber la main-d'œuvre excédentaire par rapport aux besoins d'une exploitation raisonnable des parcours naturels (BEDRANI., 1998).

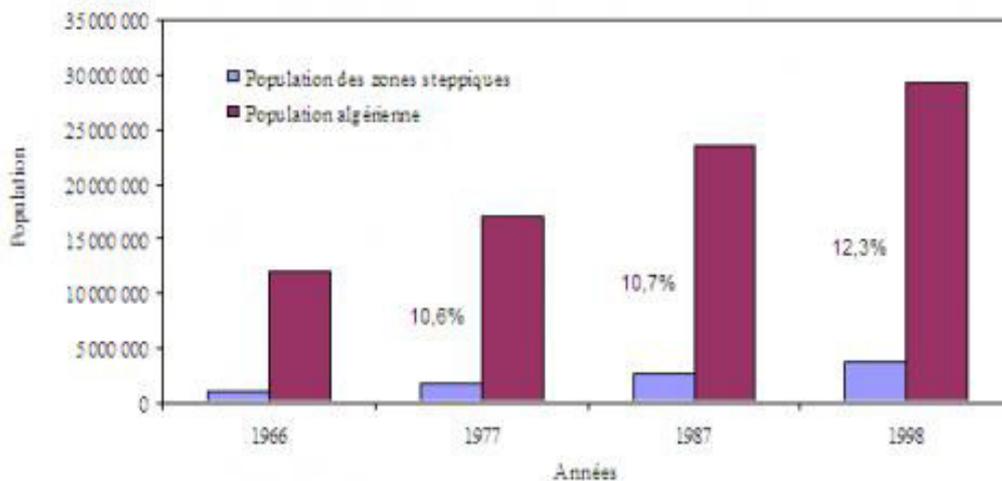


Figure 03 : Évolution de la population steppique par rapport à la population totale (NEDJRAOUI D. et BADRANI S., 2009).

3.2.2.b. Le surpâturage :

Le surpâturage, causant un broutage excessif de la végétation et des jeunes plants. Il empêche toute régénération, épuise les ressources disponibles, dégrade les parcours et les soumet à l'érosion. Dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord, le surpâturage est généralement considéré comme une cause essentielle de la dégradation des écosystèmes naturels (LE HOUEROU H N., 1968). En Algérie, les éleveurs préconisent le pâturage libre du bétail, sans limitation de la densité de charge et sans clôtures (MONTERO. et CANELLAS., 1998).

L'effectif du cheptel pâturant en zones steppiques - dont la composante prédominante est la race ovine (environ 80% du cheptel) - n'a cessé d'augmenter depuis 1968 (Tableau 2). Un taux de 10,7% des éleveurs possèdent plus de 100 têtes ce qui représente 68,5% du cheptel steppique. Par contre, la majeure partie des possédants, soit 89,3%, ne possèdent que 31,5% du cheptel. Cette inégale répartition du cheptel est due à l'inégalité dans la répartition des moyens de production (NEDJRAOUI., 2002 ; ZIAD., 2006).

Tableau N°02 : L'effectif du cheptel en régions steppiques (milliers de têtes).

Années	1968	1978	1988	1998	2008	2010
Ovins	5600	8500	12000	16320	16800	20000
Caprins	300	560	1000	1400	1630	3800
Bovins	120	120	200	280	305	1650
Camelins	100	175	100	135	144	290
Equides	250	450	530	750	650	
TOTAL	6370	9805	13830	18885	19520	25740

Sources : FAO statistiques Agricoles, (1974, 1990-1999 et 2000-2010-2012).

3.2.2.c. L'élevage extensif :

Ce type d'élevage fait appel quasi-exclusivement aux parcours naturels pour satisfaire les besoins nutritifs du troupeau, ce qui suppose des déplacements dont l'amplitude est fonction des moyens dont dispose l'éleveur (à pied ou à l'aide des camions). Ce système autrefois généralisé ne concerne actuellement que 55% des éleveurs, suite à la paupérisation

et à une tendance accrue à la sédentarisation. Les grands déplacements des confins présahariens aux zones céréalières du Tell restent le privilège des gros éleveurs auxquels ne font défaut ni les moyens financiers ni les moyens matériels. En ce qui concerne la satisfaction des besoins alimentaires du troupeau, certaines estimations avancent qu'ils sont couverts (MADR., 2008) :

- à 25% par les parcours naturels ;
- à 8% par les productions fourragères locales ;
- à 4% par l'exploitation des chaumes et des parcours sahariens ;
- à 63% par des apports extérieurs à la steppe (aliments concentrés et fourrages en sec).

On remarque que plus de la moitié des besoins alimentaires du cheptel sont assurés par des aliments produits hors la zone steppique, par contre les parcours naturels ne couvrent que le quart des besoins.

3.2.2.d. Le défrichement des parcours et pratiques culturales

Dans le souci de combler le déficit alimentaire du cheptel, causé par la sécheresse, les éleveurs des steppes, ont opté pour les céréales par le défrichement des parcours. Or, les terres steppiques sont réputées pour être squelettiques. La conséquence du labour sur de telles terres est l'augmentation de leur risque de dégradation par érosion (hydrique ou éolienne) (BENSOUIAH R., 2006)

Au cours des années 70, l'extension de la céréaliculture fut caractérisée par la généralisation de l'utilisation du tracteur à disques pour le labour des sols à texture grossière fragile. Les labours par ces derniers constituent en un simple grattage de la couche superficielle accompagné de la destruction quasi totale des espèces pérennes. Ces techniques de labour ont aussi une action érosive, détruisant l'horizon superficiel et stérilisant le sol, le plus souvent de manière irréversible (NENJIMI B., HOMIDA M., 2006).

La superficie labourée en milieu steppique est estimée à plus de 02 millions d'hectares (Ministère de l'agriculture, 1998), la plus grande partie de ces terres se situe sur des sols fragiles en dehors des terres favorables des fonds d'oueds ou de Dayates. La technique de labour utilisée est une technique particulièrement érosive. L'utilisation de la charrue à disque ou le cover-crop pour un labour superficiel des sols à texture grossière, se justifie par son coût moins élevé pour des agro-pasteurs soumis à des aléas climatiques importants et donc obligés de minimiser leurs coûts du fait de la faible probabilité qu'ils ont d'obtenir une récolte correcte. En effet, cette culture épisodique détruit les plantes vivaces qui sont remplacées par des espèces annuelles incapables de retenir le sol (ABDELGUERFI A., LAOUAR M., 1997) .

Les faibles rendements obtenus (2 à 5 qx/ha) sont loin de compenser la perte de sol qui en résulte et les nuisances générées (Le HOUEROU H. N., 2002).

3.3. Politiques publiques de lutte contre la désertification :

La lutte contre la désertification a figuré dans l'agenda des pouvoirs publics algériens depuis l'indépendance (1962), avec la mise en œuvre de plusieurs programmes. Les premiers se sont surtout limités à la plantation de grandes bandes forestières sur toute la steppe pour empêcher l'avancée du désert, considérée à l'époque comme la cause de la désertification (NEDJRAOUI et BEDRANI, 2008). Ce type de chantiers a été poursuivi durant les années 1970 avec le grand projet du « barrage vert », qui devait s'ériger en une ceinture verte le long du flanc sud de la steppe. Aujourd'hui, il n'en reste que des traces formées par quelques bandes de pins d'Alep éparpillées sur le territoire de la steppe.

Lors des années 1970, un autre programme a été lancé dans le sillage de la révolution agraire pour tenter de réglementer l'utilisation des parcours steppiques. Il s'agit du code pastoral qui prévoyait, entre autres, la limitation de la taille du cheptel et la création de coopératives d'élevage et de périmètres de mise en défens pour éviter le surpâturage. Dans la pratique, ce code a été abandonné dès le début de sa mise en œuvre en raison des conflits d'intérêts qu'il a suscités (NEDJRAOUI et BEDRANI, 2008).

L'adoption du dossier steppe en 1983 a donné lieu à la création du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS), institution publique sous tutelle du Ministère de l'agriculture chargée de mettre en place une politique de développement intégré sur la steppe en tenant compte de tous les aspects économiques et sociaux. Alors que son texte de création le chargeait d'impulser le développement global de la steppe, les réalisations du HCDS se sont limitées à la réhabilitation des parcours dégradés par des mises en défens et des plantations d'Atriplex (figure 04), à la création de quelques zones d'épandage, à la multiplication de points d'eau (les derniers réalisés utilisant l'énergie solaire). 3 millions d'hectares (sur plus de 20 millions) ont été préservés par la mise en défens, en collaboration avec la Conservation des Forêts, et 300 000 hectares réhabilités par la plantation pastorale (MADR, 2007). Le HCDS, sauf à ses débuts, n'a jamais élaboré une stratégie globale et cohérente de développement durable des zones steppiques, se contentant de réalisations ponctuelles, non intégrées dans une vision d'ensemble. C'est aussi ce qui explique la poursuite du processus de désertification des régions steppiques (NEDJRAOUI.D., 2008).



Figure 04 : Actions de lutte contre la désertification (1: Steppe à alfa mise en défens : Conservation des Forêts; 2 : Plantation pastorale à Atriplex : HCDS) (NEDJRAOUI D., 2008)

Les derniers programmes appliqués dans les zones steppiques concernent le programme national de mise en valeur des terres par la concession qui créait des exploitations agricoles sur des terres marginales steppiques après les avoir aménagées (défoncements, épierrage, mobilisation d'eau pour l'irrigation) et le programme national de développement agricole (PNDA) qui a débuté en 2000 et qui visait le remplacement de la céréaliculture et de la jachère par des cultures à plus haute valeur ajoutée. Ces deux programmes ont permis – grâce à de généreuses subventions – d'accroître les superficies irriguées, mais n'ont pas évité de nombreuses erreurs techniques et économiques. Ainsi, on a souvent obligé les bénéficiaires des terres mises en valeur à faire de l'arboriculture fruitière (alors que la plupart – anciens nomades - n'y connaissent rien). Par ailleurs, aucune incitation n'a été donnée pour que les agriculteurs produisent des fourrages qui auraient pu limiter la pression sur les parcours. Aussi, la plupart des bénéficiaires du PNDA ont-ils opté principalement pour le maraîchage (NEDJRAOUI D., 2008).

I. Salinité et sols salins :

1. Généralités :

Les sols salins se rencontrent au niveau de toute la planète, aussi bien des régions arides que les régions humides. Pour TOURAINE et AMMAR (1985), les sols salés sont localisés tant au nord qu'au Sud. Selon GIRAR *et al.* (2005), lorsque le sol possède une quantité d'éléments minéraux, dont le sodium, sous forme dissoute, échangeable ou précipitée. Ces mêmes minéraux doivent être plus solubles que le gypse (AUBERT, 1975 ; DOGAR., 1980)

Aubert (1960), note qu'en Algérie les sols halomorphes s'observent fréquemment dans les hautes plaines et même, dans l'Atlas Saharien : Terrasses, Zones d'épandages, dépressions à nappe phréatique salée, etc. alors que DOGAR (1980) note que les sols salés, appelés sols sodiques ou sols halomorphes, mais qui diffèrent selon leur degré de salinité, sont caractérisés par leur teneur élevée en sels qui possèdent une solubilité supérieure à 300 g/l, alors que celle du gypse est de 2.1 g/l.

2. Définition de la salinité et des sols salins :

La salinité est la présence de concentrations excessives de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (MASS et NIEMAN, 1978). Des auteurs s'accordent pour considérer qu'un sol ou une eau d'irrigation ou encore une solution nutritive, est salée lorsque les concentrations en Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} sous formes de chlorures, carbonates ou bicarbonates ou sulfates, sont présentes en concentrations anormalement élevées (CHAPMAN, 1975). D'après POLJAKOFF *et al.* (1975), le terme salinité semble indiquer la prédominance de NaCl.

L'expression de sol salin désigne les sols dont la formation est dominée par l'action des sels solubles que, ceux-ci soient encore dans le sol ou aient été éliminés. C'est un terme compréhensif qui englobe les sols salés ou Solontchaks, les Solonetz et les Solods (DURAND, 1958).

Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats à tous les continents. Ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines) (GIRARD *et al.*, 2005).

3. Origine des sols salins :

GAUCHER et BURDIN (1974) affirment que la salure avec laquelle le pédologue se trouve confronté peut avoir trois origines distinctes :

- Couches sédimentaires salifères : salure d'origine continentale ou géologique.
- Certaines manifestations généralement posthumes de volcanisme: salure d'origine volcanique.
- Contact de la mer: salure d'origine marine actuelle ou récente ou salinisation des lagunes littorales.

4. Mesure de la salinité :

La salinité globale du sol peut être exprimée de différentes manières, soit :

- par la somme des ions de l'extrait aqueux;
- en gramme par litre de NaCl;
- en pourcent de sel dans le sol;
- en terme de conductivité électrique (CE) déterminée sur l'extrait de pâte saturée à 25°C (RICHARD et *al.*, 1954); l'unité d'expression est le millimhos (mmhos/cm) ou le millisiemens (ms/cm).

Dans les sols salins, les sels solubles se trouvent soit à l'état cristallisé, soit sous forme dissoute. Dans le premier cas, il s'agit de cristaux ou efflorescences de sels qui se forment à la surface des sols halomorphes ou bien se développent en profondeur du profil et qui sont des sels peu solubles tels que le gypse ; dans le second cas, il s'agit de cations ou d'anions présents dans la solution du sol, la quelle constitue la dissolution aqueuse renfermant divers éléments provenant des phénomènes de solubilisation directs ou indirects quand le sol se trouve imbibé par une certaine quantité d'eau. Cette solution du sol présente une composition cationique en équilibre avec les cations dits échangeables retenus par le complexe absorbant (GAUCHER et BURDIN, 1974). Deux approches méthodologiques peuvent être utilisées pour extraire les sels solubles (RICHARD et *al.*, 1954) :

- Par saturation en eau du sol, appelée encore l'extrait de pâte saturée: C'est une méthode qui consiste à mélanger un échantillon de sol à une quantité d'eau qui est proportionnelle à sa capacité de rétention. Cette méthode se rapproche des solutions salines réellement existantes dans le sol. La confection de la pâte saturée est relativement simple mais nécessite au moins 300g de terre fine afin d'obtenir au moins 50 cm³ de solution d'extraction. Cette méthode se rapproche le plus des conditions naturelles et reflète le mieux la composition ionique de la solution du sol, elle est la plus fréquemment utilisée.

- Par un mélange à forte dilution (une partie de terre pour 2,5 ou 10 parties d'eau pondérale), le rapport sol-eau restant constant quelque soit la nature du sol. Dans cette seconde méthode, le souci n'est plus de se rapprocher des solutions existantes dans le sol en place, mais d'extraire le maximum de sels contenus dans l'échantillon.

5. Processus de salinisation des sols :

Trois processus physico – chimiques contribuent à la formation des sols salés selon GIRAR *et al.* (2005) :

- La salinisation : c'est un processus qui se produit lorsque la minéralisation de la solution du sol dépasse un certain seuil, sous l'influence d'un mécanisme physique (évaporation, drainage interne insuffisant, altération de minéraux).
- La sodisation : c'est un processus qui se produit lorsque le complexe organo–minéral d'échange est progressivement saturé par l'ion Na^+ . Les agrégats deviennent instables à partir d'un certain seuil et la dégradation des propriétés physiques du sol est potentielle (SEVAN., 1975).
- L'alcalisation : intervient lorsqu'un sol à complexe saturé en sodium se transforme physiquement suite à des échange entre l'ion Na^+ et les protons au moment d'humectation. La sodisation et l'alcalisation sont étroitement liées, on parle plus globalement de processus d'alcalinisation.

6. Classification des sols salés :

Leurs classification pose encore un problème et la majorité des systèmes recommandant une subdivision en trois catégories (DOGAR, 1980 ; DAOUD., 1993). Suivant l'intensité des processus mis en jeu et leur caractéristique physico – chimique, on définit plusieurs types de sols salés (LOYER., 1991).

6.1. Les sols salés :

Possèdent une (CE) de l'extrait de la pâte à saturation supérieur à 4 mmhos/cm à 25°C et dont le pourcentage de sodium échangeable (ESP) est inférieur à 15 % généralement, le pH est inférieur à 8,5. Ces sols correspondent aux « Solonchaks » dans la classification russe. Les sols salés sont en général floкулés, à cause de la présence de sels en excès et de l'absence de quantités suffisantes de sodium, et en conséquence la perméabilité est supérieur ou égale à celle des sols similaires non salés (DOGAR., 1980).

6.2. Les sols salés à alcalins :

De conductivité de l'extrait de pâte saturé < 4 mmhos/cm à 25°C et le pourcentage de sodium échangeable est supérieur à 15%. Ces sols sont le résultat de processus continus de salinisation et d'alcalinisation. Dans les conditions où les sels sont en excès, le pH monte rarement au dessus de 8,5 et les particules restent floculées, autrement il peut arriver autour de 9 si les sels en excès sont lessivés, les propriétés de ces sols peuvent changer d'une manière déterminante et devenir semblable à celles de sols alcalins non salés. DOGAR (1980) note que les sols alcalins non salés, sols ayant une valeur de l'ESP supérieur à 15%, celle de la CE inférieur à 4mmhos/ cm à 25°C et le pH varie habituellement de 8,5 à 10.

II. Les halophytes :

1. Généralités :

Les sols salés sont impropres à la croissance de la plupart des plantes et seules persistent les espèces susceptibles de supporter la salure qui, étant alors débarrassées de la concurrence des autres plantes, deviennent dominantes. La famille des Chénopodiacées fournit le contingent majoritaire dans ce type de peuplements (OZENDA, 1982).

Certaines plantes telles que les halophytes peuvent croître dans des milieux salins comme les déserts, les prés salés et les zones littorales. Toutes ces plantes ont acquis par évolution, des mécanismes qui leur permettent de supporter des concentrations élevées en sodium et certaines d'entre elles semblent avoir besoin de sodium (RAVEN et *al.*, 2003).

2. Définition des halophytes :

Venant du grec halos (sel) et phyton (plante), le terme d'halophyte a été introduit en 1809 par pierre simon pallas et attribué au végétaux vivants sur des sols salés, c'est-à-dire contenant une solution trop riche en sels solubles et par là impropres a recevoir des cultures.

En fait, actuellement on appelle halophytes toute plante dont une partie quelconque de son organisme, est en contact avec des concentrations anormalement fortes de sel, c'est le cas de la végétation marine ; des plantes de bords de marais ou de lacs salés (LARAFA., 2004)

Par suite de leur localisation a des régimes de salinité bien définis, les halophytes se répartissent en groupements disposés en zones, autour de dépression salées continentales ou en bordure des rivages maritimes (LEMEE., 1978).

D'une manière rigoureuse, « halophytes » n'est pas synonyme de « plante halophile » qui étymologiquement signifie « plante animant le sel ».

3. Catégories d'halophytes :

On distingue trois catégories d'halophytes : Halophytes submergées, Halophytes terrestres, et Aérohalophytes (ROBERT et DE FOUCAULT 1997).

3.1. Halophytes submergées :

Le terme submergé désigne un organisme sessile qui se trouve entièrement recouvert sous un plan d'eau (RAMADE, 2002). Ces espèces enracinées à faible profondeur, développent leurs tiges feuillées dans l'eau de mer et constituent de véritables prairies sous marines (DE FOUCAULT, 1997).

3.2. Halophytes terrestres :

En principe, seules leurs parties souterraines sont en contact avec le sel. En fait, ces plantes supportent des immersions partielles ou totales, mais seulement temporaires. Les cas les mieux représentés sont les espèces des prés salés (DE FOUCAULT, 1997).

3.3. Aérohalophytes :

Les aérohalophytes sont des plantes halophiles dont seuls les organes aériens sont imprégnés de chlorure de sodium apporté par les embruns mais, l'appareil souterrain s'insinue dans un substrat très peu ou pas salé (DE FOUCAULT, 1997).

Les halophytes sont des plantes réfugiées sur des sols salés, où elles ne souffrent pas de la compétition avec les autres espèces intolérantes aux sels. Il faut cependant distinguer deux catégories physiologiques, Halophytes obligatoires et Halophytes facultatives :

➤ **Halophytes obligatoires :**

Les halophytes obligatoires exigent des concentrations élevées en chlorure de sodium pour achever leur cycle de développement. Elles sont dites « halophytes strictes » comme *Suaeda macrocarpa* Moq. (Chénopodiacées), *Salicornia stricta* Dumort. (Chenopodiacees), *Salicornia patula* Duval-Jouve. (Chenopodiacees), etc. (DAJOZ, 1982).

➤ **Halophytes facultatives :**

Les halophytes facultatives peuvent se développer en présence de sel, mais celui-ci n'est pas indispensable. Elles sont appelées ainsi les « halophytes tolérantes » telle que l'Atriplex (DAJOZ, 1982).

4. Flore halophyte et sa place dans le règne végétal :

Il y a à peu près 6000 espèces d'halophytes terrestres et de marais dans le monde, soit 2% des phanérogames (Le HOUEROU, 1993). La région sous climat méditerranéen, de l'océan atlantique à la mer Aral et la vallée indienne, compte 1100 espèces, environ 5% de sa flore terrestre (Le HOUEROU, 1993). Environ 1/4 des halophytes du monde sont des

chénopodiacées, 1/10 graminées, 1/20 légumineuses, 1/25 composées (Asteraceae) et plumbaginacées, 1/33 aizoacées et cypéracées, 1/50 tamaricacées et zygophylacées etc (AHARONSON et *al.*, 1969).

Les familles d'halophytes et leurs richesses en genres et espèces sont montrées dans le tableau 3 : Quelques 70% de ces espèces sont pérennes et 30% annuelles ou bisannuelles (Le HOUEROU 1959, 1969, 1986,1993 & le HOUEROU et *al.*, 1975).

Quelques uns sont des arbres (exemple : *Tamarix*), beaucoup sont des arbustes, dont les plus remarquables sont des chamaephytes (*Salsola*, *Salicornia*, *Suaeda* et *Atriplex*). Les pérennes incluent également des hémicryptophytes, en particulier (*Sporobolus*, *Aelurops*, *Puccinellia*, *Ammophila*, *Arenaria* et *Agropyron*).

Les espèces annuelles les plus communes sont les suivantes : *Hordeum murinum*, *Polypogon maritimum*, *Aizoon canariense*, *Frankenia* spp. *Spergularia* spp. ... etc. Pour la plupart ce sont des espèces herbacées.

Tableau 3 : Liste approximative des halophytes méditerranéennes (Le HOUEROU, 1993)

Familles	Genres	Nombre de genres	Nombre	Totales
Plumabaginacees	<i>Lim onium</i>	7	280	301
	<i>Lim oniastrum</i>		5	
	<i>Arm eria</i>		5	
	<i>Acantholim on</i>		4	
	<i>Goniolim on</i>		3	
	<i>Phylliostachys</i>		3	
	<i>Lim onopsis</i>		1	
Cbenopodiacees	<i>Salsola</i>	44	75	257
	<i>Atriplex (incl, Halimione)</i>		50	
	<i>Suaeda</i>		25	
	<i>Bassia (incl. Chenolea)</i>		16	
	<i>Salicornia</i>		11	
	<i>Anabasis (incl. Fredolia)</i>		9	
	<i>Ham m ada</i>		6	
	<i>Clim acoptera</i>		5	
	<i>Com ulaca</i>		4	
	<i>Cam phorosoma</i>		3	
	<i>Halotis</i>		3	
	<i>Halotham nus (incl, Aellenia)</i>		3	
	<i>Sarcocom ia</i>		3	
	<i>Gam anthus</i>		2	
	<i>Halocharis</i>		2	
	<i>Halogeton</i>		2	
	<i>Halopeplis</i>		2	
	<i>Haloxylon</i>		2	
	<i>Kochia</i>		2	
	<i>Petrosim onia</i>		2	
	<i>Polycnem um</i>		2	
	<i>Tragam m</i>		2	
	<i>Arthrocnem um</i>		1	
	<i>Beta</i>		1	
	<i>Cyathobasis</i>		1	
	<i>Cyclocom a</i>		1	
	<i>Girgensohnia</i>		1	
	<i>Halanthium</i>		1	
	<i>Halim ocnem is</i>		1	
	<i>Halocnem um</i>		1	
	<i>Halostachis</i>		1	
	<i>Halotis</i>		1	
	<i>Kalidium</i>		1	
<i>Kraschenintikovia</i>	1			
<i>Maireana</i>	1			
<i>Nucularia</i>	1			
<i>Ophaiston</i>	1			

5. Classification des halophytes :

Selon le mécanisme d'adaptation des halophytes vis-à-vis de la salinité du sol, on distingue quatre groupes distincts: halophytes excrétrices, halophytes succulentes, halophytes cumulatives, halophytes exclusives.

5.1. Halophytes excrétrices (facultatifs) :

Les halophytes excrétrices sont des plantes qui possèdent des glandes spécifiques au niveau des feuilles et des tiges tel que *Tamarix* sp, *Cressa* sp et *Limonium* sp (ZAHRANE, 1995).

5.2. Halophytes succulentes (vraies) :

Les halophytes succulentes sont des plantes qui absorbent une grande quantité de la solution de sol et de l'eau d'où une succulence au niveau des feuilles ou des tiges telles que *Halochnemum*, *Halopeplis*, *Suaeda*, *Salsola*, *Zygophyllum* et *Arthrocnemum* (ZAHRANE, 1995).

5.3. Halophytes cumulatives :

Les halophytes cumulatives dites aussi «inclusives» sont des halophytes sans mécanismes particuliers, la teneur en sels augmente constamment au cours d'une période de végétation jusqu'à une limite létale. La période est toutefois assez longue, pour faire l'objet justement d'un cycle de développement complet, comme exemple *Juncus* spp (ZAHRANE, 1995).

5.4. Halophytes exclusives (type de filtre de racine) :

L'exclusion des sels par les racines est souvent décrite en termes de substitution élémentaire ou choix préférentiel des ions. En outre, certaines halophytes sont connues pour avoir des racines avec une membrane intérieure cireuse qui filtre efficacement les sels tout en permettant à l'eau de passer à travers (ex. *Salicornia* spp) (ZAHRANE, 1995). D'autres espèces non halophytes, trouvées dans la nature sous des conditions à la fois salines et non salines peuvent être absolument tolérantes au sel. Ce sont «les halophytes alternées » telles que : *Medicago sativa* L., *Phoenix* spp et *Gossypium* spp (HOMOLY et al., 1999 cité par BENNABI, 2005)

6. Caractéristiques morphologiques, anatomiques et physiologiques :

6.1. Caractéristiques morphologiques :

La morphologie et la structure des halophytes sont adaptées dans le sens d'économie de l'eau, cela est compréhensible puisque la présence de sels dans la solution du sol ou même dans l'air ambiant (comme les embruns) gêne l'alimentation en eau (HELLER et al., 2004).

Les halophytes présentent pour la plupart, une succulence à leur feuilles, qui deviennent épaisses ou cylindriques (ex : Suaeda) ou à leurs tiges dans le cas d'espèce aphyllées (ex : Salicornia) (LEMEE, 1978). La succulence qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules constituant les tissus des organes aériens, est l'un des caractères les plus connus chez les halophytes (POLJAKOFF -MAYBER, 1975). Les racines sont éventuellement développées en profondeur (pivotantes) dans le but de rechercher de l'eau (LEMEE, 1978).

6.2. Caractéristiques anatomiques

Des modifications anatomiques apparaissent au niveau des différents organes lors d'un stress salin. CUARTERA *et al.*, (1992) montrent que pour des concentrations élevées en sels dans la solution nutritive, la succulence des cellules foliaires augmente, se traduisant par une augmentation de l'épaisseur des feuilles. Cette modification apparaît de façon plus importante chez les espèces les plus tolérantes. Au niveau des racines, il s'observe des modifications du cortex qui, chez les halophytes, est constitué de deux à trois couches de cellules seulement (POLJAKOFF -MAYBER, 1975). Des modifications apparaissent également dans les tiges sous l'effet de la salinité. Par exemple, chez le cotonnier où le cortex de la tige s'épaissit alors que le diamètre des vaisseaux conducteurs diminue (POLJAKOFF -MAYBER, 1975).

D'autres modifications sous l'effet de la salinité, de la forme et de structure des halophytes vont dans le sens d'économie de l'eau : cuticule épaisse, stomates peu nombreux, grand développement du parenchyme aquifère (d'où une succulence en particulier des feuilles) (ROBERT, 1989).

6.3. Caractéristiques écophysologiques :

En réponse au stress salin, la plante doit développer des mécanismes adaptatifs lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne grâce aux électrolytes et aux solutés organiques (DRIOUICH *et al.*, 2001). Les tissus des halophytes présentent une pression osmotique très élevée pouvant dépasser 100 atmosphères, due pour l'essentiel au NaCl (10g/l de NaCl développent une pression osmotique de 7atm) et accessoirement à des acides organiques (DRIOUICH *et al.*, 2001). L'une des principales réponses physiologiques au stress salin consiste en l'ajustement osmotique. Pour que les cellules restent turgescentes, il faut que leur potentiel hydrique interne soit inférieur au potentiel hydrique externe, de façon à maintenir les mouvements d'eau de l'extérieur vers l'intérieur des cellules. Or, l'augmentation de la concentration en sel dans le milieu extérieur entraîne une diminution du potentiel hydrique externe, les cellules devront donc réagir en diminuant leur potentiel interne (HERNANDEZ, 1997).

Les cellules des halophytes, nécessairement très riches en sels pour les raisons précédentes, présentent une grande résistance interne à l'intoxication par le chlorure de sodium. Lorsque les concentrations de sel deviennent très élevées, un barrage (perméabilité sélective) en limite la pénétration; ce barrage peut être forcé, mais le seuil de rupture est beaucoup plus élevé que pour les glycophytes (HELLER et al., 2004). Dans de telles conditions, l'équilibre en eau est perturbé, mais si l'excès de sel ne dure pas trop (élévation de la concentration des sols au cours de la saison sèche) le mécanisme permet de franchir la mauvaise période. Chez certaines plantes comme le Tamarix, il y a même une excrétion de sel par des glandes foliaires spécialisées (HELLER et al., 2004).

Les Chénopodiacées et d'autres familles des végétaux halophiles possèdent un parenchyme aquifère abondant formé de grandes cellules à parois minces, remplies d'un suc vacuolaire, et un parenchyme palissadique qui les protège de la déperdition de l'eau (DEYSSON, 1967). Aussi, les feuilles sont souvent recouvertes de glandes pédicellées à tête formée par une grosse cellule remplie d'eau (suc vacuolaire riche en sel). En période sèche, ces poils fonctionnent comme un réservoir d'eau et quand celui-ci est épuisé, la couche de poils flétrit et forme un revêtement blanchâtre à aspect farineux (DEYSSON, 1967).

7. Mécanismes de résistance à la salinité chez les halophytes :

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et se reproduire dans des conditions de stress salin (FLOWERS et al., 1986). Les plantes peuvent être regroupées en deux catégories principales, sur la base de leurs comportements vis-à-vis aux sels (BRECKLE, 2002) :

- Les halophytes, qui tolèrent des concentrations relativement élevées de salinité;
- Les glycophytes qui ne tolèrent que des concentrations peu élevées en NaCl.

Selon LARCHER (1995), la résistance au sel chez les halophytes se fait soit par régulation ou bien par tolérance

7.1. Régulation

La régulation regroupe les espèces dites halophytes exclusives, espèces qui ont la capacité d'exclure les sels.

- Exclusion du sel s'effectue par des barrières qui constituent un barrage sélectif limitant la pénétration des sels à l'intérieur des cellules;
- Elimination : il y a des plantes qui laissent entrer le sel puis l'évacuent sous différentes formes et manières, soit par excrétion sous forme de liquide ou substances volatiles par

évapotranspiration sous forme de vapeur ou carrément par la chute des organes contenant de grandes quantités de sels (feuilles par exemple);

- Dilution : par succulence, l'eau s'accumule dans les parenchymes lacuneux très développés et dilue les sels (exemple: *Cakile maritime*);
- Compartimentation cellulaire dans le protoplasme et l'accumulation des sels dans des vacuoles. Certaines espèces de Graminées tolérantes au NaCl, comme *Agropyron scirpeum* et *Aegilops searsii* montrent des concentrations très élevées en sel dans les tissus foliaires, associées à une compartimentation efficace dans les vacuoles.

7.2. Tolérance :

Cette tolérance s'explique par l'aptitude du protoplasme à supporter les effets ioniques et les déséquilibres ioniques. Chez ces espèces, les effets cytotoxiques des ions et le déséquilibre ionique sont assurés par des systèmes enzymatiques (dont la proline) et non-enzymatiques de protection et une régulation des rapports ioniques (transport ioniques).

7.3. Adaptations morphologiques :

La succulence, qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules constitutives des tissus des organes aériens, est l'un des caractères les plus communs chez les halophytes. La succulence des cellules foliaires augmente, se traduisant par une augmentation de l'épaisseur des feuilles est l'une des modifications qui apparaissent de façon plus importante chez les plantes les plus tolérantes. Il est noté de plus, la réduction de la surface foliaire comme chez le *Tamarix gallica* L., la présence d'une cuticule épaisse et l'apparition plus précoce de la lignification de quelques organes à la fin de leur cycle de vie (POLJAKOFF-MAYBER, 1975).

7.4. Adaptations anatomiques :

Certaines modifications anatomiques apparaissent au niveau de différents organes lors d'un stress salin. Plusieurs auteurs montrent que pour des concentrations élevées en sel de la solution du sol, la succulence des cellules foliaires augmente, se traduisant par une augmentation de l'épaisseur des feuilles (CUARTERO et *al.*, 1992). Les cellules sensibles présentent une forme plus allongée que les cellules résistantes et une vacuole plus volumineuse.

Certaines plantes ont développé différentes stratégies leur permettant de réguler les concentrations internes en ions. Certaines halophytes possèdent des structures spécialisées, les glandes à sel, situées au niveau des cellules épidermiques des feuilles et des tiges et ayant pour rôle d'excréter le sel lorsque la charge minérale des tissus est excessive (THOMSON,

1975). Les glandes à sel permettent d'excréter des ions tels que Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NO_3^+ , Cl^- , et contribuent ainsi à la tolérance au sel. Elles sont constituées de cellules possédant plusieurs micro-vacuoles. Entre les cellules et la cuticule, il existe un grand compartiment où est collecté le sel avant d'être déversé à la surface des feuilles (THOMSON, 1975)

7.5. Adaptations physiologiques :

7.5.1. Absorption ionique au niveau cellulaire :

Les ions de la solution du sol sont hydratés et sont transportés à travers la bicouche lipidique du plasmalemme grâce à des protéines membranaires (NIU et *al.*, 1995). Les pompes H^+/ATPase situées sur le plasmalemme, par expulsion de protons à l'extérieur de la cellule, créent un potentiel membranaire négatif facilitant l'entrée des cations et rendant obligatoire un transport actif des anions (SERRANO et *al.*, 1996). Quand la concentration en NaCl augmente dans le milieu extérieur, les ions Na^+ pénètrent dans la cellule en suivant le gradient électrochimique créé par les pompes H^+/ATPase . La régulation de leur absorption semble subir l'interaction de celle du K^+ (SERRANO et *al.*, 1996).

L'absorption du K^+ est réalisée grâce à un système symport K^+/H^+ et un canal ionique (NIU et *al.*, 1995). Les ions Cl^- peuvent être absorbés de façon active par un système symport Cl^-/H^+ (NIU et *al.*, 1995) ou de façon passive si l'influx de Na^+ est suffisant pour dépolariser la membrane plasmique (SERRANO et *al.*, 1996; NIU et *al.*, 1995). La principale adaptation des halophytes au stress salin est leur grande capacité d'absorption ionique pour assurer leur ajustement osmotique. Elles accumulent des quantités de Na^+ et Cl^- qui seraient toxiques pour les glycophytes. Ces dernières vont au contraire favoriser l'entrée des ions K^+ par rapport à celle des ions Na^+ par une régulation au niveau des canaux à K^+ . Cette capacité a été décrite comme étant un critère de tolérance au sel (CUARTERO et *al.*, 1992; NIU et *al.*, 1995). Le calcium joue un rôle important dans la réponse à la salinité puisqu'il augmente la sélectivité de K^+ au dépens de Na^+ (CUARTERO et *al.*, 1992). Le calcium externe (Ca^{++}) permet ainsi l'évacuation du Na^+ et aide à maintenir la concentration en K^+ des tissus racinaires des plantes non halophytes, surtout au niveau de la zone de croissance (COLMER et *al.*, 1996). Le calcium pénètre dans la cellule de façon passive par des canaux ioniques (NIU et *al.*, 1995).

7.5.2. Mécanismes de transport ionique :

Chez les halophytes qui accumulent de fortes quantités de sodium aux parties aériennes, des pompes situées à l'interface xylème/syplasma au niveau racinaire permettent l'expulsion du sodium dans le xylème compensé par un chargement de potassium dans les cellules racinaires (exemple: *Plantago maritima* L.) (SERRANO et *al.*, 1996).

Le système inverse existe chez certaines Fabacées, où il se fait au niveau de cellules spécialisées du parenchyme xylémien situées dans la région proximale des racines. Elles réabsorbent le Na^+ xylémien en échange avec du K^+ , ce qui paraît lié à la forte accumulation de K^+ observées dans les parties aériennes chez les espèces sensibles (KRAMER *et al.*, 1978). Chez les plantes sensibles, un autre système situé au niveau du plasmalemme permet de maintenir le sodium à de faibles concentrations dans le cytosol, par le moyen d'une pompe $\text{Na}^+/\text{ATPase}$ qui fait expulser les ions Na^+ à l'extérieur de la cellule (SERRANO *et al.*, 1996).

7.5.3. Compartimentation des ions dans la plante :

Les halophytes doivent toujours accumuler dans leurs cellules une quantité de molécules qui permettront de maintenir le potentiel hydrique à une valeur supérieure au potentiel hydrique du sol (LUTTIGE *et al.*, 1992). Chez les halophytes, plus de 90% des ions Na^+ sont accumulés au niveau des organes aériens dont 80% dans les feuilles (FLOWERS *et al.*, 1977). Chez les glycophytes, au contraire, la réduction du transport du Na^+ vers les parties aériennes contribue à la tolérance au sel (NIU *et al.*, 1995). Cependant, les espèces les plus tolérantes se comportent comme des halophytes en accumulant dans les feuilles du Na^+ et du Cl^- plus que les espèces sensibles, cette accumulation est souvent accompagnée d'une diminution de K^+ (BALLESTEROSE, 1996). Les ions Cl^- peuvent être absorbés de façon active par un système symport Cl^-/H^+ ou de façon passive si l'influx de Na^+ est suffisant pour dépolariiser la membrane plasmique (NIU *et al.*, 1995).

7.5.4. Compartimentation à l'échelle cellulaire :

La compartimentation vacuolaire de Na^+ et Cl^- est considérée comme étant un mécanisme essentiel de la résistance des plantes en milieu salin. Elle permet de réduire la concentration en ions dans le cytosol, épargnant ainsi les activités enzymatiques des effets toxiques des ions et facilitent l'ajustement osmotique essentiel pour l'expansion cellulaire. Cette capacité à séquestrer les ions apparaît être un mécanisme commun chez les halophytes et les glycophytes (CUSHMAN *et al.*, 1990).

La compartimentation vacuolaire dépend de l'établissement d'un gradient électrochimique à travers le tonoplaste. Ce gradient est généré par deux pompes à protons, une H^+/ATPase et une H^+/PPase . Ces deux pompes fonctionnent en parallèle, la première est inhibée par NO_3^- et stimulée par Cl^- et la deuxième est fortement stimulée par K^+ (BALLESTEROSE, 1996).

Le transport de Na^+ dans la vacuole est assuré par le système antiport Na^+/H^+ dont l'activité est augmentée par le stress salin. Le transport de Cl^- s'effectue de façon passive par

des canaux ioniques grâce au gradient électrochimique réalisé par les deux pompes à protons, et éventuellement par un antiport H^+ /anions (NIU et *al.*, 1995).

7.5.5. Pression osmotique :

Les plantes halophytes ont développé plusieurs mécanismes qui leur permettent de survivre en milieu salé (HAOUALA et *al.*, 2006) :

- augmentation de la salinité du cytoplasme pour limiter la pression osmotique ;
- mécanismes spécifiques de flux membranaires afin d'empêcher l'eau de sortir et/ou les sels d'entrer dans la cellule ;
- régulation de la perméabilité de la membrane cellulaire en fonction du niveau de la pression osmotique

Notre zone d'étude se situe dans la commune de Ain Skhouna située au sud de la wilaya de Saida.

1. Situation géographique :

1.1. Wilaya de Saida :

La wilaya de Saida se situe dans l'ouest de l'Algérie, elle occupe une position centrale, la wilaya de Saida est limitée :

- au nord, par la wilaya de Mascara ;
- au sud, par la wilaya d'El Bayadh ;
- à l'ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbès ;
- à l'est, par la wilaya de Tiaret.

La superficie de la wilaya de Saida est d'environ 8796 km² avec une population de 300 mille habitants. Saida se caractérise par une zone montagneuse et steppique dont le sol est constitué en majorité de plateaux, et marquée aussi par le passage de la série montagneuse Atlas Saharien. Elle se caractérise aussi par un climat continental avec un hiver froid et un été chaud (Ministre de Commerce, 2013)

1.2. Commune d'Ain Skhouna :

La commune d'Ain Skhouna (figure : 05) située sur les hautes plaines steppique de la région ouest, à une superficie de 404,04 km² (APC Ain-Skhouna, avril 2008). Elle se trouve à 60 km du chef-lieu de la daïra de hassasna et 80 km du chef-lieu de la wilaya Saida. Elle est limitée :

- Au Nord par la commune de Roggassa (wilaya d'El Bayadh).
- A l'Est et au Nord par la wilaya de Tiaret.
- A l'Ouest et au nord par la commune de Mâamora (wilaya de Saida).

Les coordonnées géographiques de Ain Skhouna sont :

- longitude 34°25-34°30
- latitude 0°45 -0°55
- altitude de 900 mètres

1.3. Consistance et composition territoriale :

Le territoire communal d'Ain Skhouna regroupe les localités suivantes :

- **Agglomération chef-lieu** : Ain Skhouna.
- **Agglomération secondaire** : Zraguet.
- **localités** :

1-Zaouia.

2-Hedahba.

3-Hamiet 1.

4-Hamiet2.

- **lieux dits** :

1-Mechraa El Kleb.

2-Hamiet El Souf.

3-Hamiet El Bagra

4-Lakraa (Z.E.T-Ain Skhouna)

2. Milieu humain :

2. 1. La population :

La population d'Ain Skhouna est passée de 4500 habitants en 1977 à 7272 en 2009, la répartition de la population de la commune est représentée dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Répartition de la population d'Ain Skhouna

Commune	Chef-lieu	Zeraguet	Les nomades	Zones éparses	Total
Nombre habitats	4278	1707	503	784	7272

(A .P.C Ain-Skhouna,2009)

2.2. Activités et population :

La région renferme deux localités, la commune d'Ain Skhouna et le village de Dayet Zraguet. On y trouve quelques activités comme le pastoralisme, l'agriculture et le tourisme, l'activité dominante étant marquée par l'élevage. Le thermalisme, quant à lui, est encore trop peu mis en valeur à l'heure actuelle.

La population est l'une des facteurs les plus intéressants et qui s'intervienne à des changements interspécifiques ou intra spécifiques. Le recensement de la population suite à leurs activités est représenté par le tableau 05.

Tableau 05 : répartition de la population selon l'activité

Commune	Surface	Pop active	Chômeurs	Agriculteurs	Eleveurs
Ain Skhouna	404,40km ²	1372	1728	600	100

(APC Ain-Skhouna, avril 2008)

2.2.1. L'agriculture :

Cette région est caractérisée par la présence du périmètre de Dayet Zraguet qui couvre une superficie de 2850 ha et distant de Ain Skhouna de 17 km, ce périmètre fait profiter les gens de cette zone en productions agricoles. En plus de quelques terrains utiles à l'agriculture répartie çà et là dans la région est qui servent comme sources d'alimentation pour les riverains.

Tableau 06 : répartition de la superficie de la commune d'Ain Skhouna par hectares

Commune	Mise en défens (ha)	Pacage parcourus (ha)	Espace forestier (ha)
Ain Skhouna	6000	3000	7

(APC Ain-Skhouna, avril 2008)

2.2.2. L'élevage :

L'activité principale des gens de la région est l'élevage des ovins cela est dû à l'adaptation du mouton au terrain de pâturage qui sont très maigre et qui renferment une multitude de plantes appréciables par le cheptel. Les régions avoisinantes aux zones humides sont utilisées pour l'alimentation du cheptel alors que les zones humides sont des sources d'eau indispensable pour le bétail. Parmi les animaux nous citons les ovins, les bovins et les camelines.

Tableau 07 : la mise en valeur de l'élevage suite au recensement 2007-2008

Commune	Surface	Ovin	Bovin	camelin	éleveurs
Ain- Skhouna	404.40km ²	6000	1000	700	100

(APC Ain-Skhouna, avril 2008)

Ces chiffres montrent que la présence des ovins est gigantesque par rapport aux autres animaux.

3. Caractères pédologiques :

3.1. Le type de sol :

Les sols d'Ain Skhouna sont semi-désertiques et steppiques à texture légère. Certains sont salins et formés de dépôt d'alluvions calcaires limoneux, argileux, sableux.

Les conditions édaphiques influent directement sur la morphologie, la physiologie, et la distribution des végétations. Les terres de cette région appartiennent aux sols salins avec des couverts de végétations dégradés. Le substratum de cette zone est constitué de croûte calcaire et de limons argileux, marneux et d'argile rouge. Les croûtes sont constituées de 80 à 90 % de calcaire de forte densité (épaisseur 30cm), au-dessous se trouvent les formations calcaires moins denses.

Les sols sableux sont localisées aux bordures du chott (apport éolien) ainsi que les sols de remplissage c'est-à-dire les sols des alluvions (les plus profonds) qui occupent une surface restreinte. Alors que les sols calcaires occupent la plus grande surface et présentent une grande hétérogénéité de profondeurs caractéristiques :

- Sols profond (30 cm)
- Sols moyennement profond (15 à 30 cm)
- Sols peu profond (15 cm)

La texture du sol est limoneuse à sableuse avec 35 à 48 % de limon ou encore sablo-limoneuse avec 17 à 25 % de sable grossier. Dans certaines zones, le sol peut contenir un taux d'argile moyen de 10% et atteint en profondeur 4,5% d'argile. Le pH du sol est basique variant de 7,5 à 8,5 et il est très riche en carbonates qui augmentent en profondeur. Le taux d'humus est faible allant de 0,5 à 1,3 % de matière organique et il peut atteindre 2,5 % sur les dépôts de ruissellements alluvionnaires. (ARFI.F, 2012)

4. caractères topographiques :

4.1. Pentes :

Les différentes classes des pentes de la commune d'Ain Skhouna sont représentées par la carte ci-dessous. On distingue deux classes (0-3% et 3-6%) qui occupent près de 90% de la superficie totale de la région.

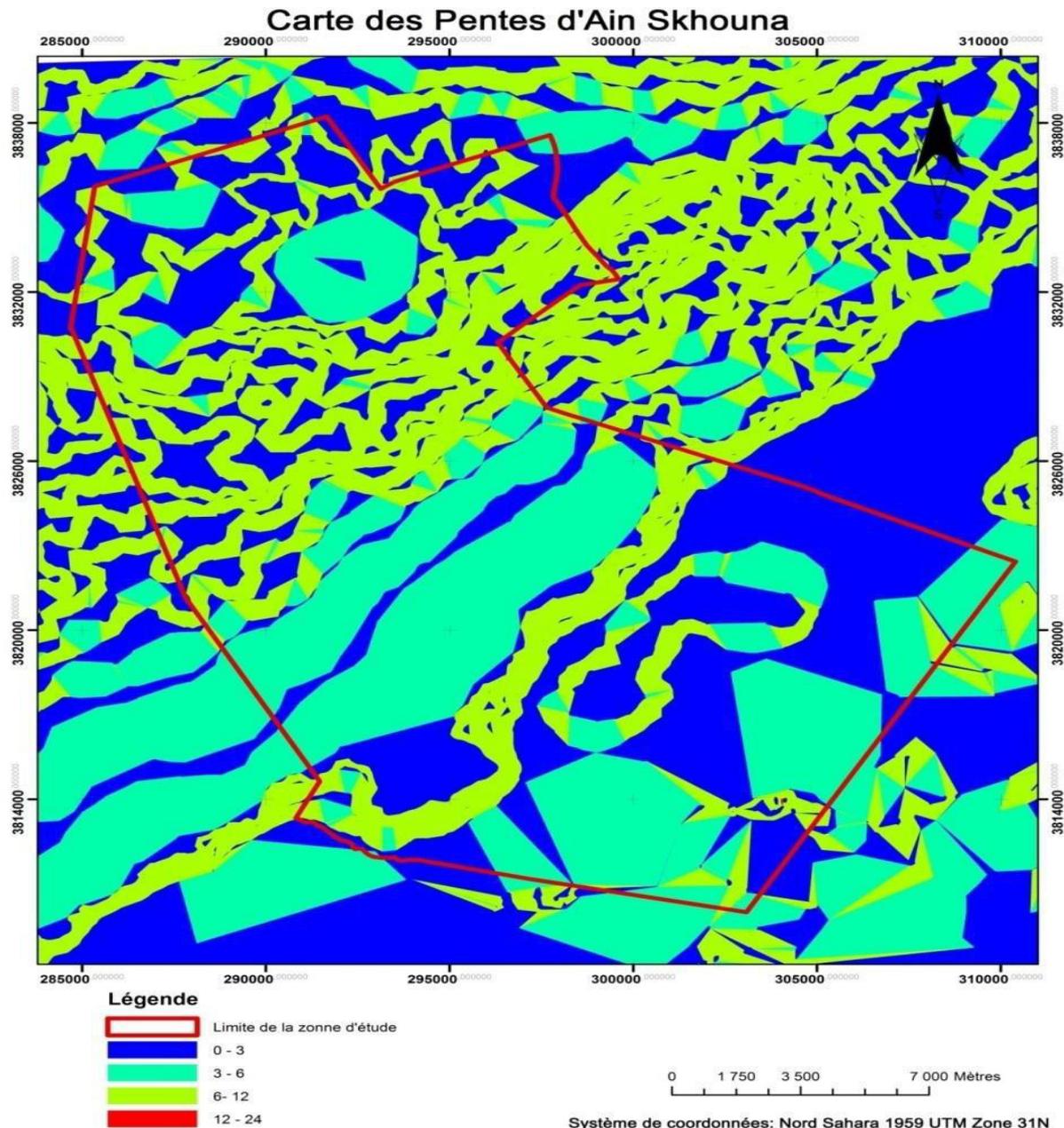


Figure 06 : Carte des pentes de la zone d'étude (MOUSSA. Dj, 2015).

4.2. Exposition :

L'exposition d'un sol en pente modifie fortement le microclimat, et par suite l'humidité, le risque de gel et l'ensoleillement, ainsi secondairement la flore et les rendements agricoles ou sylvicoles. C'est un facteur intéressant également à l'écologie du paysage.

Dans le cas de la commune d'Ain Skhouna les quatre expositions (Nord, Sud, Est, Ouest) sont réparties sur tout le territoire (figure 07). Un versant exposé au Nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus agréables en raison des masses d'air venant de la

mer accompagnée d'humidité qui servent à favoriser la faible évaporation, en revanche le versant exposé au Sud ou au Sud-est peut favoriser une productivité accrue, mais peut aussi être plus vulnérable aux sécheresses grâce à la quantité importante d'ensoleillement avec un sol relativement dégradé où dominent les dolomies des calcaires.

Les facteurs ensoleillement et humidité sont des paramètres responsables et déterminants concernant le type de végétation de la zone d'étude.

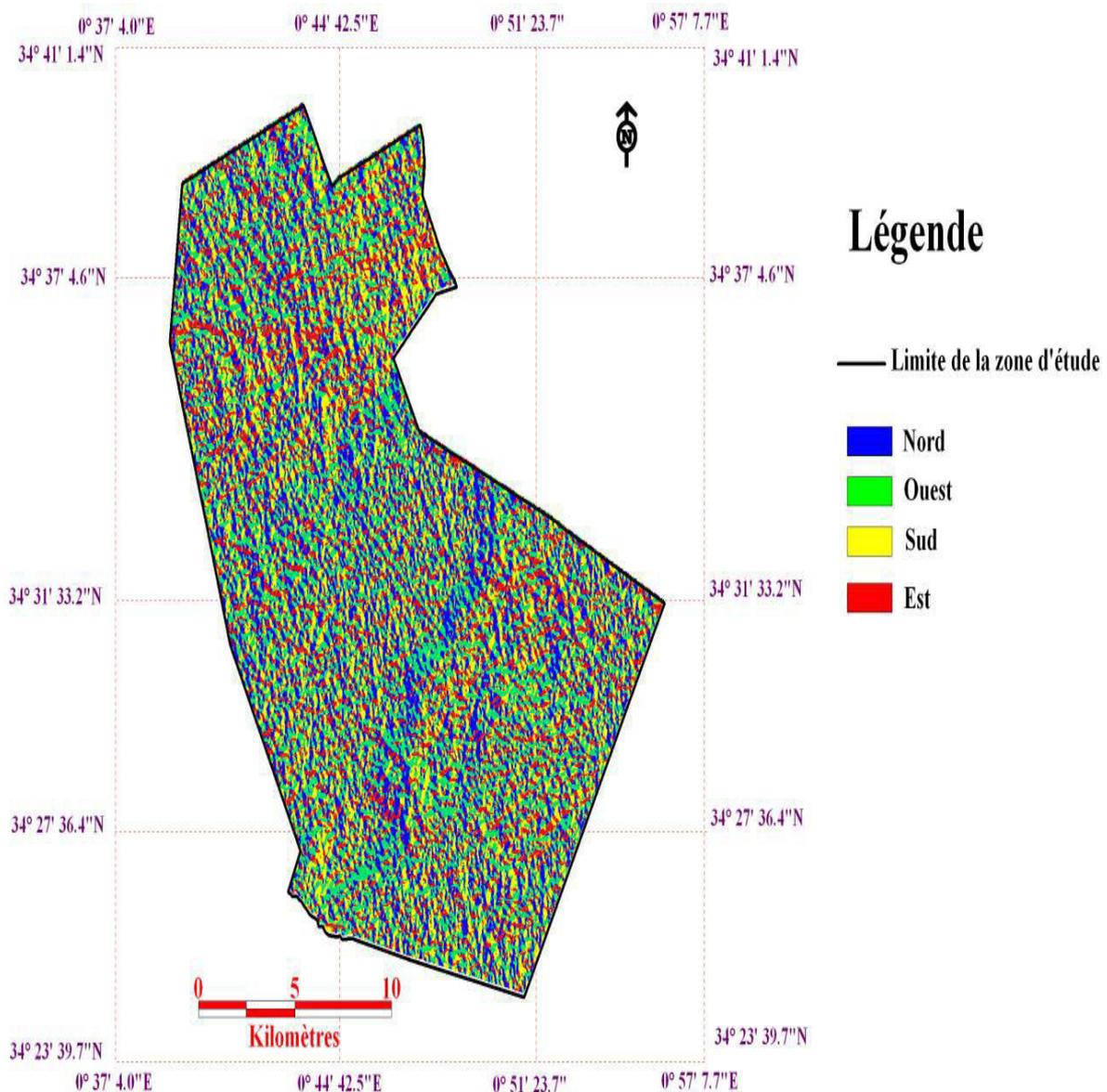


Figure 07: Carte d'exposition de la zone d'étude (LOUKAR K et REBIE H., 2011)

5. Valeur hydrologique :

5.1. Le chott Ech Chergui :

Un bassin très vaste à caractères hydrologique importants. Il joue un rôle dans la maîtrise naturelle des crues en atténuant leurs risques et contribue dans la rétention saisonnière de l'eau pour les zones humides. Il est important aussi dans la conservation en aval de l'eau.

Le chott joue un rôle dans la recharge des nappes aquifères et il fait partie du système hydrologique souterrain et du système de sources qui alimentent de grandes zones humides de surfaces, en plus de ces rôles hydrologique et vu l'emplacement du chott dans l'étage bioclimatique semi-aride, il renferme des zones humides uniques dans la région méditerranéenne à caractères écologiques et biologiques spécifiques.

Le chott Ech Chergui renferme trois nappes importantes :

5.1.1. La nappe du tertiaire continental :

On la trouve soit dans les niveaux détritiques grossiers soit dans les calcaires lacustres et constituent des nappes libres dont le niveau statique varie entre 40 à 70 m. dans la zone d'Ain Skhouna les nappes de tertiaire et du sénonien sont confondues.

5.1.2. La nappe du sénonien :

Elle est confondue avec celle du tertiaire et ayant un niveau piézométrique de 7m. C'est cette nappe qui alimente le périmètre de dayet Zraguet. Cette nappe est captée par six forages d'un débit de 450 l/s chacun.

5.1.3. La nappe du bajobathonien :

Constitue la nappe la plus importante de la région et elle est captée par une trentaine de fourrages d'un débit de 692 l/s. Cette nappe est drainée par une faille d'orientation est-ouest, marquée dans la région par la source d'Ain Skhouna d'un débit de 500 à 900 l/s.

5.2. Oued khrouf :

Selon GAUCHER (1939), l'oued khrouf possède à son origine des eaux de bonne qualité, une étude détaillée de cette rivière révèle la salure progressive des eaux causées par les terrains argileux.

5.3. Les forages :

Il existe plusieurs forages à Ain Skhouna qui de par leur destination sont réparties comme suit :

5.3.1. Forage réserves L'AEP C1 C2 C5 :

Les forages C1, C2, C3 ont été exécuté en 1949 au carottage mécanique d'un diamètre supérieur à 1m, sur une profondeur respectivement de 134 et 120 m . Leur débit atteignent 250 l/s chacun.

5.3.2. Forage piézométriques :

Ce sont des forages réalisés dans le cadre de la recherche scientifique et qui déversent actuellement dans le Chott.

5.3.3. Forage pour l'irrigation:

C6 et C1, respectivement pour l'irrigation des périmètres de Dayet Zraguet et Faid El Rmel. (Figure 08)

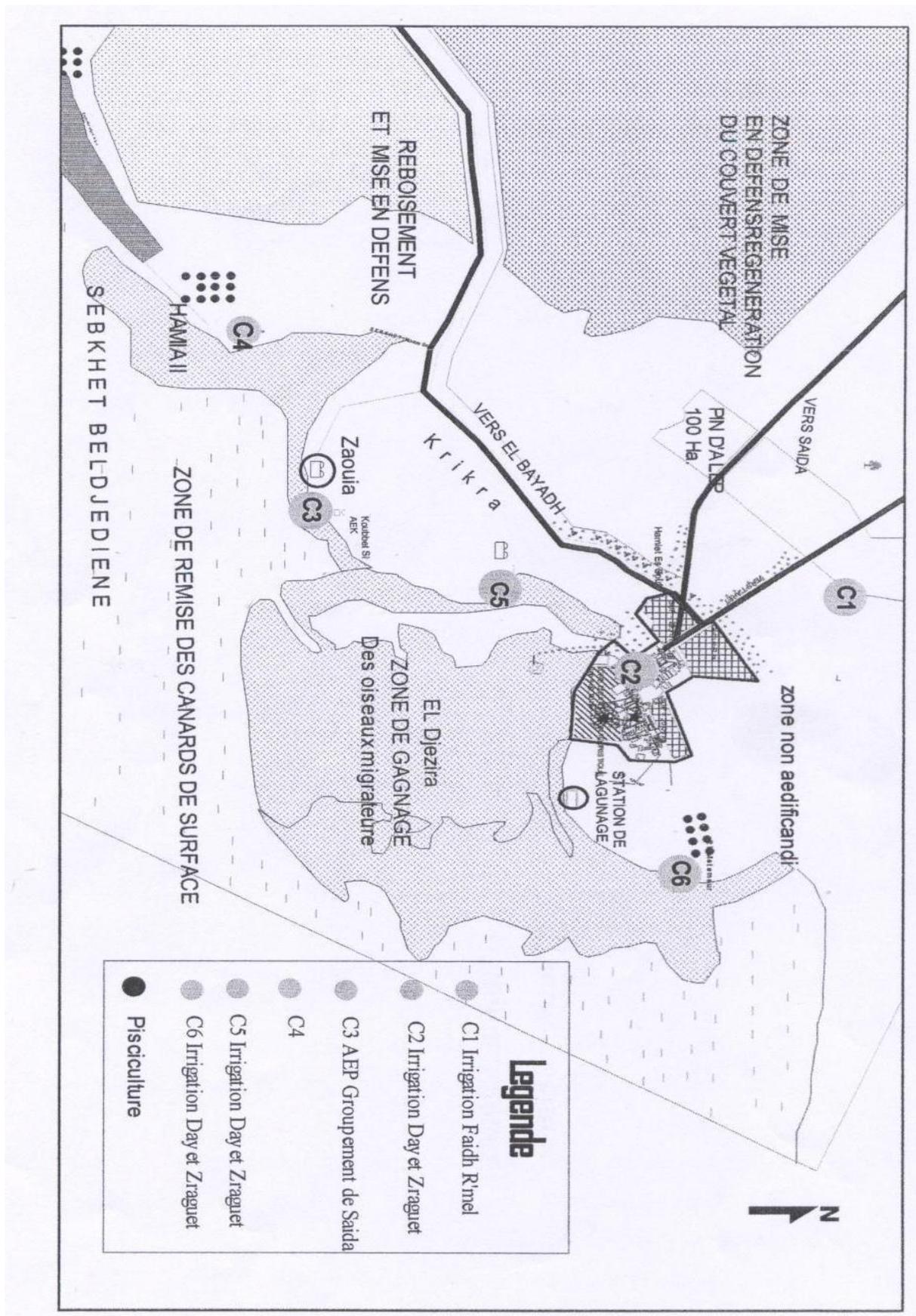


Figure 08: carte de distribution des fourrages (archive de l'INRF d'Ain Skhouna).

6. Les caractéristiques climatiques :

6.1. Les précipitations :

6.1.1. Précipitations moyennes mensuelles :

On appelle précipitation mensuelle, la somme des pluies tombées à une station en l'espace d'un mois, la station d'Ain Skhouna est caractérisée par des précipitations totales de 293,7 mm/an pour la période (1960-1998). Le mois le plus humides est octobre avec 24,29 mm et le mois le plus sec est juillet avec 4,03 mm par an (tableau 08).

Tableau 08 : présentation des précipitations moyennes mensuelles de station d'Ain Skhouna (1960-1998).

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fe	Ma	Avr	Mai	Juin	Jul	Août	Total
P moy	17.14	24.29	17.12	14.32	18.40	12.8	21.8	18.84	19.23	9.87	4.03	6.61	293.7

(Station métrologique d'Ain Skhouna 1999)

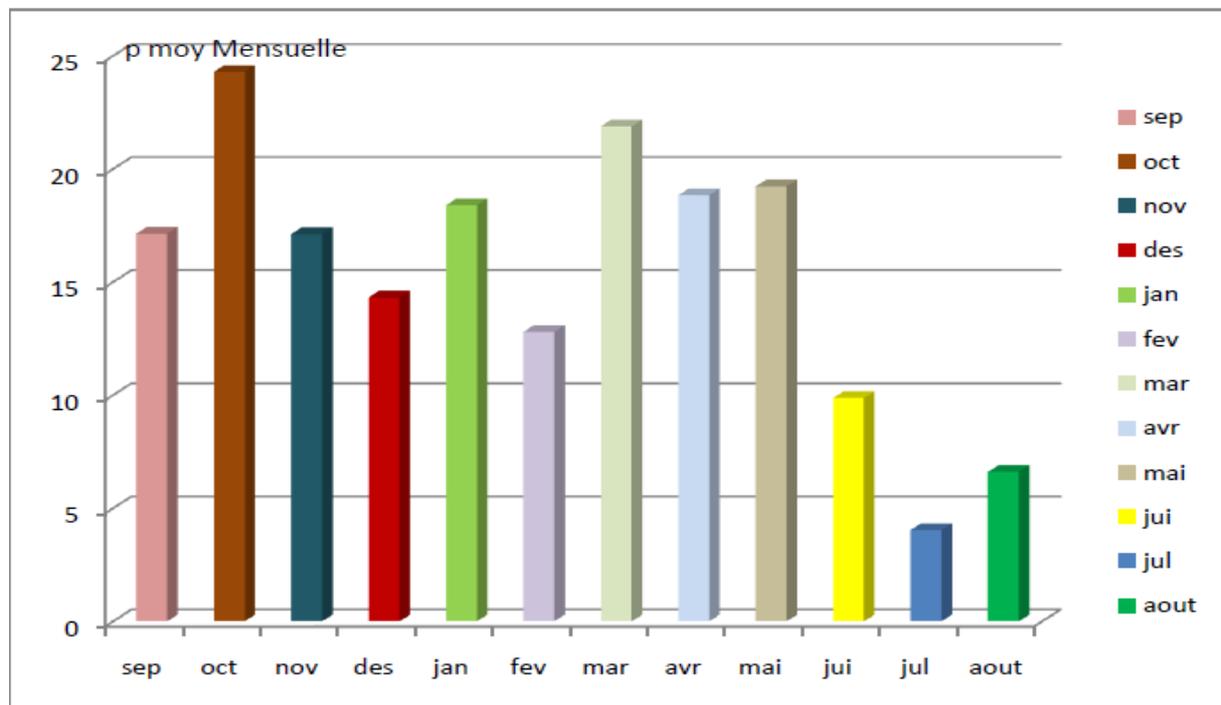


Figure 09: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1960 à 1998 au niveau de la station Ain Skhouna

6.1.2. Précipitations moyennes saisonnières :

Pour une meilleure connaissance de la répartition au cours de l'année, on a essayé d'assembler les données par saison. Le tableau 09 nous permet de faire une comparaison des saisons de l'année, et de connaître le régime saisonnier de la zone étude. A travers ce tableau, on peut constater donc, qu'au niveau de la station Ain- Skhouna, le printemps est la saison pluvieuse par contre l'été est la saison la plus sèche. Alors le régime saisonnier est de type HPAE.

Tableau 09 : Répartition de la précipitation saisonnière

Station	Précipitation saisonnière en (mm)			
	Automne (S.O.N°)	Hiver (D.J.F)	Printemps (M.A.M)	Eté (J.J.A)
Ain Skhouna	60,92	45,81	62,91	21,36
	31.89%	23.93%	32.93%	11.18%

Source : station métrologique d'Ain Skhouna 1999

6.2. Température :

Les températures moyennes ne sont pas toujours identiques dans toutes les années, mais varient considérablement autour de la moyenne annuelle. Ces variations se produisent sous l'influence de la circulation atmosphérique, susceptible de changer d'une année à l'autre. A cet effet, on doit s'intéresser dans l'étude climatique aux températures minimales, maximales et moyennes.

Tableau 10: Températures moyennes, minimales et maximales (en C°) au niveau de la station Ain Skhoua (1960 à 1998).

Station Ain Skhoua												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Tmin	12.5	7.5	3.2	0.5	0.1	1.0	2.3	4.8	9.1	11.9	16.5	16.3
Tmax	30.7	22.8	15.4	11.0	11.2	10.9	17.0	21.9	30.6	32.8	34.0	33.7
Tmoy	21.7	16.0	14.8	5.8	5.7	6.0	5.5	13.3	20.0	24.5	25.1	25.5

Source : station d'Ain Skhoua 1999

On note que la moyenne des minima du mois le plus froid est de l'ordre de 0,1°C (janvier) pour la période d'observation (1960-1998). Juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne des maxima 34°C (tableau 10)

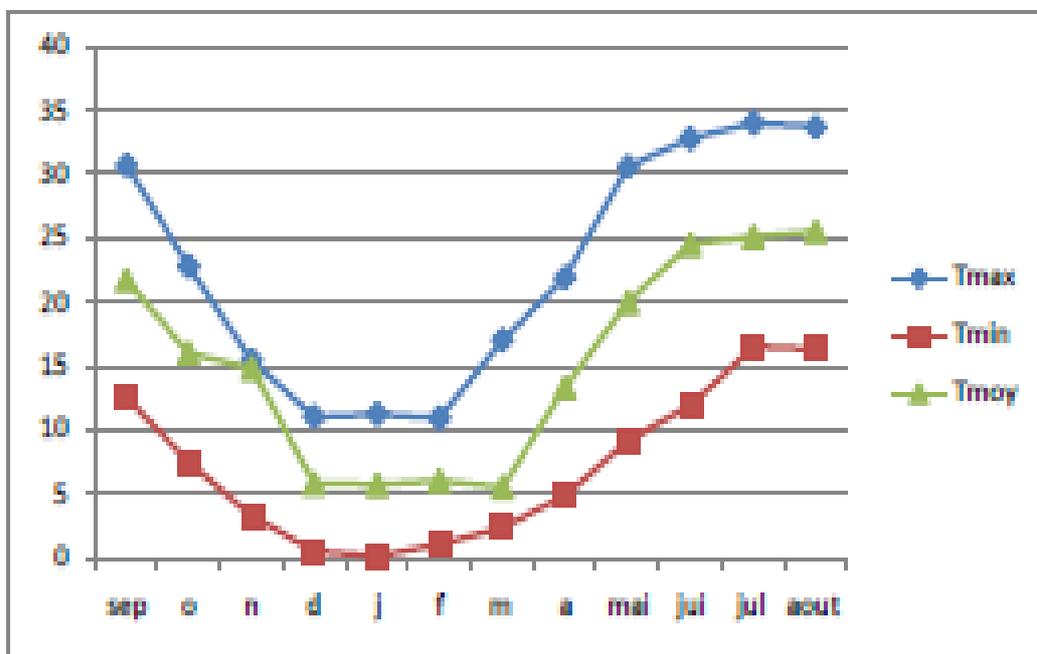


Figure 10: Températures moyennes, minimales et maximales au niveau De la station Ain Skhoua (1960 à 1998).

6.3. Le vent :

D'après les résultats du dépouillement des relevés enregistrés au niveau de la station météorologique d'Ain Skhouna, le régime des vents dans le bassin du Chott Chergui est caractérisé par deux principales directions : Nord-Ouest et Sud- Est. Les vents soufflent particulièrement du mois d'Avril ou mois d'Août. Durant la période d'été c'est le sirocco qui se manifeste, essentiellement, entre juillet et Août, avec une fréquence moyenne de 11 jours/mois. Le parcours moyen de vent est de 9700 km/mois avec des écarts mensuels qui ne dépassent pas les 20 km. Ce parcours important correspond à une vitesse moyenne continue de plus de 3.5 m/s (LOUKARA K et REBEIE H., 2011).

6.4. L'humidité :

L'humidité représente le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Dans le bassin du Chott Chergui, l'humidité dépasse annuellement les 50% (tableau 11)

Tableau 11 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative (en %) durant la période 1960 à 1998)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Ain Skhouna	45	57	67	72	70	67	57	56	52	41	29	33

Source : station d'Ain Skhouna 1960-1998

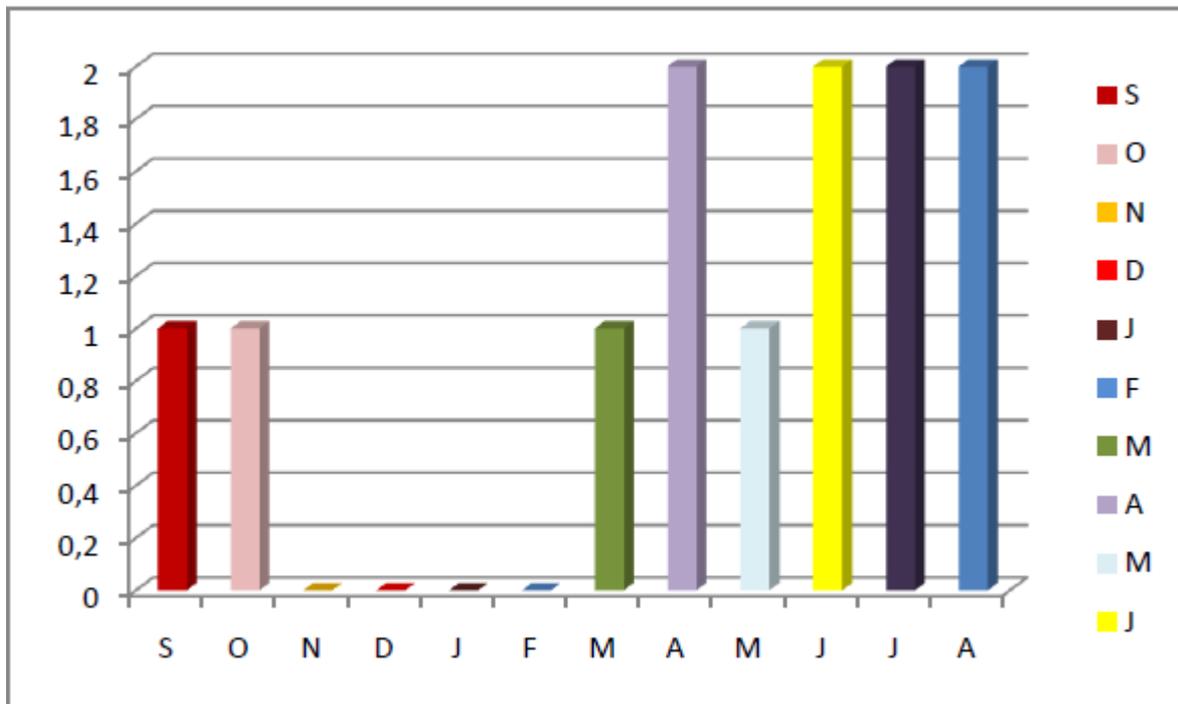


Figure 11 : Histogramme de l'humidité durant la période 1960 à 1998 au niveau de la station Ain Skhouna.

6.5. L'évapotranspiration :

Le tableau 12, résume l'importance de ce phénomène et son étroite relation avec la température, car l'évaporation est plus importante en été et l'air est beaucoup moins humide au printemps, en automne et atteint son minimum en hiver.

Tableau 12: (ETP en mm) durant la période 1960 à 1998

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Totale
ETP (mm)	107.90	41	32.51	02.56	2.45	2.80	9.37	23.83	82.36	122.02	184.42	176.64	787.86

Source : station d'Ain Skhouna 1960-1998

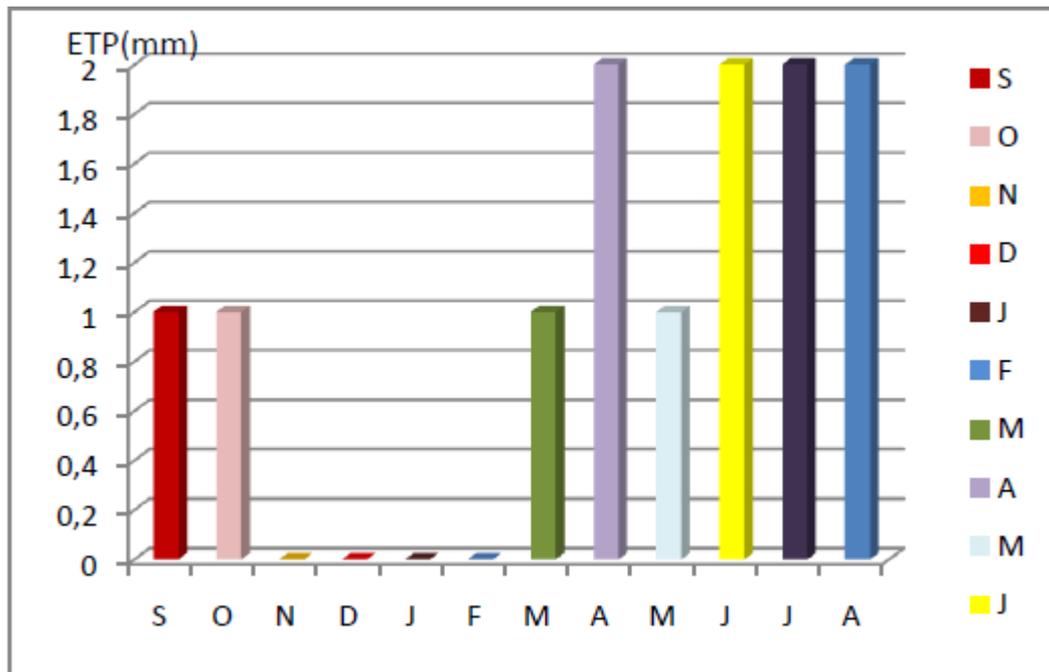


Figure 12 : Histogramme l'évapotranspiration moyenne mensuelle durant la période 1960 à 1998 au niveau de la station Ain Skhoua.

7. Synthèse climatique :

7.1. Etude du Diagramme ombro-thermique :

Bagnouls et Gaussen, ont proposés de déterminer la durée de la saison sèche à l'aide d'une représentation graphique. Celle-ci consiste à tracer sur un diagramme deux courbes dont l'une représente la moyenne des températures mensuelles. L'autre représente la pluviométrie moyenne mensuelle. D'après ces auteurs, un mois est considéré comme sec lorsque la moyenne des pluies est inférieur ou égale au double de la température ($p < 2T$).

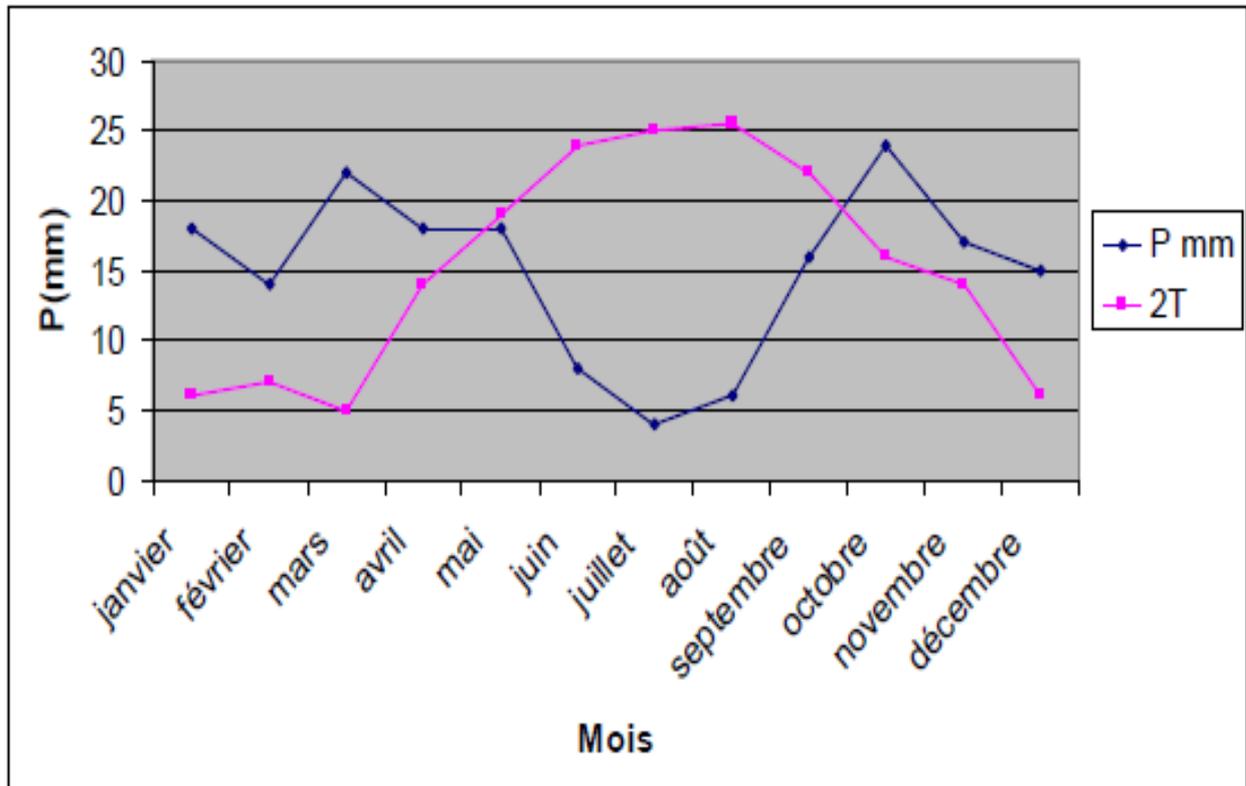


Figure 13: Le diagramme ombro-thermique de Ain Skhouna.

D'après le diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gausson (Figure 13), on remarque que la saison sèche s'étale entre le mi-avril jusqu'à mi-septembre, en comptabilisant 6 mois secs sur tous les 12 mois de l'année concerné.

7.2. Clima-gramme d'EMBERGER :

Le botaniste EMBERGER (1930) a proposé un quotient pluviothermique Q_2 qui permet de situer la station dans l'étage bioclimatique convenable, ou il fait intervenir le totale des précipitations annuelles (P), la moyenne de maxima du mois le plus chauds (M) et la moyenne de minima du mois le plus froid (m).

$$Q_t = \frac{P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)}$$

En Algérie DJBAILI S (1984) a montré que la dernière formulation du quotient pluviométrique (Q_3) peut s'écrire :

$$Q_3 = \frac{3.43 * P}{M - m}$$

Avec :

P : représentant la moyenne des précipitations annuelles (en mm),

M : est la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (en °C)

m : correspond à la moyenne de températures minimales de mois le plus froid (en °C).

Pour notre zone d'étude ce quotient est de : 29,71. La température m du mois le plus froid (Janvier) est de 0,1°C ce qui permet de localiser le climat de notre zone d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Figure 14).

$$\begin{aligned} Q_3 &= \frac{3.43 * 293,7}{34 - 0,1} \\ &= 29,71 \end{aligned}$$

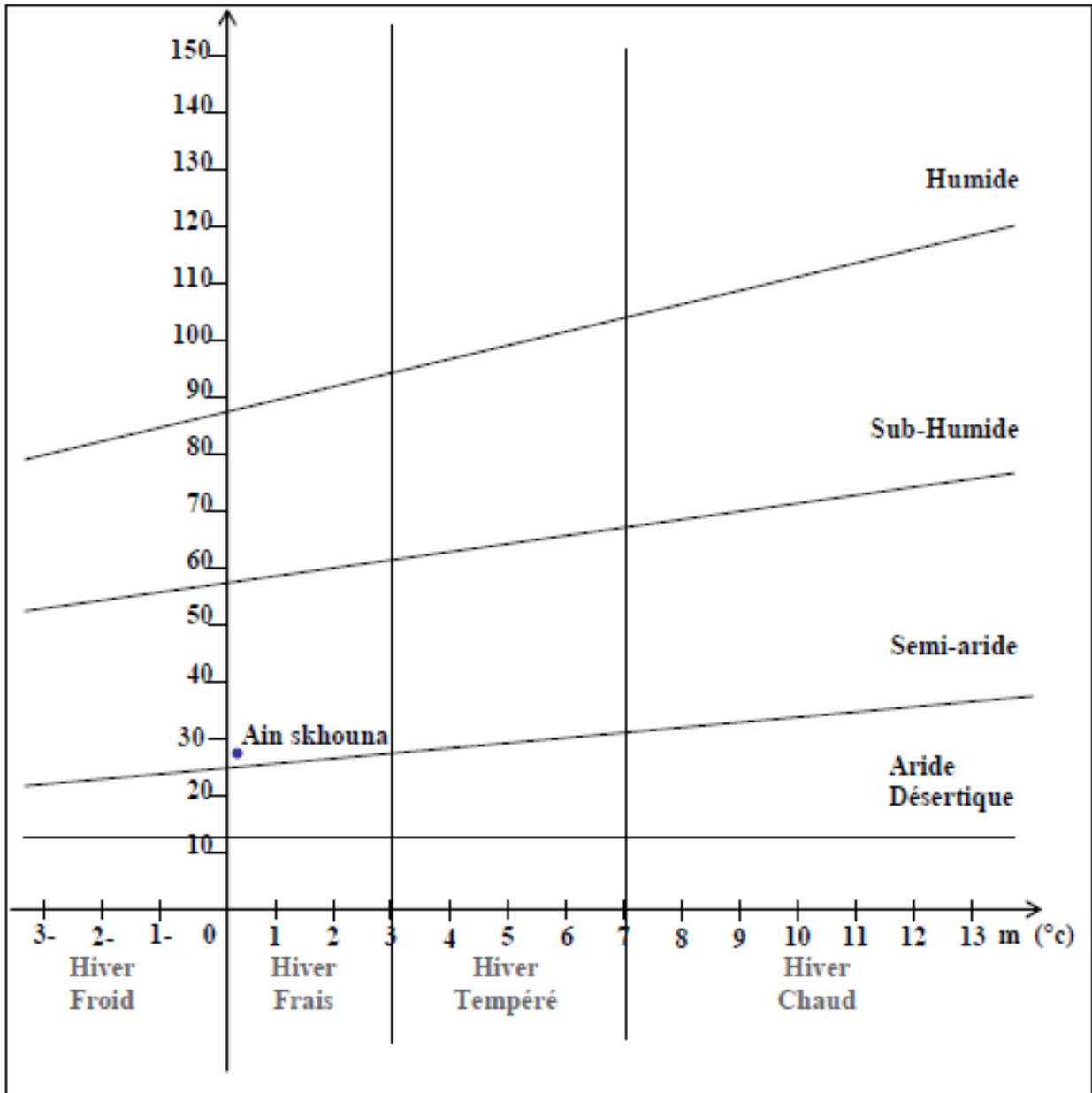


Figure 14: Détermination du type de climat d'après le climagramme d'EMBERGER.

7.3. Indice de Lang :

Pour définir les grands types de climat, Lang a utilisé le rapport $I=P/T$

P : précipitation annuelle en mm

T : température moyenne annuelle en degré Celsius.

Le climat peut être :

c) aride si I est compris entre 10 et 40.

d) Humide si I est compris entre 40 et 160.

e) Très humide si I est supérieur à 160.

L'indice de Ain Skhoua est égale a 17.33 et par conséquent le climat est de type aride.

7.4. Indice de De Martonne :

En 1923, De Martonne a repris la formule de Lang, et a proposé d'ajouter 10 au dénominateur pour éviter d'avoir des nombres négatifs (figure 15).

$$I=P/T+10$$

I : entre 10 à 20 : climat semi-aride

I : plus de 25 climats sub-humides

Dans le cas de notre zone, cet indice est de 11,56 soit un climat semi-aride

$$\begin{aligned} I &= 293.7/15.4+10 \\ &= 11.56 \end{aligned}$$

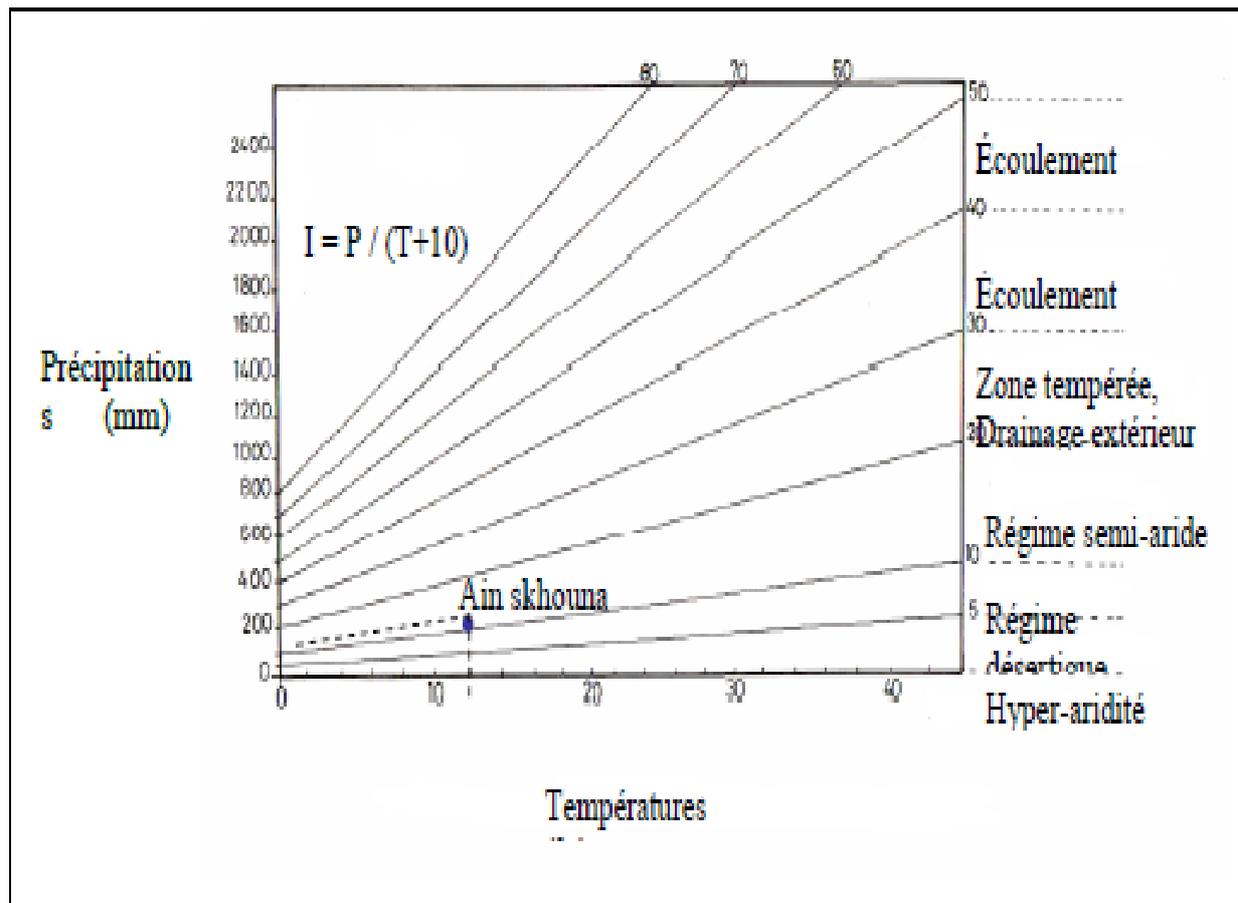


Figure 15: Position d'AinSkhouna sur le diagramme de De Martonne.

Matériels et Méthodes :

I. Matériel utilisé :

Pour les besoins de notre étude, divers matériel a été utilisé :

➤ Sur le terrain

- un ruban-mètre de 10 m de long pour la délimitation des relèves et la détermination de l'état de la surface du sol.
- des piquets et des cordes pour délimiter les relevés
- un GPS pour déterminer les paramètres stationnels (coordonnées, altitude...etc.).
- Papier journal pour conservation des spécimens d'espèces.
- appareil photo pour la prise des photos.

➤ Matériel bureautique

- Microsoft Word
- Microsoft Excel

II. Méthodes d'étude :

La méthodologie adoptée dans ce travail est la suivante :

1. Le choix des stations :

Le choix des stations est une étape importante qui doit être guidée par les objectifs de l'étude. La commune d'Ain Skhouna a été choisie comme zone d'étude car elle est caractérisée par un sol pauvre et salin (chott ech-cheroui) et un climat sec. Ces deux facteurs favorisent d'une manière directe ou indirecte l'installation des plantes halophiles. Dans cette zone, nous avons choisi deux stations de 01 ha chacune au bord du chott qui présentent une composition floristique distincte qualitativement et quantitativement.



Photo 1 : Vue générale de la station 01



Photo 2 : Vue générale de station 02.

2. Choix de type d'échantillonnage :

Six relevés phytoécologiques ont été réalisés dans chaque station selon un échantillonnage aléatoire simple. Ce choix repose sur des considérations pratiques notamment : le nombre limité de stations (deux), la superficie égale des deux stations (01 ha) et le nombre d'espèces réduit particulièrement dans la station 02.

3. La surface des relevés :

BRAUN-BLANQUET (1952) et GOUNOT (1969) mettent l'accent sur l'importance de l'aire minimale dans la réalisation des relevés. Cette dernière joue un rôle de premier ordre, car elle permet la comparaison floristique des relevés (GODRON, 1971). Cette aire minimale varie en fonction du nombre d'espèces annuelles au moment de l'exécution des relevés et par conséquent des aléas des précipitations et des conditions d'exploitation (DJEBAÏLI, 1984).

Pour les besoins de notre étude une aire minimale de 100 m² a été utilisée selon la méthode de DJEBAÏLI (1984). Ce choix permet sans aucun doute de lever toute ambiguïté et de pouvoir comparer les relevés floristiques entre eux. Nos relevés ont été réalisés en période de végétation (Avril, Mai 2018). Chaque relevé porte les indications suivantes :

- Les coordonnées géographiques,
- Localisation,
- Altitude,
- Taux de recouvrement,
- type et profondeur de sol,
- Liste des espèces.

4. Caractères analytiques des relevés :

La répartition spatiale des espèces végétales est homogène. Pour mieux caractériser la structure horizontale de la végétation, donc la méthode de BRAUN-BLANQUET (1952), donne une bonne appréciation sur la végétation. Chaque espèce du relevé est affectée de deux indices traduisant les conditions de son existence dans le relevé :

- Echelle de l'Abondance-Dominance (tableau 13),
- Echelle de la sociabilité (tableau 14).

Tableau 13 : Indice d'Abondance-Dominance.

Indice	Recouvrement, Abondance-Dominance
+	Recouvrement et Abondance très faible
1	Espèce abondante, recouvrement faible
2	Espèce très abondante et recouvrement > 5%
3	Recouvrement de 25% à 50%
4	Recouvrement de 50% à 75%
5	Recouvrement > 75%

Tableau 14: Indice de sociabilité.

Indice	Type
1	Individus isolés
2	Individus en groupes
3	Individus en troupes
4	Individus en colonies
5	Individus en peuplements denses.

5. Etat de la surface du sol :

L'état de la surface du sol est un paramètre très important qui représente un bon indicateur de l'état de la végétation et du sol nul. Il se détermine par la méthode des points-quadrants. Selon DAGAT et POISSONNET (1971), cette méthode consiste à tendre un décimètre à ruban entre deux piquets et de descendre une aiguille métallique verticalement tous les 10 cm le long du ruban, ce qui permet d'obtenir 100 points de lecture. À chaque point de lecture est noté le type de contact « espèce végétale, litière, pellicule glaçage (de battance), éléments grossiers (cailloux), voile éolien (sables), etc. ».

Le recouvrement global de la végétation est calculé de la manière suivante :

$$\text{Rec (\%)} = (b/a) * 100$$

Avec : b = nombre des points où la végétation est présente.

a = nombre total de points échantillonnés (=100).

6. Indices de diversité spécifique :

L'indice de diversité spécifique retenu est celui de Shannon (H') qui est le plus utilisé dans les travaux de recherches :

$$H' = - \sum_{i=1} p_i \cdot \log_2 p_i$$

Où : p_i : Fréquence relative ou contribution spécifique (C_{s_i}) = n_i / N

n_i : effectif de l'espèce i dans l'échantillon.

N: nombre total de toutes les espèces de l'échantillon.

7. Indice d'équitabilité :

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Pielou (E) qui permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces).

$$E = H' / H' \text{ max}$$

Où : H' : indice de Shannon

H' max = log S (S= nombre total d'espèces)

8. Types biologiques :

Le terme type biologique a été conçu par le botaniste danois Raunkiaer pour classer les végétaux en fonction de la morphologie et notamment de la position et de la nature des bourgeons dormants qui subsistent pendant la ou les saisons les moins défavorables à leur croissance. Les types biologiques sont également l'expression écologique du milieu. Aussi, ils sont considérés comme une expérience de la stratégie d'adaptation de la flore et de la végétation aux conditions du milieu (SARI-ALI., 2004). On distingue ainsi cinq types biologiques :

- **Phanérophyte (pha)** : Les feuilles tombent ou non et les zones les plus sensibles (méristèmes) sont protégées par des structures temporaires de résistance : les bourgeons. Arbres ou des arbustes dont les bourgeons se trouvent à plus de 25 à 40 cm au-dessus du sol et qui assurent la protection de leurs bourgeons contre le froid en les entourant dans des enveloppes.
- **Chaméphytes (Ch)** : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons sont à moins de 25 cm du sol.
- **Thérophyte (Thé)** : (plantes annuelles), Ces plantes passent l'hiver à l'état de graine, l'ensemble de la plante meurt. Plantes annuelles qui survivent à l'hiver sous forme de graines. Aucune précision n'est apportée, par exemple, sur la dépense énergétique que consent une plante à la production de graines, certaines en fabriquant des centaines, voire des milliers, d'autres quelques-unes seulement.
- **Géophytes (Gé)** : (Cryptophyte), Ces plantes passent la période froide protégées par le sol, la partie aérienne meurt. Les bourgeons sont souterrains (plantes dont les tiges souterraines sont des rhizomes, des tubercules ou des bulbes).
- **Hémicryptophyte (Hé)** : Stratégie mixte qui combine celle des géophytes et des chaméphytes. Les bourgeons, au ras du sol, sont enfouis dans des rosettes de feuilles (pissenlits, plantains, iris, etc).

Ce chapitre est consacré à la présentation et la discussion des résultats relatifs aux divers paramètres floristiques retenus dans cette étude.

1. Relevés floristiques :

Le tableau 15 regroupe les cortèges floristiques des deux stations échantillonnées et indique le degré d'abondance-dominance et de sociabilité des taxa qui y sont présents. L'examen global des listes floristiques montre la dominance d'une végétation herbacée représentée le plus souvent par des individus isolés ou en petites touffes. D'autre part, nous constatons qu'à l'exception de *Tamarix africana* rencontrée dans la station 02 les formations arborescentes sont pratiquement exclues de ces milieux salés.

Tableau 15: Indice abondance-dominance et sociabilité des espèces dans les deux stations:

	Station 01						Station 02					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<i>Adonis dentata</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Aeluropus littoralis</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	+1	+1
<i>Alyssum latifolium</i>	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Anabasis articulata</i>	--	--	--	4.1	4.1	4.1	--	--	3.1	2.1	2.1	2.1
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Artemisia herba-alba</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Astragalus cruciatus</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Atractylis cancellata</i>	+1	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Atractylis serratuloides</i>	1.1	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Atriplex glauca</i>	+1	+1	+1	--	+1	+1	2.1	+1	--	--	--	--
<i>Atriplex halimus</i>	--	+1	+1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.1	2.1	2.1	1.1	2.1
<i>Atriplex canescens</i>	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Arnebia decumbens</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Bromus rubens</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Erodium triangulare</i>	--	+1	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--
<i>Filago spathulata</i>	--	+1	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Hedynois cretica</i>	--	+1	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Helianthemum apertum</i>	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Herniaria hirsuta</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Hordeum murinum</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--
<i>Iris sisyriuchium</i>	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Juncus maritimus</i>	--	--	--	--	--	--	3.1	3.1	1.1	1.1	1.1	1.1
<i>Koelpinia linearis</i>	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Lappula spinocarpos</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Launaea nudicaulis</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Lygeum spartum</i>	1.1	2.1	+1	--	+1		--	--	--	--	--	--
<i>Malva aegyptiaca</i>	+1	+1	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Medicago minima</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Onopordon acanthium</i>	--	+1	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Peganum harmala</i>	--	+1	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Plantago albicans</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Salvia verbenca</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Schismus barbatus</i>	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Stipa parviflora</i>	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Suaeda fruticosa</i>	2.1	1.1	3.1	+1	+1	+1	3.1	1.1	+1	1.1		1.1
<i>Tamarix africana</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.1	--
<i>Thymellaea microphylla</i>	1.1	+1	+1	1.1	1.1	1.1	+1	--	--	--	--	--

2. Etat de la surface :

L'état de la surface est indiqué par les taux de recouvrement de la végétation et des éléments composants le sol nu : Pellicule de glaçage, Sables, Litière et éléments grossiers (cailloux). Les taux de ces paramètres sont représentés dans la figure 16

D'après cette figure, on remarque que le sable est l'élément majoritaire (60%) du sol nu dans la station 01 (Photos : 03 et 04). Les taux d'éléments grossiers et de litière sont très faibles (3% et 7% respectivement), alors que celui de la pellicule de glaçage est nul. La végétation assure un taux de recouvrement d'environ 30%.

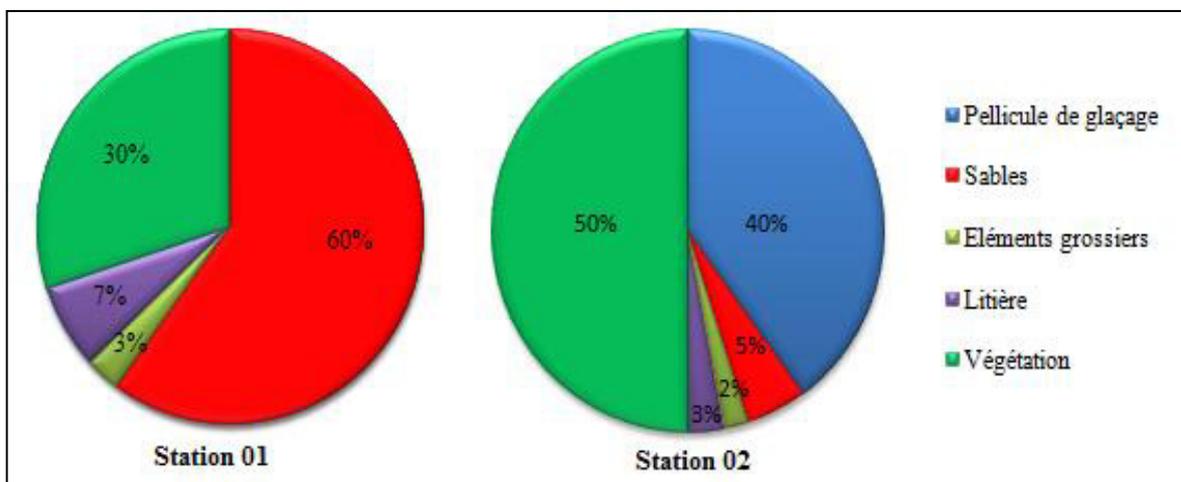


Figure 16 : Etat de la surface des deux stations.



Photo 03 : Etat de surface de la station 01



Photo 04 : Accumulation des sables par la végétation.

Le sol de la station 02 est un sol halomorphe couvert d'une couche de pellicule de glaçage avec des efflorescences salines en raison de la restriction du niveau d'eau (Photos : 05 et 06). Les taux d'éléments grossiers, de litière et de sables sont très faibles (2% ; 3% et 5% respectivement). La couverture du sol par la végétation est de 50%.



Photo 05 : Etat de surface de la station 02



Photo 06 : Efflorescences salines

3. Composition en familles :

La composition en familles des deux stations est donnée par les deux figures 17 et 18. Elles montrent que la station 01 regroupe seize (16) familles représentées par 34 espèces herbacées (Tableau 13). La famille des Asterceae est dominante avec huit (08) espèces, elle représente 23,53% du cortège floristique de cette station. Les familles Poaceae et Chénopodiaceae occupent la deuxième et la troisième place avec six (06) et cinq (05) espèces, soit un taux de l'ordre de 17,64% et 14,70% respectivement. Les familles Fabaceae et Boraginaceae sont représentées par deux (02) espèces, alors que les autres familles sont monospécifiques (Thymelaeaceae ; Géraniaceae ; Cistaceae ; Caryophyllaceae ; Iridaceae ; Malvaceae ; Zygophyllaceae ; Plantaginaceae ; Lamiaceae ; Brassicaceae ; Ranunculaceae).

Dans la station 02, le nombre de familles et d'espèces est très faible. Les neuf (09) espèces recensées représentent quatre (04) familles avec quatre (04) espèces pour la famille dominante des chénopodiaceae (soit 44,44% du nombre total d'espèces), trois (03) espèces pour la famille des Poaceae (soit un taux de 33,33%) et une espèce pour les familles Tamaricaceae et Thymelaeaceae (soit un taux de 11,11%)

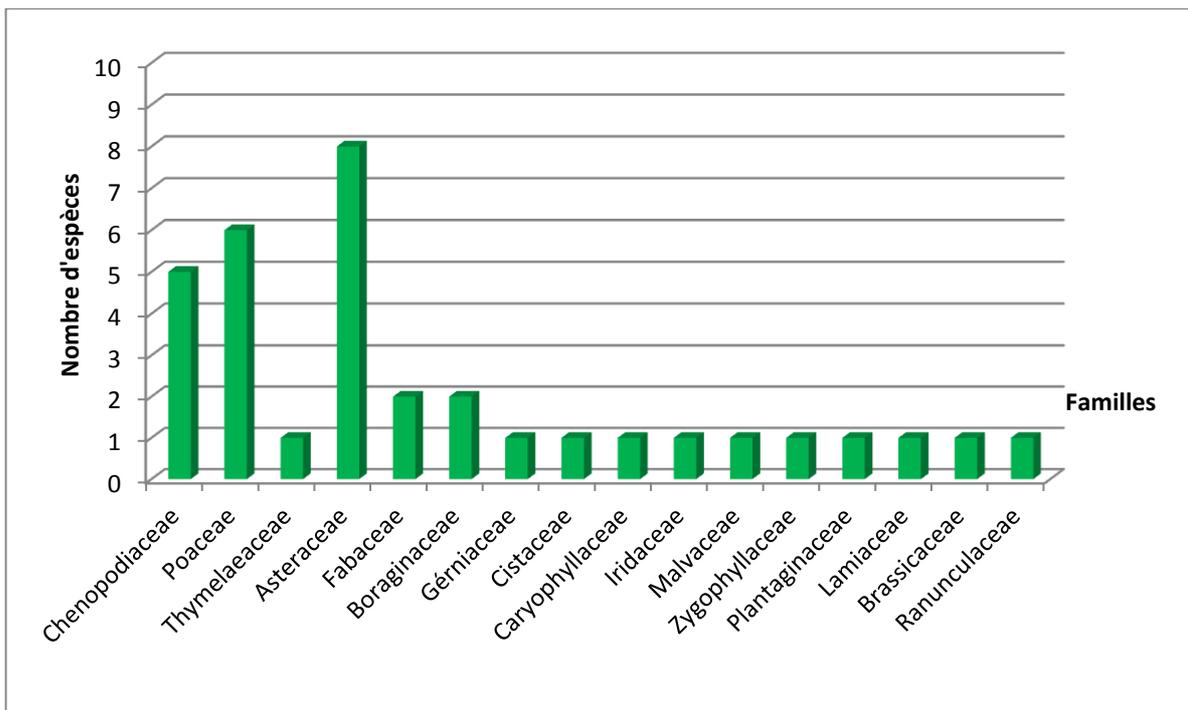


Figure 17: Importance des familles rencontrées dans la station 01.

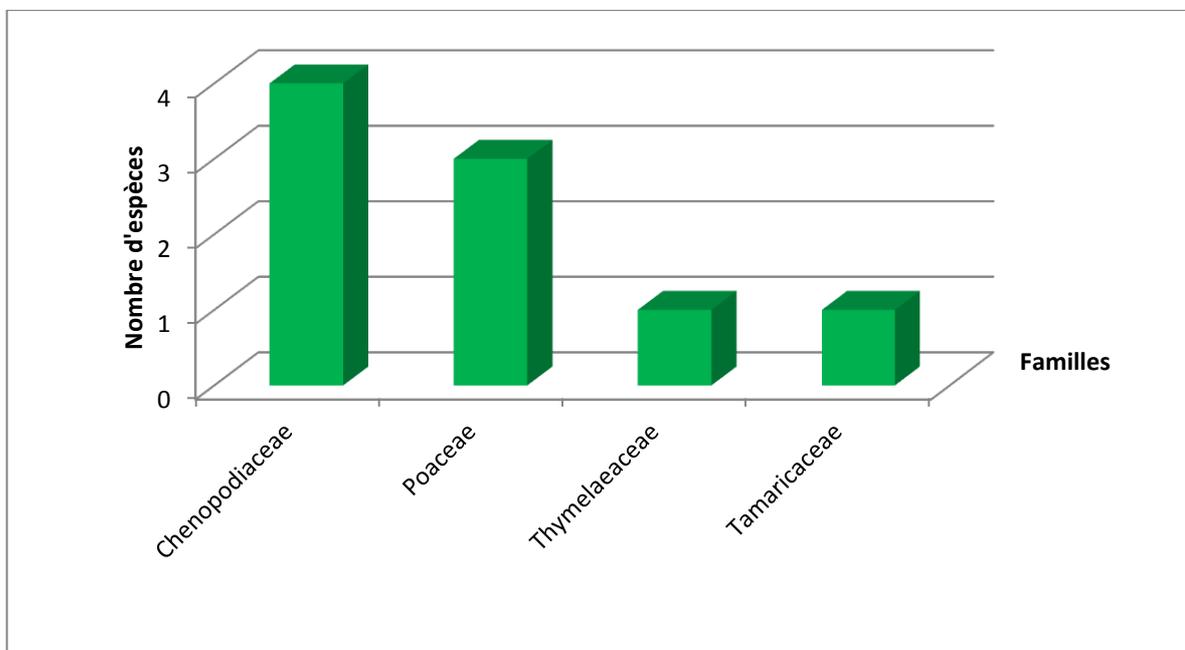


Figure 18: Importance des familles rencontrées dans la station 02.

Tableau 16 : Liste des familles rencontrées dans les deux stations

Familles	Espèces	
	Station 01	Station 02
Chenopodiaceae	<i>Anabasis articulata</i> <i>Atriplex glauca</i> <i>Atriplex halimus</i> <i>Atriplex canescens</i> <i>Suaeda fruticosa</i>	<i>Anabasis articulata</i> <i>Atriplex glauca</i> <i>Atriplex halimus</i> <i>Suaeda fruticosa</i>
Poaceae	<i>Hordeum murinum</i> <i>Bromus rubens</i> <i>Koelipinia linearis</i> <i>Lygeum spartum</i> <i>Schismus barbatus</i> <i>Stipa parviflora</i>	<i>Aeluropus littoralis</i> <i>Juncus maritimus</i> <i>Hordeum murinum</i>
Tamaricaceae	--	<i>Tamarix africana</i>
Thymelaeaceae	<i>Thymellaea microphylla</i>	<i>Thymellaea microphylla</i>
Asteraceae	<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i> <i>Artemisia herba-alba</i> <i>Atractylis cancellata</i> <i>Atractylis serratuloides</i> <i>Filago spathulata</i> <i>Hedypnois cretica</i> <i>Launaea nudicaulis</i> <i>Onopordon acanthium</i>	--
Fabaceae	<i>Astragalus cruciatus</i> <i>Medicago minima</i>	--
Boraginaceae	<i>Arnebia decumbens</i> <i>Lappula spinocarpos</i>	--
Géraniaceae	<i>Erodium triangulare</i>	--
Cistaceae	<i>Helianthemum apertum</i>	--
Caryophyllaceae	<i>Herniaria hirsuta</i>	--
Iridaceae	<i>Iris sisyrynchium</i>	--
Malvaceae	<i>Malva aegyptiaca</i>	--
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i>	--
Plantaginaceae	<i>Plantago albicans</i>	--
Lamiaceae	<i>Salvia verbenca</i>	--
Brassicaceae	<i>Alyssum latifolium</i>	--
Ranunculaceae	<i>Adonis dentata</i>	--

4. Diversité spécifique et équitabilité :

La richesse en espèces et leur répartition sont évaluées par l'indice de diversité de Shannon et l'indice d'équitabilité de Piélou (Tableau 17). Les résultats de ces deux indices montrent une diversité spécifique élevée dans la station 01 par rapport à la station 02 avec des valeurs de l'indice de Shannon égal à 4,15 bits/individu et 2,75 bits/individu respectivement. Les espèces des deux stations sont réparties équitablement tel que l'indique les valeurs élevées de l'indice d'équitabilité (0,81 et 0,86) .

Tableau 17 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité.

	Station 01	Station 02
Indice de diversité de Shannon	4,15	2,75
Indice d'équitabilité	0,81	0,86

5- Les spectres biologiques :

Les spectres biologiques rencontrés dans les deux stations sont illustrés par les deux figures 19 et 20. Selon leur importance, le spectre biologique de la station 01 est de type Th>Ch>He>Ge. Les thérophytes sont dominants et représentent 60% de ce spectre. Les chamaephytes arrivent en seconde position avec un taux de 20,60%, suivis par les hémicryptophytes avec un taux de 17,64% et les géophytes qui enregistrent le plus faible taux 6%.

Le spectre biologique de la station 02 est de types Ch>He>Th=Ph. Les chamaephytes sont les plus représentés en totalisant 55,55% du spectre biologique dans cette station. Le taux des hémicryptophytes est de 22,22% et celui des thérophytes et des phanérophytes est de 11,11%.

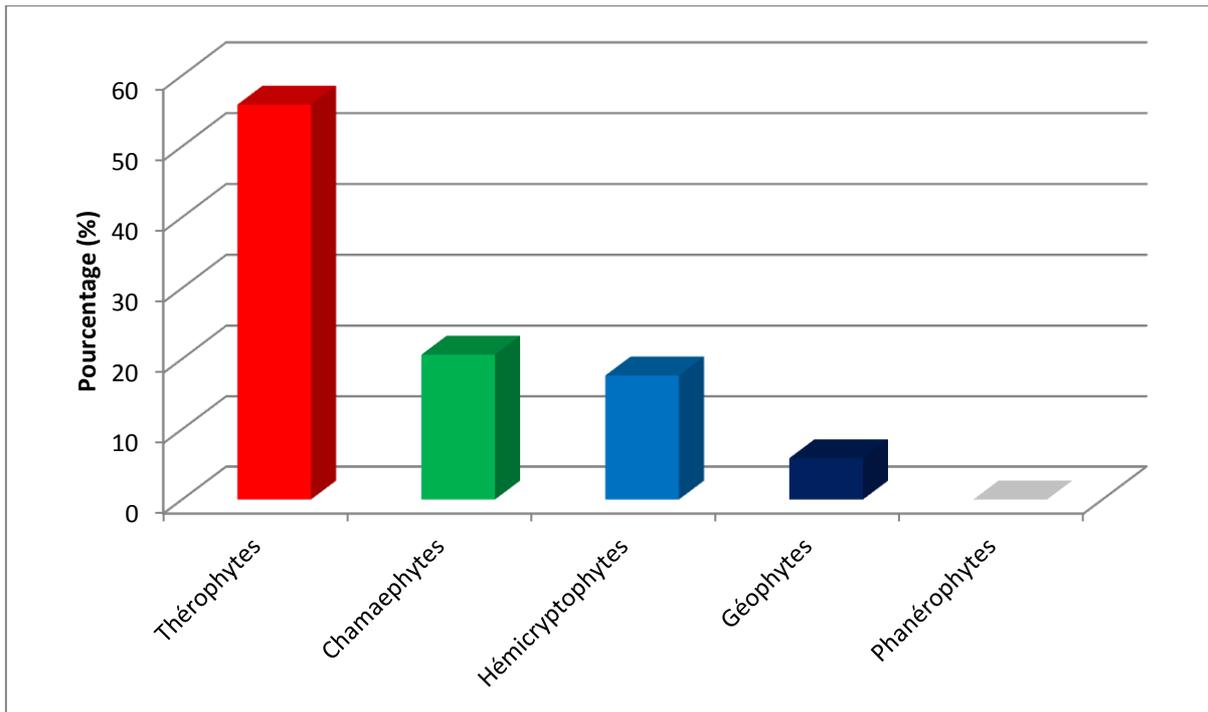


Figure 19: Pourcentage des types biologiques dans la station 01.

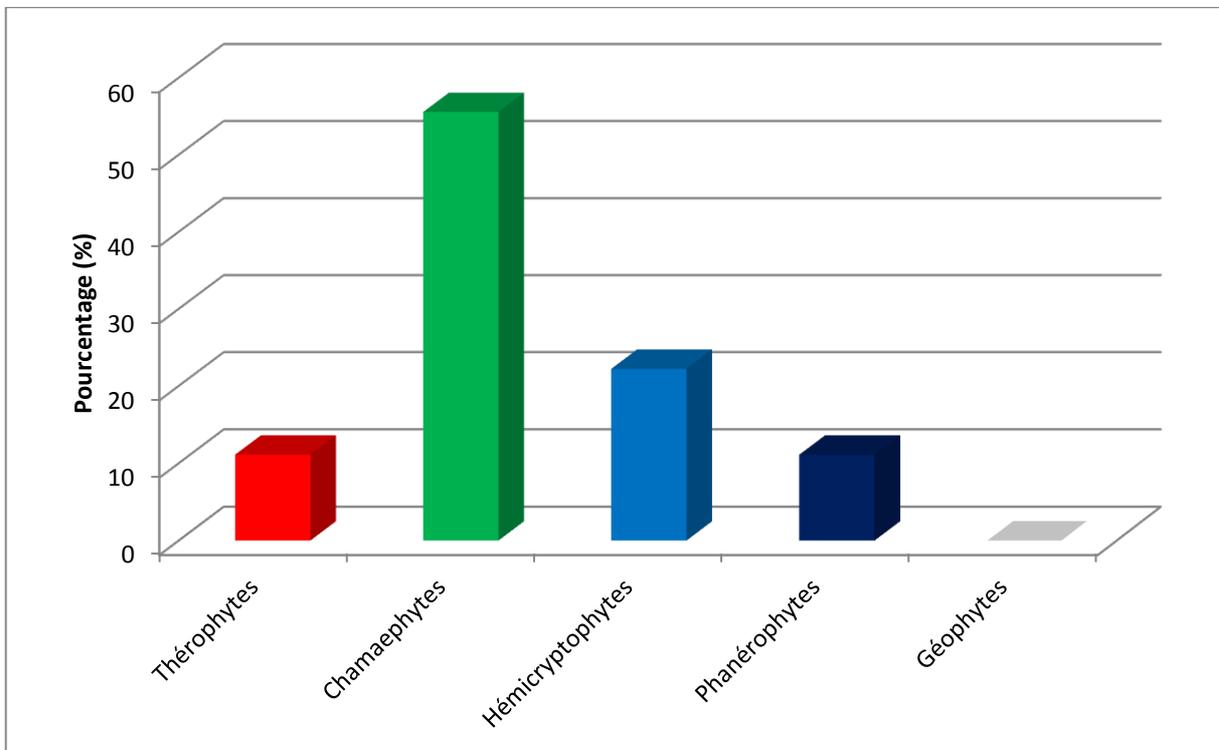


Figure 20: Pourcentage des types biologiques dans la station 02.

6. Discussion :

Les résultats de cette étude indiquent une hétérogénéité de l'état de surface et du couvert végétal entre les deux stations étudiées. En effet, la station 01 se caractérise par un sol sableux (60% de sables) et une végétation recouvrant 30% de la surface du sol. Ce faible recouvrement global est dû au surpâturage dans cette station non protégée et à la péjoration du climat où seules des espèces xérophiles sont capables de survivre : *Atractylis cancellata* ; *Atractylis serratuloides* ; *Lappula spinocarpos*. Cette station abrite très peu d'espèces appréciées par le bétail : *Artemisia herba-alba* ; *Plantago albicans* ; *Astragalus cruciatus* ; *Medicago minima* (NEDJRAOUI., 2004).

La station 02, se caractérise par un sol halomorphe couvert d'une couche de pellicule de glaçage importante (40%) avec des efflorescences salines en raison de la restriction du niveau d'eau. La végétation recouvre 50% de la surface du sol de cette station. Ce taux important est assuré par des espèces xéro-halophyiles mieux adaptées aux conditions extrêmes de cette zone marginale notamment la salinité élevée du sol et l'aridité du climat (*Anabasis articulata* ; *Atriplex halimus* ; *Atriplex glauca* ; *Juncus maritimus* ; *Aeluropus littoralis*).

En outre, l'analyse des listes d'espèces recensées dans les deux stations montre que le cortège floristique de la station 01 est composé de 34 espèces représentant 16 familles systématiques dans les plus importantes sont : Asteraceae (23,53%) ; Poaceae (17,64%) et Chenopodiaceae (14,70%). Cependant, la station 02 abrite 09 espèces appartenant à 04 familles systématiques : Chenopodiaceae (44,44%), Poaceae (33,33%), Tamaricaceae (11,11%) et Thymelaeaceae (11,11%). Les Asteraceae et les Poaceae rencontrés dans la station 01 regroupent plusieurs espèces xérophiles indicatrices de la dégradation de cette station sous l'effet de l'aridité et à la forte pression anthropozoogène : *Peganum harmala* ; *Onopordon acanthium* ; *Lappula spinocarpos* ; *Filago spathulata* ; *Arnebia decumbens* ; *Iris sisyrinchium* (BOUAZZA et BENABADJI, 1998). En outre, la forte concentration en sels du sol de la station 02 est à l'origine du grand nombre d'halophytes Chenopodiaceae et Poaceae rencontrés : *Anabasis articulata* ; *Suaeda fruticosa* ; *Atriplex halimus* ; *Atriplex glauca* ; *Juncus maritimus* ; *Aeluropus littoralis* (NDJIMI et al., 2012).

D'autre part, la station 01 présente une grande richesse spécifique (indice de Shannon = 4,15 bits/individu) par rapport à la station 02 (indice de Shannon = 2,75 bis/individu). Cette richesse spécifique élevée est relative au taux important de sables accumulés dans la station 01 qui réduit le degré de salinité et augmente l'humidité du sol (self mulching) (HENNI et MEHDADI, 2012), ce qui favorise l'installation de certaines espèces en particulier les psammophytes : *Thymellaea microphylla* ; *Lygeum spartum* (DJEBAÏLI, 1978 ; ACHERKOUK et al., 2011). La répartition des espèces dans les deux stations est équitable (Equitabilité >0,80).

L'étude des spectres biologiques montre la dominance des thérophytes (60%) dans la station 01 suivie par les chamaephytes (20,60%), les hémicryptophytes (17,64%) et géophytes (6%). Selon de nombreux auteurs (SAUVAGE, 1961 ; GAUSSEN, 1963 ; NEGRE, 1966; DAGET, 1980; BARBERO et al., 1990), la dominance des thérophytes représente une forme de résistance à la sécheresse et la dégradation anthropozoogène. D'après KADI-HANIF (2003), le pourcentage des phanérophytes, des hémicryptophytes et des géophytes diminue avec l'aridité et l'ouverture du milieu, tandis que ceux des thérophytes et des chamaephytes augmentent.

Dans la station 02, les chamaephytes halophiles sont dominants (55,55%) car ils sont les mieux adaptés à la salinité du sol et l'aridité du climat. Ces conditions extrêmes sont tolérables par certaines hémicryptophytes (22,22%) et très peu de thérophytes (11,11%). Les phanérophytes sont représentés par une seule espèce : *Tamarix africana*.

Conclusion :

Ce travail a été réalisé dans le but d'étudier la phytodiversité des halophytes du chott ech-cherGUI. Les relevés phytoécologiques réalisés dans deux stations aux bords du chott (sud de la commune de Ain Skhouna) ont permis de recenser 37 espèces représentant 33 genres et 17 familles. Un grand nombre de ces espèces présentent des adaptations à l'aridité du climat et la pression anthropozoogène qui caractérisent cette zone, ce qui explique la dominance des thérophytes et des chamaephytes au détriment des autres spectres biologiques. Toutefois, l'adaptation à la salinité du sol représente un élément crucial à la survie des espèces occupant ces milieux marginaux. La comparaison des résultats floristiques obtenus dans les deux stations étudiées révèle que la végétation halophile du Chott-Ech-Chergui et la diversité y afférant varient en fonction du niveau d'ensablement et de la salinité qui augmente à mesure que l'on se dirige vers le centre du Chott (ADI et al., 2016). En effet, le sable accumulée par les touffes (*Lygum spartum* ; *Atriplex halimus* ; *suaeda fruticosa*) dans la station 01 forme une couche moins salée et plus favorable à l'installation d'espèces annuelles et la diversification du couvert végétal, contrairement à la station 02 (plus proche au centre du chott) où la teneur élevée du sol en sels réduit fortement la richesse floristique à très peu d'espèces halophiles (*anabasis ariculata* ; *Suaeda fruticosa* ; *Atriplex glauca* ; *Juncus maritimus* ; *Tamarix africana*).

Au terme de cette étude, nous suggérons la mise en place de moyens de gestion adaptés pour la protection et la mise en valeur de cette végétation halophile connus pour ces multiples vertus et intérêts (NEDJIMI, et al. 2012) : économique (Alimentation humaine, biomasse fourragère, bois de chauffage), environnemental : (protection du sol, séquestration du CO₂), médicinal (huiles essentielles).

Références bibliographiques:

- ✚ **ABAD., 1995**-Variational methods to calculate the hydrostatic structure of rotating planets, VOL 122, 953-960p.
- ✚ **ABABI Z et MDERBAL K.,2016**- Intégration des données multi-sources dans un système d'information géographique pour l'étude de la diversité floristique au niveau de la zone humide du chott ech chergui , Saida –Journal of Bioresources valorization . vol 1(1),16-22p.
- ✚ **ABDELGUERFI A., Laouar M., 1997**-La privatisation du foncier: impact sur l'environnement et sur les ressources génétiques en Algérie. Options Médit., 32: 203-207.
- ✚ **ACHERKOUK M., 2011**- Communautés végétales et faciès pastoraux dans la zone de Taourirt-Tafoughalt du Maroc oriental :Ecologie et inventaire floristique. Acta Botanica malacitana ,Vol 36 :125-136 p.
- ✚ **ADI.,2016**- Diversité biologique et phytogéographique pour des niveaux différents de salinité dans la région du Chott-Echergui (Sud-Ouest de l'Algérie),Revue d'Ecologie (Terre et Vie), Vol. 71 (4), 2016 : 342-355 p.
- ✚ **AHARONSOM. 1969**-Hypoglycaemic effect of the salt bush (*Atriplex halimus*) - a feeding source of the Sand Rat (*Psammomys obesus*), Article in *Diabetologia* 5(6):379-83p.
- ✚ **ANAT (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire) 2004.**- Carte bioclimatique de l'Algérie
- ✚ **AIDOU A.,1983**-Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud- Oranais :Phytomasse, productivité et applications pastorales. Thèse Doct. 3ème Cycle. USTHB.Alger. 254 p + ann.
- ✚ **AIDOU A., 1989.**- Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse doct. USTHB, Alger, 240p.
- ✚ **AIDOU A., 1993.**- Les changements climatiques dans les espaces steppiques. Causes et implication pastorale. Act. Coll. Stratégie de mise en oeuvre du développement pastoral.Ifrane, Maroc, 9-14.

- ✚ **ARFI F., 2012.**-Contribution à étude ethnobotanique et la valorisation biologique des espèces végétale steppique cas de la région d'Ain Skhouna wilaya Saida. Mémoire de master. Tlemcen. Université d'Abou Bakr Belkaid. Tlemcen, 2012, p18.
- ✚ **Aubert G., (1975)**-Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annal de l'I.N.A. El harrach (Alger), Vol- VI- N° 1.

- ✚ **BALLESTEROS E., DELGADO O., RODRIGUEZ-PRIETO C. et GACIA E., 1996**- Lack of severe nutrient limitation in *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh, an introduced seaweed spreading over the oligotrophic northwestern Mediterranean. *Botanica Marina* 39: 61 -67.
- ✚ **BARBERO, M., Quezel, P., Loisel, R., (1990)**-Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne*, 12, 194-215.
- ✚ **BENSOUIAH R., 2006**-Vue d'ensemble de la steppe algérienne. Doc en ligne: (<http://desertification.voila.net/steppealgerienne.htm>).
- ✚ **BOUKHARI Y., 2015**- Etude de l'impact des pratiques culturelles sur l'évolution des sols des écosystèmes steppiques de l'Algérie.Unv Mustapha Stambouli de Mascara,178P.
- ✚ **BRAUN-BLANQUEJ; ROUSSINE N; NEGRE R., 1952:** Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. Dir. Carte Group. Vég. Afr. Nord, CNRS, 292p.
- ✚ **BRECKLE S. W., 2002**- Salinity, halophytes and salt affected natural ecosystems. In: Läubli A, Lüttge U, eds. Salinity: environment–plants–molecules. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers : 53–77.
- ✚ **CHAPMAN V. J., 1974**- Salt Marshes and Salt Deserts of the World. Ed. 2nd, supplemented reprint. Lehre: J. Cramer, 392 p.
- ✚ **CUARTERO J. R., PEREZ-SEMPERE J. I., GOMEZ V., OTAL J., 1992** - El empleo de la grasa by-pass en la alimentación de la oveja Manchega durante el ordeño. Investigación Agraria en Castilla-La Mancha, Area de Producción Animal nº4, 13 p.
- ✚ **CUSHMAN J. C., MICHALOWSKI C. B. and BONHERT H. J., 1990**- Developmental control of crassulacean acid metabolism inducibility by salt stress in the common ice plant. *Plant Physiol.*, 94 : 1137-1142.
- ✚ **DAJOZ R., 1982**- Précis d'écologie. Ed. Gauthier -Villars, Paris, 503 p.

- ✚ **DE FOUCAULT B., 1997-** Approche systémique de la végétation aquatique in TEISSIER -ENSMINGER A. et SAJALOLI B. (1997) « Radioscopie des mares ». Ed. L'Harmattan, 288 p.
- ✚ **DEYSSON G., 1967-** Physiologie et biologie des plantes vasculaires. Tome III, Ed. SEES, Paris, 335 p.
- ✚ **DJEBAILI . S ,(1984)** Steppe Algérienne phytosociologie et écologie O,P,U,Alger 177P
- ✚ **DJEBAILI S., (1978)** - Recherches phytosociologiques et phytoécologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doctorat., Montpellier, 229p.
- ✚ **DGF. 2007.** L'expérience algérienne dans la lutte contre la désertification. Comm. Atelier International du Parlement Panafricain sur « La Lutte Contre la Désertification », Alger du 02 au 04 Avril 2007.
- ✚ **DOGAR A.M., (1980):** Méthode d'analyse chimique des sols salés alcalin. Polycopie, I.N.A. ELHARRACH, Alger, 35 p.
- ✚ **DRIOUICH A., OUHSSINE M., OUASSOU A., BENGUEDDOUR R., 2001-** Effet du NaCl sur l'activité du phosphénol pyruvate carbosylase (PEPC) foliaire et son rôle sur la synthèse du malate et de la proline chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Science Letters, Vol. 3, No. 3: 1 -7.
- ✚ **DURAND J. H., 1958-** Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190 p.
- ✚ **EMBERGER L., 1930-** La végétation de la région de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Gen. Bot. vol. 42 : 641-662 et 705-721.
- ✚ **FAO., (1992)** - Le rôle de forestière dans la lutte contre la désertification. pp124-126
- ✚ **FLOWERS, T. J., HAJIBAGHERI M. A. and CLIPSON A. R. W., 1986-** Halophytes. The Quarterly Review of Biology, Vol. 61, N°. 3 : 313-337.
- ✚ **FLOWERS, T. J., P. F. TROKE, and YEO A. R., 1977-** The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annu. Rev. Plant Physiol., 28: 89 -121.
- ✚ **GAUCHER G et BURDIN S., 1974-** Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Presses Universitaires de France, Imp. Boudin, Paris, 234 p .
- ✚ **GIRAR M.C. et al, 2005-** Sol et environnement, cours, exercice et étude de cas. Edit. Dunod. Paris 101p.

- ✚ **GODRON., 1971** : comparaison d'une courbe aire- espece et de son modèle. Oecol-Plant 6. 189 -196 the use of point quadrat for the analysis of végétation. Australien J .Sci. Res .Serv. B.5, 1-4.
- ✚ **GUENDOUZI L., 2014-** Contribution à l'étude de la phytomasse aérienne d'écosystèmes steppique de la commune de Maâmora (Saida), Unv Dr. Tahar MOULAY – Saïda 92p.
- ✚ **HALITIM .A , (1988)** , Sols des régions arides d`Algérie. Opu, Alger , 384p .
- ✚ **HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL-HADJ S., 2006-** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca⁺²) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray –grass anglais et du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2007 11 (3), 235–244.
- ✚ **HCDS, 2005.** Problématique des zones steppiques et perspectives de développement. Rap. Synthé. haut commissariat au développement de la steppe, 10 p.
- ✚ **HELLER R., ESNAULT R. and LANCE C., 2004-** Physiologie végétale. Nutrition. Ed. Dunod, 323 p.
- ✚ **HENNI M., Z. MEHDADI, 2012.** Evaluation préliminaire des caractéristiques édaphiques et floristiques des steppes à armoise blanche dégradées réhabilitées par la plantation d_Atriplex dans la région de Saïda (Algérie occidentale), Acta Botanica Gallica. Vol.159 : 43-52.
- ✚ **HIRCHE A. ; BOUGHANI A. & SALAMANI M., 2007.-** Évolution de la pluviosité dans quelques stations arides algériennes. Science et changement planétaire/Sécheresse, Vol.18, N°4 314-20.
- ✚ **JOLY ,1986-**Development of a standardized subgrouping scheme for Legionella pneumophila serogroup 1 using monoclonal antibodies. Journal Clin Microbiol. 1986 Apr; 23(4): 768–771p.
- ✚ **KADI HANIFI ACHOUR H., 1998-**l'alfa en Algérie (syntaxonomie, relations milieu-végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Docteur ES sciences. USTHB. Alger. Intro+ 196, 198
- ✚ **KHALDOUN A., 2000.** Évolution technologique et pastoralisme dans la steppe algérienne. Le cas du camion Gak en hautes-plaines occidentales. Options Médi., 39: 121-127.
- ✚ **KHELIL A,(1997)** . L'écosystème steppique : quel avenir ? Edition DAHLAB Alger 184p .

- ✚ **KARMER D., ANDERSON W. P. and PRESTON J., 1978-** Transfer cells in the root epidermis of *Atriplex hastata* L. as a response to salinity: a comparative cytological and X-ray microprobe investigation. *Australian J. Plant Physiol.*, 5: 739–47.
- ✚ **LARAFI M., 2004** - Dynamique de la végétation halophile en milieu aride et semiaride au niveau des chotts (Melghir, Merouane et Bendjelloul) et Oued Djeddi en fonction des conditions du milieu. Thèse. Doct. Sci. Nat. Opt. Biol. Vég. Univ. Annaba: 149p + annexes.
- ✚ **LARCHER W., 1995-** *Physiological plant ecology*. Ed. Springer-verlagm, Berlin, 506 p.
- ✚ **LEMEE G., 1978-** *Précis d'écologie végétale*. Ed. Masson et Cie, Paris, 285 p.
- ✚ **Le HOUEROU H.N., 1969** - La végétation de la Tunisie steppique. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr. Tun.* 42, 5. pp : 1-624.
- ✚ **Le HOUEROU H.N., Claudin J., Haywood M. et Donadieu P., 1975** - Etude phytoécologique du Hodna (Algérie). 14 Fig. 22 Tab. et 1 Carte Coul. 1/200000 (3 feuilles). AGS : DP/Alg/66/509. F.A.O. Rome 154 p.
- ✚ **LE HOUEROU H. N., 1977.** Plant sociology and ecology applied to grazing lands research, survey and management in the mediterranean Basin. **In. KHELIL A., 1997.** L'écosystème steppique : quel avenir ?. DAHLAB Alger. 184p.
- ✚ **Le Houérou H.N., 1986** - Salt tolerant plants of economic value in the Méditerranéen Basin. *Réclamations and Revegetation Research*, 5. pp : 319-341.
- ✚ **Le HOUEROU H. N., 1992.** Agroforestry and sylvopastoralism to combat land degradation in the mediterranean basin: old approaches to new problems. *Agri. Ecosy. Environm.* 33:99-109.
- ✚ **LE HOUÉROU H. N. 1993-** Salt-tolerant plants for the arid regions of the Mediterranean isoclimatic zone. In: Lieth H, Masoon A Al, eds. *Towards the rational use of high salinity tolerant plants*, vol. 1. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer : 403-422.
- ✚ **LE HOUEROU H.N (1996) .** Climat change drought and desertification *J.Arid Environm.*34 ;133-185P .
- ✚ **Le HOUEROU H. N., 2001.** Biogeography of the arid steppe land north of the Sahara. *J. Arid Environ.*, 48: 103-128.
- ✚ **LE HOUEROU H. N., 2002.** Man-made deserts: Desertization processes and threats. *Arid Land Res. Manag.*, 16: 1-36.

- ✚ **Le HOUEROU H. N., 2006.** Environmental constraints and limits to livestock husbandry in arid lands. *Sécheresse*, 17 (1-2): 10-18.
- ✚ **LOUKARA K et REBEIE H.,2011-** Contribution à l'étude et la préservation de la biodiversité végétale au niveau des écosystèmes steppiques : « Chott Chergui –Ain Skhouna »,Unv Dr. Taher Moulay Saida 68 p
- ✚ **LUTTGE U., KLUGE M., et BANER G., 1992-** Botanique. Ed. Tec & Doc-lovoisier, 574 p.
- ✚ **M.A.D.R., 2008-** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Note sur la steppe 2,7p
- ✚ **MASS E.V. and NIEMAN R. H., 1978-** Physiology of plants tolerance to salinity, In: Crop Tolerance to Subtropical Land Conditions. Jung, G.A. (ed.), pp. 277 –99. ASA Special Publication 32.
- ✚ **MINISTERE DE COMMERCE, 2013-** Disponible sur : http://dew.saida.dz/fr/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=34. le 09/02/15 à 19 :14
- ✚ **MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 1998.** Plan national d'action pour l'environnement. Rapp. synth., Alger, 15 p.
- ✚ **MONTERO G. et CANELLAS I., (1998) -** Salviculturay gestion soslenible de sistemas forestales, Actas de Los Primeros Encuentos Cientificos del parque natural de Penalara, 29-31 Mai. Conserjeria de Medio Ambienté de Madrid.
- ✚ **NEDJIMI B., HOMIDA M., 2006.** Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. *Revue du Chercheur*, 4 :13-
- ✚ **NEDJIMI B., 2012.** Biodiversity of Halophytic Vegetation in Chott *Zehrez* Lake of Djelfa (Algeria). *American Journal of Plant Sciences*, vol 3, 1527-1534p.
- ✚ **NEDJRAOUI D., 1981,** Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppique de la wilaya de Saida. Thèse Doct. 3^ocycle, USTHB, Alger, 156p.
- ✚ **NEDJRAOUI D., 1990.-** Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L) aux conditions situationnelles. Thèse Doct. Sciences, USTHB, Alger, 256p.
- ✚ **NEDJRAOUI D. 2002-** Les ressources pastorales en Algérie. Doc FAO en ligne : www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm.
- ✚ **NEDJRAOUID., 2004:** Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques.

- ✚ **NEDJRAOUI D., 2008**-La désertification dans les steppes Algérienne : causes, impacts et action de lutte-ventigo vol.8,15p
- ✚ **NEDJRAOUI D., BEDRANI S., 2008**-La désertification dans les steppes algériennes causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, 8 :1-15.
- ✚ **NEDJRAOUI D. et BADRANI S., (2009)** - (Office National des Statistiques ONS): Recensement Général de la Population et Habitat .
- ✚ **NIU X., BRESSAN R. A. and HASEGAWA P. M., 1995**- Ion homeostasis in NaCl stress environnement. *Plant Physiology*, 109: 735–742.
- ✚ **OZENDA P., 1982**- Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin éditeurs, Paris, 431 p.
- ✚ **POLJAKOFF-MAYBER A, 1975**-Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. In : *Plants in Saline Environment*, ed. A Poljakoff-Mayber, J Gale, Spring- Veriag, Berlin, Heidelberg, New York, 97–117.
- ✚ **POUGET M., 1973**-Une manifestation particulière et méconnue de la salure dans les steppes du sud-algérois: Les plages de salure sur les glacis quaternaires a croûte calcaire. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 64: 15-24.
- ✚ **POUGET M., 1980**- Les relations sol-végétation dans les steppes sud- algéroises .Edition ORSTOM.,Paris, 569p.
- ✚ **RAMADE F., 2002** - Dictionnaire de l`écologie et des sciences de l`environnement. 2 ème édition, Ed. Dunod, Paris: 249–373.
- ✚ **RAVEN P. H., EVERT R. F. et EICHORN S. E., 2003**- Biologie végétale. De boeck. 944 p.
- ✚ **ROBERTS J. K. M., 1989**- Cytoplasmic acidosis and flooding tolerance in crop plants. In *The Ecology and Management of Wetland Plants*, Vol. 1 , D. D. Hook et al., Portland, OR. Timber Press: 392–397.
- ✚ **SARI-ALI A., 2004**-Etude des relation. Olvege .Tâtions (..E Quelques halophytes dans la région nord, Unv Abou Belkaid - Tlemcen, 238P.
- ✚ **SELTZER P., 1946** – Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. Et de Phys- Du globe. Unv. Alger. 219 P.
- ✚ **SERRANO R., ALI R., CULIANEZ-MACIA F. A., FERRANDO A., GARCIA M. J.,**
- ✚ **GAXIOLA R., GLASSER H. U., MARQUEZ J. A., MIRALLES V. J., MONTESINOS C., MONTRICHARD F., MURGUIA J. R., RIOS G., RODRIGUEZ P. L. and**

- ✚ **RONNERE C., 1996-** Crucial reactions for salt tolerance in yeast. In : Physical stress in plants. Ed. S. Grillo, A. Leone, Berlin, Heidelberg, New York : 95–100.
- ✚ **SERVANT J., 1975-** Contribution à l'étude pédologique de terrains halomorphes. L'exemple des sols salés du Sud et du Sud-ouest de la France. Thèse d'état . Université de Montpellier, 200 p.
- ✚ **THOMSON W., 1975 -** The structure and function of salt glands. In : Plants in Saline Environment, Ed. A Poljakoff -Mayber, J Gale. Spring-Veriag, Berlin, Heidelberg, New York: 118–143
- ✚ **TOURAINÉ B., et AMMAR N., (1985):** Etude comparée de la sensibilité au sels d'un triticales et d'une orge. R.C.V. Agro. Tunis. 395 p.
- ✚ **TSAKI H, 2003-** Diagnostic morpho-pédologique des milieux édaphiques et des ambiances paléoclimatiques de la steppe algérienne comme base utile à la prise de décision en matière de mise en valeur, de l'aménagement du territoire et du suivi de l'environnement. Unv des Sciences agronomiques de Gembloux.
- ✚ **ZHRANE M., 1995-** Les principes d'écologie végétale et leurs applications . Ed. El-Ouafa- Egypte, 267 p.
- ✚ **ZIAD A., (2006) –** La steppe algérienne : un espace de nomades et d'élevage ovin. La Tribune, Alger, 13 Mars 2006.