

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES



THÈSE
En vue de l'obtention du Diplôme de
DOCTEUR EN SCIENCES
Agronomiques

Option : Écologie

Présentée par : **BENSEGHIER Fatiha Ep. HADJAIDJI**

THÈME

**Contribution à l'étude de la biodiversité de la flore
saharienne (Ouargla) : protection, conservation et application
dans les domaines des parcours et de l'ethnobotanique.**

Soutenue devant le jury composé de :

M^{me} SMAIL SAADOUN Noria	Professeur, UMM Tizi Ouzou	Présidente
M^r DERRIDJ Arezki	Professeur, UMM Tizi Ouzou	Rapporteur
M^{me} BENHOUBOU Salima	Professeur, ENSA EL Harrach	Examinatrice
M^{me} BELHADJ Safia	Professeur, UZA Djelfa	Examinatrice
M^r CHEHMA Abdelmadjid	Professeur, UKM Ouargla	Examineur
M^r MEDDOUR Rachid	Professeur, UMM Tizi Ouzou	Examineur

Année Universitaire 2017 / 2018

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :

À mes défunts parents

À mon époux Abderrazak pour son aide et son sacrifice

À mes très chères filles :

Fériel, Sawssen, Amani-Fatima Zohra et Oumayma

À mon très cher fils, *Anis*

À mon frère, *Abdnour*

À ma sœur, *Zahia*

À toute ma famille paternelle et maternelle

À ma belle famille

À tous mes amis

À tous ceux qui un jour profiteront de ce travail

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier *Dieu" le tout Puissant"* de m'avoir accordé la force et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Ce travail a bénéficié du soutien de plusieurs personnes à qui je dois adresser mes remerciements les plus sincères.

Je serai toujours fabuleusement reconnaissante, envers celui qui m'a donné l'occasion de réaliser cette thèse, le Professeur **Arezki DERRIDJ**, encadreur de cette étude. J'aimerais lui exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements les plus sincères, grâce à sa disponibilité exceptionnelle, ses qualités humaines et scientifiques qui m'ont permis d'acquérir des connaissances indispensables. Son soutien et son amitié m'ont été accordés dès le début et il ne cessait de m'encourager à finir cette thèse. Je le remercie vivement pour sa confiance et l'intérêt qu'il m'a certifié et de m'avoir supporté courant ces dix longues années. Mieux, Il pensait à mes charges familiales et afin de m'éviter les grands déplacements, entre Ouargla et Tizi-Ouzou, il prenait en charge tout à ma place (si fin réelle il y a?). Son courriel est une vraie bulle d'oxygène constituant un nouveau point de départ tout au long de ce parcours. Merci à Dieu qui m'a permis de connaître un tel homme avec de telles envergures. Vraiment, je vous remercie infiniment!

Je tiens à exprimer mes remerciements, à la Professeur **Noria SMAIL-SAADOUN** de l'Université de Tizi- Ouzou, de l'honneur qu'elle me fait, en acceptant de présider le jury. Je lui adresse ici ma sincère reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma respectueuse gratitude à la Professeur **Salima BENHOUBOU** de l'École Nationale des Sciences Agronomiques d'El Harrach de bien vouloir s'intéresser à mon travail et d'avoir accepté de participer au jury. Que, je salue avec émotion.

Que la Professeur **Safia BELHADJ** de l'Université de Djelfa trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour avoir accepté d'examiner ce travail. Qu'elle soit assurée de ma vive reconnaissance.

Une grande part de ma reconnaissance s'adresse au Professeur **Abdelmadjd CHEHMA** de l'Université de Kasdi Merbah d'Ouargla d'avoir accepté de lire ce travail et de participer au jury en tant qu'examineur. Vous êtes à la racine de mon engouement pour la recherche, à travers ma participation à votre publication ainsi qu'au projet de recherche « CNEPRU »: « *Caractérisation des principaux paramètres d'adaptation de la flore spontanée du Sahara septentrional algérien* ». Vous n'épargnez aucun effort, à chaque fois que l'occasion se présente pour me soutenir. Merci pour les messages d'encouragement ainsi que pour ton appui amical et chaleureux.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements au Professeur **Rachid MEDDOUR** de l'Université de Tizi- Ouzou, d'avoir accepté de participer au jury. Évidemment, je n'oublie pas votre soutien, merci de m'avoir inclus dans le projet de « PNR »: « *Biodiversité Floristique et*

Ethnobotanique en Algérie » et pour le temps que vous avez consacré à chaque fois que je vous faisais signe. Merci pour votre générosité et votre disponibilité.

Je ne peux évincer dans mes remerciements, ma soeur et collègue la Professeur **Oumelkheir SIBOUKEUR**, de l'université d'Ouargla pour son soutien, son aide constante et ses encouragements qui m'ont énormément aidé à évoluer dans mes investigations. Qu'elle trouve en ses lignes toute ma reconnaissance. De même, le **Professeur Abderrahmane MATI**, de l'Université de Tizi- Ouzou qui m'a épaulé et combien de fois, il s'est chargé de mon courrier administratif. Vous avez été un soutien intarissable pendant ma thèse. Tous les deux, vous avez été là à l'ébauche de cet investissement et pendant toute la phase de maturation de ce travail. En un mot, merci!

Il m'est aussi agréable de remercier vivement mes collègues de l'Université de de Tizi- Ouzou, **Mr. Aziz TALBI**, **Dr. Fazia KROUCHI**, **M^{me} Faiza HAMDANI** et **Mr. Nabil BENGHANEM** pour leur précieuse aide et les marques de sympathies. Qu'ils soient assurés de ma profonde gratitude.

J'exprime ma respectueuse gratitude à messieurs **Abdelaali FKIHI** et **Nadjib TALBI**, responsables à l'ONM d'Ouargla pour leur aide, leurs informations scientifiques et leur disponibilité qui m'ont facilité la réalisation de ce travail.

Tout naturellement, viennent ensuite les moments de consacrer quelques mots à mes collègues entre autres, la Professeur **Samia BISSATI**, Doyenne de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, toute l'équipe pédagogique et surtout les responsables du Département des Sciences Agronomiques de l'Université d'Ouargla. Je vous remercie amplement pour votre soutien et vos encouragements incessants.

Avec vous, je remercie vivement, le Professeur **Abdelhakim SENOUSSE** de l'université Kasdi Merbah de Ouargla, pour son soutien moral très précieux et ses encouragements pour lever ce challenge de " thèse". Sa modestie qui m'a toujours marqué au temps où le diplôme n'a pas d'égal. Qu'il soit assuré de ma profonde gratitude.

Évidemment, je remercie le Professeur **Frédéric MÉDAIL**, **Dr. Jérémy MYGLIORE**, **Dr. Djamali MORTÉZA**, **Maryse** et plus généralement la fine équipe de l'IMBE, Aix-Marseille Université (AMU) pour tous les moments de partage, de bonne humeur qui ont marqué mes passages. Une pensée particulière en cette fin de thèse pour **Farah ABDESSAMAD**! Et tous les collègues du laboratoire qui ont pris du temps, soit pour "échanger la science", soit pour "améliorer le quotidien de mes séjours. Merci pour vos coups de main, c'était parfait!

Comme, il n'y a pas que la thèse dans la vie, je souhaite finalement remercier mon entourage familial et amical pour m'avoir soutenu et consolidé durant ces années... mais tout ceci est une autre grande histoire.....

Liste des abréviations

A

AI : aride inférieure

AM : aride moyen

AS : aride supérieur

C

C.: Cellule

C.T.: Complexe terminal

C.I.: Continental intercalaire

F

F.A.O. : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

FIT. : Front intertropical

FT. : Front tropical

FM. : Front méditerranéen

G

G.I.E.C. : Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat

I

Imm : Insolation moyenne mensuelle

Ima : Insolation moyenne annuelle

M

M : méditerranéennes

MS : Méditerranéen et Saharo-sindien

MI : Méditerranéen et Irano-touranien

MNT : Modèle Numérique du Terrain

N

NAO+ : Oscillation nord atlantique positive

NE : Nord-est

O

O : Ouest

NAO : Oscillation nordatlantique

NAO+ : **Phase positive** de l'oscillation nordatlantique

NAO- : **Phase négative** de l'oscillation nordatlantique

O.N.M. : Office nationale de météorologie

O.S.S. : Observatoire du Sahara et du Sahel

P

P.A.M. : Plantes Aromatiques et Médicinales

PI : Pluri-régional

S

SM : Saharo-méditerranéennes

SS : Saharo-sindien

S : Sud

SE : Sud-Est

s. l : sens large

SO. : Sud-Ouest

SSO. : Sud-sud-ouest

U

UNCBD : United Nations Convention on Biodiversity

Glossaire

A

Aire minimale : C'est la surface minimale au-delà de laquelle, on n'a pas d'augmentation de nombre d'espèces même si on augmente la surface.

B

Bas Sahara : Partie nord-est du Sahara algérien selon les subdivisions administratives.

D

Dorsale: Terme synonyme de crête, quoique généralement employé pour désigner une crête barométrique mobile se déplaçant entre deux dépressions ou talwegs.

E

Ecorégion : écosystème étudié dans le fonctionnement écologique de ses paysages.

Eléments floristiques : Ensemble des espèces caractérisant un territoire donné.

Evapotranspiration : Processus combinés par lesquels l'eau est transportée de la surface terrestre à l'atmosphère: cette eau vient à la fois de l'évaporation des liquides, des solides et de la transpiration des plantes.

Evapotranspiration de référence (ET₀) : "*taux d'évapotranspiration d'une culture hypothétique de 12 cm de hauteur, une résistance de 70 sm-1, un albédo de 0.23, assimilés à une étendue d'herbe verte, en croissance active et couvrant entièrement un sol suffisamment alimenté en eau*".

H

Halophytes : Espèces fréquentant les sols salés ou halomorphe qui sont chargés de chlorures de sodium (et d'autres sels) tels qu'on les rencontre au voisinage des côtes, et des régions imprégnées de sels en Afrique du nord ou en Asie (Heller et *al.*, 2004)

I

Insolation : Quantité de rayonnement solaire direct incident par unité d'aire horizontale à un niveau donné ; rayonnement solaire reçu à la surface de la terre. La durée d'insolation se mesure à l'aide d'un héliographe.

J

Jour de pluie : Un jour où une précipitation d'au moins 0,1 mm en 24 heures a été observée.

M

Masse d'air : Grand volume d'air dont les propriétés physiques-température, humidité, gradient, densité-sont relativement uniformes dans le plan horizontal".

P

Pédopaysages : Etats de surfaces des stations



Steppes : « une formation naturelle herbacée très ouverte et très irrégulière ». Cette appellation globale est donc souvent complétée par le nom de l'espèce dominante, tantôt graminéenne (steppe à *Stipa tenacissima*), tantôt chaméphytique (steppe à *Artemisia herba-alba*), parfois également par une référence aux conditions climatiques et édaphiques locales (steppe aride ou saharienne, steppe psammophile à *Aristida pungens* ou halophile à Salsolacées).



Vitesse du vent: Rapport de la distance parcourue par l'air au temps qu'il met à la parcourir. La "vitesse instantanée" ou plus brièvement "vitesse" correspond au cas d'un intervalle de temps fini (l'appareil mesurant cette vitesse et la direction est l'anémomètre).



Zone de convergence inter-tropicale : Axe, en tout ou en partie, du vaste courant des alizés tropicaux. Cet axe est la ligne de partage entre les alizés du Sud-Est et ceux du Nord-Est (de l'hémisphère Sud et de l'hémisphère Nord respectivement).

Nomenclature des figures

Figures	Titres	Pages
<i>Description de la zone d'étude</i>		
Figure 1	Limites et subdivisions biogéographiques du Sahara (Le Houérou, 1990)	04
Figure 2	Situation géographique de la région d'Ouargla	05
Figure 3	Découpage administratif de la wilaya d'Ouargla	06
Figure 4	Carte hypsométrique de l'Algérie du Nord (A.N.R.H., 2008)	06
Figure 5	Carte géologique du Bas-Sahara (Nesson, 1978)	08
Figure 6	Reliefs géologiques de la région d'Ouargla (superposition de la carte géologique de Busson, 1971 à celle du MTN) (2012)	09
Figure 7	Carte géomorphologique du bassin du Sahara septentrional (ABHS, 2006)	10
Figure 8	Carton pédologique extrait de la carte de végétation d'Algérie, feuille de Ghardaia (Barry et al., 1974)	13
Figure 9	Carte pédologique simplifiée du Sahara (Dubost, 1992)	14
Figure 10	Carte hydrographique de la chebka du M'zab (Amat, 1888)	15
Figure 11	Réseau hydrographique dans la zone d'étude (Ballais, 2010)	16
Figure 12	Réservoirs d'eau souterrains d'eaux (UNESCO, 1972) : (a) Carte hydrogéologique du système aquifère : le continental intercalaire (CI) et le complexe terminal (CT) ; (b) : Coupe hydrogéologique synthétique du Sahara septentrionale	17
Figure 13	Carton de la végétation du Sahara septentrional extrait de la carte de végétation d'Algérie, feuille de Ghardaia (Barry et al., 1974)	20
<i>Climat et bioclimat</i>		
<i>Climat</i>		
Figure 14	Répartition moyenne des pressions en Afrique, en janvier et juillet (Nabli, 1995)	28
Figure 15	Enveloppe Climatique Méditerranéenne selon les critères de Daget (1977)	31
Figure 16	Pression Saharo-Arabique (Pagney, 1976)	32
Figure 17	Schéma récapitulatif des impacts associés aux deux phases de l'oscillation nord-atlantique (NAO) (Cassou, 2004)	33
Figure 18	Variations mensuelles de l'insolation dans la région d'Ouargla	36
Figure 19	Variations mensuelles des températures de la région d'Ouargla	36

Figure 20	Variations mensuelles de l'humidité relative de la région d'Ouargla.	36
Figure 21	Variations mensuelles de la pluviosité de la région d'Ouargla	36
Figure 22	Variations mensuelles de l'évaporation dans la région d'Ouargla	36
Figure 23	Variations mensuelles de la vitesse du vent dans la région d'Ouargla	36
Figure 24	Pluies annuelles du Sahara algérien en mm (1940-1961) (Meddi et Meddi, 1998)	40
Bioclimat		
Figure 25	Étage bioclimatique d'Ouargla selon le climagramme d'Emberger	44
Figure 26	Carte bioclimatique de l'Algérie. (Source : ANAT, 2004)	44
Figure 27	Diagramme omrothermique de Bagnouls et Gausсен relatif à la région d'Ouargla (1978-2017)	46
Figure 28	Variations interannuelles de l'ETP au niveau des stations d'études	47
Figure 29	Indice bioclimatique "P/ETP" des stations d'El Oued, de Touggourt et d'Ouargla	49
Biosystématique		
Figure 30	Localisation des sites étudiés dans la région d'Ouargla	53
Figure 31	Sites étudiés dans la région d'Ouargla	54
Figure 32	Dispositif de superficies croissantes en m ² pour la détermination de l'aire minimale	57
Figure 33	Détermination de l'aire minimale par l'établissement de la courbe aire-espèce	57
Figure 34	Types biologiques	63
Figure 35	Catégories biologiques dans les biotopes étudiés	65
Figure 36	Types biologiques de la région d'étude	66
Figure 37	Spectres morphobiologiques comparés	68
Figure 38	Effectif et taux de présence des types d'adaptation stratégique par rapport au problème d'eau	70
Figure 39	Répartition des plantes répertoriées par types d'adaptation vis-à-vis du problème d'eau par station	70
Figure 40	Division de l'empire holarctique en région (...) 5, région méditerranéenne, (...) 9, région saharo-sindienne... (Ozenda, 1982)	75

Figure 41	Carte biogéographique d'après Maire (1926), Quezel et Santa (1962), Barry et al. (1974) : zone d'étude	75
Figure 42	Régions phytogéographiques du Moyen Orient <i>sensus</i> Zohary (1973)	76
Figure 43	Spectre des éléments phytochoriques au niveau de la région d'Ouargla	79
Figure 44	Spectres phytochoriques comparés (des stations)	83
Figure 45	Effectif des espèces utilisées en médecine traditionnelle par station	95

Nomenclature des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
<i>Climat et bioclimat</i>		
Tableau 1	Situation et caractéristiques des stations météorologiques	23
Tableau 2	Définition des climats suivant les classes de X	26
Tableau 3	Insolations moyennes mensuelles, annuelles et fractions d'insolation de la région d'Ouargla	34
Tableau 4	Nombre moyen d'heures d'insolation (Trochain, 1980)	34
Tableau 5	Données thermiques moyennes de la région d'Ouargla (1978-2017)	35
Tableau 6	Classements du type thermique de la région d'étude selon la température moyenne annuelle (T °C) (Rivas-Martinez, 1996 in Meddour, 2010)	35
Tableau 7	Amplitude thermique annuelle moyenne (A) et extrême (A max) de la région d'Ouargla.	38
Tableau 8	Données pluviométriques de la région d'Ouargla	40
Tableau 9	Pluviosités, taux et indicatif saisonniers de la région d'Ouargla	41
Tableau 10	Évaporations moyennes de la région d'Ouargla	42
<i>Bioclimat</i>		
Tableau 11	Valeur du quotient pluviothermique d'Emberger Q ₃ , bioclimat et variante thermique d'hiver pour la région d'Ouargla	43
Tableau 12	Régions climatiques de Gaussen (1957) . La courbe thermique est toujours positive. Climats chauds et tempérés chauds : thermiques et mésothermiques	45
Tableau 13	Classes de P/ETP correspondant aux bioclimats sahariens	47

Tableau 14	Comparaison des données annuelles du quotient pluvio-évapotranspiratoire « P/ETP »	48
Tableau 15	Critères d'aridité au niveau de la région d'Ouargla	49
<i>Méthodologie</i>		
Tableau 16	Coordonnées géographiques des stations d'études	53
<i>Systématique</i>		
Tableau 17	Répartition en ordres, familles, genres et espèces de la flore de la région d'Ouargla	59
Tableau 18	Genres dominants au Sahara septentrional et dans la région d'étude	61
<i>Biologie</i>		
Tableau 19	Catégories biologiques dans la région d'étude	64
Tableau 20	Répartition des espèces recensées dans la région d'Ouargla selon les classes d'adaptation face au problème d'eau	69
<i>Phytogéographie</i>		
Tableau 21	Principales subdivisions phytogéographiques de la zone d'étude selon la classification de Bary et al. (1974)	74
Tableau 22	Taux des principaux éléments phytochoriques au Sahara et à l'Arabie	78
<i>Écoclimatologie</i>		
Tableau 23	Comparaison de la distribution écoclimatique approximative en fonction du degré d'aridité des espèces communes avec le travail de Le Houérou (1995b)	88
<i>Valorisation de la phytodiversité</i>		
Tableau 24	Typologie des valeurs de la biodiversité proposée par les économistes	91
Tableau 25	Noms scientifiques et vernaculaires des plantes à usages ethnobotaniques dans la région d'Ouargla	93
Tableau 26	Répartition des familles et espèces suivant leur intérêt pastoral	109
Tableau 27	Contribution des espèces fourragères suivant les catégories biologiques et endémiques	110
Tableau 28	Liste des espèces broutées par le dromadaire selon les saisons (Slimani et al. , 2013)	112

Nomenclature des annexes

Annexes	Titres	Pages
Annexe 1	Données météorologiques de la station régionale d'Ouargla (1978-2017) : Tableaux 29 et 30	134
Annexe 2	Article 2017 : Did the global warming confirm in central northern Sahara (case of the Ouargla region) ?	136
Annexe 3	Article 2018 : Contribution to the study of the zonal variation of the climate aridity in central northern (Algeria)	147
Annexe 4	Planning d'échantillonnage : tableau 31	156
Annexe 5	Catalogue floristique de la région d'Ouargla	157
Annexe 6	Composition biologique et biogéographique : tableaux 32- 33- 34- 35- 36- 37- 38- 39- 40	166
Annexe 7	Ethnobotanique : tableau : 41	169
Annexe 8	Espèces médicinales rencontrées dans la région d'Ouargla : Figure 46	170

Table des matières

Liste des abréviations	
Glossaire	
Nomenclature des figures	
Nomenclature des tableaux	
Nomenclature des annexes	
INTRODUCTION GÉNÉRALE	01
Première partie : cadre naturel	
CHAPITRE I. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU MILIEU D'ÉTUDE	
I. INTRODUCTION	04
II. GÉOGRAPHIE DU LA ZONE D'ÉTUDE	04
II.1. Limites naturelles	05
II.2. Limites administratives	07
III. CONDITIONS PHYSIQUE ET BIOTIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE	07
III.1. Cadre géologique et lithologique	07
III.2. Contexte géomorphologique	09
III.2.1. Dépressions	11
III.2.1.1. Dayas	11
III.2.1.2. Sebkhass et chotts	11
III.2.1.3. Lits d'Oued	11
III.2.2. Accumulations sableuses	11
III.2.3. Regs	12
III.2.4. Hamadas	12
IV. PÉDOLOGIE	12
V. HYDROLOGIE	12
V.1. Hydrographie	12
V.2. Hydrogéologie	16
VI. FLORE, VÉGÉTATION ET OCCUPATION DES SOLS	18
CHAPITRE II. CARACTÉRISATION CLIMATIQUE ET BIOCLIMATIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE	
I.INTRODUCTION	21

II. MÉTHODOLOGIE	21
II. 1. Aspect dynamique	21
II. 2. Aspect statique	22
II. 2. 1. Caractéristiques et données des stations climatiques de référence	22
II. 2.1.1. Présentation des stations climatiques de référence	23
II. 2.1.2. Données climatiques disponibles	23
II. 2.1.3. Paramètres climatiques et bioclimatiques à analyser	23
II. 2. 2. Traitement des données	24
II. 2.2.1. Expression numérique des facteurs climatiques	24
II. 2.2.2. Indices bioclimatiques	24
II. 2.2.2.1. Quotient et climagramme pluviométrique d'Emberger	24
II. 2.2.2.2. Système de Bagnouls et Gausson (1953 – 1957)	25
II. 2.2.2.3. Évapotranspiration et quotient pluvio-évapotranspiratoire	26
II. 2.2.3. Représentation graphique	26
III. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	26
III. 1. Approche dynamique : aspect météorologique	26
III.1.1. Caractères de la circulation atmosphérique	26
III.1.1.1. Situation générale	26
III.1.1.2. Principales caractéristiques du climat atmosphérique intéressant la région d'Ouargla	27
III.1.1.3. Masses d'air et types de temps	27
III.1.1.3.1. Type de circulation et type de temps	27
III.1.1.3.2. Type de temps au Sahara	29
III.1.1.3.2.1. Pas de perturbation	29
III.1.1.3.2.2. Dépressions de front polaire en Europe	29
III.1.1.3.2.3. Dépressions de front dérivées	29
III.1.1.3.2.4. Dépressions eurafricaines	29
III.1.1.3.2.5. Dépressions saharo-soudanaises (ou dépressions liées au F.I.T)	30
III.1.2. Mécanisme climatique au Sahara	30
III.1.3. Changements climatiques : Évolution	32
III.2. Approche statique : aspect moyen des composantes du climat	33
III.2.1. Analyse des données climatologiques	33

III.2.1.1. Distribution des paramètres météorologiques de base	33
III.2.1.1.1. Durée d'insolation	33
III. 2.1.1.2. Températures	34
III.2.1.1.2.1. Température moyenne annuelle (T)	35
III.2.1.1.2.2. Températures moyennes mensuelles	37
III.2.1.1.2.3. Amplitude thermique annuelle	37
III.2.1.1.2.3.1. Amplitude annuelle moyenne (tmax - tmin)	37
III.2.1.1.2.3.2. Amplitude thermique annuelle extrême "A max"	38
III.2.1.1.3. Humidité relative	38
III.2.1.1.4. Précipitations	39
III.2.1.1.4.1. Régime pluviométrique de la région d'Ouargla	40
III.2.1.1.4.2. Nombre de jour de pluie	41
III.2.1.1.4.3. Régime pluviométrique saisonnier	41
III.2.1.1.5. Vent	42
III.2.1.1.6. Évaporation de la région d'Ouargla	42
III.2.1.2. Synthèse climatique	43
III.2.1.2.1. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	43
III. 2.1. 2. 2. Saison sèche et indice xérothermique "X" de Bagnouls et Gausson	45
III. 2.1.2.3. Évapotranspiration	46
III. 2.1.2.4. Quotient pluvio-évapotranspiratoire	47
III.2.1.3. Concordance entre les systèmes de classification bioclimatique	49
I.V. CONCLUSION	50
Deuxième partie : Diversité floristique	
CHAPITRE III. COMPOSITION BIOSYSTÉMATIQUE, PHYTOGÉOGRAPHIE ET RÉPARTITION ÉCOCLIMATIQUE DE LA FLORE DE LA RÉGION D'OUARGLA	
I. INTRODUCTION	52
II. MÉTHODOLOGIE	52
II.1. Présentation des stations d'études	52
II.2. Étude floristique	55
II.2.1. Échantillonnage	55
II. 2.1.1. Période d'échantillonnage	55
II. 2. 1. 2. Choix d'échantillonnage	55

II. 2.1. 2.1. Principe de l'aire minimale	56
II. 2.1.2.2. Procédure pratique	56
II.2.1.3. Choix de la surface des relevés	57
II.2.2. Conception du catalogue	58
III. CARACTÉRISATION BIOSYSTÉMATIQUE	58
III.1. Composition systématique et biodiversité végétale	58
III.1.1. Richesse générique par famille	60
III.1. 2. Richesse spécifique par famille	61
III. 2. Diversité biologique	61
III. 2.1. Méthodes de caractérisation biologique	61
III. 2.1.1. Catégories biologiques	62
III. 2.1.1.1. Plantes annuelles	62
III. 2.1.1.2. Plantes pérennes (ou vivaces)	62
III. 2.1.2. Types biologiques	62
III. 2.1. 3. Autre types d'adaptation face au problème d'eau	63
III. 2.2. Classifications biologiques	63
III. 2.2.1. Catégories biologiques	63
III. 2.2.2. Types morphobiologiques	65
III. 2.2.2.1. Spectre biologique régional	65
III. 2.2.2.2. Spectre morphobiologique des biotopes étudiés	66
III. 2. 2. 2.2.1. Phanérophytes	66
III.2.2.2.2. Nanophanérophytes	66
III.2.2.2.2.3. Chaméphytes	66
III.2.2.2.2.4. Hémicryptophytes	67
III.2.2.2.2.5. Cryptophytes	67
III.2.2.2.2.6. Géophytes	67
III.2.2.2.2.7. Thérophytes	67
III.2.2.3. Types stratégiques des taxons recensés face au problème d'eau	71
III.2.3. Conclusion	72
IV. DIVERSITÉ PHYTOGÉOGRAPHIQUE	72
IV.1. Introduction	72

IV.2. Méthodologie	73
IV.2.1. Contexte phytogéographique	73
IV.2.2. Définition des éléments de la flore saharienne	74
IV.2.2.1. Généralités	74
IV.2.2.2. La région Saharo-arabique ; Existe-t-elle une telle région floristique ?	77
IV.2.3. Analyse phytogéographique	78
IV.3. Diversité phytochorique	78
IV.3.1. Subdivisions phytogéographiques de la zone d'étude	79
IV.3.1.1. Ensemble saharo-sindien	79
IV.3.1.2. Ensemble endémique	80
IV.3.1.3. Ensemble méditerranéen	81
IV.3.1.4. Pluri-régional	81
IV.3.1.5. De liaison	81
IV.3.2. Eléments phytochorologiques des biotopes étudiés	82
IV.3.2.1. Chott Ain El Beïda (S1)	82
IV.3.2.2. Reg Hassi Ben Abdallah (S2)	82
IV.3.2.3. Sebkha de Sefioune (S3)	84
IV.3.2.4. Oued N'Sa (S4)	84
IV.3.2.5. Erg Sidi Khouiled (S5)	84
IV.3.2.6. Hamada El Atchane (S6)	85
IV.3.2.7. Daya El Remtha (S7)	85
V. CONCLUSION	86
VI. RÉPARTITION ÉCOCLIMATIQUE	86
VI.1. Introduction	86
VI.2. Méthodologie	86
VI.3. Répartition Écoclimatique	87
VI.4. CONCLUSION	89
Troisième partie: Valorisation de la biodiversité	
CHAPITRE IV. APPLICATION DE LA PHYTODIVERSITE DANS LE DOMAINE DE L'ETHNOBOTANIQUE	
I. CARACTÉRISATION ETHNOBOTANIQUE DE LA RÉGION D'OUARGLA	91
I.1. Introduction	91

I.2. Méthodologie	92
I.3. Valorisation de la flore de la région d'Ouargla : Phytodiversité medicinale	92
I.3.1. Affections	95
I.3.2. Modes de préparation	95
I.3.3. Organes utilisés	96
I.3.4. Plantes endémiques	96
II. CONCLUSION	97
III. VALORISATION DE LA PHYTODIVERSITÉ MÉDICINALE	98
III.1. Préambule	98
III.2. Importance relative de l'exploitation des plantes médicinales dans la médecine traditionnelle à l'Est du Sahara septentrional	98
CHAPITRE V. VALORISATION DES PARCOURS DE LA REGION D'OUARGLA	
I. INTRODUCTION	108
II. MÉTHODOLOGIE	109
III. PLANTES SPONTANÉES À CARACTÈRES FOURRAGERS	109
IV. CONCLUSION	113
CONCLUSION GÉNÉRALE	114
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	118
PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS	131
ANNEXES	134

Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Actuellement, beaucoup d'efforts se conjuguent, à juste titre, pour la sauvegarde de notre patrimoine historique et actuel. Il peut paraître incohérent de laisser disparaître dans l'indifférence et l'ignorance notre patrimoine biologique, support de toute vie et réservoir de matières premières renouvelables (**Dalmas, 1993 in Le brum, 2001**). Évidemment, la connaissance de la flore n'est pas aisée. Ce n'est que progressivement qu'on peut espérer s'accoutumer avec un domaine aussi vaste (**Le brum, 2001**).

Le Sahara septentrional central *sensu* **Le Houérou (1990)**, est connu par une pluviosité faible (< à 100 mm/ an) (**Le brum, 2001**). De ce fait sa végétation est disposée sur le mode diffus, notamment sur les regs et les sols squelettiques (**Monod, 1954 & Le Houérou, 1995a**). Nonobstant l'immensité du territoire saharien, il apparaît une présence relative de faible proportion, des habitats favorables au maintien d'un couvert végétal. Les plantes qui y subsistent ont dû développer d'ingénieux mécanismes adaptatifs (**Bounaga et Brac de la Perrière, 1988**). C'est ainsi que la flore du Sahara septentrional se qualifie par sa pauvreté indiscutable compte tenu de la vaste étendue occupée et des conditions climatiques extrêmes (**Ozenda, 2004 ; Le Houérou et al., 1977 ; Le Houérou, 1995a et Monod, 1992**).

Dans le rapport de l'Observatoire du Sahara et du Sahel "**Roselt/OSS**" (**2009**), il a été souligné que la diversité biologique contribue de manière majoritairement positive au fonctionnement des écosystèmes. En fait, une diversité plus élevée assurerait à la fois : (i) une meilleure utilisation des ressources abiotiques, ce qui se traduit par une production primaire plus élevée; (ii) une plus grande stabilité des écosystèmes face aux variations habituelles ou catastrophiques du milieu (changement climatique, modification de l'utilisation des sols, divers stress et perturbations) et (iii) une plus grande capacité de régénération ou résilience.

Concernant l'Algérie, dans le dernier rapport du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme (**Laouar, 2016**), il a été rapporté que les écosystèmes sahariens cachaient une biodiversité insoupçonnée, mais fragilisée par les conditions bioclimatiques et l'accroissement de l'action anthropique (collecte anarchique, pollution et tourisme, etc.).

L'évolution du climat vient compliquer l'état de la biodiversité. Les changements climatiques globaux, tels que celui que l'Homme a artificiellement provoqué, depuis quelques décennies, ont eu, ont et auront des conséquences directes sur la biodiversité. Néanmoins, ces conséquences diffèrent sensiblement en fonction de l'étendue géographique considérée : l'impact du climat et

de sa variabilité sur la biodiversité dépend intimement de l'échelle spatiale à laquelle on raisonne, et toute généralisation ignorant cette dépendance prend le risque de conduire à de fâcheux contre sens (**Escarguel, 2009**). Les écosystèmes et les sociétés méditerranéennes sont les plus menacées par cette évolution annoncée, du climat (**Thiébault & Moatti, 2016**). En effet, selon les experts, à l'horizon 2020, l'Algérie subira une baisse des précipitations d'environ 5 à 13 % avec une élévation des températures comprise entre 0,6 et 1,1 °C. (**Nichane et Khelil, 2015**).

Sur le plan bioclimatique, à l'échelle du 1/1. 000.000, trois critères (P, M, m) sont retenus pour la classification bioclimatique dans les steppes algériennes (**Daget, 1977 ; Quézel, 1978 ; Le Houérou, 1990 et 1995b**). Toutefois, ce ne sont pas les seuls facteurs agissant sur les espèces végétales. Il s'agit d'une simplification car ces critères sont en étroite corrélation avec d'autres facteurs climatiques et biotiques (**Le Houérou et al., 1977**).

De ce qui précède, il demeure opportun maintenant de préciser les grandes lignes et les objectifs d'une recherche à caractère multithématique. Selon **Lelubre (1952)** et **Nesson (1978)**, le Sahara septentrional central serait en grande partie, un territoire peu accidenté bien que ses caractères physiques datent du Quaternaire. Parallèlement, depuis le début du siècle dernier, de multiples explorations floristiques au Sahara se sont succédées. Elles ont été couronnées par les travaux de **Maire (1933-1940)**, **Quézel (1965)**, **Barry et al. (1974)** et **Le Houérou (1990, 1995b)** et plus récemment, par ceux de **Chehama (2005)** et **Kherraze et al. (2010a et b)**.

En dépit de l'intérêt porté à cet espace saharien à différentes périodes historiques, nous assistons actuellement à une diminution de la végétation avec pour effet collatéral la dégradation des sols. L'éradication des plantes médicinales, le surpâturage contribuent à l'amplification des problèmes écologiques des Wilayas d'El Oued et d'Ouargla (**Senoussi et Bensemoune, 2010**). A cela viennent s'ajouter d'autres actions anthropiques telles que le défrichement pour la mise en valeur, l'extraction de roches "roses de sable", déchets, construction, explorations pétrolières, etc.

Par ailleurs, les plantes représentent un réservoir non négligeable de molécules bioactives encore peu exploitées. Ainsi, la recherche de nouvelles molécules doit être entreprise au sein de la diversité végétale en se servant de données ethnopharmacologiques (**Djahra, 2014**). Ceci permettra de sélectionner les plantes à caractère médicinale, ce qui est d'autant plus important au vu du regain d'intérêt des consommateurs pour les produits naturels. C'est pour cette raison que les industriels développent de plus en plus des procédés d'obtention d'extraits et de molécules bioactives d'origine végétale. Néanmoins, il est important de rappeler que, d'une part, le nombre

d'espèces végétales diminue et que d'autre part, le savoir-faire des médecines traditionnelles est en voie de disparition. Il en résulte une urgence à connaître et à protéger ces espèces avec le savoir-faire qui leur est associé tout en prenant en compte les dangers encourus par l'exploitation irrationnelle de la biodiversité par les usagers.

Dans le même contexte, il y a lieu de signaler la géodiversité assez contrastée, de la zone du bas Sahara dans le sens Sud-Nord, sur les plans, climatique, lithologique, édaphique, géomorphologique, végétationnel et socio-économique (pratiques culturelles, pastoralisme, multiples usages des plantes encore vivaces, même alimentaires, etc.). En plus, une faible diversité écoclimatique a été constatée par rapport à la pression anthropozoïque. Celle-ci ne s'est pas exercée avec la même intensité (**Le Houérou, 1995b**) et sa spatiotemporalité est variable, rendant l'étude de la végétation (support visible des écosystèmes) très complexe mais passionnante.

En rapport avec ce contexte global, nous nous sommes proposé d'entreprendre des investigations portant sur la connaissance éremologique. L'objectif, est aussi bien didactique que fonctionnel. Il vise à approfondir certains aspects relatifs à l'étude de la phytodiversité (bioclimat, systématique, phytogéographie), et de sa valorisation, pour une meilleure connaissance de la végétation de la région d'étude.

Pour notre part, après avoir collaboré à une étude spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algériens (**Chehema et al., 2005**), nous nous sommes proposé d'amplifier nos efforts par la réalisation d'études, du climat et bioclimat, de la phytodiversité avec son application dans les domaines de l'ethnobotanique et des parcours. Ainsi, la démarche adoptée se compose de trois étapes complémentaires. Tout d'abord, comme la tradition le dicte, dans le cas de ce type d'investigation une bonne connaissance du territoire concerné, s'est imposée. La présentation du milieu physique et biotique de la zone d'étude est exposée dans le chapitre I. Nous avons ensuite effectué dans le chapitre II, une analyse climatique et bioclimatique, en référence aux approches d'**Emberger (1950, 1955 et 1962)**, de Bagnouls et **Gausson (1953-1957)** ainsi que celle de **Le Houérou et al. (1995b)** ; Ils sont suivis par l'analyse biosystématique, phytogéographique et répartition écoclimatique de la flore de la région d'Ouargla, dans le chapitre III. Nos investigations en ethnobotanique sont présentées dans le chapitre IV. Enfin, la connaissance de la contribution de la flore étudiée dans le potentiel fourrager des parcours explorés est dans le chapitre V.

Première partie : cadre naturel

Chapitre I.

Description générale du milieu d'étude

I. INTRODUCTION

Au niveau du Sahara septentrional central (**Figure 1**), la vallée d'Oued Mya représente une zone steppique à vocation agropastorale (parcours camelins et espaces phoenicicoles) fragile. Les parcours camelins et les espaces phoenicicoles qui sont rapportés respectivement par **Chehma (2005)**, **Senoussi (2011)** et **Babahani et Bouguedoura (2013)**, ne permettent pas un peuplement dense. Les caractéristiques biogéographiques de la steppe ont permis à l'homme de s'y adapter en adoptant le nomadisme ainsi que le sédentarisme comme modes de vie. Ceci a engendré un certain équilibre écologique qui a duré des siècles. Actuellement, cet équilibre est rompu. Surtout depuis la découverte des champs pétroliers qui a entraîné des modifications paysagères et socioéconomiques (**Rouvillois-Brigol, 1975**), accentués par le phénomène de désertification (**Roselt/OSS, 2008** et **Benguerai, 2011**) et le changement climatique (**Taïbi et al., 2006** et **Roselt/OSS, 2007a**) favorisant ainsi la contraction du couvert végétal. Parmi les critères de choix de la région d'Ouargla (Wilaya d'Ouargla), il y a lieu de noter : (i) sa représentativité sur les plans phytogéographique et bioclimatique ; (ii) sa diversité : en substrat (sols) et en géomorphologie (daya, chott, erg.) ; (iii) sa double vocation agropastorale et pétrolière (exploitation de ses ressources en hydrocarbu) et (iiii) son rôle prépondérant au Sahara en tant que capitale régionale (l'importance de l'aménagement, etc.)

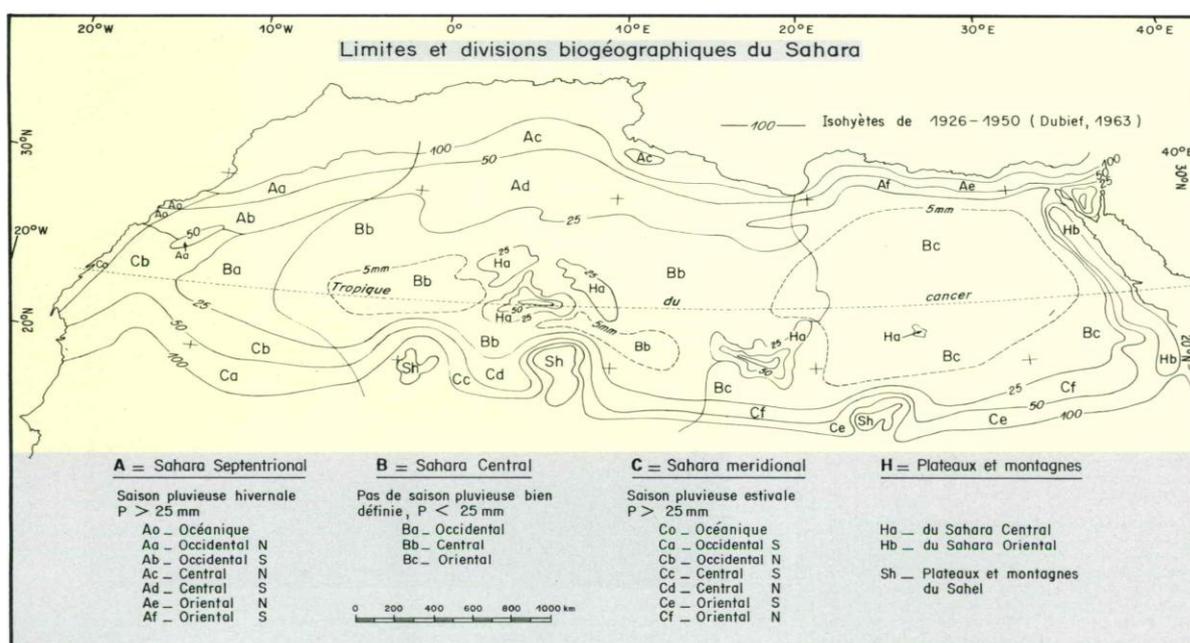


Figure 1. Limites et divisions biogéographiques du Sahara (**Le Houérou, 1990**)

II. GÉOGRAPHIE DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le Sahara septentrional avec un million de km² (**Le Houérou, 1990**), il se présente comme une zone de transition entre les steppes méditerranéennes arides nord-africaines et le Sahara central. À cause de son hétérogénéité floristique, le Sahara septentrional est divisé en, Sahara septentrional occidental, central et oriental. Le Sahara septentrional central qui se trouve entre

les longitudes Est 0° (Saoura) et 15° (Fezzan), s'étale sur une distance E-W de 1 500 km (Le Houérou, 1990). C'est dans celui-ci où la zone d'étude s'y trouve. En effet, elle est comprise entre les longitudes Est 4° et 6° 04' (Figure 2).

II.1. Limites naturelles

La limite du territoire naturel n'est pas toujours une chose simple (Meddour, 2010). En dépit des travaux antérieurs dont ceux de Cauneille (1969) in Hamdi Aissa (2001), la définition régionale d'Ouargla est plus ou moins discutable. Toutefois, dans notre cas, elle correspond approximativement au "pays d'Ouargla", tel rapporté par Rouvillois-Brigol (1975). Et avec l'« oasis d'Ouargla » constituant le centre économique et politique, au sens écologique peut être qualifiée en tant qu'une écorégion qui est traversée par le méridien du golf de Bougie, soit 5°24' de longitude Est (Figure 2).

Pour fixer ses limites naturelles, nous nous sommes basés sur les critères géomorphologiques majeurs. Ainsi, à l'Ouest de la vallée (le lit quaternaire) de l'Oued Mya, le plateau des Gantra bornant l'horizon de façon continue jusqu'aux confluences de l'Oued M'zab. Au Nord, elle est délimitée par la première oasis de la région de l'Oued Righ, la cuvette d'El Hadjira. A l'Est, au-delà des formations sableuses qui sont Erg Et-Touil, Erg Bou Khezana et Erg Arifidji, elle est délimitée par les abords du Grand Erg Oriental. Enfin, le plateau de Tademait est bien au sud de la zone d'étude (Figure 3). Précisément, la région étudiée est située entre les longitudes Est 4° 34' 49" et 5° 36' 82" et entre les latitudes Nord 31° 59' 32" et 32° 34' 42". Son altitude gravite autour de 157 m (Figure 4).

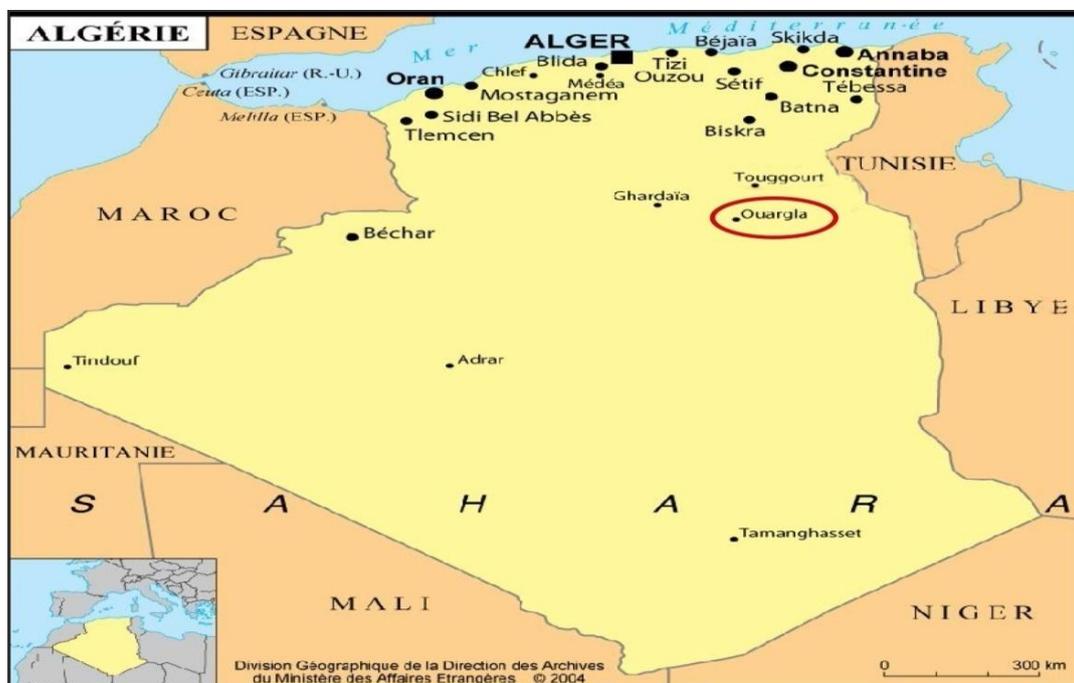


Figure 2. Situation géographique de la région d'Ouargla

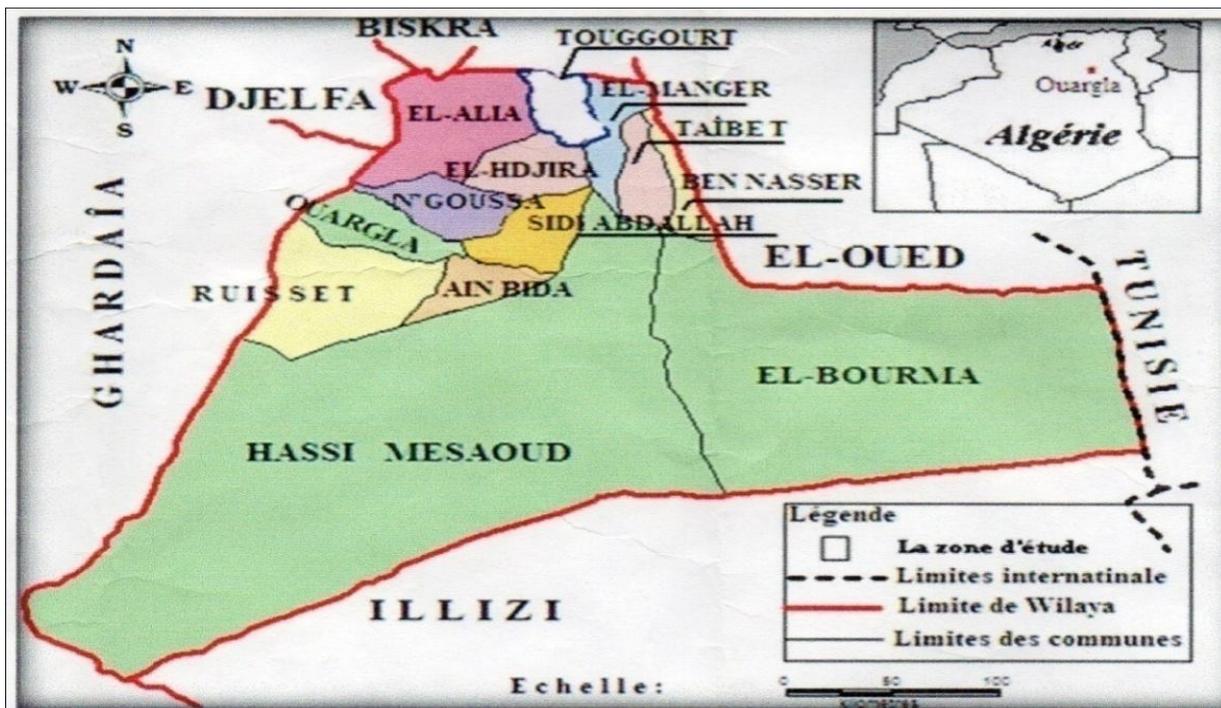


Figure 3. Découpage administratif de la wilaya d'Ouargla (ENCARTA, 2009)

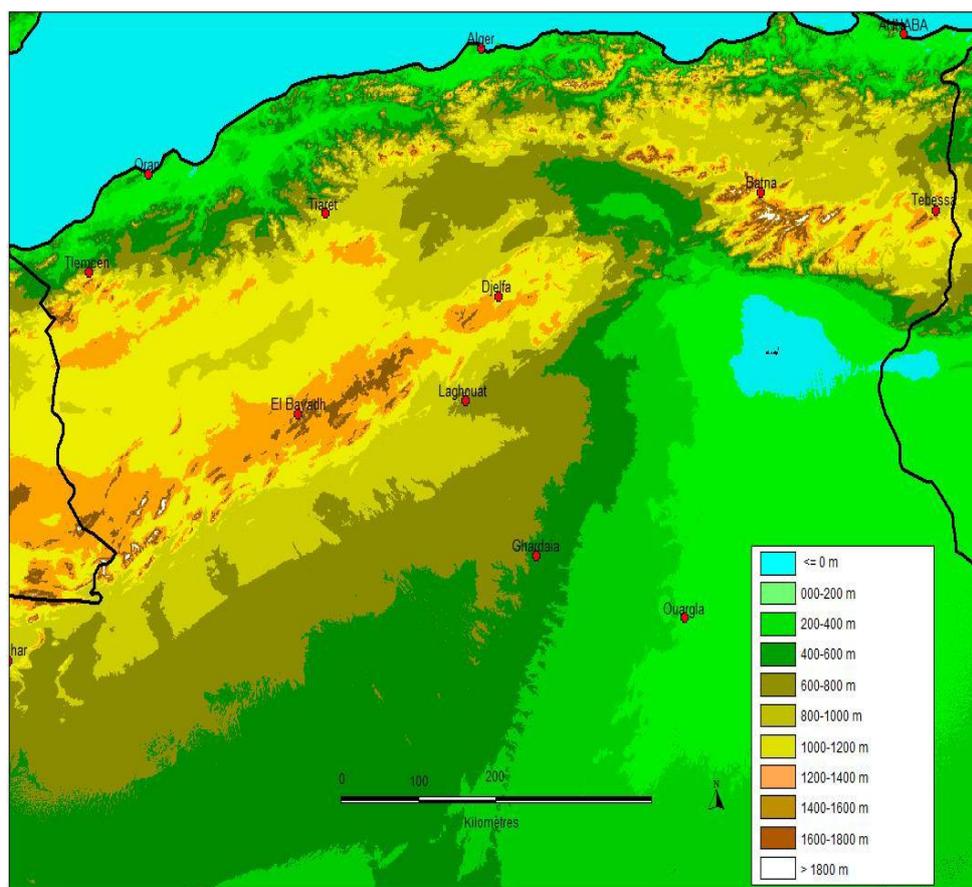


Figure 4. Carte hypsométrique de l'Algérie du Nord (A.N.R.H., 2008)

II.2. Limites administratives

La région d'étude est entièrement incluse dans la wilaya d'Ouargla. Celle-ci est située au Sud-Est du pays couvrant une superficie de 180, 000 km². Elle est limitée administrativement: au Nord par les wilayas de Djelfa et Biskra, au Sud par les wilayas de Tamanrasset et d'Illizi, à l'Est par El Oued (la frontière Algéro-tunisienne) et à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa (**Figure 2**).

La wilaya d'Ouargla est composée de dix daïras. Il s'agit de Touggourt, de Taïbat, de Megarine, de Temacine, d'El Hadjira, d'Ouargla, de N'Goussa, de Sidi Khouiled, de Hassi Messaoud et d'El Bourma. Celles-ci recouvrent dix-sept communes. Mais les plus importantes daïras sont Ouargla, Hassi Messaoud et Touggourt (**Figure 3**).

III. CONDITIONS PHYSIQUES ET BIOTIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude synthétique du milieu physique et biotique a concerné les caractéristiques les plus discriminants. Sur le plan abiotique, il s'agit de la géologie et la lithologie, la géomorphologie, la pédologie et l'hydrologie. Quant au climat, il a fait l'objet d'une étude détaillée (voir chapitre II). Pour les conditions biotiques, c'est la flore, la végétation et l'occupation du sol qui ont été présentés.

III.1. Cadre géologique et lithologique

Généralement, la géologie a un effet indirect sur la distribution et le développement des plantes. En effet, elle assure l'approvisionnement minéral du sol par la nature chimique du substratum géologique (effet sur la lithologie) comme elle intervient dans la formation des reliefs (géomorphologie). Mais cette action devient plus importante en zone aride du fait du faible recouvrement de la végétation.

Géologiquement, des auteurs dont **Passager (1957)** ; **Lelubre (1952)** ; **Gardi (1973)** in **Chehema (2005)** ; **Hamdi Aissa (2001)** et **Ozenda (2004)** attestent que le Sahara est un immense bouclier continental qui s'est caractérisé par une stabilité relative, à travers les épisodes géologiques. Après avoir subi deux plissements courant les temps Anté-primaires et Primaires dont les traces sont actuellement presque inexistantes (chaînes nommées Saharides et Atlaïdes). C'était le siège des dépôts Primaires notamment gréseux qui ont été exondés par la suite, pour n'être finalement couvert que par la mer au Crétacé, laissant de très importants dépôts calcaires. Au Secondaire, le Sahara correspondait à un continent où la présence de grès riches en bois silicifères, constitués à cette époque. Ceci a été suivi par le déferlement de la mer, une autre fois, pour rester jusqu'à l'Eocène au début du Tertiaire. À noter que cette ère (Tertiaire) est surtout marquée par les accumulations continentales. À partir du Quaternaire, c'est l'alternance des épisodes sèches et humides qui s'est manifestée, avec des éruptions apparues surtout au niveau des massifs centraux du Sahara.

En effet, l'ensemble du Bas-Sahara entre autres la zone d'étude est constituée de formations sédimentaires (**Figure 5**). Cette figure fait mention de la présence des reliefs atlasiques en

plein remblaiement du Continental Terminal. Pour plus de détails sur la description géologique et lithologique de la région d'Ouargla, nous nous reportons à la **figure 6**. Où il apparaît dans cette dernière, le Quaternaire indifférencié ainsi que le Mio-Pliocène, qui est recouvert par une faible épaisseur de dépôts Quaternaires (**Laouini, 2012**). Également, nous mentionnons le Plio-Quaternaire, le Sénonien avec l'Eocène indistinguables et les dunes. Pratiquement, l'ensemble des formations Quaternaires qui occupent la totalité des grands bassins sédimentaires constituent généralement des zones salées, nommées sebkhas ou chotts (**Tricart, 1954**) et (**Perthuisot, 1977 in Hamdi Aissa, 2001**). Pour **Duthil (1971)**, ce sont de grandes zones d'amendements en alluvions, généralement de nature sableuse.

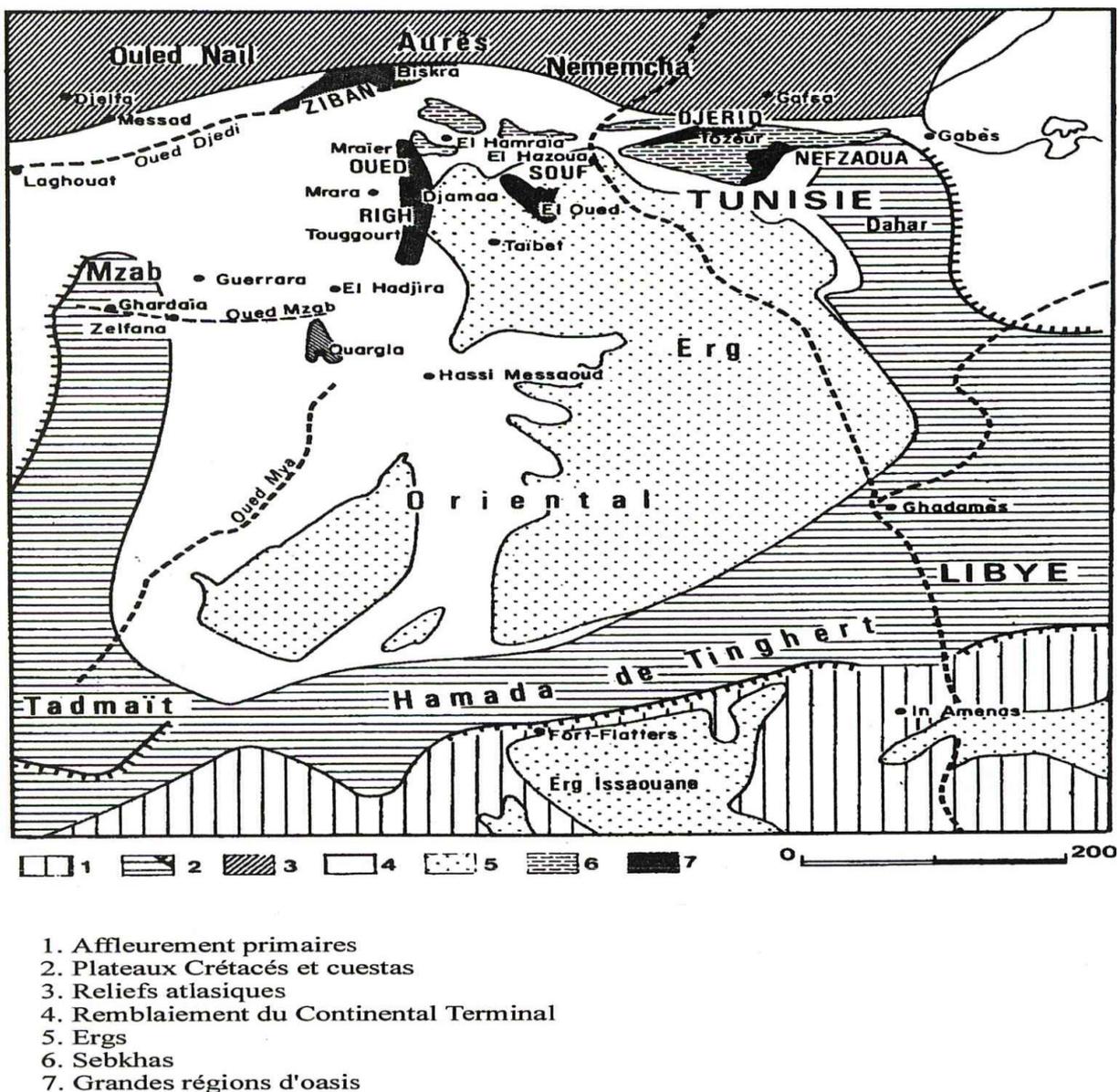


Figure 5. Carte géologique du Bas-Sahara (Nesson, 1978)

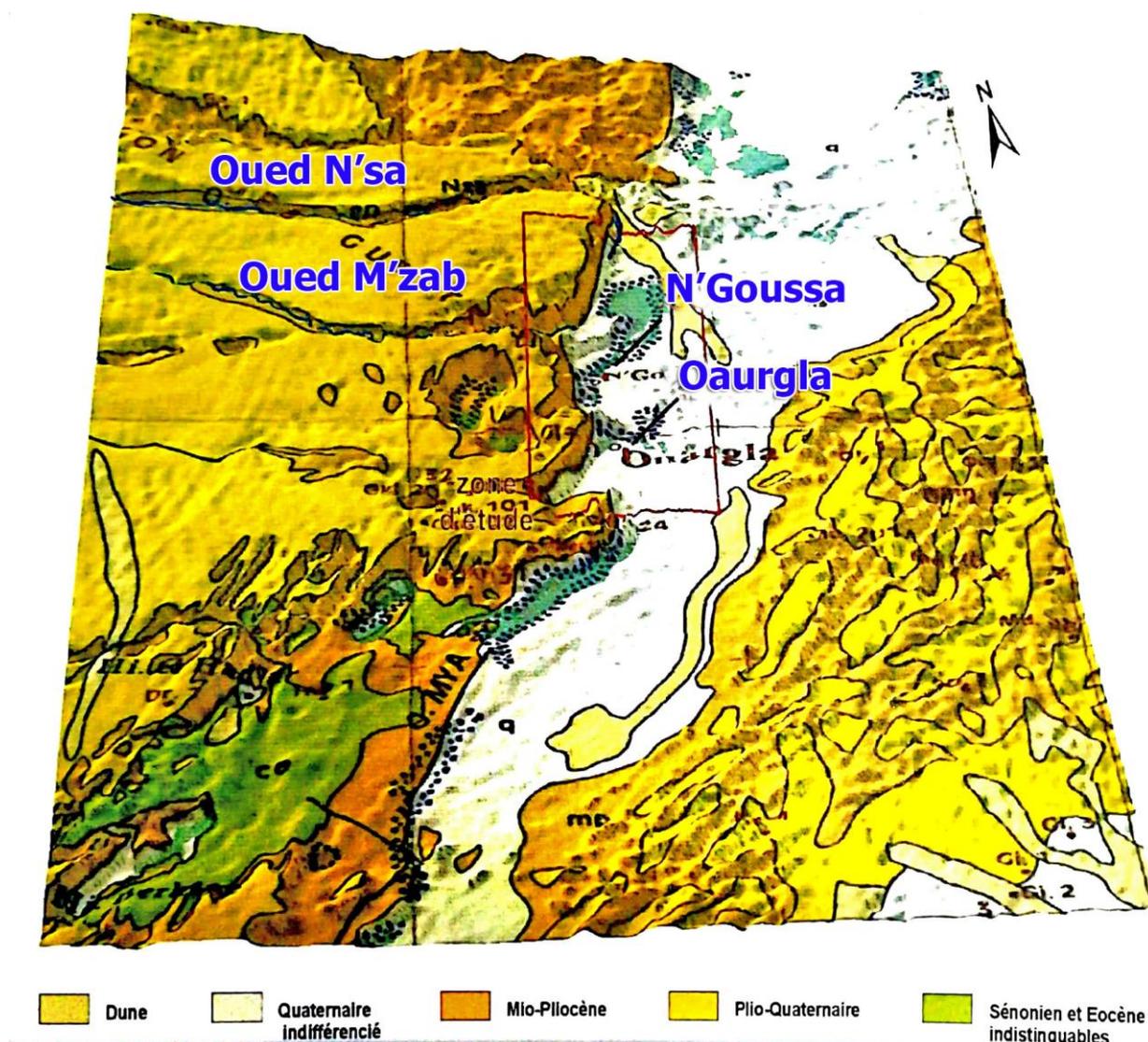


Figure 6. Reliefs géologiques de la région d'Ouargla (superposition de la carte géologique de Busson, 1971 à celle du MNT) (2012)

III.2. Contexte géomorphologique

Au Sahara comme pour les écosystèmes steppiques, il existe un rapport étroit entre la géomorphologie et la répartition des espèces végétales. Ainsi, elle est qualifiée en tant que facteur discriminant (Benseghir, 1987). En effet, dans le contexte de la zone saharienne, généralement, les processus morphogénétiques (vents, eaux, etc.) actifs sont caractéristiques, et rien n'est impressionnant à ce que les formes qui en dérivent le soient aussi. Ces formes de reliefs comptent parmi les plus nettes et visibles du globe (Lelubre, 1952). Toutefois, au niveau du Sahara, inversement à une idée très répandue la couverture sableuse ne représente qu'une faible proportion, soit 20 % environ. Le paysage est dominé par les hamadas et les regs (Figure 7). Dans d'autres déserts comme ceux de l'Asie, les proportions sont toutes différentes ; l'essentiel est dominé par les ergs et les sols salins se répandant sur des étendues considérables (Ozenda, 2004).

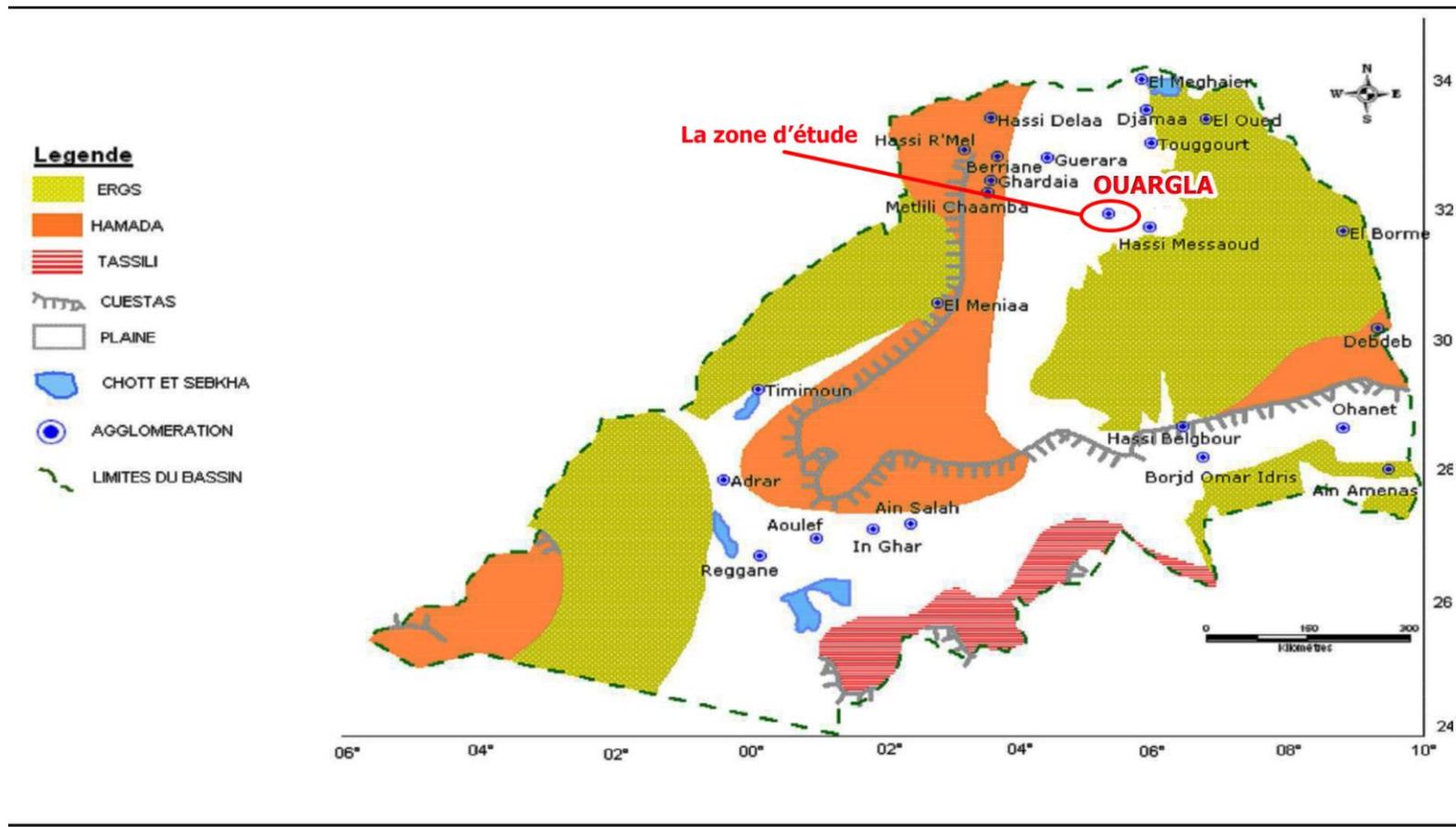


Figure 7. Carte géomorphologique du bassin du Sahara septentrional (ABHS, 2006).

En effet, les principales familles de paysages sahariens sont observables au niveau de la région d'Ouargla. Ainsi, l'étude a concerné les principaux géosystèmes sahariens qui sont les dépressions, les hamadas, les regs et les formations dunaires.

III.2.1. Dépressions

Ce sont les formations les plus basses qui caractérisent la région d'Ouargla. Nous allons les présenter successivement.

III.2.1.1. Dayas

Les petites dépressions circulaires sont issues de la dissolution locale des dalles calcaires ou siliceuses formant les Hamadas (**Ozenda, 2004**).

III.2.1.2. Sebkhass et chotts

Suivant l'origine des eaux évaporées (sous l'effet de la chaleur), phréatiques ou superficielles, il en résulte des surfaces salées, sebkhass ou chotts. Les dépôts de sels peuvent être sous forme d'efflorescences pulvérulentes, de boursoufflures ou quelquefois de véritables dalles (**Monod, 1992** et **Petit-Maire, 2012**). Fréquemment, les sebkhass ont été, pendant les époques humides du Quaternaire, des paléolacs dus à la remontée des nappes locales, le plus souvent, elles sont datées du dernier interglaciaire. En général, les grands chotts se situent dans le Sahara septentrional notamment dans le Bas-Sahara, où ils s'allongent dans de larges vallées fossiles (Oued-Righ, Souf, Mya, Igharghar, etc.).

Dans la région d'Ouargla, le chott est formé aux deux tiers de sable. Ils sont de deux catégories : (i) des sables de couleur ocre rouge à grains fins issus éventuellement des sables rouges Mio-Pliocène du plateau qui ont été libérés lors du façonnement des glacis (ii) des sables clairs plus grossiers et gypseux. Cette dernière catégorie est moins abondante et proviendrait probablement de l'altération physique des encroûtements gypseux (**Hamdi-Aissa, 2001**). En effet, le niveau le plus bas du paysage est un très vaste glacis qui constitue le paysage de chott. Dans celui-ci s'encaisse la grande sebkhass d'Ouargla en forme de croissant qui entoure la ville et l'oasis de l'Ouest, de l'Est et du Nord (**Rouillois-Brigol, 1975**).

III.2.1.3. Lits d'Oueds

Ce sont les bords d'oueds qui peuvent être envahis par les eaux d'un cours d'eau, surtout en période de crues car souvent, ils sont à sec. Ils sont constitués par des roches en place ou par des éléments transportés par l'eau (**Petit-Maire, 2012**).

III.2.2. Accumulations sableuses

Dans le paysage saharien le sable est un élément important. Ainsi, les dunes se localisent souvent dans de vastes zones ensablées "ergs" (**Lelubre, 1952**). D'après **Petit-Maire (2012)**, les ensembles dunaires sont organisés en cordons longitudinaux parallèles aux vents dominants.

III.2.3. Regs

Le reg est une plaine couverte de résidus de déflation (graviers, cailloux et.) (**Monod, 1992** et **Petit-Maire, 2012**).

III.2.4. Hamadas

Ces formes se caractérisent par des surfaces planes rocheuses structurales (**Monod, 1992** et **Petit-Maire, 2012**) (**Figure 7**).

IV. PÉDOLOGIE

Les caractéristiques pédologiques au Sahara présentent une grande hétérogénéité et se composent des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes où la fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La proportion organique est très faible (inférieure à 1 %) et ne permet pas une bonne agrégation. Ce sont des sols squelettiques, très stériles car leur rétention en eau est très faible, environ 8 % en volume d'eau disponible (**Daoud et Halitim, 1994**).

Au niveau de la zone d'étude, d'après les **figures 8** et **9**, couvrant la région d'Ouargla, ce sont les sols des regs et sableux qui dominent accompagnés par des affleurements limités des sols des sebkhas et chotts. Dans une étude plus approfondie, **Hamdi Aissa (2001)** a identifié cinq pédopaysages : gypso-calcaire sur le plateau ; alluvio-éolien et régosolique sur le versant ; gypseux, avec des sous-systèmes (à croûte gypseuse de surface et gypso-salin) sur le chott ; et salin dans la sebkha. Ainsi, la dominance des horizons gypsiques est bien apparente dans ses pédopaysages.

V. HYDROLOGIE

V.1. Hydrographie

Comme les précipitations sont rares et très irrégulières au Sahara, le ruissellement est de caractère sporadique. Ce qui entraîne une désorganisation du réseau hydrographique avec un éparpillement de l'eau en des points d'eau : gueltas, mares, etc. (**Capot-Rey, 1952**). Au niveau de la zone d'étude, selon **Dubief (1959)** et **Amat (1888)**, l'endoréisme caractérise l'hydrographie régionale. Ainsi, les bassins versants Mya (oued descendant de Tademaït), M'zab et N'sa (oued descendant de la dorsale mozabite) constituent le réseau hydrographique qui aboutit à la sebkha Sefioune, Nord de la cuvette d'Ouargla (**Figures 10** et **11**). Mais, le ruissellement est un phénomène insignifiant.

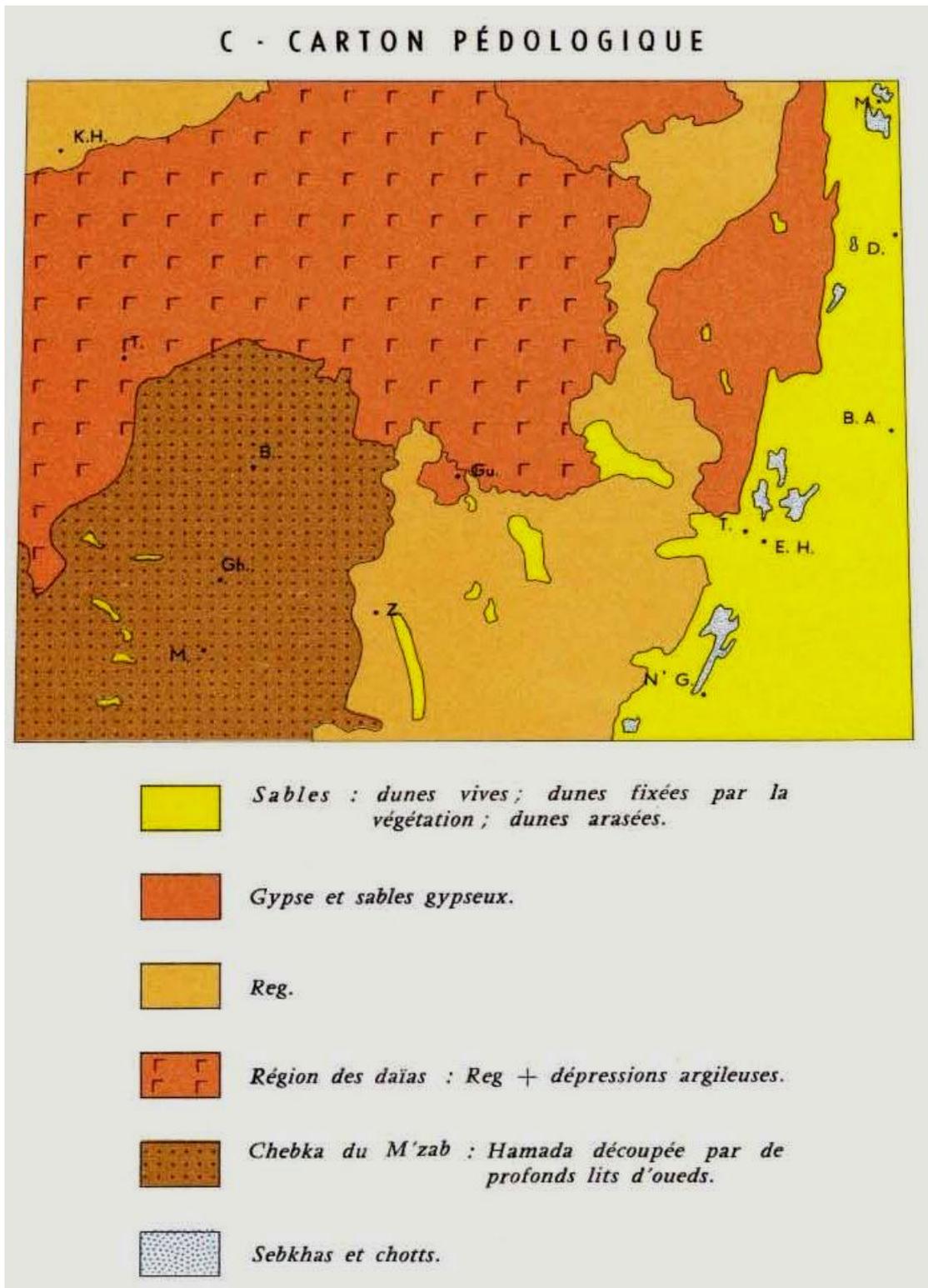


Figure 8. Carton pédologique extrait de la carte de végétation d'Algérie, feuille de Ghardaïa (Barry *et al.*, 1974)

Légende : N'G : N'Goussa ; T : Touggourt ; E.H. : El Hadjira ; D : Djamaa ; M : Meghaier ; Z : Zelfana ; Gu : Guerrara ; M : Metlili ; Gh : Ghardaia ; B : Bariane ; K.H. : Kheneg.

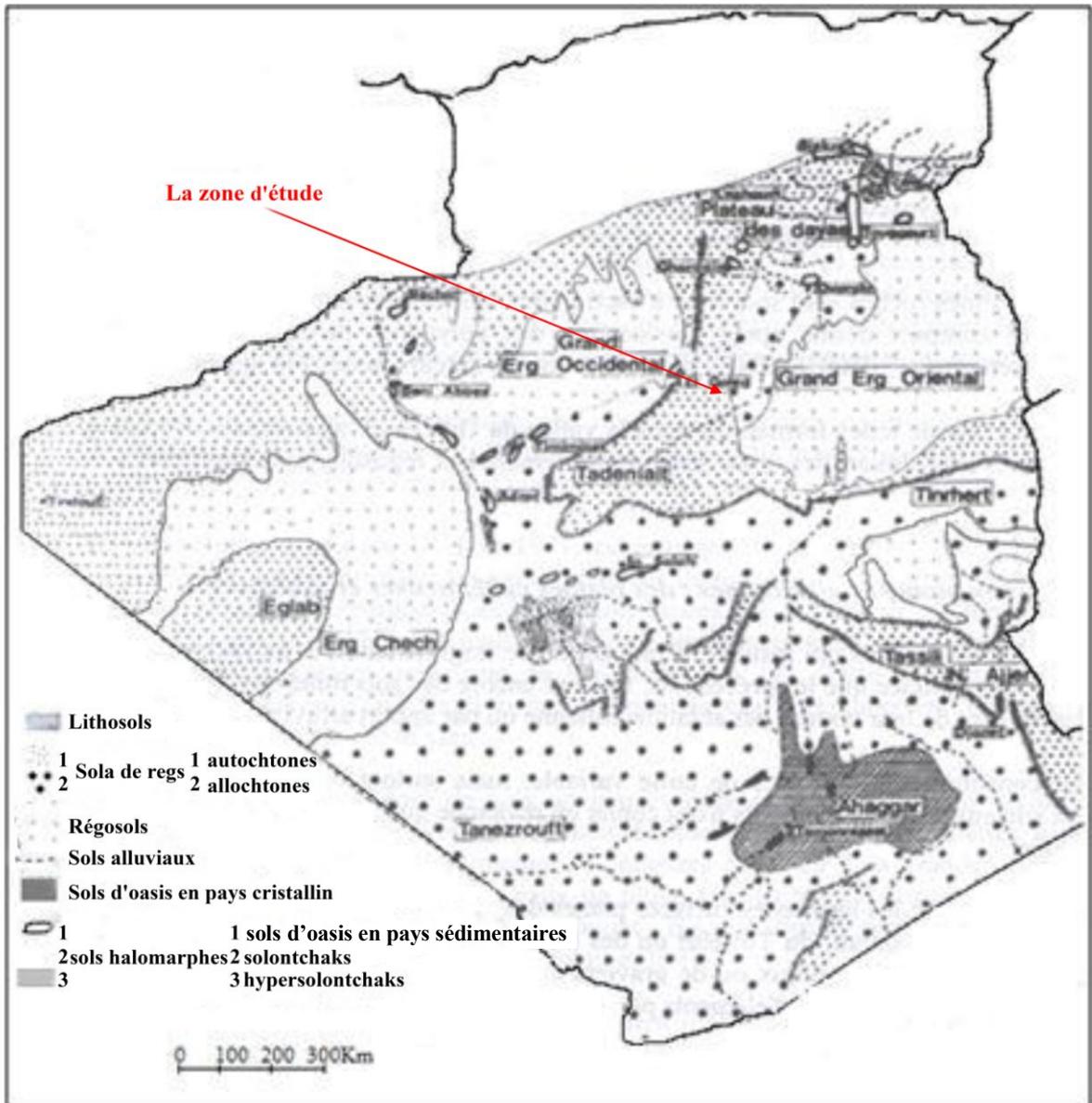


Figure 9. Carte pédologique simplifiée du Sahara (Dubost, 1992)

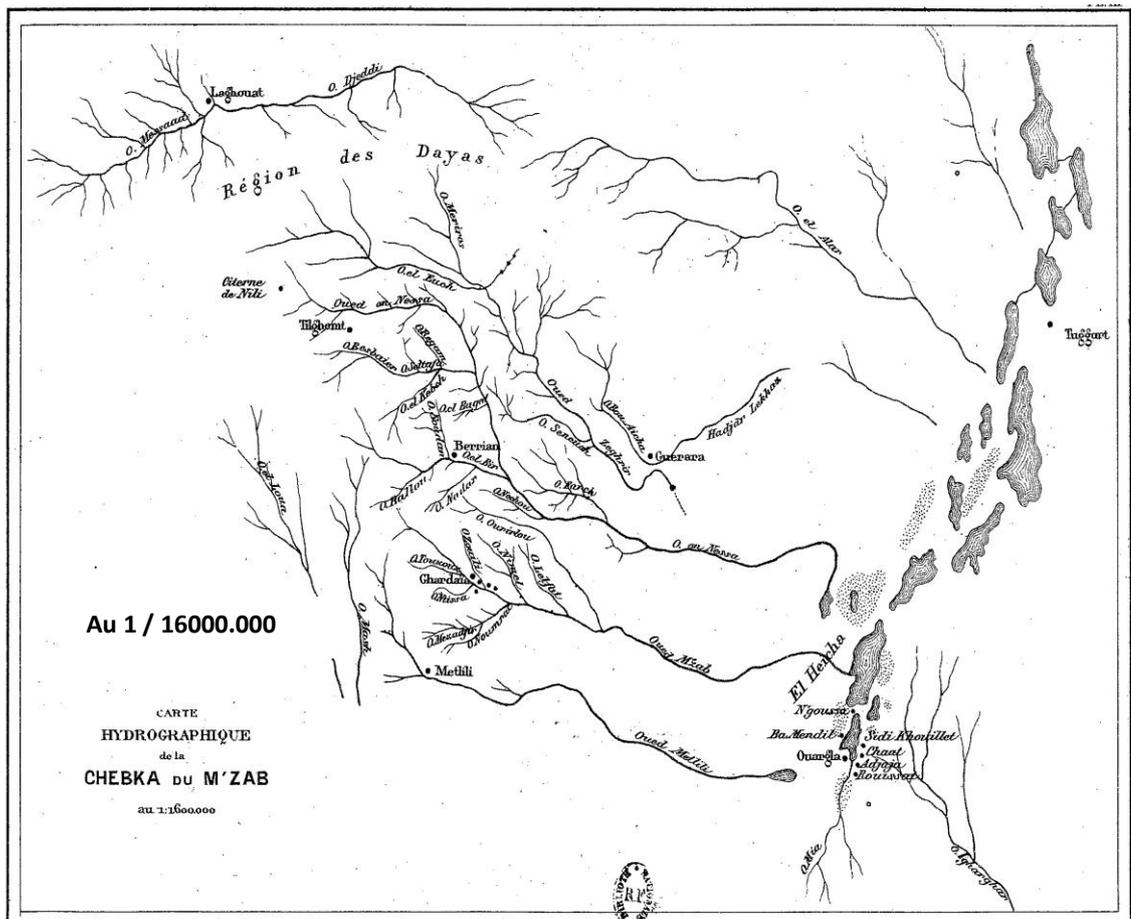


Figure 10. Carte hydrographique de la chebka du M'Zab (Amat, 1888)

Légende :  : Oued ;  : Sebkhia ;  : Palmeraie

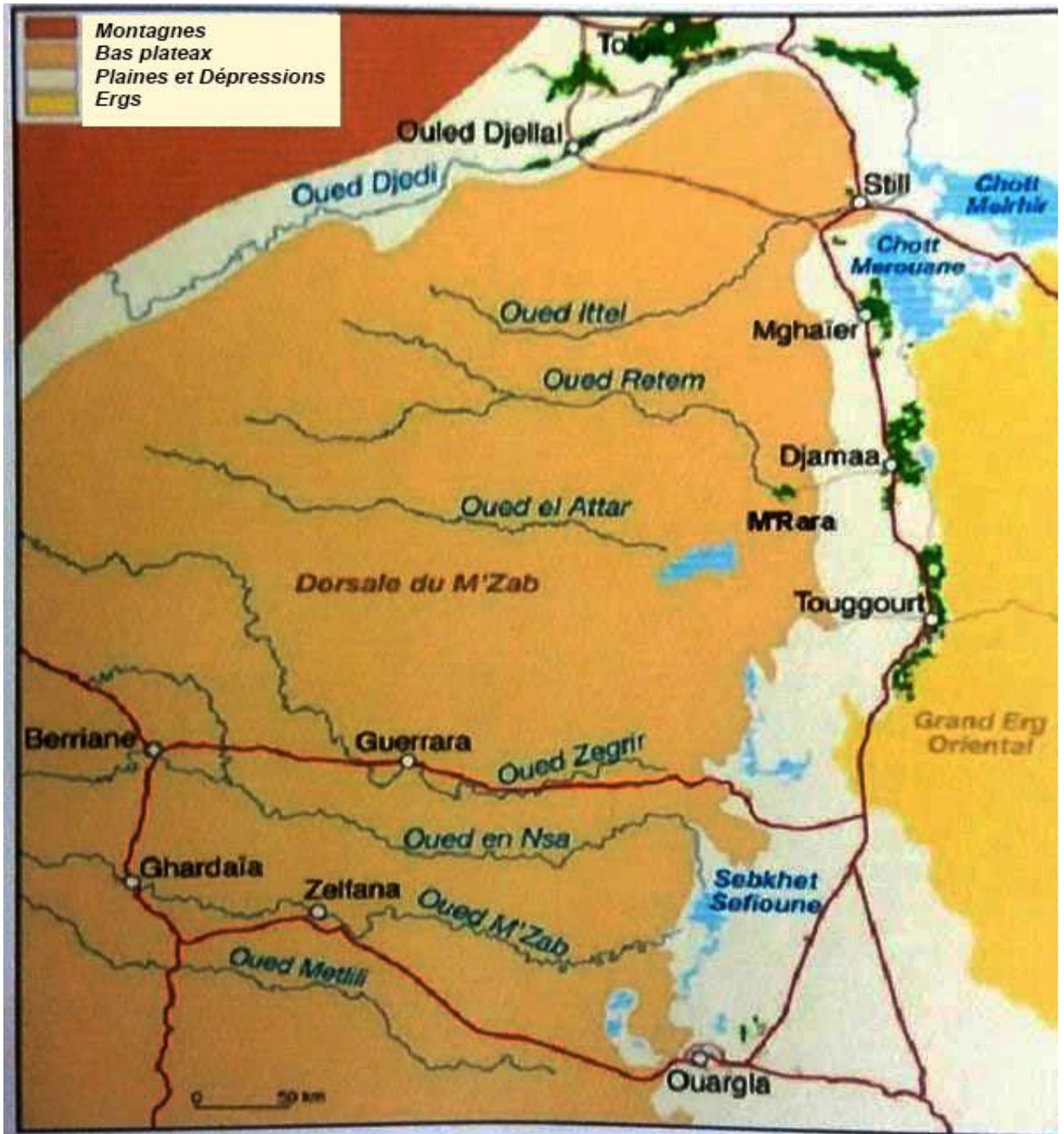


Figure 11. Réseau hydrographique dans la zone d'étude (Ballais, 2010)

V.2. Hydrogéologie

Au Sahara septentrional, le bassin sédimentaire avec une surface de 780 000 km² et un maximum d'épaisseur de 4000 à 5000 m, forme un vaste bassin hydrogéologique (Castany, 1982). Ce dernier se distingue par la superposition de deux ensembles aquifères (Figure 12a).

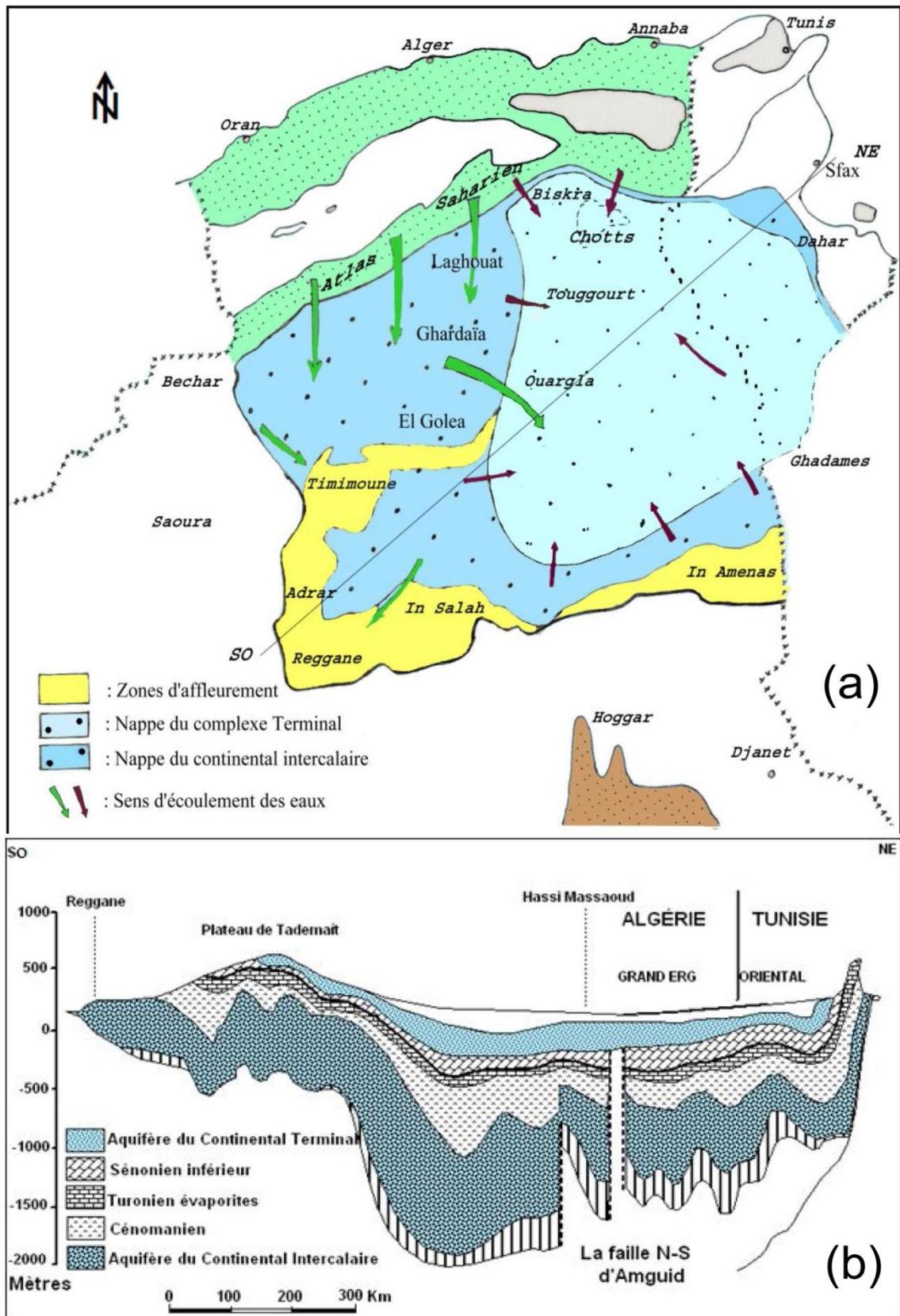


Figure 12. Réservoirs souterrains d’eau (UNESCO, 1972) : (a) Carte hydrogéologique du système aquifère : Continental Intercalaire (CI) et Complexe Terminal (CT); (b): Coupe hydrogéologique synthétique du Sahara septentrional.

Comme le montre la figure 12b, la zone d'étude se situe dans le bassin du Sahara septentrional qui est caractérisé par des formations aquifères favorables à la circulation souterraine des eaux. Celui-ci comprend le fameux système aquifère du Sahara septentrional « SASS » (OSS, 2003). Globalement, le grand bassin sédimentaire du Sahara septentrional englobe deux principaux aquifères qui sont relativement indépendants. Nous distinguons de bas en haut :

- à la base, la nappe du continental intercalaire (CI) ou "Albien" (de nature gréseuse), c'est l'un des plus grands réservoirs captifs du monde ;
- la nappe du complexe terminal (C.T.), comme son nom l'indique, elle est hétérogène surtout au sommet. En effet, nous distinguons, les nappes phréatiques qui caractérisent les dépressions et les vallées du Sahara. Elles sont alimentées par les pluies, les crues, les eaux de drainage. Et très souvent, elles reçoivent aussi, les sources en provenances des aquifères plus profondes ou encore les fuites des ouvrages exploitant ces dernières (Zeddouri, 2010).

En suite, nous apercevons la nappe du Mio-Pliocène, formant la couche supérieure, avec différents aquifères situés dans plusieurs formations géologiques : Sénonien et Eocène carbonatés et Turonien (OSS, 2003).

Le Sahara algérien détient en termes de ressources en eaux, des potentialités évaluées à 5 milliards de m³ (A.N.R.H, 2000).

VI. FLORE, VÉGÉTATION ET OCCUPATION DES SOLS

La flore saharienne avec 668 taxons dont 147 endémiques suivant les flores de **Quézel et Santa (1962-63)** et **Ozenda (2004)**, demeure une flore pauvre par rapport à la dimension spatiale recouverte et aux autres zones biogéographiques.

Du point de vue systématique, notamment au niveau des familles, où des caractères originaux s'avèrent plus discriminants comparativement aux autres entités systématiques (**Ozenda, 2004**). Certaines d'entre elles sont prédominantes au Sahara : les Asteraceae, les Poaceae et les Fabaceae (**Quézel, 1978**). Pour le Sahara septentrional, après les Asteraceae s'échelonnent les Chenopodiaceae, les Brassicaceae, les Fabaceae et les Poaceae (**Chehema et al., 2005**).

Sur le plan biologique, les conditions écologiques au Sahara septentrional sont défavorables pour la vie des plantes qui impliquent des caractéristiques biologiques bien distinctives. Surtout que la productivité est tributaire de la disponibilité en eau. Cette disponibilité est liée aux facteurs climatique, édaphique et topographique (**Benseghir, 1987**). Il apparaît une proportionnalité entre la pluviosité et la quantité de matière végétale qui est présente par unité de surface (**Ozenda, 2004**). Face à cela, des adaptations à la sécheresse s'imposent et conséquemment les végétaux vont devoir acquérir des stratégies extrêmement variées. Certaines plantes écourtent leur cycle de développement de manière à supprimer toutes leurs parties aériennes durant la période critique, alors, elles résistent, soit sous forme de graines, soit sous forme d'organes souterrains dont les rhizomes et les bulbes. Contrairement à d'autres plantes qui gardent leurs parties aériennes tout en ayant des dispositifs anatomiques en vue de leur garantir un meilleur approvisionnement en

eau et d'atténuer leurs pertes par évaporation (**Ozenda, 2004**). Ainsi, les plantes peuvent être classifiées en deux catégories : les espèces temporaires et les espèces permanentes.

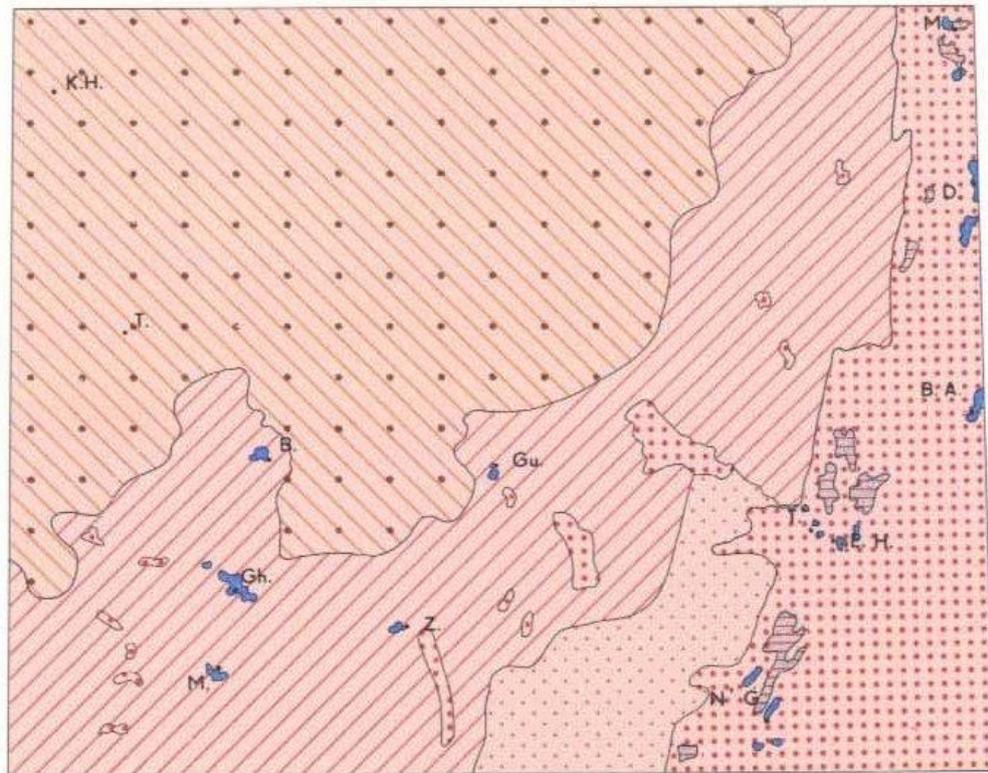
Nonobstant, l'immensité du territoire, le Sahara se caractérise par la relative faible proportion des habitats favorables, au maintien d'une couverture végétale (**Le Houérou, 1990 ; Ozenda, 2004**). C'est surtout au niveau des oueds et des vallées sèches où se trouvent les groupements végétaux les plus diversifiés contrairement aux habitats dunaires (ergs) qui se caractérisent par une grande pauvreté floristique. Les plus grandes étendues où plateaux pierreux, avec leur homogénéité physionomique, forment l'habitat le plus pauvre et occupent en proportion le territoire le plus important. La végétation, à déterminisme géomorphologique, est intimement liée à l'habitat qui la réfugie (**Barry et al., 1968a,b et 1974**).

Le couvert végétal de la région d'Ouargla est un héritage des espèces, d'origine plus humide, espèces méditerranéennes ou tropicales. Il présente des adaptations au désert qui se manifeste par des caractères morphologiques ou physiologiques nouveaux. L'étude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien a révélé la présence de 74 espèces subdivisées en plantes vivaces (30) et éphémères (44) (**Chehema et al., 2005**). Aussi, la relation de la flore avec les conditions climatiques a été mise en exergue par **Chehema et Youcef (2009)**. Selon ces auteurs, la survie, la prolifération et la composition chimique de cette flore sont étroitement dépendants des variations climatiques.

Pour ce qui est de la végétation, au niveau du 32^{ème} parallèle des latitudes Nord de la contrée d'Ouargla, de l'Ouest à l'Est, se succèdent cinq formations végétales. Ce sont la steppe à *Aristida plumosa* et *Traganum nudatum* puis celle d'*Aristida plumosa* avec l'espèce *Randonia africana*, suivies par les dunes à *Aristida pungens*. Vient ensuite la steppe sableuse à *Aristida acutiflora* et *Cornulaca monacantha* Del. qui domine en présence des espèces *Anabasis articulata* et *Haloxylon Schmittianum* où s'infiltrant des dunes à *Aristida pungens*. Sur les dunes arasées, ce sont les formations à *Danthonia forsskaolii*, *Moltikia callosa* et *Aristida acutifolia* (**Figure 13**).

Pendant les années **1968b** et **1974**, **Barry et al.** ; ont rapporté qu'à travers ces formations, des associations ont été notées au niveau du plateau du Hamada. Il s'agit de deux associations végétales steppiques : (1) la steppe à *Aristida plumosa*, caractéristique des sols sur grès à texture grossière en surface et *Traganum nudatum*, plante gypsophile des sols sablo-gypseux et des sols sableux qui présentent en profondeur un encroûtement gypseux de nappe (**Pouget, 1980**) ; (2) l'association de la steppe à *Aristida plumosa*, *Anthylis sericea* ssp, *Anthylis henoniana* (**Ozenda, 2004**) et *Traganum nudatum*, domine l'embouchure de l'Oued N'sa à l'ouest de la Sebkhha de Sefioune.

F - CARTON BOTANIQUE et UTILISATION DU SOL



DOMAINE du SAHARA SEPTENTRIONAL

Terrains de parcours :

-  *Steppe buissonneuse et daïas à Bétoum.*
-  *Steppe buissonneuse claire.*
-  *Steppe claire.*
-  *Végétation des terrains sablonneux.*
-  *Végétation des terrains salés.*
-  *Oasis.*

Figure 13. Carton de la végétation du Sahara septentrional extrait de la carte de végétation d'Algérie, feuille de Ghardaia (**Barry et al., 1974**)

Légende : N'G : N'Goussa ; T : Touggourt ; E.H. : El Hadjira ; D : Djamaa ; M : Meghaier ; Z : Zelfana ; Gu : Guerrara ; M : Metlili ; Gh : Ghardaia ; B : Bariane ; K.H. : Kheneg.

Chapitre II.

Caractérisation climatique et bioclimatique de la zone d'étude

I. INTRODUCTION

L'Algérie du Nord a bénéficié de nombreux travaux ayant trait à la caractérisation climatique et bioclimatique, depuis ceux de **Seltzer (1946)**. Par contre le Sahara algérien n'a fait l'objet que de très peu de travaux. C'est-à-dire, depuis le fameux travail de **Dubief (1959-1963)**, sur le climat du Sahara, quelques travaux ont suivis, dont **Quézel (1978)** ; **Monod (1992)** ; **Le Houérou (1990, 1995b)** et **Hirche et al. (2007)**.

Pour **Dubief (1959)**, le Sahara est soumis à un groupe de climats assez différents, bien qu'ayant des caractères essentiels communs. Au sens climatique, au moins deux Sahara distincts, l'un sous l'influence des dépressions soudano-sahariennes, l'autre sous celles des vents d'été. Ceux-ci se subdivisent à leur tour, suivant la situation altitudinale, le degré de continentalité, le voisinage à la région climatique méditerranéenne ou à celle du Soudan. Mais au sens bioclimatique, **Le Houérou (1990)** a identifié cinq types, S. méditerranéen, S. tropical, S. central planétaire, S. altitudinal et altimontain et le S. océanique. Toutefois, si nous ne voulons pas risquer de généraliser des caractéristiques qui ne sont propres qu'à une région, cette diversité climatique et bioclimatique impose d'étendre son étude à l'ensemble du pays et surtout de l'Atlantique à la Mer Rouge (**Dubief, 1959**).

Des études récentes signalent des modifications, au niveau du climat (**Cassou, 2004**) et de l'enveloppe méditerranéenne (**Roumieux et al., 2010**). De même, des affirmations avançant que la répartition des zones climatiques sur le globe, latitudinales dans sa plus grande partie n'est qu'un état transitoire (**Petit-Maire, 2012**). Il est donc primordial, pour augurer de notre future, de comprendre les mécanismes qui régissent les changements climatiques touchant le Sahara. Mais, plus particulièrement, l'étude vise à caractériser le climat saharien à une échelle plus grande autrement-dit, des précisions quant au climat actuel (évolution) régnant, au niveau de la zone d'étude. Aussi, il est question de développer des questions annexes, comme la position de l'anticyclone saharien qui œuvre par voie de conséquence ses types de temps.

Cependant, l'étude climatique à fortiori bioclimatique approfondie du Sahara, demeure plus ou moins problématique à cause de la faible densité du réseau, de lacunes dans les séries d'observations, voire l'absence totale de certaines données récentes.

Après avoir donné l'essentiel des caractéristiques du milieu naturel de la zone d'étude (du Sahara septentrional central) dans le 1^{er} chapitre, nous analysons successivement les données climatologiques suivant les approches dynamique, statique et bioclimatique (complétées dans le chapitre III. 3.) menant à déterminer le bioclimat et sa signification phytoécologique.

II. MÉTHODOLOGIE

II.1. Aspect dynamique

L'étude du climat ne peut pas être considérée comme une simple sommation de données physiques de l'atmosphère aussi nombreuses et précises que possible. Mais elle doit adopter une

perspective dynamique. Cette dernière pallie la déficience de la démarche descriptive qui s'avère un préalable indispensable, pour l'analyse climatique. En fait, la démarche descriptive ne prend pas les critères génétiques des éléments climatiques (ceux-ci sont prévus dans le point III.2 de ce chapitre) et demeure statique et séparative. C'est pour cela que l'intégration des facteurs dynamiques à la combinaison naturelle que représente la situation météorologique instantanée est primordiale pour approfondir les explications. Notamment, en ce qui concerne les combinaisons les plus typiques entre autres les types de circulation et les types de temps (**Godard et Tabeaud, 2009**).

En effet, la dynamique générale de l'atmosphère apparaît à travers 1) les grands centres d'action et flux, 2) les masses d'air, fronts et perturbations, 3) les types de circulation et type de temps, et 4) la variabilité climatique. Pour des raisons d'ordre pratique, nous nous sommes limités dans la présente étude qu'à la partie relative aux masses d'air, fronts et perturbations. Pour cette approche, et à défaut des moyens, nous avons été contraints d'effectuer que des compilations sur des travaux antérieurs et récents dont **Cassou (2004)** afin de discerner les mécanismes climatiques caractérisant le Sahara septentrional central.

II.2. Aspect statique

À ce propos, les principaux paramètres mesurables de l'atmosphère sont définis et caractérisés.

II.2.1. Caractéristiques et données des stations climatiques de référence

Le réseau climatique saharien est loin d'être satisfaisant. Du fait que les stations lorsqu'elles existent, sont mal placées. Implantées nécessairement aux endroits habités, sur des collines ou des oasis étendues dans des dépressions, sont très discutables. Au sein de ces dernières, points singularisant le Sahara, nous remarquons, les mauvaises conditions d'observation pour étudier le macroclimat saharien, ainsi rapporté par **Dubief (1959)**. Présentement, ces défauts sont en voie de disparition, par suite du déplacement et /ou de l'emplacement de nouvelles stations météorologiques classiques auxquelles peuvent être associées des stations automatiques (partiellement fonctionnelles), à proximité des aéroports. Où le climat avoisine très sensiblement celui du véritable désert. Sachant, que cette imperfection ne peut être résolue entièrement que le jour où nous disposerons uniquement des stations automatiques installées en des lieux techniquement attractifs et seront complètement fonctionnelles.

À cela s'ajoutent les difficultés d'accès aux données, et quand elles sont disponibles leur discontinuité complique leur traitement de façon rigoureuse.

Suite à cela, nous avons été amenés à restreindre notre source de données pour ce chapitre. C'est la station régionale d'Ouargla qui a été retenue. Ainsi que pour la statistique générale et nous l'avons établi, autant que possible, sur une période de 39 ans qui s'étend de 1978 à 2017. Cette période est relativement raccourcie (à cause de l'homogénéité des données) pour l'étude bioclimatique, surtout pour l'analyse écoclimatique des espèces à travers le quotient pluvio-évapotranspiratoire (P/ETP) (**Le Houérou et al., 1995b**). Elle s'étale de 1991 à 2017, soit 27 ans.

Mais par rapport aux sources de données, elle est élargie pour les stations météorologiques de Touggourt et d'El-Oued.

En effet, la situation et les caractéristiques de ces 3 stations sont consignées dans le **tableau 1**. Elles cadrent bien avec la zone d'étude, se trouvant entre les longitudes Est (**05° 24'** et **06° 47'**) et les latitudes Nord (**31° 56'** et **33° 30'**) ; avec en moyenne une distance de 160 Km entre chacune d'elles, soit une couverture d'une station par environ 150 Km². Quant aux altitudes, elles se graduent entre 63 m et 142 m.

II.2.1.1. Présentation des stations climatiques de référence

Nous représentons dans le tableau 1, les stations avec leurs coordonnées géographiques et l'altitudinales.

Tableau 1. Situation et caractéristiques des stations météorologiques

Stations	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude	Périodes
Ouargla	31° 56'	5° 24'	142 m	1978- 2017 1991- 2017
Touggourt	33° 04'	06° 05'	87m	1991- 2017
El-Oued	33° 30'	06° 47'	63 m	1991- 2017

Source : O.N.M. Ouargla (2016)

II.2.1.2. Données climatiques disponibles

La définition des climats à différentes échelles dont régionale, est tributaire des données climatiques après s'être normées et moyennées. Ces dernières sont employées pour définir le bioclimat qui se prête à la généralisation spatiale et par voie de conséquence conduit à l'analyse géographique des phénomènes (**Tuhkanen, 1980 in Meddour, 2010**). C'est grâce à ces données moyennes, communément désignées ombrothermiques (**Annexe 1**) qui touchent les régimes climatiques que peut être entreprise la caractérisation bioclimatique d'une contrée (**Richard, 1997**).

II.2.1.3. Paramètres climatiques et bioclimatiques à analyser

Plusieurs auteurs dont **Dubief (1963)**, **Daget et al. (1988)** et **Meddour (2010)**, recommandent d'étudier certains paramètres climatiques et bioclimatiques pour une étude fine et contemporaine. En rapprochant cette perspective aux conditions sahariennes, notre étude s'est focalisée sur ce qui suit :

1. un premier ensemble de valeurs énergétiques qui englobent celles du rayonnement solaire (Insolation moyenne mensuelle (**Imm**), Insolation moyenne annuelle (**Ima**), fraction d'insolation (**fi**)) et thermiques (**T, t min, t max, m, M**) ainsi que l'**amplitude annuelle moyenne (A)**, et l'**amplitude annuelle extrême (Amax)** permettant d'exprimer le thermoclimat ;

2. un second comprenant l'ensemble des valeurs ombriques (hydrologiques) afin de caractériser l'ombroclimat à travers les précipitations (**Pan**, **Pmax** et **Pmin**), l'humidité relative (**Hr.**) et l'évaporation (**E**) ;

3. un troisième d'ordre aérodynamique qu'est la vitesse du vent ;

4. un quatrième comportant l'ensemble des paramètres synthétiques (indices bioclimatiques) combinant des séries chiffrées de nature différente et cartographique, pour la caractérisation bioclimatique. Ce sont le quotient pluviothermique d'Emberger « **Q** », l'indice xéothermique de **Bagnoul et Gausse (1957)** "**X**", l'évapotranspiration « **ETP** » et le quotient pluviotranspiratoire "**P/ETP**" (**Le Houérou et al., 1995b**).

II.2.2. Traitement des données

L'étude paramétrique des données climatologiques analytique et synthétique a découlé des différents types de traitements statistique et graphique.

II.2.2.1. Expression numérique des facteurs climatiques

Dans ce contexte, nous avons déterminé les moyennes, les totaux et les amplitudes. Ainsi, les applications effectuées sont ci-après.

Les moyennes : elles sont comptées pour les paramètres comme la pression, les températures, l'humidité relative et la vitesse des vents.

Les totaux : ils sont obtenus par des cumuls des valeurs. Nous les avons calculé pour la pluviosité, l'évaporation et l'insolation ;

Amplitudes thermiques : elles s'obtiennent par la différence entre les températures.

II.2.2.2. Indices bioclimatiques

Nous avons examiné les principaux indices qui ont été proposés pour les climats méditerranéens et sahariens, ces indices ont généralement trait à l'aridité, facteur essentiel du climat.

II.2.2.2.1. Quotient et climagramme pluviothermique d'Emberger

Emberger propose le calcul d'un Quotient, expression empirique de l'efficacité des pluies, nommé Quotient pluviothermique d'Emberger "**Q₁** et **2**". Ensuite, **Stewart (1969, 1975)** a démontré qu'après simplification, ce quotient peut s'inscrire sous la forme de **Q₃**. Ils sont formulés de la manière suivante :

$$Q = Q_1 = 1\,000 \frac{P}{\frac{(M+m)}{2}} \rightarrow Q_2 = 2000 \frac{P}{M^2 - m^2} \rightarrow Q_3 = 3.43 \frac{P}{M - m}$$

P (mm) est la pluviosité moyenne annuelle, **M** la moyenne des maxima, du mois le plus chaud, **m** la moyenne des minima du mois le plus froid et **(M+m)/2** est très voisin de la température moyenne annuelle (Remarque : pour le calcul du **Q₂**, les températures sont exprimées en **degré**

Kelvin). P sur $(M+m)/2$ est donc équivalent à l'indice de De Martonne ($I= P/(T+10)$) où il exprime que la pluie est d'autant moins efficace que la température est plus élevée (suite à l'augmentation simultanée de l'évaporation). L'amplitude thermique moyenne annuelle représentée par $(M-m)$ peut être envisagée comme un indice de continentalité. Cette dernière va en général de pair avec une sécheresse atmosphérique qui accentue les pertes en eau.

Le principe établi par Emberger est que la station météorologique de la région étudiée, soit reportée sur un climagramme qui comprend en abscisse, la valeur de m et en ordonnée, celle du coefficient pluviothermique Q . Il faut juste déterminer le point d'intersection correspondant à la station étudiée pour définir l'étage climatique plutôt "étage bioclimatique" tel nommé par Emberger. Il est à souligner que les limites d'étages ne sont ni des droites ni des fonctions simples. Généralement, lorsque m diminue, le seuil minimum de Q concordant à un étage diminue. Cet auteur admet qu'étage de végétation et étage bioclimatique sont les deux facettes d'une même réalité et donc exactement superposables. Il subdivise les étages de végétation en sous-étages délimités par des valeurs seuils de m communément sont : 0° , 3° et 7° C. Ainsi, le terme de variante leur a été attribué.

En effet, ce système de classification est basé sur le fait qu'une région est d'autant plus aride que le Q correspondant est le plus petit. Il s'agit d'un climat désertique atténué, lorsque la valeur de ce coefficient est comprise entre **2** et **10** et désertique absolu, lorsqu'elle est inférieure à **2**.

Toutefois, d'après la bibliographie la définition des deux paramètres climatiques pris en compte (Q et m) est discutable et on peut, en revanche, s'interroger s'ils suffisent à caractériser le bioclimat. La difficulté ayant trait à la validation des résultats par la confrontation des données du climat et de la végétation, n'est pas quelque chose de théorique. Notamment, lorsque l'aire du diagramme correspondant à un bioclimat est discontinue ou en cas de chevauchement entre bioclimats. C'est d'ailleurs, Emberger lui-même qui avait songé à utiliser un indice d'évapotranspiration du type Thornhwaite.

II.2.2.2.2. Système de Bagnouls et Gaussen (1953-1957)

Sur un graphique unique, le "diagramme ombrothermique", **Bagnouls et Gaussen (1953)** ont représenté les moyennes des précipitations (courbe ombrique) et thermiques mensuelles (courbe thermique). L'échelle en mm de la première est la moitié de celle en degrés Celsius de la seconde. Quand les courbes se croisent, nous avons $P = 2T$ et nous déterminons la durée de la période sèche par la relation $P \leq 2T$. Pour préciser l'intensité de la période sèche et par souci de comparaison, **Bagnouls & Gaussen (1953)** ont proposé l'indice xérothermique "X", qui détermine le nombre moyen annuel de jours « biologiquement secs ». Ceux-là sont observés au cours des mois secs de l'année selon le critère : $P / T \leq 2$. Où ces auteurs précisent qu'un mois est sec, si le rapport des moyennes mensuelles de la pluviosité, par la température est inférieur à **2** (**Guyot, 1999 in Meddour, 2010**). Les jours secs doivent être non seulement des jours sans précipitations (pluies, brouillard, rosée), mais leur humidité relative moyenne de l'air doit également être inférieure à **40 %**. Donc, nous ôtons du nombre de jours des mois où $P \leq 2T$, les jours de pluie, de brouillard ou d'humidité atmosphérique forte. Nous définissons alors les climats sur la base de cet indice, ainsi, éclairé par le **tableau 2**.

Tableau 2. Définition des climats suivant les classes de X

Valeurs de X	Types de climat
$X > 300$	climat désertique
$200 < X < 300$	Climat sub-désertique
$150 < X < 200$	Climat xéothermo-méditerranéen
$100 < X < 150$	Climat thermo euméditerranéen
$40 < X < 100$	Climat méso euméditerranéen
$0 < X < 40$	Climat subméditerranéen

II.2.2.2.3. Évapotranspiration et quotient pluvio-évapotranspiratoire

Le quotient pluvio-évapotranspiratoire est un critère bioclimatique de classification le plus fiable (Le Houérou, 1995b). En s'appuyant sur le « logiciel instat+ », nous avons pu déterminer l'ETP et le quotient pluvioévapotranspiratoire (P/ETP) (Annexe 1: Tableaux 29 et 30 et Annexes 2 & 3) et établir le graphique qui est représenté par la figure 29. Ainsi, le degré d'aridité a pu être précisé pour les 3 régions : Ouargla, Touggourt et El Oued.

Par le biais du logiciel instat+, le quotient P/ETP a été déterminé pour les 3 régions du Sahara septentrional central : Ouargla, Touggourt et El Oued (Annexe 1 : Tableau 30). Suivi par une interprétation synthétique des données qui parvient à définir les types de bioclimats sahariens, en se référant à la classification présentée dans le tableau 13.

II.2.2.3. Représentation graphique

Pour cela, les illustrations exprimées sont les courbes pour les températures, la pluviosité, l'humidité, la vitesse du vent, l'insolation, l'évaporation ainsi que pour le quotient pluvio-évaporatoire "P/ETP". D'autres présentations graphiques ont été appliquées dont le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson, et le climagramme d'Emberger qui permettent de combiner les deux paramètres entre eux.

III. RÉSULTATS

III.1. Approche dynamique : aspect météorologique

III.1.1. Caractères de la circulation atmosphérique

III.1.1.1. Situation générale

Selon la littérature, l'Algérie est rattachée à l' "aire isoclimatique méditerranéenne", au vu des caractéristiques climatiques, principalement la sécheresse estivale et sa conséquence sur la végétation en place (stress hydrique) (Daget, 1988 ; Quézel et Médail, 2003 ; Le Houérou, 1995a & b et 2004 ; Meddour, 2010).

En fait, le climat Méditerranéen est influencé par différents systèmes de pression, à savoir l'Anticyclone des Açores, la Dépression d'Islande, l'Anticyclone Sibérien et la Zone de Convergence Inter-tropicale (**Capot-Rey, 1952 ; Nabli, 1995**). Ainsi, la situation de la zone d'étude, au Sahara septentrional central, l'expose à une situation météorologique plus complexe, puisqu'elle est sous l'influence de deux régimes, méditerranéen, cyclones atlantiques (**Cassou, 2004 ; Petit-Maire, 2012**) et saharien, l'Anticyclone saharien (**Capot-Rey, 1946 et Pagney, 1976**).

A l'échelle planétaire, la distribution de ces grands **centres d'action météorologiques** est directement liée aux quantités d'énergie que la terre reçoit du soleil de manière uniforme.

Aux latitudes subtropicales où l'identification des hautes pressions est plus nette, le mouvement de la colonne d'air y est subsident et donc les vents divergents au sol, c'est ce qui est à l'origine de la sécheresse (**Godard et Tabeaud, 2009**) et l'aridité du climat au Sahara.

III.1.1.2. Principales caractéristiques du climat atmosphérique intéressant la région d'Ouargla

Suivant la bibliographie, par sa situation au Nord du 30^{ème} parallèle (environ à sa proximité), la zone d'étude peut être alignée à la zone subtropicale méditerranéenne. Avec un climat caractérisé par une alternance régulière d'une saison hivernale relativement froide et pluvieuse, est relativement courte avec une saison estivale très chaude, sèche et assez longue.

En effet, par sa position géographique, la région d'Ouargla présente le double aspect d'un **climat méditerranéo-saharien**. Ainsi, nous rejoignons ce qui a été évoqué par **Emberger (1950) et Bagnouls et Gausson (1957)**. Avec des hivers doux et des étés secs et chauds caractérisant un climat méditerranéen et des précipitations relativement faibles, à caractère orageux soulignant l'influence d'un climat désertique.

III.1.1.3. Masses d'air et types de temps

Il existe trois principales masses d'air qui se distinguent selon leurs caractéristiques : masses d'air arctiques (ou antarctique), polaires et tropicales. Néanmoins, dans la même zone, elles diffèrent suivant les fuseaux continentaux ou océaniques et suivant les saisons. Dans le cas de la présente étude, nous nous focalisons sur les masses d'air tropicales. Celles-ci sont originaires des anticyclones subtropicaux situés sur les océans (tropical maritime) ou bien formés sur les continents des mêmes latitudes (tropical continental). Souvent au Sahara, l'air tropical continental est doux, sec et stable en hiver. En été, il se réchauffe beaucoup, mais l'instabilité est limitée aux basses couches tant qu'il ne quitte pas le continent (**Godard et Tabeaud, 2009**).

III.1.1.3.1. Type de circulation et type de temps

Trois échelles spatio-temporelles distinctes s'intègrent dans la réalité quotidienne du temps : l'échelle zonale des grands flux aux changements lents, l'échelle régionale des masses d'air pluri-horaires et journalières ainsi que l'échelle locale aux modifications rapides, horaires. L'imbrication de ces trois échelles donne à chaque situation atmosphérique au-dessus d'un lieu sa

particularité et sa variabilité. La durée moyenne d'un type de temps est variable (de quelques heures à de longues semaines).

Plusieurs auteurs ont abordé l'analyse des différentes situations météorologiques intéressant l'Afrique du nord dont la zone limitrophe (cf. **Figure 14**), mais dans notre cas, nous rapportons celui de **Capot-Rey (1952)** qui a étudié les types de temps en Algérie et au Sahara. Ainsi, il compte parmi les travaux les plus intéressants pour le Sahara. Dans celui-ci, **Queney (cité par Capot-Rey, 1952)** est parti de la notion de "front" ou surface de discontinuité limitant des masses d'air d'origines différentes et selon **Bjoerkness in Capot-Rey (1952)** le front par excellence étant celui qui sépare "les masses d'air polaires des masses d'air tropicales". Où, il précise la structure de ces masses d'air tropicales dont dépend leur importance. Car il ne s'agit plus d'anneau continu de hautes pressions, ni même de noyaux anticycloniques établis sur les océans, mais de grandes "cellules" étendues à tout le continent..., allongés OSO-ENE et au niveau desquelles le vent souffle du NE sur le bord oriental, du SO sur le bord occidental. En fait, il a été différencié trois cellules tropicales: c. atlantique, c. pacifique et africo-asiatique. Celles-ci recouvrent partiellement la cellule polaire et la cellule tropicale avec laquelle, elle est en contact à l'Ouest "O" (**Queney et Bjoerkness in Capot-Rey, 1952**).

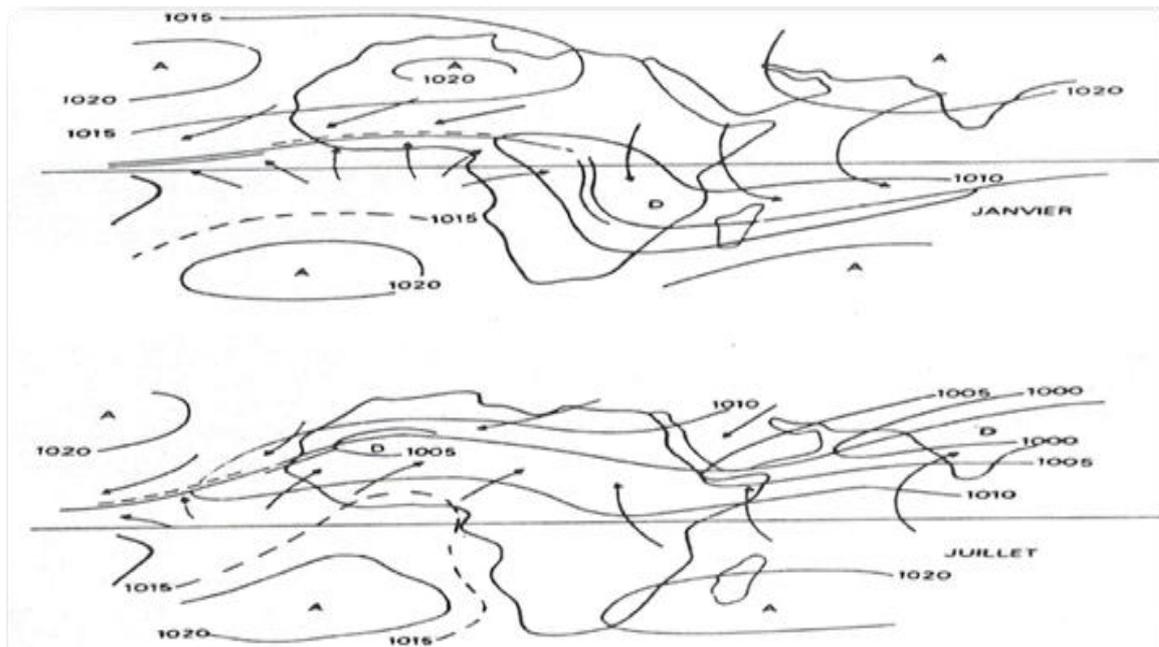


Figure 14. Répartition moyenne des pressions en Afrique en janvier et juillet (Nabli, 1995)

Légende : A : anticyclone ; D : dépression

La notion de front est étalée à d'autres contacts qu'à ceux de l'air polaire et de l'air tropical. Deux principaux fronts sont différenciés : **FIT** (front intertropical) et **FT** (front tropical) et occasionnellement le **FM** (front méditerranéen : résultat des vents européens NE et vents africains du SO.). Dans notre cas, le front tropical où front des alizés joue un rôle capital, car

c'est le long de ce front que prennent naissance les dépressions nommées "sahariennes" ou "saharo-soudanaises" et qui se propagent du **SO** vers le **NE**.

En s'appuyant sur ce qui précède, **Queney in Capot-Rey (1952)** a présenté deux classifications de types de temps, l'une pour l'Afrique du Nord et l'autre pour le Sahara ayant été basée surtout sur la circulation en altitude : à 3 000- 4 000 m, la seule qui ne soit pas trop influencée par le relief. Ce qui laisse apparaître que ce principe est beaucoup plus valable pour l'Afrique du Nord que pour le Sahara.

Par souci de clarté, nous présentons les types de temps du climat atmosphérique de la région d'étude.

III.1.1.3.2. Type de temps au Sahara

Pour **Capot-Rey (1946)**, deux éléments sont permanents, l'anticyclone atlantique et l'anticyclone saharien auxquels s'ajoutent les dépressions à caractères transitoires, dépressions européennes, méditerranéennes, eurafricaines et saharo-soudanaises. Ainsi, il en ressort la classification suivante :

III.1.1.3.2.1. Pas de perturbation

Dominance des courants des couches basses : alizé, en toutes saisons, au Sahara central ; brise de NE, au pied de l'Atlas, en hiver ; Harmattan d'Est dans le Sahara méridional en hiver ; mousson du SSO dans le Sahara méridional en été.

III.1.1.3.2.2. Dépressions du front polaire en Europe

Elles se manifestent au Sahara que par les vents de sables.

III.1.1.3.2.3. Dépressions de front dérivées

Elles envahissent la Méditerranée occidentale surtout. L'anticyclone atlantique déborde sur la péninsule Ibérique, ce qui entraîne le refoulement vers le S et le SE de l'anticyclone saharien. Les perturbations amènent des vents de sable mais très peu de perturbations.

III.1.1.3.2.4. Dépressions eurafricaines

Lorsqu'elles sont à cheval sur l'Europe du Sud et l'Afrique du Nord. Le mauvais temps se généralise sur tout le Nord du Sahara, pouvant affecter le Sahara central, avec aggravation sur l'Ahaggar. L'anticyclone saharien peut être relié à un anticyclone européen par une dorsale de hautes pressions à travers l'Afrique du Nord ; cette dernière et le Sahara ont un beau temps et sec, excepté le Sahara occidental qui est affecté par des perturbations voire quelques pluies de relief.

III.1.1.3.2.5. Dépressions saharo-soudanaises (ou dépressions liées au F.I.T)

Elles sont d'origine équatoriale. Elles se manifestent surtout en deux saisons, (i) en automne les dépressions saharo-soudanaises se déplacent d'Ouest en Est, longeant le 30^{ème} parallèle depuis le Sénégal pour déboucher sur le Golf de Gabès (Sud tunisien) et (ii) au printemps où elles vont de la boucle du Niger à l'Ahaggar ou au Fezzan. Leur passage se caractérise par des systèmes nuageux très étendus, des orages et des pluies assez abondantes aux pieds des montagnes.

III.1.2. Mécanisme climatique au Sahara

Au vu de sa situation au Sahara septentrional central, la région d'étude appartient à la région climatique méditerranéenne (cf. **Figure 15**), selon l'enveloppe climatique méditerranéenne (ECM) révisée par **Roumieux et al. (2010)** d'une part et est rattachée à l'ensemble Saharo-arabique où l'aridité règne d'autre part (**Dubief, 1963 ; Pagney, 1976**). Selon ce dernier auteur, cette aridité est un fait aérologique qui est puissant et permanent. Donc, les mécanismes climatiques qui se manifestent, découlent des influences méditerranéennes et sahariennes. Cependant, ils ne peuvent être distingués qu'à travers les saisons tranchées.

En hiver, l'extension impressionnante de l'anticyclone sibérien, tant en surface (plaine) qu'en altitude vers l'Europe Centrale et Occidentale d'une part ; la position du courant-jet au-dessus de l'anticyclone subtropical dynamique d'autre part font que cette situation engendre ce qui suit : (i) l'anticyclone subtropical s'appuie alors au sol ; (ii) des plus basses pressions apparaissent sur la mer Méditerranée ce qui favorise le passage de perturbations pluvio-orageuses sur la Méditerranée et les régions limitrophes.

Par contre, en été : le jet occupe une position plus septentrionale (Europe méridionale et Nord du bassin méditerranéen). La crête anticyclonique (des Açores) chaude d'altitude occupe l'espace saharo-arabique et déborde sur la Méditerranée constitue ainsi une barrière à toute infiltration polaire instable. En dessous de ce dispositif anticyclonique, dans les basses couches apparaissent de basses pressions thermiques. Le Sahara septentrional dont la zone d'étude se heurte à un temps chaud et sec, généralement assez stable.

Quant à l'influence du climat désertique (subtropical saharien), elle présente des caractères différents suivant les saisons, en exagérant ou en atténuant les effets de la circulation générale atmosphérique.

"En saisons intermédiaires, printemps et automne : ces courants qui sont en relation avec la position du Front Intertropicale (ou zone de convergence Intertropicale), amènent une brusque augmentation de la température et favorisent les tourbillons de poussière et les vents de sable."

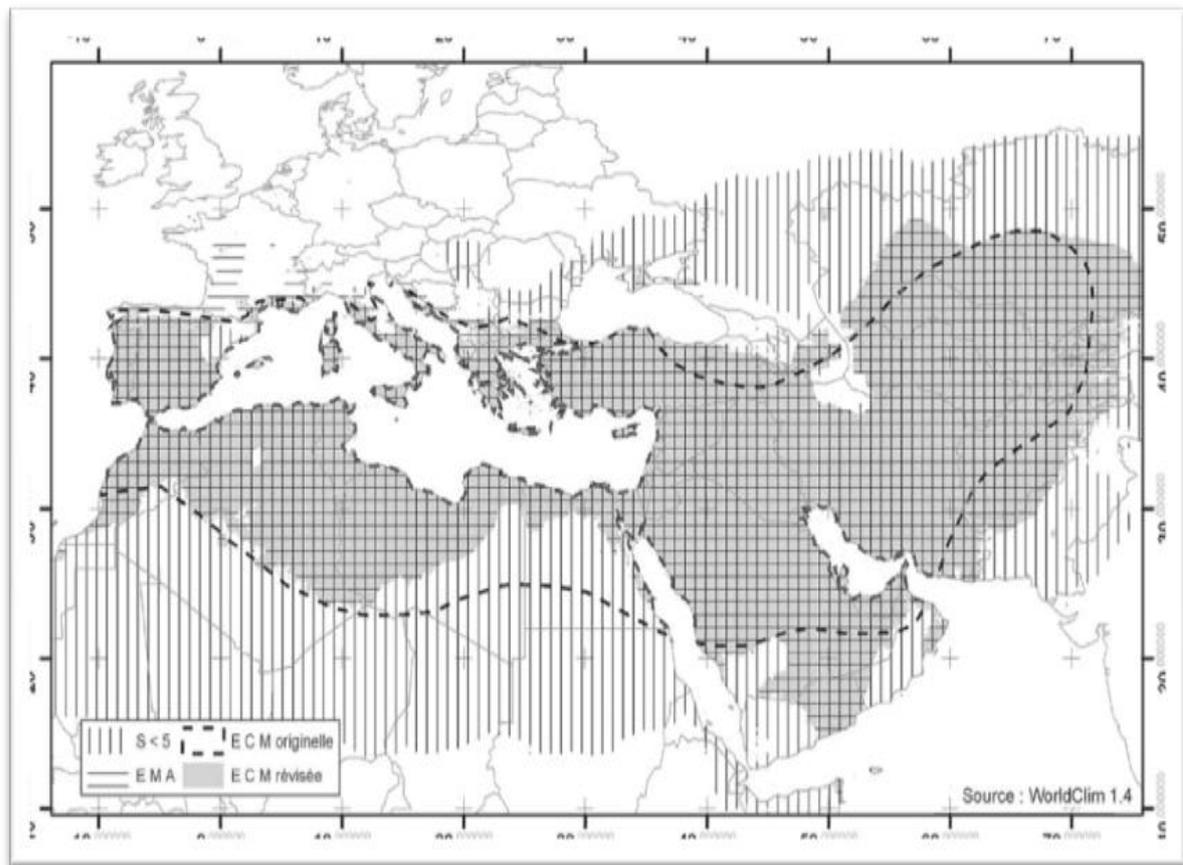


Figure 15. Enveloppe climatique méditerranéenne (ECM) selon les critères de **Daget (1977)**.

L'ECM originelle correspond à la limite de Daget calculée en 1977. ECM révisée est la limite recalculée à partir des données de WorldClim, version 1.4. Elle correspond à l'intersection des 2 critères (surface hachurée) : critère 1 : l'été est la saison la moins arrosée (EMA) et critère 2 : indice de sécheresse estivale d'Emberger, $S < 5$. [ΣPrec (juillet à septembre)/ $M < 5$] avec $M = \text{Max}(T_{\text{max}})$ (**Roumieux et al., 2010**)

En dépit de ces conditions inhibitrices, à l'égard des pluies, sur ce désert chaud, il existe une évolution saisonnière. En effet, en saisons froides et intermédiaires, la Méditerranée est parcourue par des dépressions mobiles, généralement dans le sens d'Ouest-Est. Parfois l'anticyclone saharien est refoulé vers le S-SE ; les perturbations méditerranéennes affectent alors le Nord du désert, où elles génèrent des vents de sable (et non des pluies) **Pagney (1976)**. Le mauvais temps, généralisé sur le Nord du Sahara peut être imposé par les plus grandes dépressions. Ce qui explique la prédominance des pluies d'automne et d'hiver dans la partie septentrionale des déserts chauds du vieux monde, y compris la zone d'étude. Par contre en été, elle est soumise à l'immunité anticyclonique où la stabilité atmosphérique caractérise le Sahara septentrionale (**Figure 16**). Selon la saison, l'Afrique du Nord est annexée à l'une ou à l'autre zone. D'où la combinaison de certains traits, de deux types de climats (chaud et tempéré).

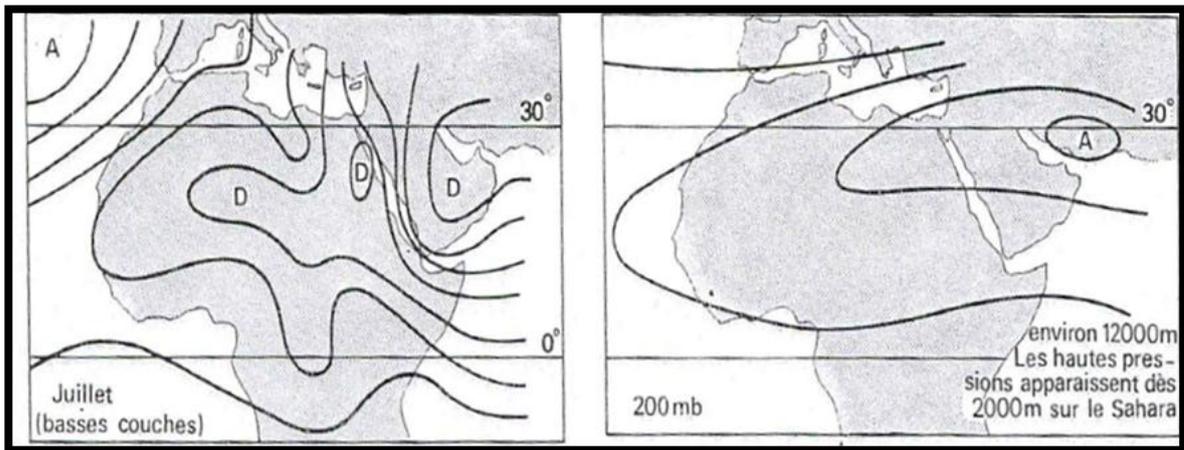


Figure 16. Pression Saharo-Arabique (Pagney, 1976)

Toutefois, il arrive souvent que ces conditions théoriques ne soient pas accomplies. Le régime anticyclonal est renforcé, en saison froide, à la latitude de l'Algérie, tend à se rétablir au cœur de l'hiver par apparition de cellules anticycloniques sur le Moyen Atlas et l'Atlas saharien. Ainsi, ces noyaux locaux se soudent à l'anticyclone des Açores. À l'opposé, à une époque où la remontée de l'Anticyclone vers le Nord, des pluies peuvent tomber en Algérie et dans le Sahara algérien en mai qui précèdent l'invasion de la Méditerranée par les perturbations atlantiques.

De manière classique, dans la circulation de l'atmosphère, **Capot Rey (1946)** a rapporté que l'Afrique du Nord se trouve en position intermédiaire entre la zone tropicale soumise à des vents réguliers, Alizé et Contre alizé, et la zone tempérée, où le temps est fonction de dépressions barométriques.

III.1.3. Changements climatiques : Évolution

Parmi les travaux les plus remarquables, **Cassou (2004)** a rapporté que les changements climatiques semblent être guidés par une redistribution de masses d'air dans l'atmosphère entre les deux acteurs principaux des bulletins météo : l'anticyclone des Açores et la dépression d'Islande. Dans le jargon scientifique, il est lié à l'**oscillation nordatlantique (NAO pour North Atlantic Oscillation)**, qui quantifie les fluctuations de pression entre ces deux centres d'action (**Hurrell, 2003 in Cassou (2004)**). Nous parlons de **phase positive** de l'oscillation nordatlantique (**NAO+**) lorsque les deux centres d'action sont simultanément intensifiés et de **phase négative** (**NAO-**) lorsqu'ils sont simultanément affaiblis. Dans sa thèse, **Cassou (2004)** souligne aussi que depuis les années 1980 les changements climatiques observés s'expliquent par la répétition du régime **NAO+**, qu'est préférentiellement excitée. Ce régime s'est caractérisé quotidiennement, en termes de **températures** ($> 3^{\circ}\text{C}$. d'ici 50 ans prévu par **Le Houérou, 1995b**), de **précipitations** et de **tempêtes**, expliquant ainsi le réchauffement important de ces dernières décennies (surtout de l'Europe à l'Asie). Par la modélisation numérique, le rôle de l'océan en l'occurrence des régimes **NAO**, surtout le rôle du bassin atlantique tropical a été mise en exergue. Des anomalies de températures de surface de la mer froide ont été rapportées par les mêmes auteurs. La **figure 17** résume schématiquement les impacts de l'oscillation nordatlantique (**NAO**) pour ses deux phases.

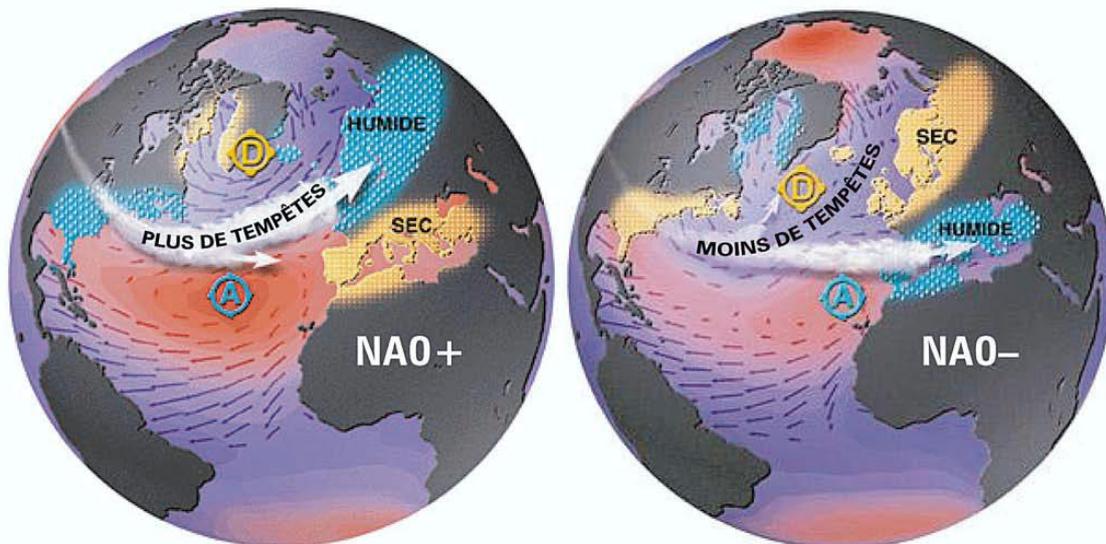


Figure 17. Schéma récapitulatif des impacts associés aux deux phases de l'oscillation nord-atlantique (NAO) (Cassou, 2004).

Ce changement climatique est bien concrétisé à différents échelles. Les écosystèmes et les sociétés méditerranéennes sont les plus menacées par cette évolution annoncée, du climat (Thiébaud & Moatti, 2016). Selon le Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat (GIEC), l'Afrique est la plus vulnérable aux impacts du changement climatique. Notamment, sur la biodiversité des écosystèmes des zones arides et semi-arides où l'impact est négatif tel avancé par l'UNCBD (Roselt/OSS, 2007b). Selon les experts, à l'horizon 2020, l'Algérie subira une baisse des précipitations d'environ 5 à 13 % avec une élévation des températures comprise entre 0,6 et 1,1 °C. (Nichane et Khelil, 2015). Au niveau de la région d'Ouargla, nous constatons que l'action anthropique (si faible soit-elle) se manifestant surtout par l'extension de l'exploration pétrolière et l'urbanisation inadaptée, contribuant ainsi à cet état thermique, si inquiétant (Annexe 2).

III.2. Approche statique : aspect moyen des composantes du climat

III.2.1. Analyse des données climatologiques

Afin d'atteindre notre objectif, nous nous sommes basés sur les différents travaux et études climatologiques qui ont servi à plusieurs applications et développements d'exploitation des données du climat du Sahara (Dubief, 1959 et 1963 ; Tricart et Rognon in Pagny, 1976 ; Daget et al., 1988 ; Monod, 1992 ; Le Houérou, 1995a, b et 2004 et Hirche et al., 2011). Donc, nous allons essayer de synthétiser certaines approches complémentaires des travaux de recherches appliquées, réalisées ou en cours de réalisation.

III.2.1.1. Distribution des paramètres météorologiques de base

III.2.1.1.1. Durée d'insolation

Globalement, le Sahara est connue par un fort ensoleillement. L'importance de ce paramètre est exprimée par sa forte corrélation avec la pluviosité, faible à très faible. Ce qui est représenté par

la situation géographique d'Ouargla (à caractère transitoire). Celle-ci combine, à la fois, les influences climatiques méditerranéenne et saharienne. Les données relatives à l'ensoleillement sont enregistrées dans le tableau 3.

Tableau 3.

Insolations moyennes mensuelles, annuelle et fraction d'insolation de la région d'Ouargla

Paramètre	Im m (h/m)		Im a	fi
	Décembre	Mai		
Station			(h/an)	(%)
Ouargla	190,47	275,48	2788, 27	69,70

Légende : **Imm** : Insolation moyenne mensuelle; **Ima** : Insolation moyenne annuelle ; **fi** : Fraction d'insolation

Le tableau 3 montre qu'à l'échelle annuelle, la région d'Ouargla a enregistré en moyenne 2788, 27 h/an durant la période de 1978 à 2017.

Si l'on considère la fraction d'insolation (**fi**) : "*durée d'insolation mesurée à la durée d'insolation possible ou théorique*", nous constatons que le taux annuel exprimé par rapport à la latitude 30°, se situe en moyenne à **73, 4 %**. Mais, il connaît un léger abaissement avec **69, 70 %** par rapport à la valeur théorique notée au Sahara (4 000 h/an). Cette fraction d'insolation bien importante montre bien que la région d'Ouargla est ensoleillée, d'autant plus si l'on compare ce taux à ceux de la Tunisie (64 et 75 %) et encore plus à la France (37 et 66%). Dans le tableau 4, nous rapportons les données d'insolation caractérisant la zone de proximité (latitude voisine) à la région d'étude établie par **Trochain (1980)**.

Tableau 4. Nombre moyen d'heures d'insolation (**Trochain, 1980**)

Lieu	Latitude N	Janvier	Juillet	Total/an
S. de l'Algérie	30°	250 à 300	350 à 400	3600 à 3900

Suivant ce tableau (4), le nombre moyen d'heures d'ensoleillement est proche du maximum planétaire, enregistré au centre du Sahara qui est de **4 000 h/an**. Comme, ce paramètre varie selon la saison : 250 à 300 en janvier contre 350 à 400 en juillet. A l'échelle mensuelle, dans la région d'Ouargla, la durée varie de **190, 47 heures** d'ensoleillement au mois de décembre à **275, 48 heures** au mois de mai. Excepté les mois de novembre et de décembre, elle reste supérieure à **200 heures** mais elle est inférieure aux valeurs rapportées par **Trochain (1980)**. Ce qui est probablement dû à la situation septentrionale de la zone d'étude par rapport aux tropiques où les valeurs maximales sont observées. En effet, **la figure 19** illustre la variation annuelle de l'insolation tout en montrant qu'elle est de type méditerranéen, à maxima estival. Donc, nous confirmons ce qui a été souligné par **Dubief (1959)**.

III.2.1.1.2. Températures

Pour étudier le thermoclimat de la région d'Ouargla, nous avons utilisé différents critères thermiques. Il s'agit de la température moyenne annuelle (**T**) et les moyennes mensuelles (**t min**, **t max**) qui sont habituellement utilisées, et surtout la moyenne des maxima du mois le plus

chaud (**M**) avec la moyenne des minima du mois le plus froid (**m**). Les valeurs de ces paramètres sont inscrites sur le tableau 5.

Tableau 5. Données thermiques moyennes de la région d'Ouargla (1978-2017)

Paramètres	T °C.	m	M	t min	t max
Station					
Ouargla	24,08 °C.	4,92 °C.	43,25 °C.	11,79 °C.	35,22 °C.

Nous pouvons discuter les résultats ainsi obtenus représentés dans ce tableau.

III.2.1.1.2.1. Température moyenne annuelle (T)

Il est à souligner que les températures sont très élevées en moyenne. D'ailleurs, c'est une caractéristique des latitudes subtropicales arides. C'est là où on enregistre les points les plus chauds du globe (**Pagney, 1976**). Pour leur examen, nous avons dressé le tableau 5 et la figure 20.

En effet, Ouargla enregistre une moyenne annuelle (**T**) égale à 24,08 °C (**Tableau 5**). Celle-ci compte parmi les plus élevées comparativement à celles notées à Kouffra (Est libyen) et à In Salah avec respectivement 23,9 °C et 25,4 °C (**Pagney, 1976**).

Suivant le système de **Rivas-Martinez (1996)**, la caractérisation thermoclimatique distingue à l'échelle mondiale, 03 groupes thermiques. Ils sont scindés en 08 types thermiques. En fait, cette classification est fondée sur les températures moyennes annuelles (T). Grâce à ce paramètre, il nous a été possible de classer le type thermique de la station d'étude (**Tableau 6**).

Tableau 6.

Classement du type thermique de la région d'Ouargla selon la température moyenne annuelle (T °C.) (**Rivas-Martinez, 1996**)

Groupes thermiques	Types thermiques	Valeurs de T °C	Classement de la station
1- Chaud	Très chaud	>26	Ouargla
	chaud	21 à 26	
	Tempéré-chaud	16 à 21	
2- Tempéré	Tempéré- frais	10 à 16	
	Tempéré- froid	4 à 10	
	froid	-2 à 4	
3- Froid	Très froid	-18 à -2	
	Extrêmement-froid	<-18	

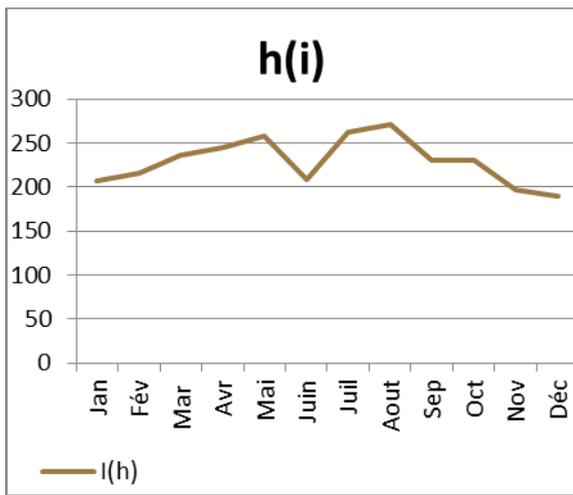


Figure 18. Variations mensuelles d'insolation dans la région d'Ouargla.

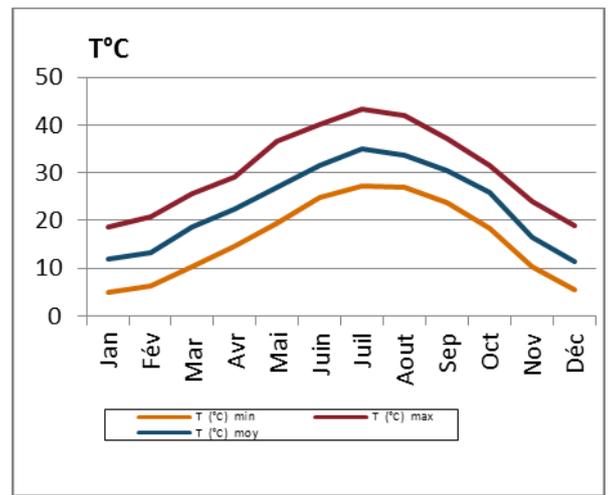


Figure 19. Variations mensuelles des températures de la région d'Ouargla.

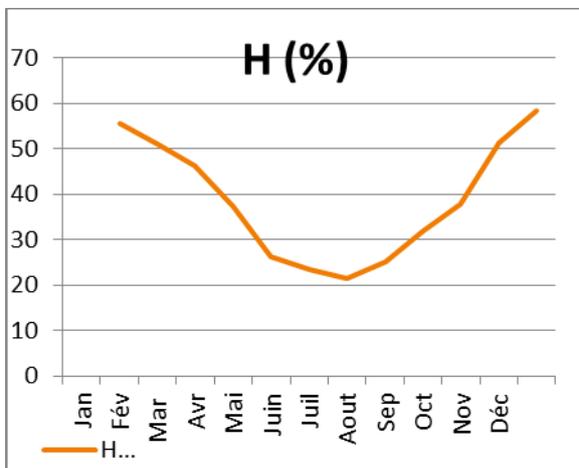


Figure 20. Variations mensuelles de l'humidité relative de la région d'Ouargla

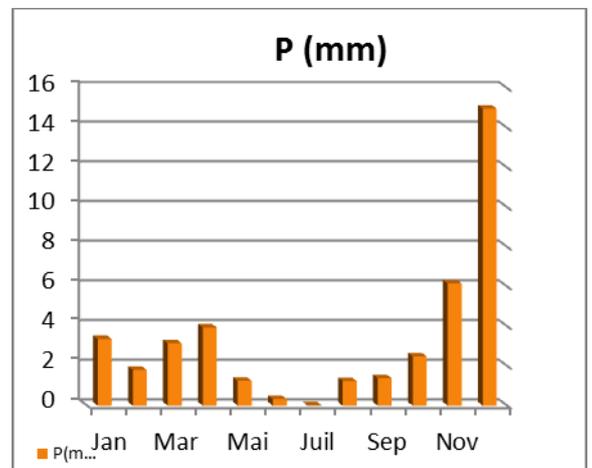


Figure 21. Variations mensuelles de la pluviosité de la région d'Ouargla.

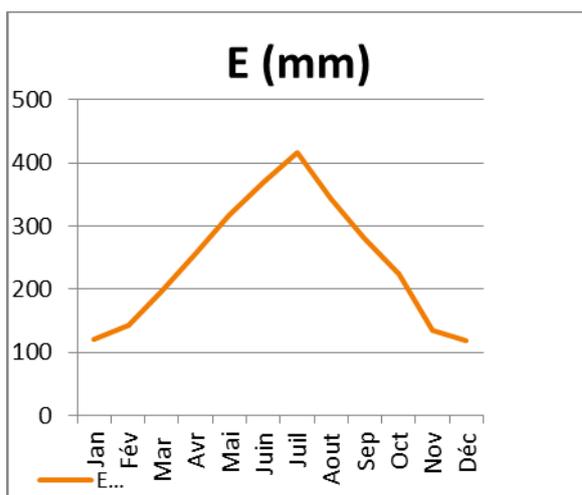


Figure 22. Variations mensuelles de l'évaporation dans la région d'Ouargla.

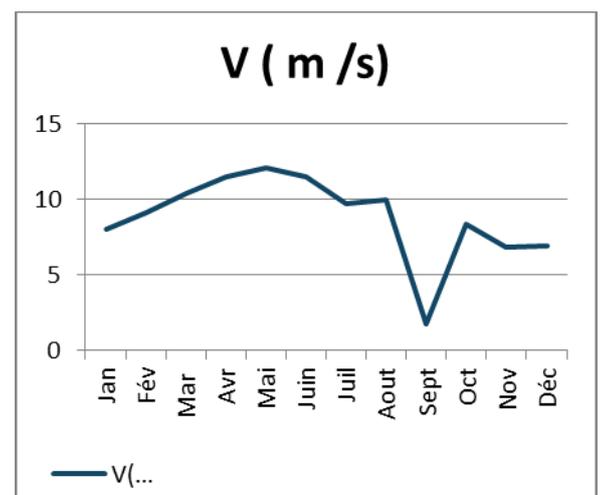


Figure 23. Variations mensuelles de la vitesse du vent dans la région d'Ouargla.

En se rapportant à ces types thermiques (**Tableau 6**) et à la température moyenne annuelle ($T = 24,08 \text{ }^\circ\text{C}$), la région d'Ouargla appartient au thermoclimat « chaud ». En outre, nous enregistrons une augmentation d'environ $1,9 \text{ }^\circ\text{C}$ par rapport à celle de **Le Houérou (1995b)**, soit $22,2 \text{ }^\circ\text{C}$, ceci revient probablement à la vocation de la zone d'étude en tant que zone pétrolière (enrichissement de l'environnement par les GES, si minime soient-ils). Ainsi, le **GIEC (2001-2007 in (Roselt/OSS, 2007b))** a souligné que le réchauffement climatique est lié à l'augmentation des concentrations des GES (utilisation des combustibles fossiles). Dans leur dernier rapport, la température moyenne est passée de $0,6^\circ$ en 2001 à $0,74 \text{ }^\circ\text{C}$. (**Roselt/OSS, 2007b**) avec l'activité du NAO+ suscitée, cet état thermique est donc justifié. À noter que les températures moyennes annuelles ont une influence considérable sur l'aridité du climat, selon différents auteurs tel, **Dubief (1959)**. Probablement l'accentuation de l'aridité dans la zone d'étude, en est une conséquence.

III.2.1.1.2.2. Températures moyennes mensuelles

Nous constatons, comme partout en Algérie, dans la région d'Ouargla, la température moyenne mensuelle est, de novembre à avril, inférieure à la moyenne annuelle ; par contre, elle devient supérieure de mai à octobre, permettant ainsi de diviser l'année en deux semestres, l'un tempéré et l'autre chaud.

Du **tableau 5**, nous déduisons que les températures moyennes mensuelles de l'été sont torrides. Dans le cas de la présente étude, le mois de juillet est le plus chaud. Ainsi, on enregistre courant celui-ci les valeurs de **35,22** $^\circ\text{C}$, pour **t max** et **43,25** $^\circ\text{C}$, pour la moyenne des maxima du mois le plus chaud "M". Mais, les valeurs les plus faibles des températures moyennes mensuelles sont enregistrées au mois de décembre avec **11,79** $^\circ\text{C}$, pour **t min** et **4,92** $^\circ\text{C}$, mais en janvier pour la moyenne des minima du mois le plus froid "m".

III.2.1.1.2.3. Amplitude thermique annuelle

L'amplitude thermique annuelle moyenne (A) ou extrême (A max) d'une station permet d'évaluer sa continentalité thermique (**Le Houérou, 2004**).

III.2.1.1.2.3.1. Amplitude annuelle moyenne (t max - t min)

Selon **Dubief (1959)** et **Pagney (1976)** l'amplitude thermique annuelle moyenne (A) caractérise le degré de continentalité thermique d'un climat. Comme, il apparaît que cette amplitude thermique subdivise l'Algérie en une « zone maritime » où celle-ci est inférieure à $18 \text{ }^\circ\text{C}$, et une « zone continentale » avec une amplitude supérieure à $18 \text{ }^\circ\text{C}$. (**Sedjar, 2012**).

Les valeurs se rapportant aux paramètres des amplitudes thermiques **A** et **Amax** sont consignées dans le **tableau 7**.

Tableau 7.

Amplitude thermique annuelle moyenne (A) et extrême (A max) de la région d'Ouargla.

Amplitudes Station	A (t max- t min)	A max (M-m)
Ouargla	23 ,43 °C.	38, 33 °C.

Au vu de ces résultats (**Tableau 7**), la région d'Ouargla avec une amplitude thermique annuelle moyenne "A" égale à **23, 43 °C.** est bien continentale. Car, cette valeur est supérieure à 18 °C., voire 20 °C. Cette dernière marque la limite thermique des climats extrêmes (continentaux) (**Dubief, 1959 & Godard et Tabeaud, 2009**).

III.2.1.1.2.3.2. Amplitude thermique annuelle extrême "A max"

Ce paramètre thermique est proportionnel à la continentalité (**Emberger, 1955 et Le Houérou, 1995b**). De même **Ozenda en 2004**, a souligné que le grand écart thermique entre l'hiver et l'été est l'un des caractères des climats continentaux. En effet, l'amplitude thermique annuelle extrême "A max" de la région d'Ouargla, est importante avec **38, 33 °C.** Cette valeur est légèrement élevée par rapport à celle déterminée à Ouargla (38) par **Le Houérou en 1995b** ; mais nous inscrivons son appartenance à l'intervalle des contrastes thermiques (30 à 40°C) noté au Sahara septentrional par le même auteur.

En général, au niveau du Sahara se situant au Nord du tropique, nous relevons une variation annuelle de la température maximale semblable à celle des régions tempérées, mais avec une amplitude annuelle trop élevée et un maximum estival régressant en se rapprochant du tropique (**Dubief, 1959**).

III.2.1.1.3. Humidité relative

Cet élément climatique peu étudié, caractérise le degré d'hygrométrie de l'air. En fait, il est important car pour se maintenir, les êtres vivants dont les plantes ont besoin d'une certaine humidité. Celle-ci agit sur la densité des populations en provoquant une baisse des effectifs lorsqu'elle est insuffisante.

Sur une grande partie du Sahara, l'humidité relative (Hr.) est inférieure à 50 % (**Pagney, 1976**) mais pour **Le Houérou (1995b)**, au Sahara septentrional, elle est supérieure à 35 voire 40 %. Concernant, les valeurs de la zone d'étude, les résultats sont illustrés par la figure 20. Celle-ci fait apparaître qu'à Ouargla, l'humidité relative varie sensiblement à travers les saisons de l'année. En effet, au cours de la saison estivale, elle peut chuter jusqu'à 21, 39 % au mois de juillet sous l'effet d'une forte évaporation due aux vents chauds tels que le sirocco. Contrairement à la saison hivernale où elle peut s'élever au dessus de 50 %, soit 58, 34 % au mois de décembre sans jamais dépasser 60 %.

L'humidité relative enregistrée au niveau de la région d'Ouargla s'explique par la "sécheresse" (relativement au seuil de saturation) des ceintures subtropicales telle rapportée par **Godard et**

Tableaud (2009), aux environs de la latitude 30° Nord. En effet, elle est particulièrement faible en moyenne tout au long de l'année, soit 38, 63 %.

III.2.1.1.4. Précipitations

C'est l'un des facteurs du climat, le plus discriminant. Ses variations ont un caractère d'autant plus imprévisible que l'on se place dans les zones de plus grandes aridités.

Dans la région d'Ouargla, les pluies sont rares et irrégulières à travers les saisons et les années. Parfois même en saison froide, elles se vaporisent partiellement pendant leur chute, et de ce fait apparaissent généralement au sol comme des "pluies avortées" ou "pluies d'altitude" (**Dubief, 1963**).

Pour l'analyse de ce facteur, nous avons présenté les résultats dans le tableau 29 de l'annexe 1. Il en ressort que sur les trente-neuf ans écoulés (1978-2017), les moyennes de la pluviosité de la région d'Ouargla affichent des valeurs très faibles (**Figure 20**). Les mois les plus arrosés sont surtout décembre et novembre et à un degré moindre les mois d'avril, mars, janvier et octobre avec respectivement 14, 38 ; 6, 23 et 3, 78 ; 3, 56 ; 3,19 et 3,03 mm.

La moyenne annuelle est égale à 40, 31 mm (**Tableau 8**). Mais, nous inscrivons une légère élévation à celle notée par **Le Houérou (1995b)**, soit 40 mm.

En fait, notre résultat est prévisible puisque selon un bon nombre d'auteurs (**Dubief, 1963 ; Ozenda, 2004 et Ramade, 2008**), les déserts ont un fort déficit de précipitations. Pour le Sahara septentrional, elles oscillent entre 35 et 180 mm (**Ozenda, 1977**), 100 et 25 mm (**Emberger, 1955 et Le Floch, 1991**) et 70 mm (**Monod, 1992**). Ces intervalles montrent que la zone d'étude en fait partie. Toutefois, la carte des isohyètes moyennes annuelles du Sahara (**Figure 24**), montre que la région d'Ouargla est comprise entre 45 mm et 60 mm alors qu'elle ne l'est pas pour la présente étude (40, 31 mm) et encore moindre pour **Laouini (2012)** avec 31, 91 mm. Ceci peut être dû aux caractéristiques thermoclimatiques déjà évoquées ainsi qu'à la période d'étude. Par exemple, elle est de 39 ans pour notre étude alors qu'elle est de 32 ans (1978-2009) pour **Laouini (2012)**.

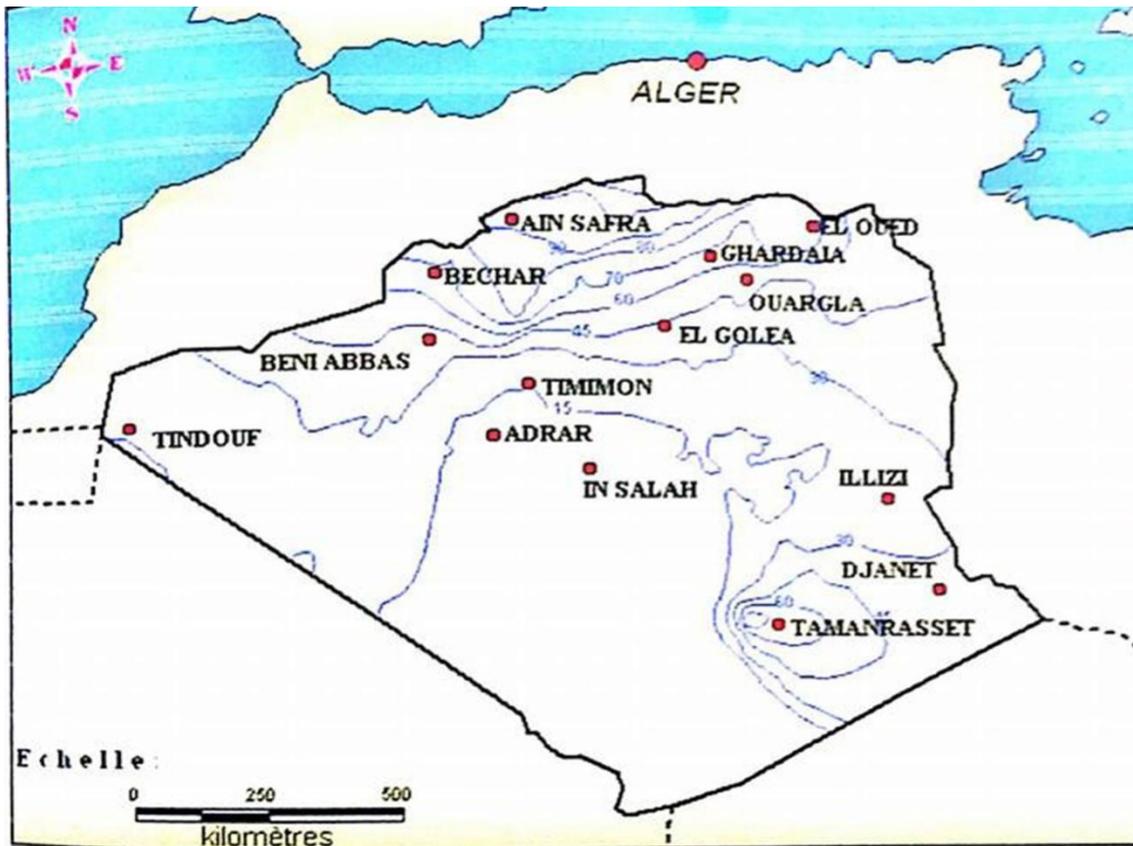


Figure 24. Pluies annuelles du Sahara algérien en mm (1940-1961) (Meddi et Meddi, 1998)

III.2.1.1.4.1. Régime pluviométrique de la région d'Ouargla

Une caractérisation du régime des précipitations est abordée grâce aux valeurs de certains paramètres qui sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8. Données pluviométriques de la région d'Ouargla

Paramètres	P<30	P>100	Pmin	Pmax	NPJ	P (mm)
Station						
Ouargla	12	00	0, 01	14, 38	19, 14	40, 31

Légende: P : Pluviosité moyenne annuelle ; NPJ : nombre moyen de jours de pluies ; P>100 : Nombre de mois dont la pluviosité moyenne est >100 mm ; P<30 : Nombre de mois dont la pluviosité moyenne est <30 ; Pmin : Valeur des précipitations mensuelles la plus faible ; Pmax : Valeur des précipitations mensuelles la plus forte.

Ces valeurs suggèrent les constatations suivantes. Ainsi, nous notons que les douze mois de l'année enregistrent des moyennes inférieures à 30 mm (P <30). Ceci les qualifie en mois secs au sens de Köppen (1918) in Meddour (2008) alors que les mois humides (P>100) sont totalement absents. Les cumuls moyens mensuels de la pluviosité oscillent entre une valeur maximale (Pmax) égale à 14,38 mm et celle minimale (Pmin) n'excédant pas 0, 01 mm.

III.2.1.1.4.2. Nombre de jour de pluie

Le nombre de jours pluvieux ou fréquence des pluies est une donnée très importante. Car, l'effet que peut produire la pluie est tributaire de sa distribution spatio-temporelle. Ce qui fait que l'étude du nombre moyen de jours de pluies demeure nécessaire.

Dans la région d'Ouargla, ce paramètre atteint la valeur **19, 14** déterminée pour la période allant de 1996 à 2015 (Tableau 8). Nous remarquons une augmentation par rapport à celui enregistré par **Dubief (1963)** entre 1926 et 1950 à Ouargla ; soit **11, 8**. Cette différence revient probablement à l'évolution climatique (**NAO+**) ainsi qu'à la période prise en compte, soit 19 ans contre 24 ans.

III.2.1.1.4.3. Régime pluviométrique saisonnier

L'étude de la pluviosité moyenne annuelle, est une donnée incomplète pour caractériser un régime pluviométrique régional. Il est indispensable de la compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies de l'année et de sa variation (**Chaumont et Paquin, 1971**).

À cet effet, nous avons effectué les cumuls pluviométriques saisonniers et leur importance relative au total annuel afin d'aboutir à l'indicatif saisonnier de la région d'étude (**Tableau 9**). Les régimes saisonniers ont été déterminés suivant la méthode de **Musset (1935) in Chabane (1993)**.

Tableau 9. Pluviosités, taux et indicatif saisonniers de la région d'Ouargla

Saisons	Hiver		Printemps		Eté		Automne		Indicatif du Musset
	Ph	%	Pp	%	Pe	%	Pau.	%	
Ouargla	19, 28	47, 83	8, 52	21, 13	1, 5	3, 72	11, 01	27, 31	HAPE

Légende : **Ph** : Pluviosité moyenne hivernale; **Pp** : Pluviosité moyenne printanière ; **Pe** : Pluviosité moyenne estivale ; **Pau.**: Pluviosité moyenne automnale.

Le régime saisonnier de précipitations est de type **HAPE** à Ouargla. La prépondérance des précipitations hivernales a été signalée antérieurement pour le Sahara septentrional. En ce sens, nous citons **Emberger (1950)**, **Dubief (1963)**, **Benseghir (1987)** ainsi que **Le Houérou (1990)**, **Le Floc'h (1991)** et **Ozenda (2004)**. Pour ces derniers auteurs souvent, elle est suivie par une longue sécheresse.

Donc suivant ce qui précède, nous pouvons dire que le régime des précipitations est méditerranéen, avec un minimum d'été en juillet-août. Ce qui rejoint ce qui a été noté par **Emberger (1950)** et **Dubief (1963)**. De même, le caractère anarchique attribué aux pluies sahariennes (absence de régime pluviométrique), est à écarter au vu des résultats obtenus dans la présente étude. Il s'agit peut être d'une fausse impression due, sans doute au manque de données sur la question.

III.2.1.1.5. Vent

Le vent est l'un des éléments les plus distinctifs (**Seltzer, 1946**). Il agit en activant l'évaporation qui peut induire ainsi une sécheresse.

En effet, le résultat obtenu, nous permet d'apercevoir que la vitesse moyenne annuelle est de l'ordre de 8, 86 m/s. À l'échelle mensuelle, les vents varient de 2, 13 m/s pour le mois de septembre à 12, 06 m/s pour le mois de mai ; soit une amplitude annuelle de l'ordre de 9, 93 m/s (**Annexe 1 : Tableau 29**). L'allure de la courbe de la figure 23 montre bien cette dominance printanière.

Les types de vents notés dans la région d'Ouargla sont :

- Les vents de sable soufflent surtout au printemps du Nord-est et du Sud-est. Comme cité précédemment (conséquence de la situation météorologique de l'atmosphère) est ainsi rapportée par **Rouvillois-Brigol (1975)** ;

- Les vents soufflent du Nord-ouest vers le Sud-est, nommés "Dahraoui", notamment au printemps ;

- Le vent "Bahri", de direction Est-nord, apparaît depuis la fin août à la mi-octobre. Enfin, les vents du Sirocco ou "Chhili" se manifestent pendant l'été, dont l'orientation est Sud-nord et Sud-ouest, connus par des chaleurs excessives.

III.2.1.1.6. Évaporation de la région d'Ouargla

Il s'agit d'un élément fondamental de la zone aride chaude. En général, les déserts chauds, surtout subtropicaux dont le Sahara, leur évaporation est considérable (**Pagney, 1976**). Où l'intensité est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds tel que le Sirocco (**Toutain, 1979**).

Les résultats ainsi déterminés sont mentionnés dans le tableau 1 de l'annexe 1 avec les principales valeurs qui sont rapportées sur le tableau 10.

Tableau 10. Évaporations moyennes de la région d'Ouargla

Paramètres	Emin	Emax	Ea	Ean
Station	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Ouargla	22, 28	421, 22	398, 94	2605, 1

Légende: **Emin:** Evaporation moyenne mensuelle minimale; **Emax:** Evaporation mensuelle maximale; **Ea:** Amplitude moyenne annuelle de l'évaporation **et Ean:** Evaporation moyenne annuelle

Du **Tableau 10**, au niveau de la région d'Ouargla, le cumul annuel de l'évaporation (Ean) atteint 2605, 1 mm. Et comme partout en zone aride, l'évaporation est toujours plus importante en surface nue que sous un couvert végétal, surtout en été. Effectivement, le maximum transcrit en juillet est 421, 22 mm (E_{max}) à cause des hautes températures. Elle descend jusqu'à 22, 28 mm (E_{min}), en hiver. Mais pour **Dubief (1959)**, au Sahara, elle est modeste, pendant les périodes de

l'année où la température de l'air est la moins élevée et l'humidité relative la plus forte. Ainsi, son évolution au niveau de la région d'Ouargla conserve la même allure que celles des facteurs thermoclimatiques (**Figure 19**). C'est-à-dire, nous constatons une proportionnalité avec l'insolation et les températures où le maximum est toujours estival. L'Amplitude moyenne annuelle de l'évaporation (E_a) est égale à 398, 94 mm.

III.2.1.2. Synthèse climatique

III.2.1.2.1. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Dans le **Tableau 11**, nous retrouvons les valeurs des paramètres bioclimatiques qui nous ont permis de déterminer la position bioclimatique de la station d'étude. Selon **Emberger (1955)**, les extrêmes thermiques «**M**» et «**m**» représentent les deux seuils entre lesquels se déroule la période végétative et qui peuvent constituer des seuils écologiques pour les différentes espèces végétales.

Tableau 11.

Valeur du quotient pluviothermique d'Emberger Q_3 , bioclimat et variante thermique d'hiver pour la région d'Ouargla

Station	P (mm)	A max (M-m)	Q_3	Bioclimat et variante
Ouargla	40, 31	38, 33 °C.	3, 60	Saharien doux

Le tableau 11 indique que le quotient Q_3 calculé pour Ouargla est égal à **3, 60** (valeur $<$ à 10). En l'associant avec les résultats de l'analyse paramétrique, nous déduisons que la région étudiée est soumise au climat méditerranéo-saharien. Donc, nous confirmons ce qui a été rapporté par **Emberger (1950)** et **Roumieux et al. (2010)** ou par **Le Houérou (1995b)** remplaçant l'adjectif saharien par hyper-aride.

Sa combinaison avec la valeur de «**m**» (**Tableau 5**), nous a permis de projeter la zone d'étude sur le climagramme (**Figure 25**). Donc, l'ambiance bioclimatique déterminée est le saharien. Ceci concorde avec ce qui est matérialisée dans la figure 26 (**ANAT, 2004**).

À propos du froid hivernal, au vu de la valeur de la variante thermique enregistrée «**m** : 4, 92 °C à 142 m, la station étudiée jouit d'un hiver doux (variante douce, **m** compris entre 3 et 7).

Ces conditions climatiques et bioclimatiques se traduisent sur les êtres vivants. En effet, la végétation est contractée et localisée dans les lits d'oueds.

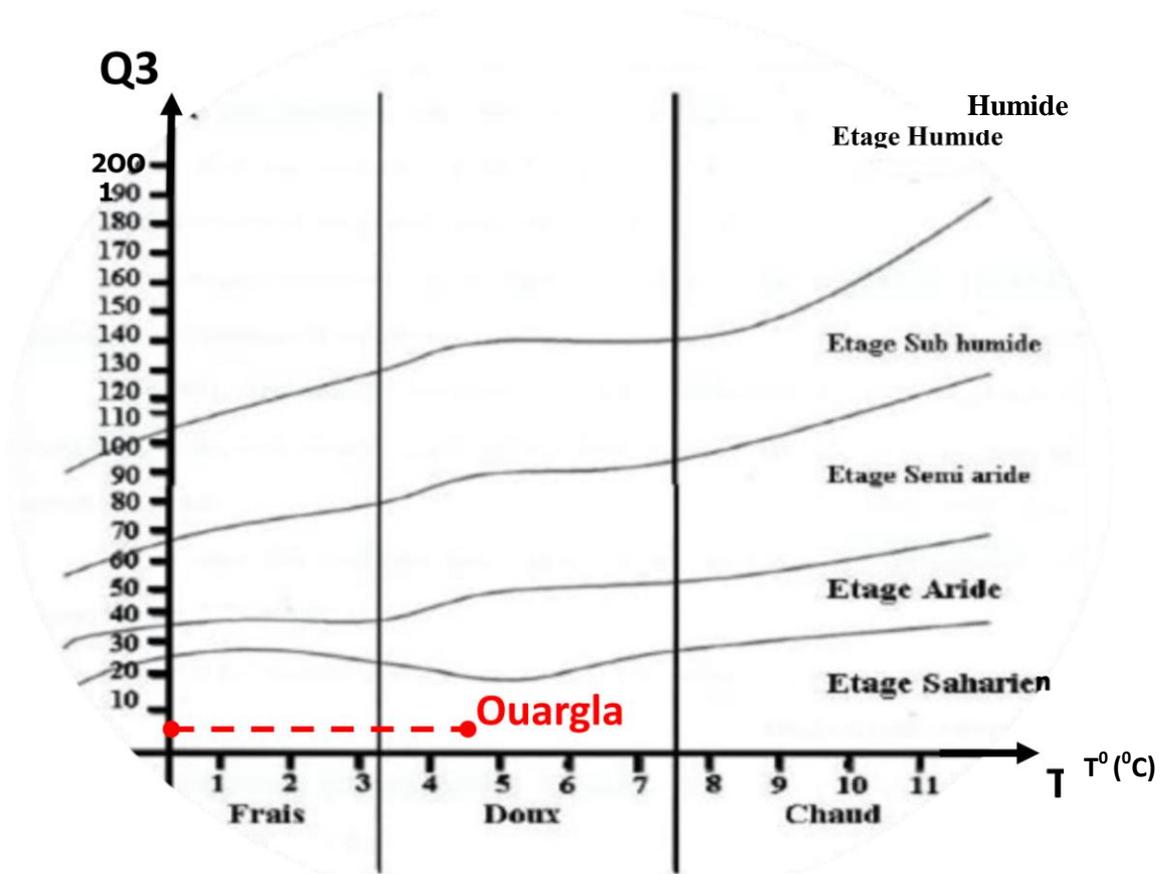


Figure 25. Etage bioclimatique d'Ouargla selon le Climagramme d'Emberger

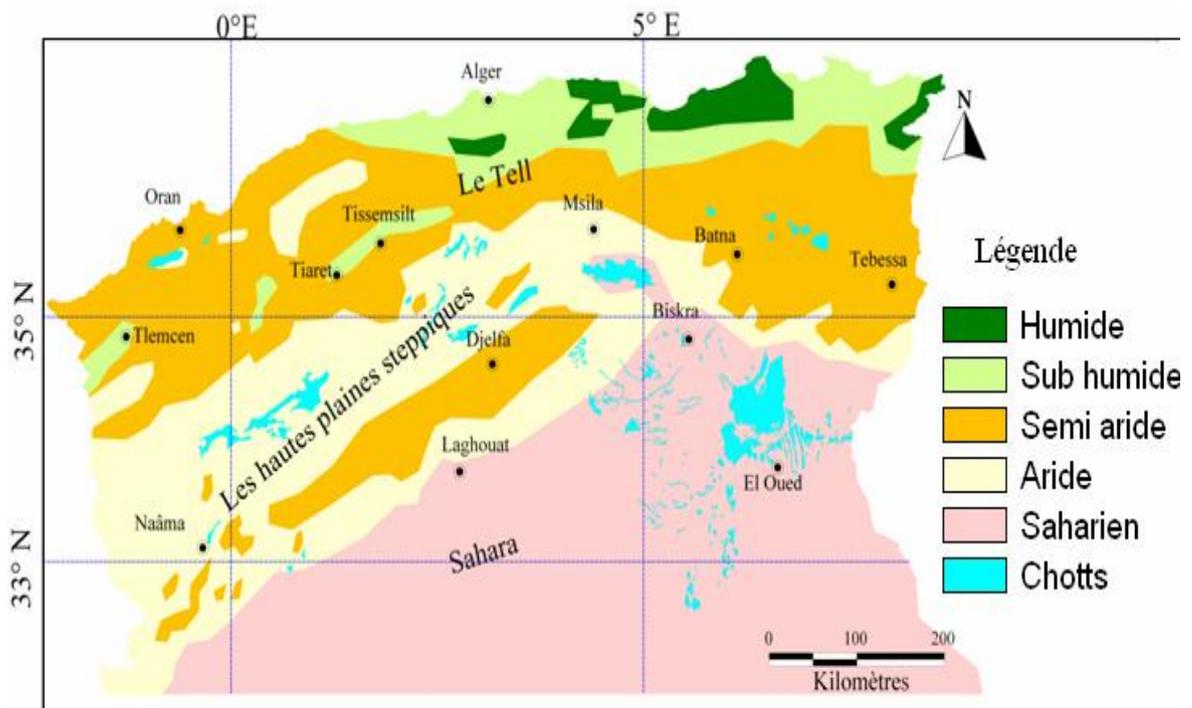


Figure 26. Carte bioclimatique de l'Algérie (Source: ANAT, 2004)

III.2.1.2.2. Saison sèche et indice xérothermique "X" de Bagnouls et Gausсен

La saison sèche est un critère qui permet de délimiter la végétation steppique de la végétation désertique (**Benseghir, 1987**). Sa durée est déterminée par le diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gausсен (1953-1957)**. Il donne une représentation très claire et très détaillée des variations mensuelles. D'ailleurs, il représente en soi une information synthétique pertinente à multi-usages (**Richard, 1997**), ce qui a beaucoup contribué au succès du système.

D'après la **figure 27**, la région d'Ouargla est soumise à une période de sécheresse, étalée sur douze mois, exprimant ainsi une forte aridité. Comme, elle nous renseigne sur la période défavorable à la croissance des végétaux.

Aussi, il est nécessaire de jumeler au régime ombrothermique que nous venons de voir, l'indice xérothermique "X" afin de préciser l'intensité de cette période sèche. Car, il donne le nombre de jours biologiquement secs de cette période.

Cependant, à défaut de certains paramètres (b (i) + r (i) : nombre de jours de brouillard), nous nous sommes appuyés sur les travaux de **Gausсен (1957)**, présentés dans le tableau 11 et sur l'examen de la carte bioclimatique de la zone méditerranéenne établie au 1/ 5 000.000, dressée par **Emberger et al. (1962)**. Elle nous a permis de déduire sa valeur et de classer notre zone d'étude.

Tableau 12.

Régions climatiques de **Gausсен (1957)**. La courbe thermique est toujours positive. Climats chauds et tempérés chauds : thermiques et mésothermiques.

Dénomintion	Définition	Nombre de mois secs	Valeur de l'indice xérothermique
1. Désertique chaud (érémique)	La courbe ombrique est toujours au-dessous de la thermique	12	$X > 300$
2. Subdésertique chaud (hémierémique)	Les deux courbes se coupent, déterminant une période sèche qui dure plus de 8 mois	9-10-11	$300 > X > 200$
3. Jours longs secs (xérothérique)	La période sèche dure de 1 à 8 mois	8 ou moins de 8	$200 > X > 0$
4. Jours courts secs (xérochiménique)	La période sèche dure de 1 à 8 mois	8 ou moins de 8	$200 > X > 0$
5. Bixérique	Deux périodes sèches	8 ou moins de 8	$200 > X1 > 01$
			----- X2
	Pas de saison sèche. La température moyenne du mois le plus froid $> 15^{\circ}\text{C}$.	0	0
Axérique	6. Thermaxérique		
	7. Mesaxérique		
	Pas de saison sèche. La température moyenne du mois le plus froid $< 15^{\circ}\text{C}$.	0	0

De ce qui précède et le tableau 12, Il en ressort que la région d'Ouargla se trouve dans l'aire où cet indice est supérieur à 300 ($X > 300$) ; par conséquent elle est dotée d'un bioclimat **désertique**

chaud. Cette synthèse climatique, montre bien la thermophilie et la xéricité des espèces végétales caractérisant la zone d'étude.

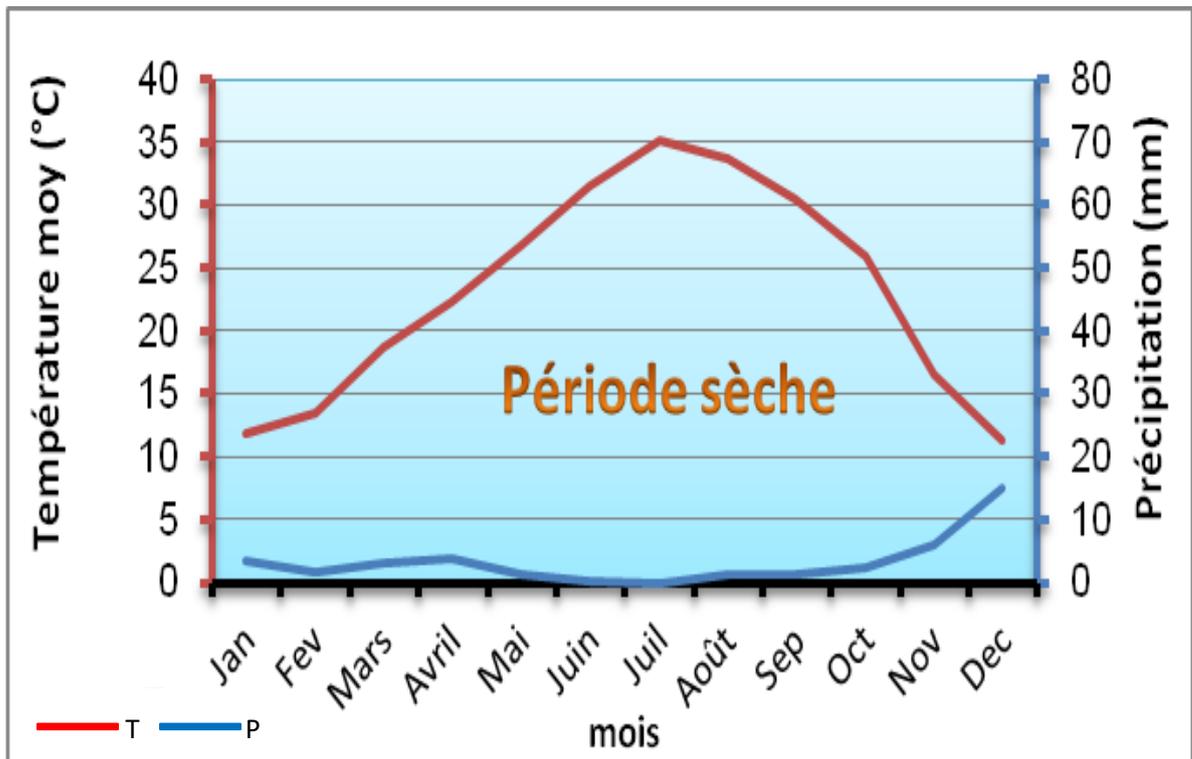


Figure 27. Diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gaussen** relatif à la région d'Ouargla (1978-2017)

III.2.1.2.3. Évapotranspiration

L'étude de ce facteur, nous renseigne sur son importance au niveau de la zone d'étude qui est une caractéristique des déserts (**Le Houérou, 1995b**).

Les résultats ainsi déterminés de ce phénomène affichent une allure similaire pour les 3 stations (**Figure 28**). Ce pendant, au niveau de la région d'Ouargla, nous enregistrons les valeurs les plus élevées, surtout depuis l'année 2010. Où le maximum a été atteint en 2014 avec 2181, 6. Mais pour les régions d'El Oued et Touggourt, les valeurs de l'évapotranspiration sont relativement proches. Par contre, nous relevons en 2012 la chute de ce facteur à El Oued avec 1222, 2 durant ces 27 ans. Ainsi, il convient de noter que la variation interannuelle existe mais elle est moins prononcée que celle des précipitations (**Annexe 3**).

En fait, l'évolution de l'évapotranspiration va de même avec la température et l'évaporation c'est-à-dire qu'elle est plus importante en été (**Annexe 2 & 3**). Dans le Sahara algérien, l'eau évaporée annuellement serait de 3 à 5 mètres environ suivant les localités, c'est à dire une valeur infiniment plus forte que la quantité d'eau qui tombe sur le sol lors des pluies (**Ozenda, 2004**).

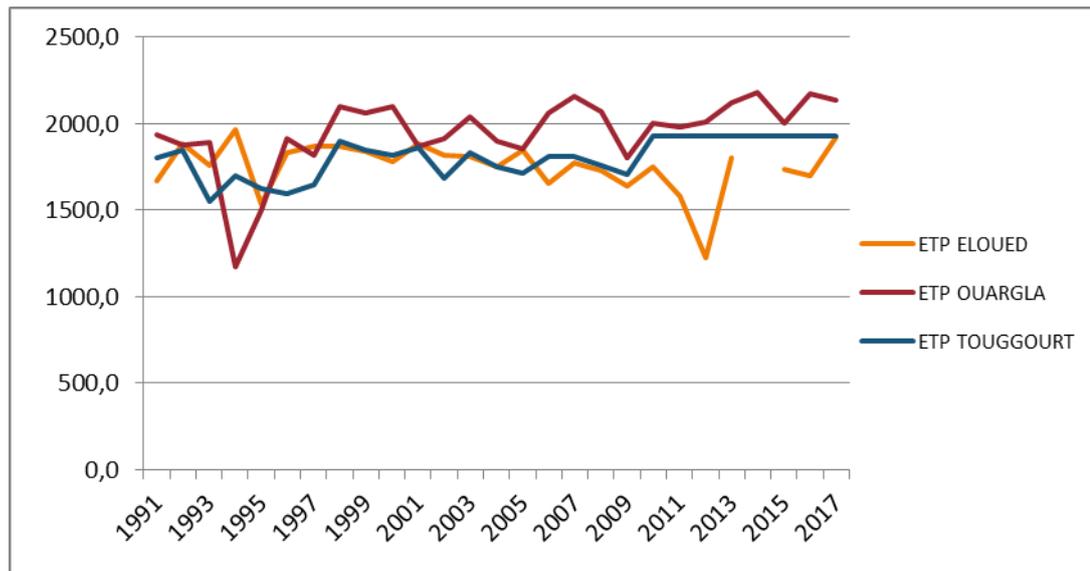


Figure 28. Variations interannuelles de l'évapotranspiration (ETP) au niveau des stations d'étude

III.2.1.2.4. Quotient pluvio-évapotranspiratoire

Le quotient pluvio-évapotranspiratoire (P/ETP) est un critère bioclimatique de classification, le plus fiable et sans objection (**Le Houérou, 1995b**). En s'appuyant sur le « logiciel instat+ », nous avons pu déterminer l'ETP et le quotient pluvio-évapotranspiratoire (P/ETP) (**Annexe 1, Tableau 29, Annexes 2 & 3**) et établir le graphique qui est représenté par la figure 29. Ainsi, le degré d'aridité a pu être précisé pour 3 régions : Ouargla, Touggourt et El Oued.

L'interprétation des résultats basés sur la classification rapportée par le tableau 13 avec ce qui vient d'être exposé appelle à des commentaires.

Tableau 13. Classes de P/ETP correspondant aux bioclimats sahariens

Classes de P/ETP	Bioclimats sahariens	Symboles
0,28 < P/ETP < 0,45	Zone semi-aride	SA
0, 21 < P/ETP < 0,28	Zone aride supérieure	AS
0, 15 < P/ETP < 0, 21	Zone aride moyenne ou typique	AM
0,065 < P/ETP < 0,15	Zone aride inférieure ou accentuée ou présaharienne	AI
0,030 < P/ETP < 0,065	zone hyper aride supérieure ou saharienne septentrionale	HS

L'application de cette classification bioclimatique (**Tableau 13**) aux résultats du quotient P/ETP, nous a permis de relever ce qui suit :

- en dépit de la dimension spatiale qui est restreinte par rapport à la superficie du Sahara septentrional central, les résultats dévoilent une variation progressive (Nord-sud) entre les régions étudiées.

- au plan temporel, les valeurs-seuils déterminées du coefficient « P/ETP » montrent une variation interannuelle matérialisée par les 3 courbes des 3 régions. Mais, nous constatons une atténuation de l'aridité du climat, soit $0,03 < \text{aride} < 0,2$ au sein des stations de Touggourt (0,037) et d'El Oued (0,050).
- ainsi, elles sont classées dans le bioclimat aride inférieur « AI ». Contrairement à la région d'Ouargla qui affiche la valeur la plus faible, soit 0,013. En effet, elle est dans une ambiance bioclimatique hyper-aride supérieure « HS ». Nos résultats (**Annexe 3**) sont comparés avec ceux de **Le Houérou (1995b)**, dans le tableau 14.

Tableau 14. Comparaison des données annuelles du quotient " P / ETP "

Facteurs bioclimatiques	P (mm)		ETP		P/ETP		Bioclimats	
	Le Houérou	Présent travail	Le Houérou ETP (Penman)	Présent travail ETP (PM)	Le Houérou	Présent travail	Le Houérou	Présent travail
El-Oued	73	67,47	1600	1755,01	0,05	0,050	HAS	AI
Touggourt	58	76,04	1555	1802,70	0,04	0,037	HAS	AI
Ouargla	38	40,31	1634	1949,20	0,02	0,013	HAI	HS

Légende : P : Précipitations (mm) ; ETP : évapotranspiration ; P/ETP : quotient pluvio-évapotranspiratoire

À titre de comparaison avec **Le Houérou (1995b)**, les résultats relatifs à ce coefficient dévoilent une variation entre les stations climatiques étudiées. Il est inférieur à celui noté à Ouargla (**0,02**), proche de celui de Touggourt (**0,04**), mais il est semblable à celui d'El Oued (**0,05**). Par conséquent, elles étaient respectivement, hyper-aride-supérieur et hyper-aride-inférieur selon cet auteur. Quoique globalement, pour lui la zone hyper-aride qui englobe tout le Sahara septentrional et occidental est classée suivant ce rapport entre 0,03 et 0,06. Bien entendu nos résultats ne concordent pas. Actuellement, la progression de l'outil de traitement statistique « logiciel instat+ » a permis de mieux caractériser le degré d'aridité dans une zone où la diversité environnementale est très remarquable. Comme, la raison de ce décalage (différence) écoclimatique tient probablement à la période d'étude, à sa durée, à l'action de l'homme, et surtout aux conditions pluviométriques de cette époque : répartition et intensité. Quantitativement, nous notons une variation perceptible des précipitations, soit 40 contre 40,31 mm avec une élévation de la température d'environ « + **1,9 °C**. » (**Annexe 2**) et de l'évapotranspiration par rapport à celle de **Le Houérou (1995b)**. Ce qui concorde avec les traits climatiques contemporains : sécheresse et accentuation de l'aridité, renforcées par la fréquence du NAO+, au niveau de la région climatique méditerranéenne (**Cassou, 2004**). Ce qui semble être à l'origine des fluctuations de l'indice P/ETP au niveau de la zone d'étude.

À terme, nous pouvons remarquer que cette étude a permis de constater de près la variation zonale de l'aridité du climat dans cette zone saharienne. Toutefois, le Sahara septentrional et occidental sont qualifiés comme une zone écoclimatique (homogénéité floristico-écologique entre autres) *sensus* **Le Houérou (1995b)**. Ceci paraît incompatible avec nos propos. Ainsi, il semble apparaître deux zones écoclimatiques proches, une zone à aridité atténuée (inférieur) au contact d'une zone à aridité accentuée ou zone hyper-aride (supérieure). Néanmoins, au niveau de cette dernière, l'impact du réchauffement climatique semble plus évident. En fait, la précision

faisant défaut dans les travaux antérieurs généralement entrepris à moyenne voire à petite échelle, fait qu'ils perdent en précision pour telle ou telle zone ce qu'elle est en généralisation.

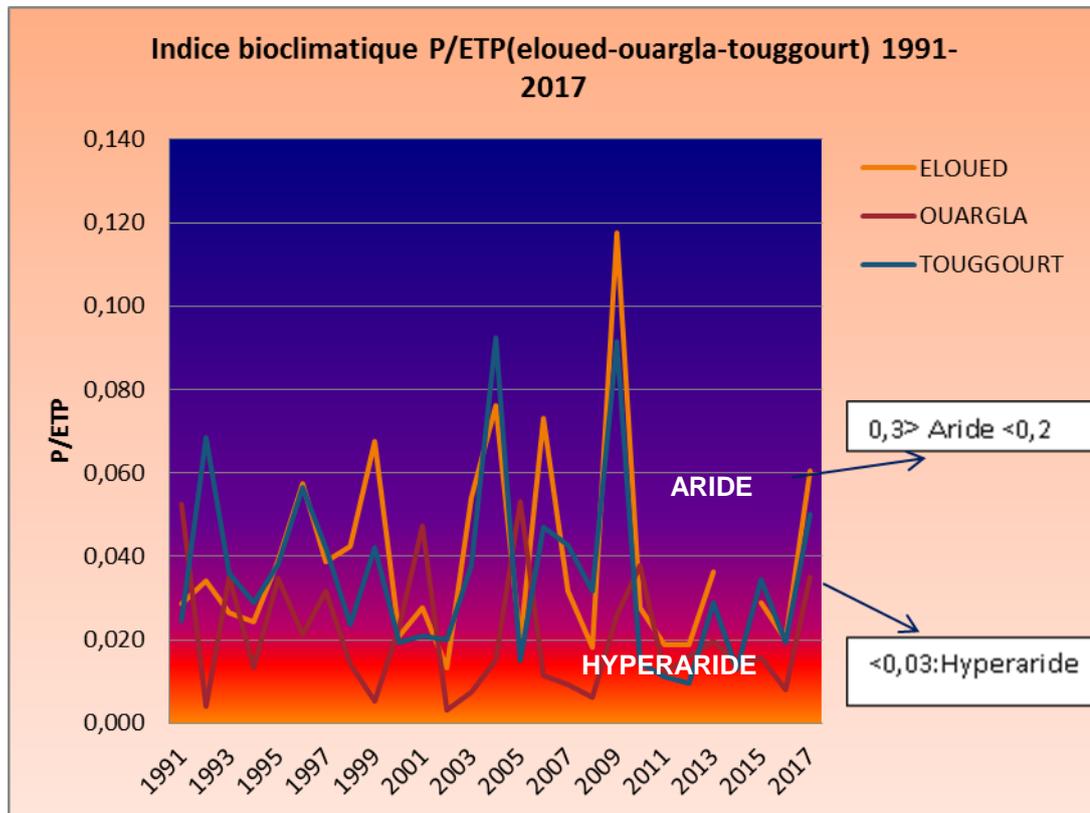


Figure 29. Indice bioclimatique "P/ETP" des stations d'El Oued, de Touggourt et d'Ouargla.

III.2.1.3. Concordance entre les systèmes de classification bioclimatique

Pour cela, nous avons confectionné le **Tableau 15** synthétisant les résultats de l'étude bioclimatique de la zone étudiée.

Tableau 15. Critères d'aridité au niveau de la région d'Ouargla

Station	P (mm)	Q ₃	X	P/ETP
Ouargla	40, 31	3, 60	365 j	0, 013

Du tableau 15, la comparaison entre les 3 systèmes de classification, nous enseigne que la signification est plus directe par l'indice xéothermique "X" (nombre de jours secs) que celle de l'indice d'Emberger "Q". Mais ce dernier tient compte de l'effet de la continentalité et il fait intervenir le facteur température, donc d'autres aspects importants du climat. Comme, il convient de signaler une excellente corrélation entre le quotient d'Emberger "Q" et le rapport P/ETP : correspondance notée par plusieurs auteurs (**Le Houérou 1972-1995b**). Cette correspondance souffre cependant d'une exception notable, en faite le coefficient pluviothermique sous-estime largement l'aridité en zone littorale océanique et de manière générale partout où l'amplitude thermique (M-m) est faible (**Le Houérou, 1995b**). Notre approche reste donc valable puisque, ce

n'est pas le cas du présent travail. Évidemment, avec une valeur assez élevée de l'amplitude "A max", soit 38, 33 °C. et une continentalité bien marquée.

Aussi, l'intensité de la saison sèche peut s'exprimer par le rapport P/ETP (**Le Houérou et al., 1975 in Le Houérou 1995b**) malgré l'existence d'une différence minime entre les deux méthodes notées par **Le Houérou (1995b)**.

En effet, le quotient pluviothermique avec **3, 60** ($2 < Q < 10$) place la région d'Ouargla à l'étage méditerranéen saharien à hiver doux (**Emberger, 1950**). Avec X égal à **365 jours**, c'est le désertique chaud (**Bagnouls et Gaussen, 1953-1957**) et l'indice pluvio-évapotranspiration avec **0, 013**, l'a situe en zone hyper-aride supérieure (**Le Houérou, 1995b**). Il en résulte que les 3 systèmes donnent des résultats assez similaires et permettent d'établir des concordances entre eux.

Toutefois, nous relevons la présence de 2 approches, l'une exprime le rattachement de la zone d'étude à la région climatique méditerranéenne selon **Emberger (1950)**, **Daget (1977)** et **Roumieux (2010)**. Et l'autre, elle est plutôt séparatrice de la dite région climatique. Autrement-dit, elle se rattache au désert ; c'est le cas de **Bagnouls et Gaussen (1953-1957)** et **Le Houérou (1995b)**.

En ce qui concerne, la signification phytoécologique du bioclimat, nous allons la développer dans le chapitre III.

IV. CONCLUSION

En guise de conclusion, il convient de noter que le climat de la région d'Ouargla (se trouvant dans la zone subtropicale aride : sous le couvercle anticyclonique) est dépendant du **système anticyclonique subtropical**. Ainsi, ce climat est rattaché à la zone des déserts zonaux, provoqués par les hautes pressions : **subsidence anticyclonique** des latitudes voisines des tropiques. Cependant, l'influence méditerranéenne est toujours importante, donc il s'agit d'un climat complexe nommé : **méditerranéo-saharien**. Où, nous enregistrons les caractéristiques (traits), suivantes :

- un **thermoclimat** « chaud » : avec une variation annuelle de l'insolation toute en montrant qu'elle est de type méditerranéen (à maxima estival) ; une élévation de la température moyenne annuelle d'environ **1, 9 °C**. (pour la période **1978-2017**) ainsi qu'une amplitude thermique moyenne annuelle "A max" assez élevée de l'ordre **38, 33 °C**. ;

- un **ombroclimat** : caractérisé par une faible pluviosité moyenne annuelle avec **40, 31 mm**, avec une saisonnalité des précipitations de type **HAPE** : nous notons que les précipitations se caractérisent par de faibles intensités. Et comme elles tombent dans une région aride (sèche et chaude), le déficit de saturation des basses couches de l'atmosphère est souvent très important, dépendant d'une humidité faible de l'ordre de **38, 63 %**. A cela s'ajoute d'énormes pertes en termes d'évaporation, soit un cumul de **2605, 01 mm** dont le régime est méditerranéen (maximum observé en été) ;

- les changements climatiques observés s'éclaircissent par la fréquence du régime **NAO+**, qu'est préférentiellement animé. Ce régime s'est caractérisé quotidiennement, en termes de températures, de précipitations et de tempêtes, expliquant ainsi le réchauffement important de ces dernières décennies ; sans perdre de vue l'action anthropique, si faible soit-elle ;

- au sens bioclimatique, les résultats de l'ETP enregistrent une élévation et les valeurs-seuils déterminées du coefficient « P/ETP » au niveau de trois stations climatiques limitrophes : Ouargla, Touggourt et El Oued, nous ont permis de mieux appréhender la variation zonale de l'aridité du climat dans la zone d'étude. Ainsi, il apparaît deux zones écoclimatiques avoisinantes, une zone à aridité atténuée (inférieure) au contact d'une zone à aridité accentuée ou zone hyper-aride (supérieure). Mais au niveau de cette dernière, l'impact du réchauffement climatique semble plus évident ;

- Par ailleurs, l'étude a dévoilé une complémentarité entre les systèmes de classification. Ainsi, au vu des caractéristiques suscitées, la région d'Ouargla est soumise au climat **méditerranéo-saharien** et elle appartiendrait au bioclimat **saharien** au sens d'Emberger mais **désertique chaud** au sens de Bagnouls et Gaussen et **hyper-aride supérieure** selon Le Houérou.

Ce qui vient d'être dit reflète, en effet, beaucoup plus les dominantes de plusieurs années d'observations que les situations réelles apparues en années vraies. Ces dispositions moyennes introduisent cependant le jeu cohérent des centres d'action, des masses d'air et des perturbations.

Deuxième partie : Diversité floristique

Chapitre III.

**Composition biosystématique,
phytogéographique et répartition
écoclimatique de la flore de la région
d'ouargla**

I. INTRODUCTION

Selon la littérature du siècle dernier (**Maire (1926 et 1933-1940), Quézel (1965), Zohary (1973-1983) & Ozenda (2004)**), la flore saharienne est connue pour sa pauvreté. Toutefois, elle présente une variation assez diversifiée sur les plans systématique, biologique, biogéographique et écoclimatique. En effet, dans sa composition systématique, la représentation quantitative des familles est presque la même que celle d'Europe (**Ozenda, 2004**). Aussi, nous notons que le nombre de genres est corrélativement élevé à cause de leur monospécificité des genres (**Hetz, 1970 in Ozenda, 2004**). Il convient de noter que les conditions écologiques et surtout climatiques, imposent aux plantes des stratégies adaptatives très caractéristiques, aux plantes. Évidemment, ceci va se répercuter sur les études floristiques, car en l'état actuel des connaissances sur la phytodiversité saharienne, la précision demeure difficile à atteindre. En outre, l'hétérogénéité biogéographique est parfois discutable pour certains éléments de diverses provenances. Ainsi, **Ozenda (2004)** a invoqué que la flore saharienne regroupe des éléments géographiques de souches très différentes qui posent des problèmes phytogéographiques de premier ordre.

Au Sahara septentrional, la flore est qualifiée comme homogène et la plus riche comparativement aux divers territoires sahariens (**Le Houérou, 1995a ; Ozenda, 2004 et Chehema, 2006**). Assurément, tous ces travaux ont apportés d'importantes informations floristiques mais ils restent insuffisant. Et donc beaucoup d'efforts doivent être déployés pour contribuer à développer la connaissance par rapport aux imperfections notées. À cet effet, il apparaît indispensable, dans un souci d'exhaustivité, d'attacher plus d'attention à cette région du Sahara. En effet, dans ce chapitre, nous nous sommes penché sur la caractérisation biosystématique et phytogéographique des différents biotopes de la région d'Ouargla d'une part ainsi que la répartition écoclimatique des espèces d'autre part. Donc, nous nous sommes focalisés sur la diversité des entités systématique, biologique, phytogéographique et écoclimatique des plantes couvrant cet espace saharien.

II. MÉTHODOLOGIE

II.1. Présentation des stations d'étude

En zone aride, la répartition de la végétation et du sol, le plus souvent, très irrégulière rend l'homogénéité difficilement approchable (**Roselt/OSS., 2008**). Dans notre cas, nous adoptons la conception de **Gounot (1969)** qui souligne que la station est une surface où les conditions écologiques sont homogènes et la végétation est uniforme. Pour la réalisation du présent travail, nous nous sommes basés sur la géodiversité caractérisant la région d'Ouargla. Ainsi, nous avons choisi sept stations qui semblent représentatives dans la zone d'étude (**Figure 30**).

En effet, notre site d'étude est situé entre les longitudes Est 4° 34' 49" et 5° 36' 28" et entre les latitudes Nord 31° 59' 32" et 32° 34' 42", représentant les différents géosystèmes : dépression, erg, hamada, lit d'Oued, reg, chott et sebkha.

Chapitre III. Composition biosystématique, phytogéographique et répartition écoclimatique de la flore de la région d'Ouargla

Ainsi, les coordonnées des stations ont été déterminées à l'aide du GPS et le logiciel ArcGis version 10.1 qui ont permis de les positionner (**Tableau 16**).

Tableau 16. Coordonnées géographiques des stations étudiées dans les différents sites

Stations	Géosystèmes	Coordonnées		Altitudes
		Longitudes	Latitudes	
S1	Chott Ain El Beida	5° 26' 24"	31° 59' 32"	133 m
S2	Reg Hassi Ben Abdellah	5° 27' 01"	31° 59' 50"	160 m
S3	Sebkha de Sefioune	5° 19' 49"	32° 18' 60"	111 m
S4	Oued N' Sa	5° 19' 40"	32° 34' 42"	150 m
S5	Erg Sidi Khouiled	5° 36' 28"	31° 59' 36"	195 m
S6	Hamada El Atchane	4° 34' 49"	32° 02' 02"	350 m
S7	Daya El Remtha	4° 60' 00"	31° 96' 04"	117 m

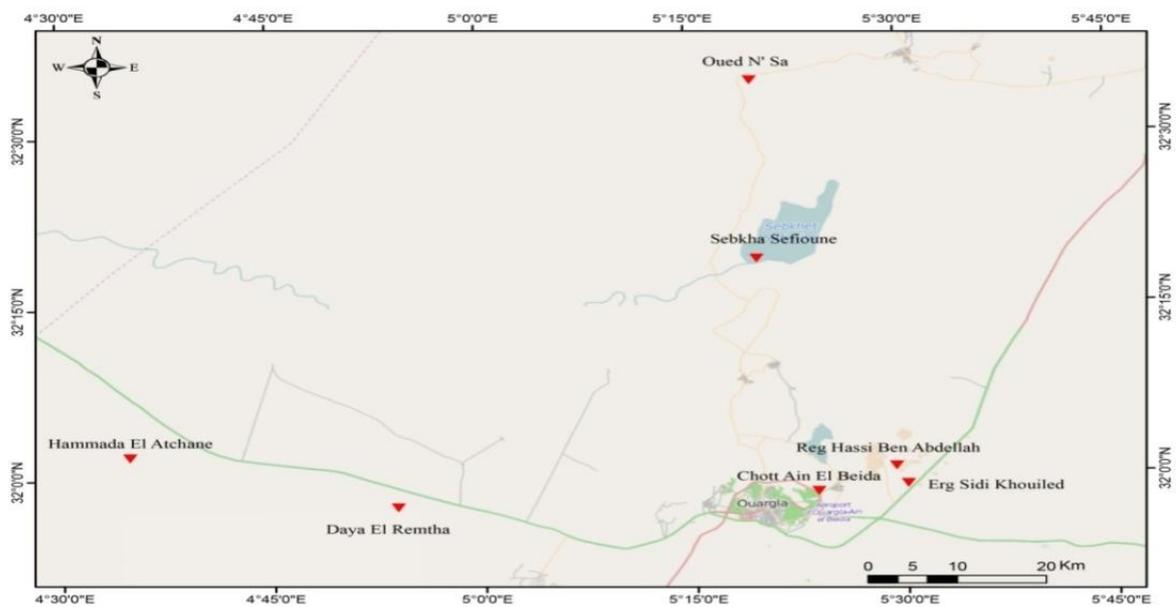


Figure 30. Localisation des sites étudiés dans la région d'Ouargla

Dans la figure 30, nous avons représenté les stations d'études qui sont choisies en fonction de la géomorphologie. Celles-ci sont illustrées par la figure 29 (**Photos de 1 à 7**).



Photo 1. Chott Ain Al Beida (S1)



Photo 2. Reg Hassi Ben Abdellah (S2)



Photo 3: Sebkhia de Sefioune (S3)



Photo 4. Oued N'sa (S4)



Photo 5. Erg Sidi Khouiled (S5)



Photo 6. Hamada El Atchane (S6)



Photo 7. Daya El Remtha (S7)

Figure 31. Sites étudiés dans la région d'Ouargla

II.2. Etude floristique

L'étude effectuée s'intéresse à un dénombrement des plantes peuplant les géosystèmes de la région d'Ouargla. Comme, elle a permis l'élaboration d'un catalogue (**Annexe 5**). L'accomplissement de ce catalogue s'est basé sur nos travaux de terrain et sur les acquis bibliographiques antérieurs. Ainsi, ce répertoire est suivi d'une analyse floristique afin de dévoiler davantage l'importance de cette phytodiversité.

Pour une meilleure présentation de l'inventaire, nous avons classé les espèces recensées selon l'ordre systématique adopté par **Ozenda (2004)** et actualisé par **Dobignard et Chatelain [(vol. 1 (2010), vol. 2 (2011a), vol. 3 (2011b), vol.4 (2012) et vol. 5 (2013)]**, par l'APG IV (2016) ainsi que par la base de données des plantes d'Afrique du **CJB** (Site : <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>). Aussi, pour toutes les espèces notées, nous avons exposé leurs adaptations biologiques (catégories, formes de vie ou autre type de classification), leurs éléments phytogéographiques ainsi que leur répartition écoclimatique.

II.2.1. Échantillonnage

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui ont pour objet de relever dans une population des individus (**Gounot, 1969**). Ainsi, le relevé floristique est un ensemble d'observations écologiques et phytosociologiques concernant un lieu déterminé (**Emberger, 1983**).

Pour la réalisation de cette étude, nous nous sommes basé sur le critère d'homogénéité floristico-écologique pour le choix de l'emplacement des relevés floristiques. Ainsi, 06 relevés ont été réalisés au sein de chaque biotope examiné, excepté pour la station S7 où seulement 4 relevés. Ces relevés comportent des données floristiques, de végétation et des conditions de milieu.

II.2.1.1. Période d'échantillonnage

La période d'échantillonnage tient compte de la vigueur et de l'état sanitaire des plantes mais aussi des conditions du milieu. Pour une bonne réussite de l'échantillonnage le printemps a été retenu. C'est la saison où le développement et la diversité floristique qui sont aux maxima, surtout pour les espèces annuelles. En d'autres termes, l'identification des espèces pérennes est plus facile lorsqu'elles sont en floraison (**Ozenda, 1982**). En effet, les relevés ont été effectués pendant la période optimale du développement de la végétation, c'est-à-dire pendant le printemps (pendant les mois de mars et avril) des années 2007-2008 et 2014, comme noté dans l'**annexe 4**.

II.2.1.2. Choix d'échantillonnage

Pour atteindre notre objectif et au vu des caractéristiques de la zone d'étude dont l'aspect très clairsemé de la végétation, nous avons opté pour l'échantillonnage subjectif qui est retenu pour nos investigations pratiques. Les critères de cet échantillonnage sont propres à l'observateur et

de ce fait des prospections ont précédé l'opération. Celles-ci étaient nécessaires pour la sélection des biotopes à étudier (**Figure 32**). En vue d'assurer aux travaux effectués une bonne rigueur des résultats, nous lui avons associé une méthode probabiliste. C'est l'aire minimale.

II.2.1.2.1. Principe de l'aire minimale

Cette notion de relation aire-espèce permet, surtout, de vérifier la représentativité d'une végétation. Elle est, en effet, fondée sur la probabilité de la présence d'une espèce, dans une portion de l'étendue étudiée. C'est ainsi que la surface considérée comme représentative constitue un modèle adapté au type de végétation, étudié dans la mesure où il tient compte de la fréquence de chacune des espèces présentes.

En fait, l'aire minimale représentative, de la végétation présente, est une de ses caractéristiques majeures de chaque type d'unité de milieu (**Roselt/O.S.S., 2008**).

II.2.1.2.2. Procédure pratique

Pour effectuer les relevés floristiques, nous avons localisé au hasard les stations, dans les géosystèmes (considérés comme étant homogène et suffisamment étendue). Mais, la dimension accordée au relevé floristique doit être en principe fonction de l'aire minimale de la communauté considérée. De manière pratique, le dispositif est mis en place de façon progressive et le relevé consiste à établir la liste floristique sur la surface prospectée concrètement ou sur des placettes de plus en plus grandes [la surface étant doublée à chaque étape (1, 2, 4, 8, 16, 32 m², etc.)]. Plusieurs dispositifs sont proposés par la bibliographie mais, nous avons adopté celui correspondant au schéma de la figure 32.

L'opération a consisté à inscrire les espèces présentes dans une placette initiale de dimension réduite, située en principe au cœur de la communauté étudiée. Puis, nous continuons à noter les nouvelles espèces qui apparaissent lorsque nous doublons successivement cette surface. Donc, nous avons additionné, à chaque étape, les espèces rencontrées jusqu'à ce que le nombre d'espèces qui s'ajoute à la liste, devient graduellement quasiment nul (preuve d'homogénéité du milieu) (**cf. Figure 32**).

La courbe obtenue est du type sigmoïde : initialement à très forte pente, elle s'infléchit graduellement pour parvenir à un palier subhorizontal, signifiant la quasi-absence de nouvelles espèces au-delà d'une certaine surface. Le rayon de courbure où point d'inflexion correspondant définit la superficie de l'aire minimale, exprimée en m², qui représente donc la plus petite surface permettant d'exprimer la composition floristique globale de la communauté (**Lacoste et Salanon, 2001 & Roselt/O.S.S., 2008**). Toutefois, dans la pratique, il est nécessaire de pratiquer les mesures sur une superficie double de celle de l'aire minimale ainsi établie, suivant les références consultées (**Roselt/O.S.S., 2008**). Plusieurs expressions mathématiques des données de la courbe aire-espèce sont distinguées, suivant **Daget et Poissonnet (1969)** : arithmétique, semi-logarithmiques ou logarithmiques. Dans la présente étude, elle est du premier type c'est-à-dire les coordonnées sont arithmétiques sur le graphique (**Figure 33**).

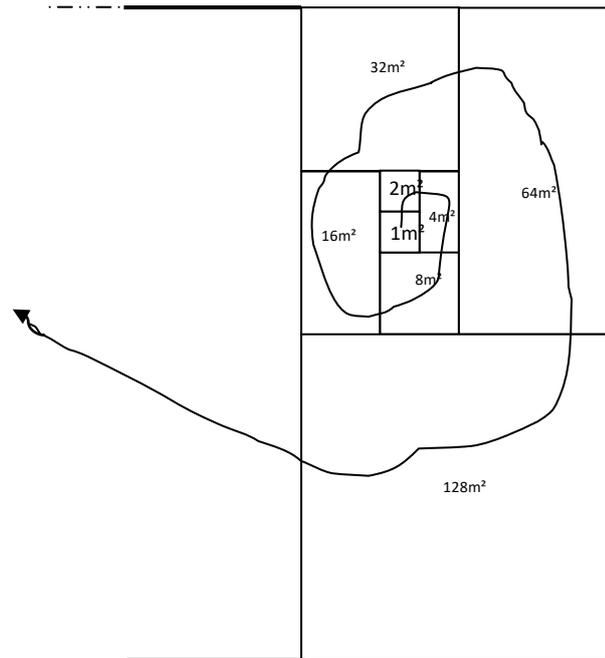


Figure 32. Dispositif de surfaces croissantes en m^2 pour la détermination de l'aire minimale.

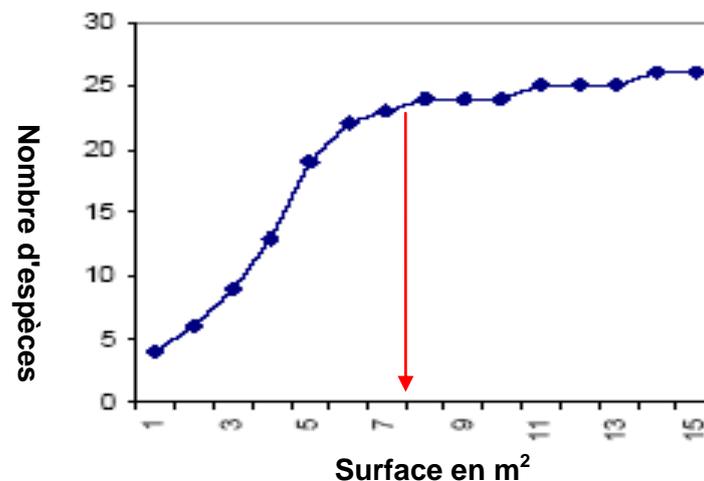


Figure 33 : Détermination de l'aire minimale par l'établissement de la courbe aire-espèce.

II.2.1.3. Choix de la surface des relevés

Au désert, la dimension de l'aire minimale varie de $100 m^2$ à $200 m^2$ (Quézel, 1965 ; Springuel et al., 1991). Quoique, Kaabèche et Benkheira (2012) s'est limité à $16 m^2$. Actuellement, la tendance de la dimension " $100 m^2$ " est employée surtout pour les études phytosociologiques dont Benhouhou et al. (2003b). De même pour l'approche quantitative comme rapportée par Chehma et al. (2005).

En écologie steppique (Algérie et Tunisie) : steppe à chaméphytes (Floret et al., 1978 ; Djebaili, 1978) et est noté par Roselt/O.S.S. (2008) ainsi que Boughani et al. (2009), la surface

maintenue est de l'ordre de 32 m². Suivant notre approche et en raison des caractéristiques écologiques suscitées des habitats sélectionnés notamment la géomorphologie qui a un effet considérable sur la modification du tapis végétal. Nous avons aussi fait le choix délibéré de réaliser 40 relevés sur une aire minimale correspondant à la végétation pour le recensement floristique, soit 100 m².

II.2.2. Conception du catalogue

L'inventaire effectué a comporté les ordres, les familles, les genres et les espèces qui sont classifiés suivant l'ordre alphabétique. Les nouvelles appellations de ces entités systématiques sont consignées dans l'annexe 5. Les caractéristiques bioécologiques inscrites pour chaque espèce ainsi que les abréviations utilisées pour ce catalogue (**annexe 5**) sont mentionnées comme suit :

- **Par entité systématique :**

- **Gymnospermes :** *Ephedrales* ;

- **Angiospermes :**

- ✓ **Monocots :** *Asparagales, Liliales, Poales* ;

- ✓ **Eudicots :** *Apiales, Asterales, Boraginales, Brassicales, Caryophyllales, Cucurbitales, Fabales, Gentianales, Geraniales, Lamiales, Malpighiales, Malvales, Sapindales, Solanales, Zygophyllales* ;

- **Par biotope :** S1: Chott Ain Beida, S2 : Reg HBA, S3 : SebKha Sefioune, S4 : Oued N'sa, S5 : Erg Sidi Khouiled, S6 : Hamada El Achane, S7 : Daya El Remtha ;

- **Par élément floristique :** (cf. IV. 2.3.) ;

- **Par type biologique :** Phanérophyte (Ph.) : arbre, Nanophanérophyte (Nph.) : arbuste, Chaméphyte (Ch.) : buisson, Hémicryptophyte (Hém.), Cryptophyte (Cryp.) et Géophyte (Géo.) : herbe vivace et Thérophyte (Th.) : herbe annuelle.

III. CARACTÉRISATION BIOSYSTÉMATIQUE

L'analyse floristique dans les différents milieux de la région d'Ouargla, nous a permis de lister les espèces végétales rencontrées.

III.1. Composition systématique et biodiversité végétale

Au terme de nos investigations, dans la région d'Ouargla, nous avons pu inventorier **97** espèces végétales (Annexe 5). La liste floristique établie, représente **2, 45 %** de la flore d'Algérie estimée à **3950 Dobignard et Chatelain [(vol. 1 (2010), vol. 2 (2011a), vol. 3 (2011b), vol.4 (2012) et vol. 5 (2013)]**, et approximativement à **8, 08 %** de la flore saharienne évaluée à **1200 (Ozenda, 2004)**. Cependant, elle atteint **19, 4 %** de la flore du Sahara septentrional appréciée à **500 (Ozenda, 2004)**.

Chapitre III. Composition biosystématique, phytogéographique et répartition écoclimatique de la flore de la région d'Ouargla

En vue d'une évaluation plus complète des entités systématiques trouvées, nous avons dressé le tableau 17. Celui-ci illustre la répartition des espèces selon les ordres, les genres et les espèces dans la région d'Ouargla.

Tableau 17. Répartition en ordres, familles, genres et espèces de la flore de la région d'Ouargla

Ordres	Familles	Genres	Espèces	Ordres	Familles	Genres	Espèces
Ephedrales	01	01	01	Fabales	01	03	05
Asparagales	02	02	03	Gentianales	01	02	02
Liliales	01	01	01	Geraniales	01	02	02
Poales	02	10	14	Lamiales	02	02	03
Apiales	01	03	03	Malpighiales	01	01	01
Astérales	01	14	17	Malvales	03	03	03
Boraginales	01	03	03	Sapindales	01	02	02
Brassicales	04	09	10	Solanales	02	02	02
Caryophyllales	06	18	20	Zygophyllales	01	02	04
Cucurbitales	01	01	01	-	-	-	-
Totaux				19	33	81	97

Du tableau précédent, il en ressort quatre vingt dix-sept (97) plantes répertoriées, recouvrant dix-neuf (19) ordres. Ces taxons sont distribués en 81 genres et 33 familles. Les Caryophyllales sont l'ordre le plus diversifié avec 6 familles, 18 genres et 20 espèces. Suivie par les Brassicales avec 4 familles, suivis par les Malvales avec 3 familles alors que les Poales, les Asparagales, les Lamiales, et les Solanales sont représentés par deux familles pour chaque ordre. Les autres ordres ne regroupent plus qu'une seule famille.

Sur le plan quantitatif, nos résultats sont relativement supérieurs à ceux rapportés par **Chehma et al. (2005)**. En effet, ces derniers ont inscrit 74 espèces recouvrant 28 familles. Encore plus important que ceux notés par **Ould El Hadj et al. (2004)**, soit 37 espèces. Ceci est en rapport avec plusieurs facteurs qui sont les conditions pluviométriques, la méthodologie, le choix des sites ainsi que la durée des investigations.

La particularité de la présente étude consiste, cependant, en l'addition de 4 familles non signalées dans la région d'Ouargla par **Chehma et al. (2005)**. Ce sont les Cyperaceae, les Solanaceae, les Frankeniaceae et les Malvaceae. Et par rapport à ces mêmes auteurs, dix neuf (19) espèces sont nouvellement dénombrées lors de notre étude. Il s'agit des espèces *Daucus sahariensis*, *Farsetia hamiltonii*, *Astragalus gyzensis*, *Aeluropus littoralis*, *Arundo donax*, *Cynodon dactylon*, *Phragmites communis*, *Polypogon monspeliensis*, *Schismus barbatus*, *Stipagrostis ciliata*, *Peganum harmala*, *Fagonia latifolia*, *Androcymbium punctatum*, *Asphodelus refractus*, *Plantago albicans*, *Tamarix gallica*, *Echium humile*, *Megastoma pusillum* et *Molkiopsis ciliata*.

A la vallée d'Oued Righ (dans 5 zones humides), seulement 17 espèces ont été rapportées par **Koull et Chehma (2013)**. Celles-ci recouvrent 10 familles avec la prédominance des Amaranthaceae (6 espèces). En allant vers le nord, aux gorges du Ghouffi, la diversité floristique a atteint 82 espèces pour 24 familles échantillonnées sur 40 sites (**Boughani et al., 2009**).

Chapitre III. Composition biosystématique, phytogéographique et répartition écoclimatique de la flore de la région d'Ouargla

Dans un autre territoire saharien, au Hoggar, la composition floristique demeure comparable. En effet, des entités communes, soit onze (11) familles avec dix (10) espèces ont été également signalées par **Chenoune (2005)**. Mais, dans la région de Tindouf, la biodiversité des parcours camélins a atteint 35 espèces et 19 familles où les Asteraceae viennent avec 17, 14 % (**Bouallala et Chehma, 2011**).

III.1.1. Richesse générique par famille

Au niveau générique, les familles représentées sont par ordre décroissant, les Asteraceae avec 14 genres (soit 17, 28 % des genres), les Amaranthaceae avec 18 genres (soit 22, 22 % des genres), les Poaceae avec 9 genres (soit 11, 11 % des genres), les Brassicaceae avec 6 genres (soit 7, 40 % des genres), les Boraginaceae avec 3 genres (soit 3, 70 % des genres). Les Fabaceae et les Apiaceae sont recouverts par 3 genres chacune (soit 3, 75 % des genres pour chacune d'elle). Les Zygophyllaceae, les Caryophyllaceae, Nitrariaceae et les Geraniaceae sont représentées par 2 genres chacun (soit 2, 46 % des genres). Enfin, les dix-neuf (19) familles restantes sont monogénériques (soit 1, 23 % des genres pour chacune d'elle).

L'étude de la composition par genre, nous a conduits à la détermination du coefficient générique (le rapport du nombre du genre au nombre d'espèce). Il est de l'ordre de **83, 5 %**. Cette importance s'explique par le fait que la zone explorée est limitée, ce qui fait la liste des genres se rapproche de celle des espèces. Au Sahara, ce coefficient est égal à 60 %. Toutefois, il diminue lorsque la liste des espèces est nettement supérieure à celle des genres et/ou lorsque l'espace géographique étudié est de plus en plus vaste. Suite à cela, le taux enregistré est justifié et permet de rejoindre l'idée d'un bon nombre d'auteurs dont **Ozenda (2004)**, en avançant que les coefficients génériques élevés caractérisent les flores appauvries, comme celle que nous étudions.

Le classement des genres par ordre d'importance fait mention d'un seul genre qui est représenté par cinq espèces. C'est le genre *Stipagrostis*, suivi par les genres *Launaea*, *Astragalus* et *Fagonia* avec 3 espèces chacun, 2 espèces pour chacun des genres *Savignya*, *Suaeda*, *Tamarix*, *Carduncellus*, *Asphodelus* et *Plantago*. Les autres (71) sont monospécifiques. Le tableau 18 indique les genres les plus notés au Sahara septentrional.

Nous constatons que la région d'Ouargla est relativement pauvre au vu de la faible représentativité des genres. Il est important de signaler que le genre *Stipagrostis* est dominant et même dans tout le Sahara, soit 14 et 16 au Sahara central et méridional respectivement (**Ozenda, 2004**).

Tableau 18.

Genres dominants au Sahara septentrional et dans la région d'étude

Genres	Sahara septentrional	
	Ozenda (2004)	Présent travail
<i>Stipagrostis</i>	8	5
<i>Astragalus</i>	8	3
<i>Fagonia</i>	8	3
<i>Launaea</i>	7	3
<i>Plantago</i>	6	2
<i>Salsola</i>	6	1
<i>Reseda</i>	6	0
<i>Tamarix</i>	5	2
<i>Euphorbia</i>	5	1
<i>Cyperus</i>	2	1
<i>Cleome</i>	1	1

III.1.2. Richesse spécifique par famille

Au plan spécifique, les Asteraceae sont aussi les mieux représentées avec 17 taxons (soit 17, 52 % des espèces recensées), suivies par les Amaranthaceae avec 13 (soit 13, 40 %), les Poaceae avec 13 (soit 13, 40 %). Les familles comportant moins de 10 taxons sont les Brassicaceae avec 7 (soit 7, 21 %), les Fabaceae avec 5 (soit, 5, 15 %), les Zygophyllaceae avec 4 (soit, 4, 12 %). Les Boraginaceae et les Apiaceae viennent avec 3 chacune (soit, 3, 09 % pour chacune des familles). Les Asphodelleaceae, les Caryophyllaceae, les Tamaricaceae, les Apocynaceae, les Geraniaceae, les Plantaginaceae et les Nitrariaceae avec 2, enregistrent un taux égal à 2, 06 %. Dix-huit familles sont monospécifiques (soit 1, 03 %).

Le coefficient spécifique ou rapport du nombre de familles au nombre des espèces est aussi important, il est égale à **35, 05 %**. Celui-ci est supérieur à celui du Sahara, soit 20 % (**Ozenda, 2004**). Cet auteur l'explique par le fait qu'il est aussi, inversement proportionnel à l'espace exploré. Comme ces résultats montrent qu'au Sahara, la plupart des familles ne sont représentées que par un ou deux genres, et la majorité des genres par une ou deux espèces seulement.

III.2. Diversité biologique

III.2.1. Méthodologie de la caractérisation biologique

Rassembler les taxons selon leur mode de croissance ou leur morphologie est un élément important pour la description physionomique et structurale de la végétation, car ces caractères expliquent les adaptations évolutives des plantes à l'environnement (**Orshan, 1982**). À cet effet, une analyse biologique a été envisagée en vue de distinguer les comportements biologiques des espèces végétales recensées. Leur identification en catégories biologiques, types biologiques ainsi qu'en classes d'adaptations vis-à-vis du problème de l'eau va être exprimé successivement.

III.2.1.1. Catégories biologiques

La répartition des espèces sahariennes est tributaire de la disponibilité d'eau. Selon la bibliographie, celle-ci est étroitement liée aux facteurs climatiques, édaphiques et topographiques dont **Youcef et Chehema (2009)**. Ainsi, pour **Ozenda**, il existe une proportionnalité entre la pluviosité et la quantité de matière végétale qui est présente par unité de surface, notamment dans les régions prédésertiques où la couverture végétale est plus ou moins régulière.

En s'appuyant sur ce qui précède, les espèces végétales dénombrées peuvent être agencées dans deux ensembles biologiques.

III.2.1.1.1. Plantes annuelles

Dans cette catégorie, nous différencions les plantes annuelles. Celles-ci apparaissent brusquement après les pluies. Elles accomplissent tout leur cycle vital (germination, floraison et fructification), avant que le sol ne soit desséché. Pour **Ozenda (1982)**, la durée de ce cycle végétatif varie selon les espèces. En général, il est de un à quatre mois.

III.2.1.1.2. Plantes pérennes (ou vivaces)

Les espèces qui la caractérisent sont adaptées physiologiquement, morphologiquement ou anatomiquement à l'hostilité du milieu saharien. Globalement, l'adaptation se manifeste par un développement de l'appareil racinaire et/ou par une réduction de la surface évaporante.

III.2.1.2. Types biologiques

Le fameux travail de **Raunkiaer (1904)** relatif à la classification des types biologiques a été révisé par **Ellenberg & Muller-Dombois (1967)** puis repris par des auteurs dont **Lacoste et Salanon (2001)**, **Faurie et al. (2003)** et **Afayolle (2008)**. Selon ces derniers auteurs, la distinction des types biologiques s'est appuyée sur des critères morphologiques déterminant l'adaptation des végétaux à la saison défavorable : suivant "la position des bourgeons pérennants et leur degré de protection". Mais cette classification peut se conformer en fonction des caractéristiques locales de l'environnement. Ainsi, dans les zones arides où le facteur limitant n'est plus la température mais l'eau, des amendements ont été apportés par différents auteurs (**Orshan, 1953**). Certains ont même parfois recommandé d'autres classifications adaptées spécialement aux zones arides (**Noy Meir, 1973**). Toutefois, comme elle est couramment employée en écologie, nous avons opté pour le spectre biologique *sensu* Raunkiaer. Celui-ci permet de mieux cerner les stratégies d'adaptation, de la flore dans son ensemble aux conditions de milieu et notamment aux conditions climatiques (**Daget, 1980**).

Sept formes de vie principales, où types biologiques, sont prises en considération dans cette étude. Ce sont les thérophytes, les hémicryptophytes, les géophytes, les cryptophytes, les chaméphytes, les nanophanérophytes et les phanérophytes (**Figure 34**). C'est ce qui nous a permis de dresser le spectre global des types biologiques.

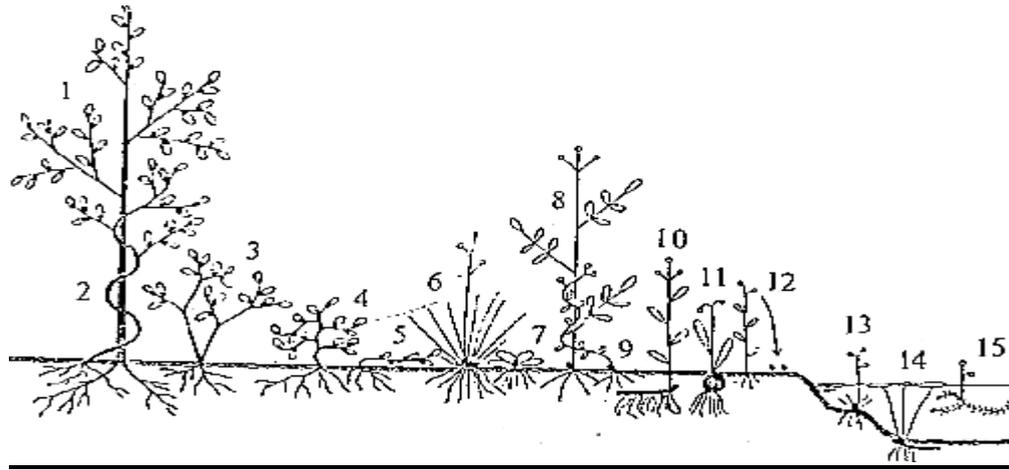


Figure 34. Types biologiques (Sedjar, 2012)

1, Macrophanérophyte ; 2, Macrophanérophyte grimpant ; 3, Nanophanérophyte ; 4, Chaméphyte frutescent ; 5, Chaméphyte rampant ; 6, Hémicryptophyte cespiteux ; 7, Hémicryptophyte à rosette ; 8, Hémicryptophyte dressé ; 9, Hémicryptophyte grimpant ; 10, Géophyte à rhizome ; 11, Géophyte à bulbe ; 12, Thérophyte ; 13, Hydrohémicryptophyte, 14, Hydrogéocryptophyte et 15, Hydrophyte nageant.

III.2.1.3. Autre type d'adaptation face au problème d'eau

Par rapport à ce contexte, la caractérisation des espèces est le résultat d'un travail de synthèse. Parmi les classifications fonctionnelles des végétaux adaptées spécifiquement aux régions arides, nous notons les investigations de **Shantz (1927)** et **Evenari et al. (1975)** tel rapporté par **Roselt/OSS (2004)**. Mais, ces auteurs s'alignent avec **Noy-Meir (1973)** qui a classifié les espèces végétales des zones arides en deux catégories. Ce sont les plantes arido-actives et plantes arido-passives. Néanmoins, nous nous référons aux classes d'adaptation *sensu* **Monod (1992)** pour les classifications biologiques adaptées spécifiquement aux régions arides.

En effet, un spectre global de classes d'adaptation a été établi et les pourcentages retenus correspondent aux regroupements des types biologiques qui sont présents dans ce chapitre au point **III. 2.2.3**. Ils sont respectivement, les espèces **vivaces arido-passives** qui englobent les hémicryptophytes, les cryptophytes et les géophytes, Les **ombro-éphémères arido-passives** comportent les thérophytes, La classe des espèces **vivaces arido-actives** regroupe les chaméphytes, les nanophanérophytes et les phanérophytes.

III.2.2. Classifications biologiques

Sur le plan biologique, nous avons eu à analyser les espèces inventoriées dans la région d'Ouargla, suivant les classifications biologiques.

III.2.2.1. Catégories biologiques

Comme cité précédemment, les espèces végétales recensées sont divisées en deux groupes. Ce sont les espèces annuelles et les espèces vivaces. Les résultats sont illustrés par le tableau 19 et la figure 35.

Tableau 19. Catégories biologiques dans la région d'étude

Catégories biologiques	Nombre	Pourcentage (%)
Espèces annuelles	30	30, 92
Espèces vivaces	67	69, 07

Le tableau ci-dessus dévoile la prépondérance des plantes vivaces avec **67** et **69, 07 %** contre **30** et **30, 92 %** des plantes éphémères. Ce qui apparaît contradictoire avec la bibliographie, notamment celle récente (**Chehma et al., 2005**). Ces derniers ont signalé 44 achems contre 30 vivaces. Dans les parcours camelins de la région de Tindouf 18 espèces annuelles contre 17 espèces pérennes ont été inscrites par **Bouallala et Chehma (2011)**. En fait, nos résultats sont complétés par l'analyse des types morphobiologiques (**III. 2.2.2.**) qui permettra d'expliquer ce qui vient d'être noté. En réalité, il est vrai que leur absence est bien marquée pendant la période critique, voire invisible mais elles persistent grâce à leurs organes souterrains.

Les autres formes biologiques c'est-à-dire les nanophanérophytes, les hémicryptophytes, les géophytes et les cryptophytes sont aussi des vivaces. Mais, leur manifestation biologique est en quelque sorte similaire à celle des plantes annuelles (mise à part les nanophanérophytes avec certaines hémicryptophytes). Autrement-dit, elles sont invisibles durant les périodes critiques (hiver et sécheresses).

Au niveau des biotopes explorés, la répartition des catégories biologiques est variable. Toutefois, elle reste importante de manière relative pour l'ensemble des plantes vivaces (**Annexe 6: Tableau 32 et Figure 35**).

Les plantes vivaces et annuelles montrent une répartition inégale entre les stations expérimentales mais la plus importante est enregistrée à Oued N'sa (S4) ; Selon la littérature consultée dont **Benseghir (1987)** et **Chehma et al. (2005)**, au Sahara septentrional, les conditions écologiques ne permettent guère la vie des plantes, ayant des caractéristiques bien particulières. Surtout que la productivité est essentiellement sous le contrôle de la disponibilité en eau. Comme, il ne faut pas perdre de vue que la végétation est à déterminisme géomorphologique.

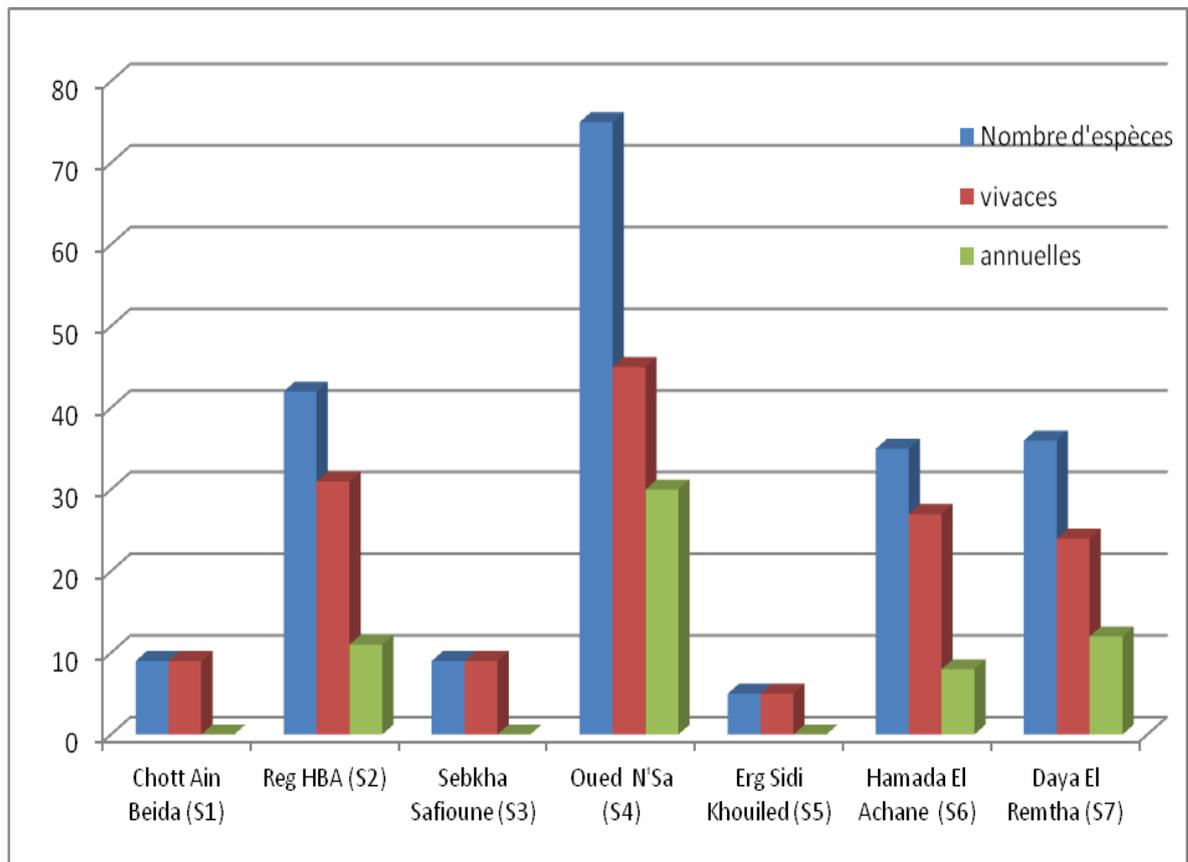


Figure 35. Catégories biologiques dans les biotopes étudiés

III.2.2.2. Types morphobiologiques

III.2.2.2.1. Spectre biologique régional

Nous présentons la diversité biologique de la région d'Ouargla dans le tableau 29 de l'annexe 6 et la figure 36.

L'examen de l'annexe 6 et la figure 36 fait apparaitre la coexistence des principaux types biologiques dans la région d'Ouargla. En effet, nous inscrivons la prépondérance des chaméphytes avec 34 % et à un pourcentage moindre des thérophytes avec 29, 89 %. Suivies par les hémicryptophytes et les nanophanérophytes avec des taux égaux à 13, 40 % et 11, 34 % respectivement.

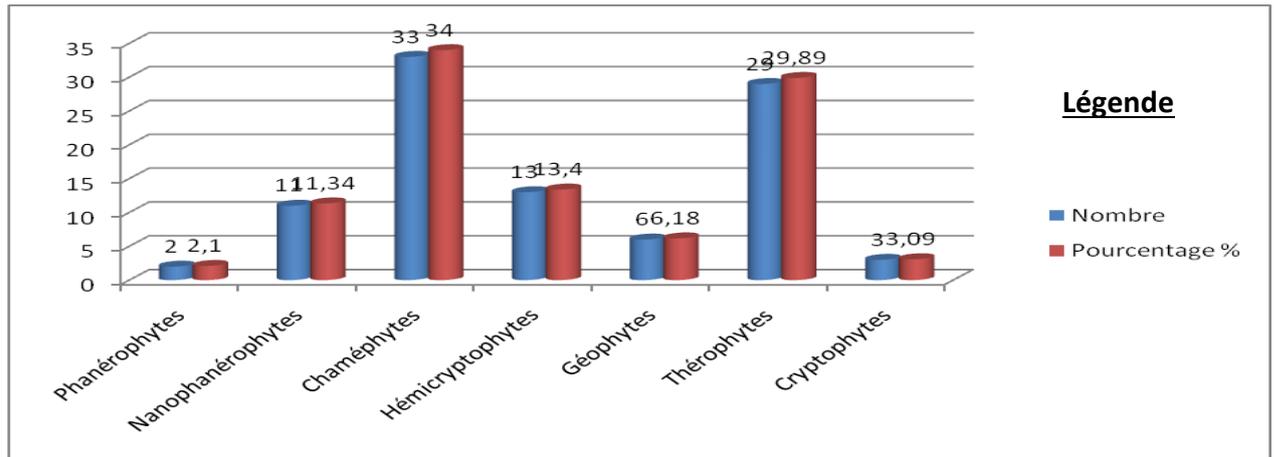


Figure 36. Types biologiques de la région d'étude

Les autres types biologiques existent avec des taux faibles. Par ordre décroissant, nous soulignons la présence des géophytes avec 6,18 %, des cryptophytes avec 3,09 % et des phanérophytes avec 2,1 %.

III.2.2.2.2. Spectre morphobiologique des biotopes étudiés

Les résultats de la caractérisation biologique des biotopes étudiés sont illustrés par le tableau 34 de l'annexe 6 et la figure 37.

III.2.2.2.2.1. Phanérophytes

Le pourcentage de ce type biologique est compris entre 2,56 % dans la station d'Oued N'Sa (S4) et 2,78 % dans la station de Daya El Remtha (S7). Il est absent dans les autres stations et la présence des Phanérophytes est de ce fait négligeable dans la zone d'étude. Ce type est aussi négligeable aux piémonts Sud atlasique (**Benseghir, 1987**) ainsi qu'à Tindouf (**Bouallala et Chehema, 2011**). C'est tout à fait normal au vu des caractéristiques écologiques que nous avons évoqué dans les chapitres I et II.

III.2.2.2.2.2. Nanophanérophytes

Les nanophanérophytes inscrivent des taux allant de 44,44 % pour la station de Sebkhya de Sefioune (S3) à 6,41 % pour Oued N'Sa.

III.2.2.2.2.3. Chaméphytes

C'est le type morphologique le plus représenté dans la zone d'étude. En effet, il oscille au niveau des biotopes étudiés entre 66,7 % dans Chott Ain Al Beida (S1) et 30,6 % dans Oued N'Sa (S4). Ses taux intermédiaires, dans les autres biotopes, vont de 60 % (Erg Sidi Khouiled, S5) ; 55,56 % (Sebkhya de Sefioune, S3) ; 48,57 % (Hamada El Atchane, S6) ; 39,54 % (Reg Hassi Ben Abdallah, S2) à 38,89 % (Daya El Remtha, S7). La prépondérance des chaméphytes s'explique par le fait qu'elles ont la faculté de développer diverses formes d'adaptation à la

sécheresse dont la réduction de la surface foliaire et le développement d'un puissant système racinaire. Comme, il convient de noter que les chaméphytes seraient bien adaptés au phénomène d'aridisation (Orshan et al., 1984 ; Floret et al., 1990 cités par Boughani et al., 2009).

En se rapportant à d'autres travaux, il présente des variations de l'Ouest vers l'Est aux piedmonts sud atlasique. Il vient respectivement avec 65, 5 %, 22, 95 % et 23, 75 % (Benseghir, 1987). Pour Boughani et al. (2009), il occupe la seconde place avec 24 espèces et 29 % aux Gorges de Rhoufi. Toujours, en 2^{ème} position avec 31, 43 %, ce type caractérise les parcours camelins dans la région de Tindouf (Bouallala et Chehma, 2011).

III.2.2.2.4. Hémicryptophytes

Ils sont présents dans l'ensemble des stations excepté dans la station S3. Ainsi, la présence des hémicryptophytes est comprise entre 20 % en S5 et 5, 55 % en S7. Les résultats les plus élevés sont mentionnés dans le secteur présaharien Messaad-Djela avec 21 % (Melzi, 1986).

III.2.2.2.5. Cryptophytes

Leur répartition est moins significative dans la région d'étude. Ainsi, ses taux de présence s'échelonnent de 2,78 % en S7 (Daya El Remtha), 2,56 % en S4 (Oued N'Sa) à 2,33 % en S3. Les autres stations sont dépourvues de ce type morphobiologique. Ces proportions se rapprochent de ceux obtenus aux steppes présahariennes et sahariennes du Sud oranais (2,3 %). Toutefois, pour Benseghir (1987), il atteint le double au Sud algérois (8, 19 %) par rapport à celui déterminé par Mélzi (1986) avec 4 %.

III.2.2.2.6. Géophytes

Les géophytes enregistrent des pourcentages allant de 20 % pour S5 à 6,66 % pour Oued N'Sa (S4). Ils font défaut en Chott Ain Al Beida (S1) Sebkhha de Sefioune en (S3). Boughani et al. (2009), en rapporte 1 %.

III.2.2.2.7. Thérophytes

Le taux le plus élevé est observé en S4 avec 37, 2 % et secondé par la station Daya El Remtha (S7) avec 30, 56 %. Dans le site de Reg Hassi Ben Abdellah (S2), il est de l'ordre de 25, 58 % et de 22, 86 % à Hamada El Atchane (S6). Dans les stations de Chott (S1), de la sebkhha (S3) et de l'erg (S5), ce type biologique est inexistant. Il enregistre des taux plus élevés aux piedmonts Sud atlasique oscillants entre 51, 25 % et 54, 09 % (Benseghir, 1987). De même, en 1986 Melzi a noté 52,3 % au secteur présaharien "Messaad-Djelfa". Aux Gorges de Rhoufi, ce type biologique vient en première position avec 36 espèces, soit 44 % (Boughani et al., 2009) et 51, 43 % (Bouallala et Chehma, 2011). Il semble que l'agressivité des conditions écologiques face à la fragilité de ce type biologique fait que sa distribution tend à diminuer, dans la région d'Ouargla.

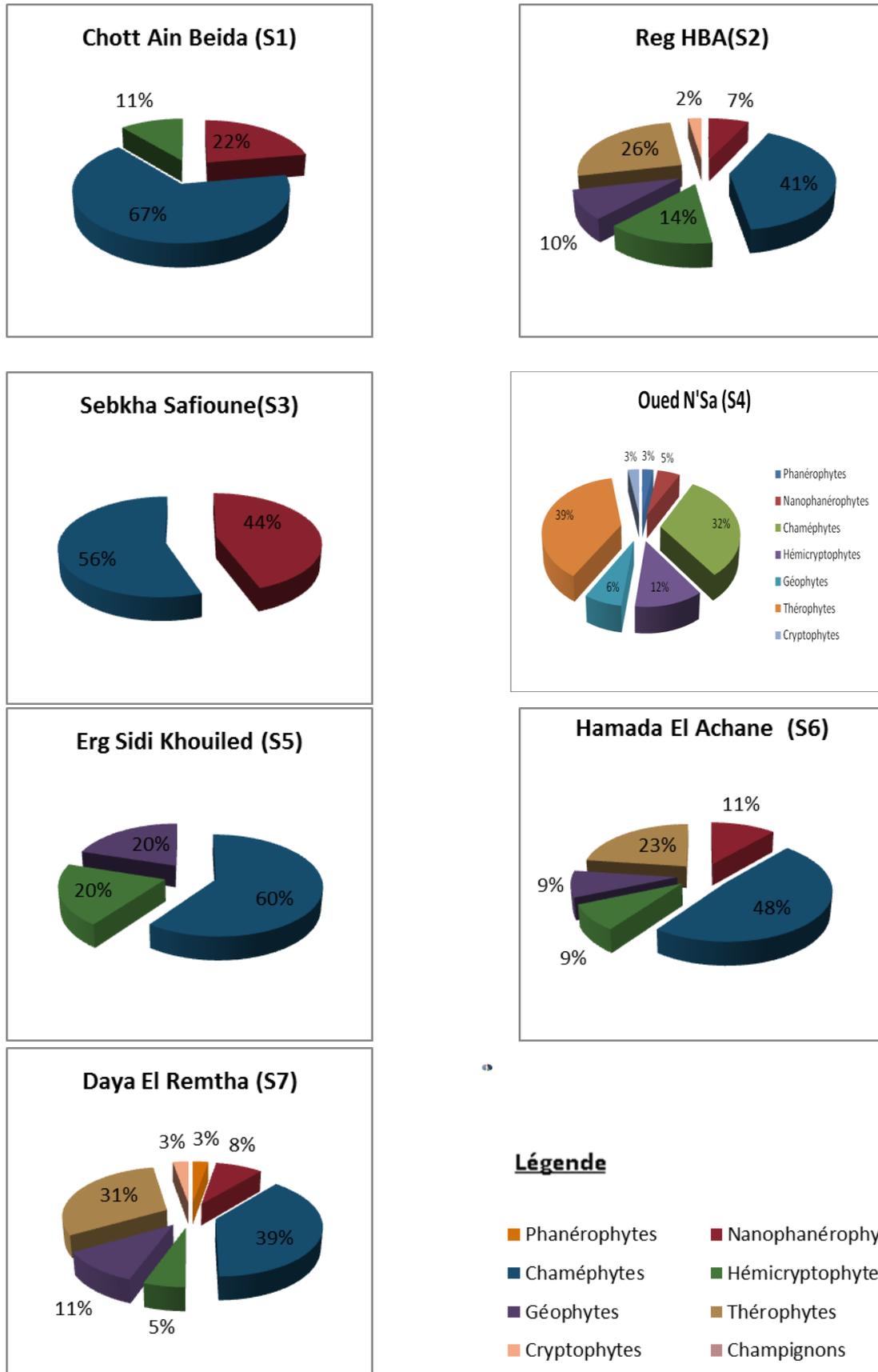


Figure 37. Spectres morphobiologiques comparés

Chapitre III. Composition biosystématique, phytogéographique et répartition écoclimatique de la flore de la région d'Ouargla

Tableau 20. Répartition des espèces recensées dans la région d'Ouargla selon les classes d'adaptation face au problème de l'eau

<i>Vivaces arido-passives</i>	<i>Ombro-éphémères arido-passives</i>	<i>Vivaces arido-actives</i>
<i>Ferula vesceritensis</i>	<i>Ammodaucus leucotrichus</i>	<i>Carduncellus eriocephalus.</i>
<i>Carduncellus duvauxii</i>	<i>Daucus sahariensis</i>	<i>Centaurea furfuracea</i>
<i>Erodium glaucophyllum</i>	<i>Anthemis stiparum</i>	<i>Perralderia coronopifolia</i>
<i>Monsonia heliotropioides</i>	<i>Catananche arenaria</i>	<i>Pulicaria crispa</i>
<i>Androcymbium punctatum</i>	<i>Cotula cinerea</i>	<i>Ranterium adpressum</i>
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	<i>Ifloga spicata</i>	<i>Farsetia hamiltonii</i>
<i>Asphodelus refractus</i>	<i>Launaea mucronata</i>	<i>Malcomia aegyptiaca</i>
<i>Urginea noctiflora</i>	<i>Launaea glomerata</i>	<i>Oudneya africana</i>
<i>Cyperus conglomeratus</i>	<i>Launaea resediflora</i>	<i>Zilla macroptera</i>
<i>Danthonia forskalii</i>	<i>Stephanochilus omphalodes</i>	<i>Randonia africana</i>
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Spitzelia coronopifolia</i>	<i>Cleome arabica</i>
<i>Stipagrostis acutiflora</i>	<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>	<i>Capparis spinosa</i>
<i>Stipagrostis plumosa</i>	<i>Koelpinia linearis</i>	<i>Moltkiopsis ciliata</i>
<i>Stipagrostis obtusa</i>	<i>Diploaxis acris</i>	<i>Agathophora alopecuroides</i>
<i>Stipagrostis pungens</i>	<i>Savignya longistyla</i>	<i>Anabasis articulata</i>
<i>Stipagrostis ciliata</i>	<i>Savignya parviflora</i>	<i>Arthrocnemum glaucum</i>
<i>Herniaria fontanesii</i>	<i>Echium humile</i>	<i>Hammada scoparia</i>
<i>Plantago albicans</i>	<i>Megastoma pusillum</i>	<i>Bassia muricata</i>
<i>Aeluropus littoralis</i>	<i>Frankenia pulverulenta</i>	<i>Traganum nudatum</i>
<i>Phragmites communis</i>	<i>Astragalus gyzensis</i>	<i>Cornulaca monacantha</i>
<i>Imperata cylindrical</i>	<i>Plantago ciliata</i>	<i>Gymnocarpos decandrus</i>
<i>Cistanche tinctoria</i>	<i>Malva parviflora</i>	<i>Calligonum comosum</i>
	<i>Polypogon monspeliensis</i>	<i>Limoniastrum guyonianum</i>
	<i>Schismus barbatus</i>	<i>Tamarix articulata</i>
	<i>Neurada procumbens</i>	<i>Colocynthis vulgaris</i>
	<i>Solanum nigrum</i>	<i>Astragalus gombo</i>
	<i>Fagonia latifolia</i>	<i>Astragalus gomboëformis</i>
	<i>Fagonia glutinosa</i>	<i>Genista saharae</i>
		<i>Retama raetam</i>
		<i>Nerium oleander</i>
		<i>Pergularia tomentosa</i>
		<i>Ephedra alata</i>
		<i>Euphorbia guyoniana</i>
		<i>Helianthemum lippii</i>
		<i>Convolvulus supinus</i>
		<i>Fagonia microphylla</i>
		<i>Peganum harmala</i>
		<i>Nitraria retusa</i>
		<i>Tamarix gallica</i>
		<i>Zygophyllum album</i>
		<i>Salsola tetragona</i>
		<i>Salicornia fruticosa</i>
		<i>Suaeda mollis</i>
		<i>Suaeda fruticosa</i>
		<i>Arundo donax.</i>
		<i>Atriplex halimus</i>
		<i>Halocnemum strobilaceum</i>

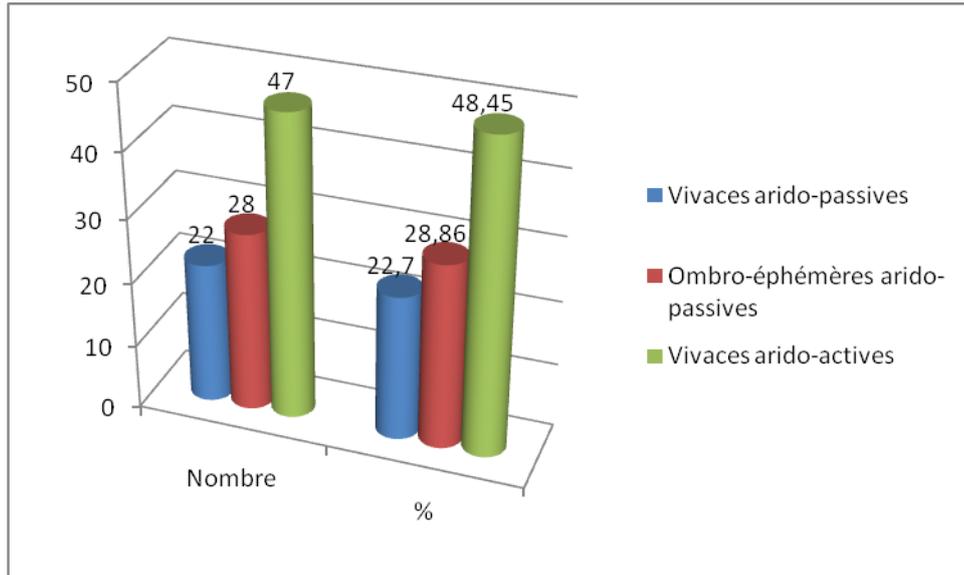


Figure 38. Effectif et taux de présence des types d'adaptation par rapport au problème d'eau

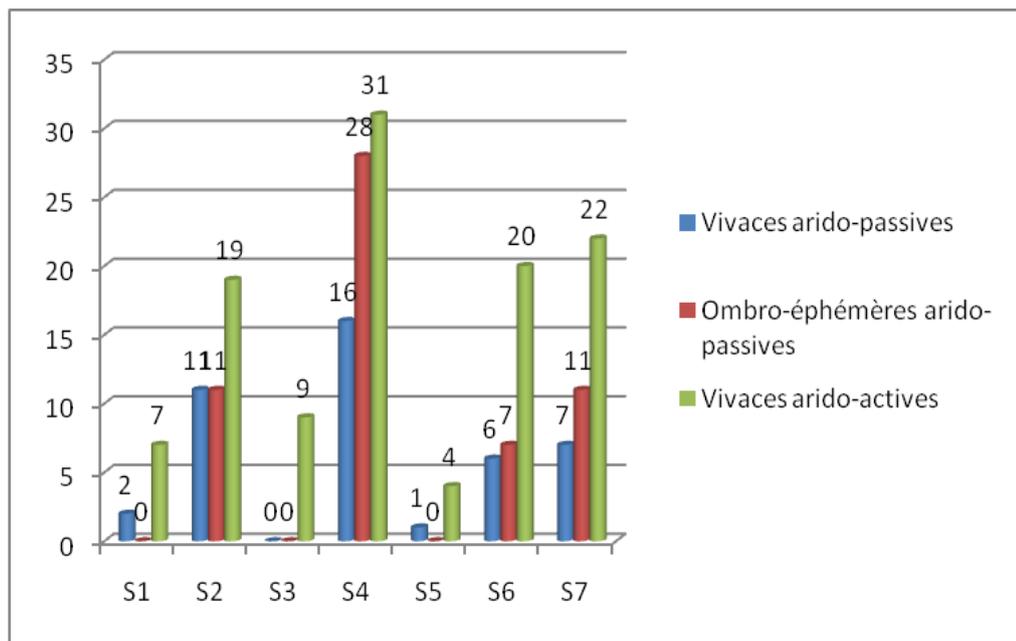


Figure 39. Répartition des plantes répertoriées par types d'adaptation vis-à-vis du problème d'eau par station

III.2.2.3. Types stratégiques des taxons recensés face au problème d'eau

En se référant à la répartition adoptée par **Monod (1992)** et **Ozenda (2004)**, l'analyse biologique en types d'adaptation vis-à-vis du problème d'eau est présentée par le **tableau 20** et la **figure 38**.

En effet, l'identification des espèces par rapport au problème d'eau révèle la coexistence de 3 classes. Il apparaît une nette prépondérance des *vivaces arido-actives* avec 47 espèces et 48,45 %. Suivis par les *Ombro-éphémères arido-passives* avec 28 espèces et 28,86 % alors que le 3^{ème} rang est occupé par les *Vivaces arido-passives* avec 22 espèces et 22,7 %.

Sur le plan fonctionnel, la répartition des taxons au sein des biotopes est éclairée par la figure 39 et le tableau 36 de l'annexe 6. Il apparaît une nette variation entre les sites étudiés. En effet, par ordre décroissant, nous constatons que le lit d'Oued (S4), Daya El Ramtha (S7), Hamada El Atchane (S6) et reg Hassi Benabdellah (S2) sont les plus diversifiés. C'est-à-dire que dans ces derniers, nous retrouvons les trois types d'adaptations mais avec la prépondérance des *vivaces arido-actives* et à un degré moindre les *Ombro-éphémères arido-passives* surtout au niveau du lit d'Oued (S4).

Ces résultats montrent que la 1^{ère} position, des espèces *vivaces arido-actives* paraît évidente, compte tenu du contexte climatique régional. En effet, selon **Noy-Meir (1973)**, ces plantes ont la faculté de présenter une activité photosynthétique durant la période du stress hydrique, si faible, soit-elle. À cela, nous additionnons que certaines plantes sont riches en composés pariétaux et en cellulose brute. Cela leur permet de limiter au maximum leur vitesse d'évaporation, grâce à la formation d'une cuticule épaisse sur les stomates, en plus de la stimulation de la lignification des tissus de soutien sous l'effet des fortes températures (**Chehma et Youcef, 2009**).

Aussi, cette dominance revient à leur composition surtout en chaméphytes. Ce qui s'explique par les diverses formes d'adaptation à la sécheresse que les chaméphytes peuvent développer. En somme, elles sont bien adaptées au phénomène d'aridisation. Étant donné que la zone étudiée est connue par ses parcours sahariens (**Chehma et al., 2005**), probablement l'action zoochorique (favorisant la dissémination des grains des espèces pâturées par les camelins) dans la région d'Ouargla peut en être responsable. À noter qu'en 1992, **Le Houérou in Le Houérou 1995b** a signalé l'augmentation des chaméphytes ligneuses dans les steppes à *Poaceae* par suite de surpâturage par les ovins et les bovins. Selon **Boughani et al. (2009)**, le pâturage semble ainsi favoriser de manière globale les chaméphytes faiblement appétentes (*Anabasis articulata*).

De même, les *ombro-éphémères arido-passives* dont *Plantago ciliata* L. sont bien représentés, c'est grâce à leur stratégie d'esquive courant les périodes critiques (**Daget, 1980**). En outre, la richesse en thérophytes qui les composent représente un signe d'aridité du milieu (**Nègre, 1961 - 1962**) ainsi qu'une caractéristique des zones méditerranéennes et arides où le fort stress hydrique est dominant (**Daget, 1980 ; Madon & Médail, 1996 et Boughani et al., 2009**).

Les *vivaces arido-passives*, leur présence traduit l'un des types stratégiques que nous avons rencontré dans la région d'Ouargla. En effet, ce sont des pérennes mais qui perdent leurs feuilles

Chapitre III. Composition biosystématique, phytogéographique et répartition écoclimatique de la flore de la région d'Ouargla

courant la période sèche et dont certaines ont leurs réserves sous forme de rhizomes ou de bulbes (Roselt/OSS, 2004). Ce sont donc des espèces qui ne présentent pas d'activité photosynthétique pendant la période sèche. Ainsi, les hémicryptophytes "*Stipagrostis pungens*", les cryptophytes "*Cynodon dactylon*" et les géophytes "*Asphodelus tenuifolius*" caractérisent cette catégorie, dans la zone d'étude (Tableau 19).

III.2.3. Conclusion

Nous constatons de cette étude que sept types de formes de vie coexistent dans la région d'Ouargla. Ce qui signifie que la diversité biologique se manifeste bien de manière qualitative. Toutefois, Il apparaît que les taux cumulés des chaméphytes et des hémicryptophytes dépassent celui des thérophytes. Ce qui s'est traduit respectivement par l'importance des espèces vivaces. Néanmoins sur le plan fonctionnel, nous remarquons qu'à côté des plantes *arido-actives*, ce sont les espèces *ombro-éphémères arido-passives* qui viennent en seconde position. À noter que certaines espèces sont également des halophytes qui se développent sur des sols salés caractérisant les formations azonales de la région d'étude. Cette importance s'explique par la stratégie de ses formes biologiques adaptatives à la xéricité du milieu auxquels s'ajoutent la convergence morphologique observée chez les chaméphytes. Comme, elle se manifeste sous forme de buissons aphyllés dont *Hammada scoparia* et *Anabasis articulata*. En fait, ce sont ces deux types biologiques qui impriment la physionomie du paysage. Toutefois, la présence des thérophytes modifie le paysage dans les biotopes surtout pendant le printemps.

Enfin, il faut souligner que la répartition des types morphologiques est indépendante de la classification. Car, nous relevons des adaptations très différentes dans une même famille (ex. Asteraceae, Amaranthaceae), voire dans un même genre (*Tamarix* : *gallica* "Nph" ; *articulata* "Ph").

IV. DIVERSITÉ PHYTOGÉOGRAPHIQUE

IV.1. Introduction

Au vu des notions géographiques, le globe est subdivisé, en cinq zones : arctique, tempéré Nord, tropical, tempéré Sud et antarctique. Mais, au plan botanique, ces divisions devaient être sensiblement modifiées. Car la flore arctique n'est qu'une forme appauvrie de la flore tempérée contrairement à celle tropicale qui est très riche, et assez différente. Suite à cela, l'hémisphère Nord a été morcelé en trois ensembles floraux (Ozenda, 2004) : l' "*Holarctis*" ; le "*Paléotropis*" et le "*Néotropis*". Nous ne nous limiterons ici qu'aux deux premiers qui sont représentés dans la zone d'étude. Ceux-ci ont été à leur tour partitionnés, en "régions" de plus faibles étendues. Ainsi, pour l'*Holarctis* (nomination latine), nous notons les régions eurosibérienne (Europe septentrional et moyenne) et méditerranéenne, sachant que cette dernière est marquée par l'aire de l'olivier. La limite Sud de la région méditerranéenne est moins nette, en Afrique du Nord (Figure 40). À ce niveau, entre l'empire holarctique, précisément entre la région méditerranéenne et l'empire paléotropical s'étale une vaste région désertique, de la côte Atlantique du Sahara, traversant l'Afrique, puis le Proche et le Moyen Orient, jusqu'au pays du

Sind. Il s'agit de la région "Saharo-sindienne" (ses caractéristiques suivront en **IV.2.2.2**). À ces proximités, les empires *Holarctis* et *Paléotropis* se côtoient ; c'est pourquoi différentes approches phytogéographiques ont été mise en exergue.

En effet, une large consultation bibliographique des flores qui concernent l'Algérie en premier lieu, les pays limitrophes (la Tunisie et la Libye) ainsi que tout le nord de l'Afrique (de l'Égypte au Maroc) et du Proche et Moyen Orient (Arabie,..) en deuxième lieu ont été la source de nos investigations. Parmi ces flores, il y a lieu d'inscrire la flore de l'Afrique du Nord (**Maire 1933-1940**) notamment ; les deux volumes constituant la flore de l'Algérie (**Quézel & Santa 1962-1963**) ; le travail de **Bary et al. (1974)** et la flore du Sahara (**Ozenda 1982-2004, Le Houérou 1990-1995b**) ainsi que le travail d'**Al Nafie (2008)**. De ces études biogéographiques ont été établies les subdivisions floristiques, plus performantes, au fur et à mesure, en quête d'une subdivision plus affinée.

Le premier objectif de cette étude est de rassembler des informations qui, il est vrai, existent déjà mais sous forme éparpillée et parfois difficilement accessibles. L'autre objectif de ce travail est d'identifier les éléments phytochoriques d'une part et d'attirer l'attention sur l'intérêt et l'importance de la phytodiversité, d'autre part, en l'occurrence les plantes endémiques caractérisant la région d'Ouargla. À cet effet, nous expliquerons la méthodologie adoptée dans ce qui suit.

IV.2. Méthodologie

IV.2.1. Contexte phytogéographique

Le Sahara algérien est connue par la diversité de l'origine et/ou de l'affinité de sa végétation (*Holarctis* et *Paléotropis*), ainsi ses grandes subdivisions phytogéographiques se heurtent à un problème de limite. Selon **Quézel (1978)**, l'Algérie fait partie de l'empire holarctique et plus précisément de la région méditerranéenne (sous-régions occidentale) et la région saharo-arabique (sous-régions saharienne). Pour la présente étude, nous avons adopté la classification de **Bary et al. (1974)**, paraissant la plus adéquate, pour effectuer l'analyse phytogéographique (**Figure 41 et Tableau 21**). En effet, de la région méditerranéenne, nous distinguons deux sous régions : (i) sous-région méditerranéenne (ii) et la sous-région saharo-sindienne. Nous nous sommes focalisés sur cette dernière qui englobe le domaine *saharo-méditerranéen*. Il est subdivisé en 3 sous-domaines. Ce sont : le Sahara nord-occidental, le Sahara central et celui du Sahara septentrional. Nous n'aborderons que ce dernier qui est caractérisé par une chaméphyte "*Anthylis sericea* ssp, *Anthylis henoniana* " à influence méditerranéenne. Le sous-domaine du Sahara septentrional est partitionné en 2 secteurs. Celui de la bordure saharienne où se différencient 2 sous secteurs Algérois (SS1) et Oranais (SS2).

Tableau 21.

Principales subdivisions phytogéographiques de la zone d'étude selon la classification de **Bary et al. (1974)**

Groupe Région	Méditerranéen de l'Holarctis Region Méditerranéenne		
Sous-région	Eu- Méditerranéenne	Méditerranéenne	
Domaines	Maghrébin steppique	Saharo-méditerranéen	
Sous-domaines	-	Sahara septentrional	Sahara Nord-occidental
Secteurs	Hauts plateaux algéro-oranais (H1)	Bordure saharienne	Bordure saharienne
	Hauts plateaux constantinois (H2)		
	Atlas saharien Sud constantinois		
Sous-secteurs	Atlas saharien Oranais (AS ₁)	Algérois (SS1) +	Oranais (SS2)
	Atlas saharien algérois (AS ₂)		
	Atlas saharien Aurésio-constantinois (AS ₃)		
	Hodna (H, d)		

+ : Situation de la région d'Ouargla

IV.2.2. Définition des éléments de la flore saharienne

IV.2.2.1. Généralités

La flore des zones arides du Nord de l'Afrique comporte 2630 espèces vasculaires (**Le Houérou, 1995b**). Elle appartient à 9 ou 10 éléments phytochoriques : Méditerranéen (s.s.), Méditerranéo-steppique (Ibéro-maghrébin, Irano-touranien), Saharo-arabique, Tropical, Macaronésien ou Canarien, Plurirégional et Cosmopolite, Euro-Sibérien et Xérophyte (**Le Houérou, 1995b**). Néanmoins, traditionnellement, les biogéographes subdivisent le Sahara en six unités fondamentales. Ce sont, le Sahara septentrional, le Sahara méridional, le Sahara central, les montagnes sahariennes, le Sahara occidental et le Sahara atlantique (**Figure 42**). De même, le Sahara septentrional a pu être divisée, en trois sous-ensembles : occidental, central et oriental (**Figure 1**).

La flore du Sahara septentrional au nord du tropique du Cancer est nettement d'affinité méditerranéenne : les plantes qui la constituent sont en grande majorité apparentées à des genres et à des familles représentées dans la région méditerranéenne, abondamment plus qu'à la flore des pays tropicaux situés plus au Sud.

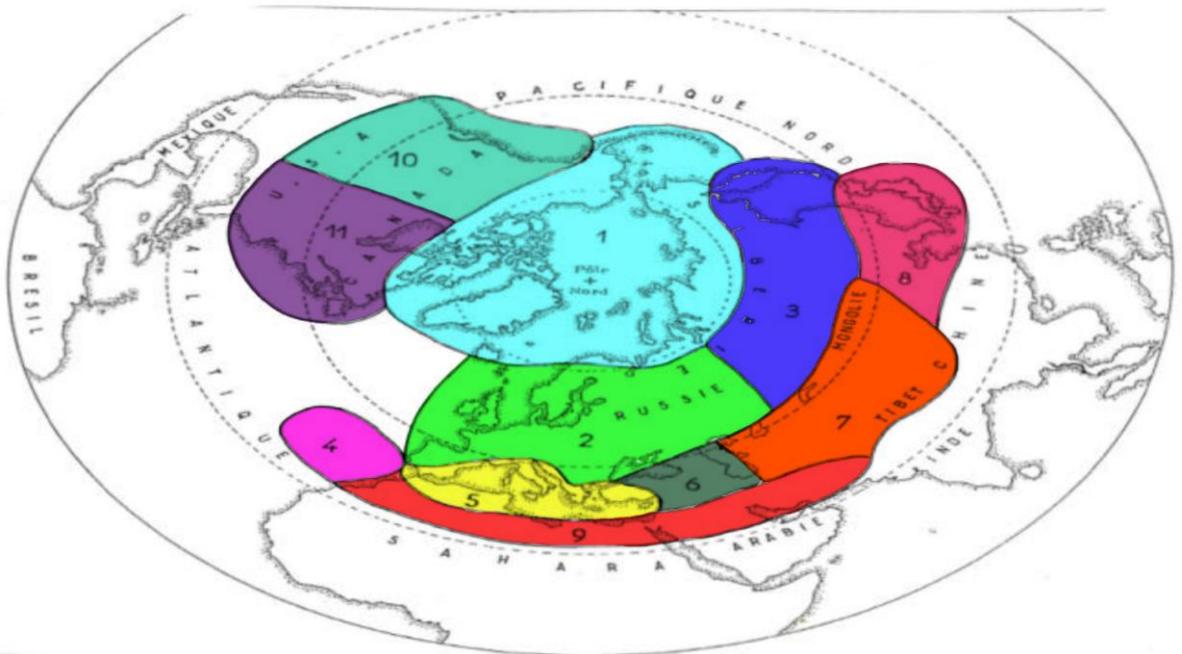


Figure 40. Division de l'empire *holarctique* en région (...) 5, région *méditerranéenne*, (...) 9, région *saharo-sindienne*... (Ozenda, 1982)

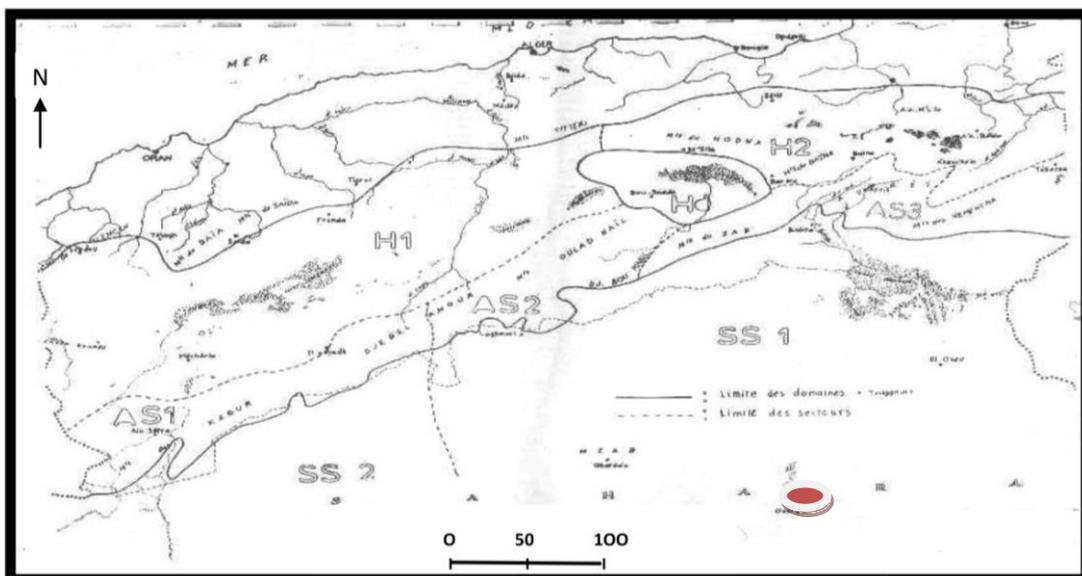


Figure 41. Carte biogéographique d'après Maire (1926) remaniée par Barry et al. (1974)

Légende : H₁ : Haux plateaux algéro-oranais ; H_d : Hodna ; H₂ : Haux plateaux constantinois ; AS₁ : Atlas saharien oranais ; AS₂ : Atlas saharien Algérois ; AS₃ : Atlas saharien Aurésio-constantinois ; SS₁ : Algérois ; SS₂ : Oranais. Zone d'étude :

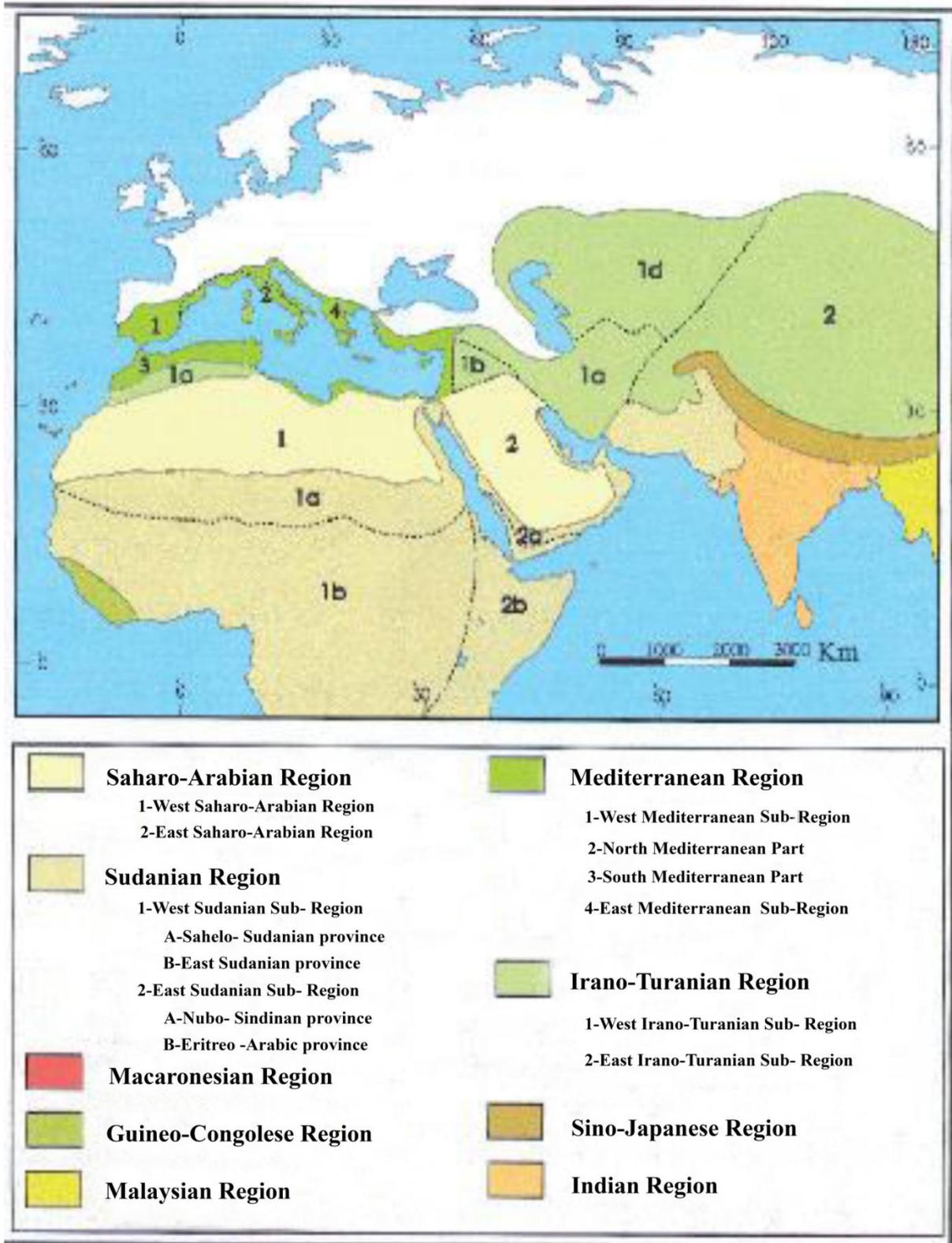


Figure 42. Régions phytogéographiques du Moyen Orient *sensu* Zohary (1973)

Évidemment, la proportion des éléments tropicaux s'accroît, mais le fond *mésogéen* est dominant, au niveau même du tropique, dans le Sahara central. Ce qui rend plus logique, le rattachement de la région "Saharo-sindienne" à la zone holarctique et de faire passer la grande rupture entre les 2 zones botaniques *Holarctis* et *Paléotropis* au niveau des espaces presque vides (Adrar de Mauritanie, Tanezrouft et Ennedi) qui se trouvent au Sahara aussitôt au Sud du tropique du Cancer (**Ozenda, 1982**). Approximativement, la *Paleotropis* commence par une zone de transition semi-aride, c'est le début de la région soudano-décannienne qui est de plus en plus importante au Sud.

En somme, selon **Ozenda (1982)** la flore saharienne comporte l'élément Saharo-sindien ou saharo-arabique ou encore saharo-syrienne abondante dans le Nord et le centre et un élément soudano-déccanien qui augmente progressivement vers le Sud ; auxquels s'ajoutent des pénétrations méditerranéennes, dans le Sahara septentrional avec des pénétrations tropicales dans le Sahara méridional. À ces derniers, nous additionnons les phytochores à répartition réduite (Endémique), mitoyenne à 2 régions (De liaison) et large (Plurirégionale).

IV.2.2.2. La région *Saharo-arabique* (Saharo-sindienne) ; existe-t-elle en tant que région floristique ?

Pour certains auteurs, la région "Saharo-sindienne" est rangée dans l'empire *Paléotropis*, nonobstant, toute sa flore est d'affinité holarctique et se rapprochant beaucoup de la flore méditerranéenne. Cependant, ce point de vue est contesté par la majorité des phytogéographes de la flore africaine. En fait, l'élément phytochorique Saharo-sindien comprend de taxa d'affinité méditerranéenne et de taxa d'origine et d'affinité sahélienne donc paléotrope, selon **Eig (1931)**, **Le Houérou (1995a)** et **Al Nafie (2008)**. Au vu de sa diversité floristique qui est en rapport avec sa situation géographique suscitée (**Figure 41**), en **1973 et 1983 Zohary** a proposé de remplacer le terme de Saharo-sindien par celui de Saharo-arabique. Ce qui amène à s'interroger sur l'originalité floristique du Sahara et de l'Arabie ; est-elle suffisante pour en faire une entité floristique autonome ?

Contrairement à d'autres auteurs qui signalent que les flores saharienne et arabique manquent d'originalité, puisqu'elles empruntent leurs sippes (parentés) simultanément aux deux régions méditerranéenne et tropicale, dont **Quézel (1978)**, **Barry & Celles (1972-1973)** et **Le Houérou (1990)** et bien d'autres. Ce dernier point de vue tire argument du fait que les flores sont hétérogènes (affinité méditerranéenne et tropicale) n'ont, par conséquent, aucune originalité phytogénétique. Par ailleurs, il a été démontré que le terme de "saharo-sindien" semble inapproprié puisque pour la flore du Sind et du Rajasthan, la majorité de leurs espèces sont tropicales (88 %). Celles-ci sont étroitement apparentées à la flore sahélienne et à celle de l'Afrique de l'Est (avec 48 % d'espèces communes) ; alors qu'elle ne comporte que 12 % d'espèces méditerranéo-steppiques ou méditerranéo-sahariennes. De plus, le tableau 22 montre que les espèces d'affinité méditerranéenne sont plus importantes, soit 51 % au Sahara, contre 49 % pour l'Arabie mais les taxa tropicaux viennent avec 32 % au Sahara et 35 % en Arabie.

Tableau 22.

Taux des principaux éléments phytochoriques au Sahara et à l'Arabie

Phytochores	Sahara	Arabie
Méditerranéen	51 %	49 %
Tropical	32 %	35 %

Des faits précédents, il a été déduit qu'il ne paraît pas exister de région floristique saharo-arabique autonome. Par contre, nous ne pouvons dédire la présence d'une région éoclimatique saharo-arabique de caractère érémitique extrême du Sahara Central et planétaire et au cœur de la péninsule arabique. C'est une région écologique, floristiquement très pauvre (**Le Houérou, (1995b) ; Takhtajan, (1969) et Mandaville (1984)** cité par **Al Nafie (2008)**). Effectivement, au plan phytogéographique, elle se caractérise par : (i) une grande pauvreté en espèces, (ii) une végétation très clairsemée, (iii) la monotonie des paysages et des groupements végétaux, (iiii) l'absence du groupe systématique au-dessus du genre (c'est-à-dire, ni famille ni tribus, caractéristique de cette région) et (iiiiii) une économie humaine basée sur la culture du palmier dattier (**Eig, 1931**).

Dans l'état actuel de nos connaissances floristiques, la flore ainsi, déterminée est dépourvue de famille endémique et nous enregistrons que quelques genres vraiment endémiques comme *Tribulus*, *Stipagrostis*, *Fagonia* et *Farsetia*. Toutefois, la région floristique saharo-arabique n'est pas suffisamment claire par rapport à d'autres zones (**Takhtajan, 1969** et **Mandaville, 1984** cités par **Al-Nafie (2008)**).

IV.2.3. Analyse phytogéographique

Pour l'établissement des spectres biogéographiques, nous avons regroupé les principaux éléments floristiques, en :

- Ensemble méditerranéen : Méditerranéen, Méditerranéen et Saharo-sindien et Méditerranéen et Irano-touranien ;
- Ensemble saharien : Saharo-méditerranéen, Saharo-sindien, Sahara septentrional et Saharo-arabique ;
- Ensemble endémique : Endémique Algérois, Endémique Algéro-marocain ; Endémique Nord-africain, Endémique Sahara septentrional, Endémique Saharien et Endémique (s.l.) ;
- Ensemble De liaison ;
- Ensemble Plurirégional.

IV.3. Diversité phytochorique

La définition des éléments phytogéographiques découle de l'examen des listes floristiques (**cf. annexe 5**) et sur la consultation des différentes flores, notamment algériennes. Dans cette partie, nous avons identifié les principaux phytochores se rapportant à la région d'Ouargla et avons établi les figures (**de 43 à 44**).

IV.3.1. Subdivisions phytogéographiques de la région d'Ouargla

La réalisation des spectres biogéographiques bruts s'est basée sur le dénombrement des taxons par élément floristique. Les résultats de cette analyse sont illustrés par le tableau 35 de l'annexe 6 et la figure 43. Ainsi, leur examen révèle la coexistence des cinq ensembles phytochoriques, au niveau de la région d'Ouargla. Ceux-ci vont être exposés successivement.

IV.3.1.1. Ensemble Saharo-sindien

Au niveau de la région d'Ouargla, la distribution phytochorique des 97 espèces observés (**Annexe 6 : Tableau 37 & Figure 43**), montrent que la flore saharo-sindienne est dominante avec **40** espèces, soit **41, 2 %**. Cette importance était prévisible mais elle reste en deçà de celle déclarée par **Ozenda (1982 et 2004)**. Où il avance que les trois quarts des espèces saharo-sindiennes se trouvent dans le Sahara septentrional.

En effet, cet ensemble saharo-sindien comporte **31** espèces saharo-sindiennes (SS) avec **31, 95 %** ; **7** espèces saharo-méditerranéennes (SM) avec **7, 21 %** ; **1** seule espèce Sahara septentrional (Sts.) avec **1, 03 %** et **1** seule espèce saharo-arabique (Sa) avec **1, 03 %**. À titre de comparaison, aux piémonts Sud atlasique, l'ensemble SS (34, 4% au Sud Algérois) avoisine le cortège méditerranéen (37, 5 % au Sud Constantinois), mettant en relief le caractère de transition (**Benseghir, 1987**). Ceci est faiblement perçu au vu de la prépondérance des traits sahariens, notamment l'aridité d'une part et la régression de l'influence méditerranéenne au niveau de la région d'Ouargla d'autre part. À souligner que **Le Houérou en 1995a**, a avancé que depuis **1959**, il a été démontré qu'en Tunisie présaharienne l'importance de la catégorie floristique saharo-sindienne augmente avec l'aridité tandis que celle des espèces méditerranéennes décroît dans les mêmes proportions.

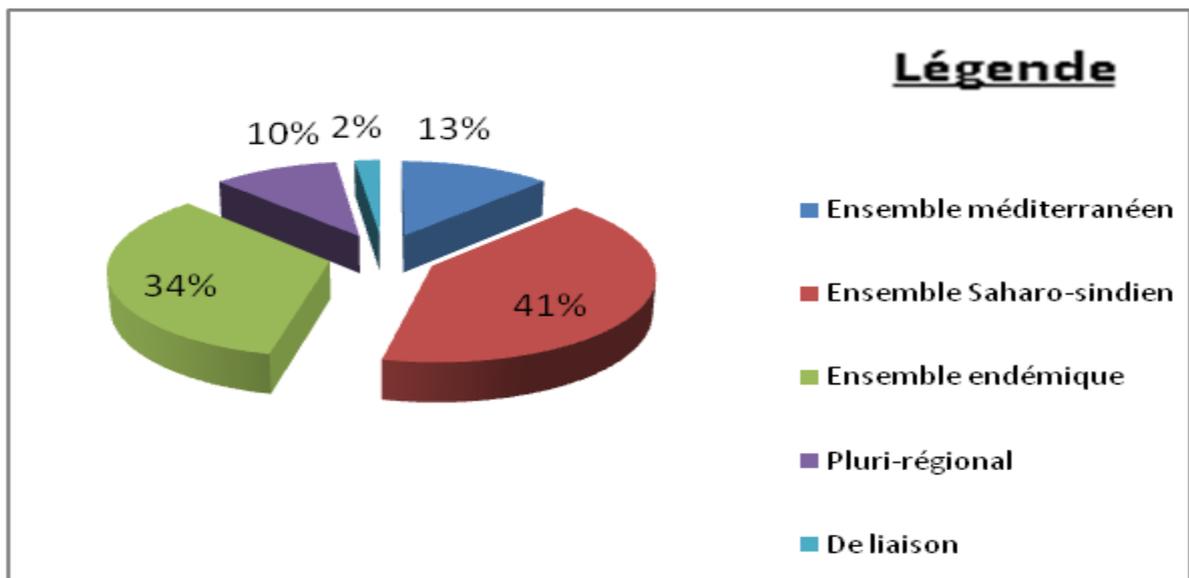


Figure 43. Spectre des éléments phytochoriques au niveau de la région d'Ouargla

Chapitre III. Composition biosystématique, phytogéographique et répartition écoclimatique de la flore de la région d'Ouargla

Nous relevons la même constatation pour l'Algérie entre les piémonts Sud atlasiquereg et la région d'Ouargla. Selon, cette même littérature, il a été rapporté que le secteur SS1 auquel appartient la zone étudiée, est plutôt caractérisé par la baisse des taxons méditerranéens (20-25 %) et l'augmentation de ceux saharo-sindiens, soit 38 %.

IV.3.1.2. Ensemble endémique

L'ensemble endémique vient avec 33 espèces, soit 34, 02 %. Cet ensemble est composé par ordre décroissant de 13 espèces endémiques (EE) avec 13, 40 %, 10 espèces endémiques sahariennes (ES) avec 10, 30 %, 6 endémiques Nord-Africaines (ENaf) avec 6, 18 % et 2 endémiques Sahara septentrional (ESs) avec 2, 06 %. Les deux sous-éléments floristiques : endémique Algéro-marocain (Al-m) et enfin endémique Algérois (E-Al), partagent la dernière position avec une seule espèce chacun, soit 1, 03 %.

Les proportions importantes des endémiques se trouvent par ordre décroissant, dans les familles les plus diversifiées à savoir les *Asteraceae* (9 espèces et 27, 27 %), les *Brassicaceae* et les *Boraginaceae* (4 espèces et 12, 12 %) ainsi que les *Fabaceae* (3 espèces et 09, 09 %). Nous apercevons que sur les seize espèces de la famille des *Asteraceae* 9 espèces (56, 25 %) sont endémiques alors que sur 80 genres vingt huit (35 %) possèdent des taxa endémiques.

Au niveau de l'espèce, nous ne connaissons guère d'endémisme propre à la région d'Ouargla. Toutefois, nous enregistrons une seule espèce Endémique Sahara septentrional "*Cleome arabica* L.". Ceci n'a rien de surprenant, puisque la région d'Ouargla appartient à une vaste région qu'est le Sahara septentrional.

Le taux d'endémicité est égal à 34, 02 %, proportion assez élevée par rapport au territoire exploré. En effet, il est nettement supérieur à ceux obtenus au niveau des trois secteurs de l'Atlas saharien (10 à 13%) (**Quézel, 1964**). **Boughani en 1995** et **Boughani et al., en 2009** trouvent 13% d'endémiques dans l'Atlas saharien constantinois et 17 % aux gorges de Ghoufi. Comme, il est \geq à 25 % aux confins algéro-marocains (**Ozenda, 1982**) ainsi qu'au niveau des steppes du Sahara septentrional entre les isohyètes 50-100 mm (**Le Houérou, 1995b**). En fait, l'importance de l'endémisme spécifique saharien a été bien soulignée. Nous dénombrons plus de 100 espèces dans le Sahara algérien (**Neffati et al., 1994**), selon **Bounaga & Brac de la Perriere (1988)**, il est dû à la présence des vastes espaces impropres à la vie et qui constituent des obstacles à la dissémination des espèces. Dans les hautes montagnes du Sahara central et méridional le taux d'endémisme spécifique peut atteindre 50 %. Pour **Ozenda (1982)**, l'endémicité est considérable, même à l'échelle des secteurs sahariens de plaine. Comme, les grands ergs (mers de sable) qui se comportent chacun comme un monde fermé (par ex. les espèces spécifiques du Grand Erg Oriental). En **1995**, **Nabli** a évoqué que les endémiques découlent des sippes holartiques pour le Sahara septentrional, dont les *Brassicaceae* (ex. crucifères) : "*Oudneya africana*" *Savignya longistyla*" *Zilla macroptera*, les *Asteraceae* (ex. composées) "*Carduncellus duvauxii*" et les *Apiaceae* (ex. ombélicifères) "*Ammodaucus leucotrichus*", ou à des sippes paléotropiques pour le Sahara méridional.

IV.3.1.3. Ensemble méditerranéen

Les propagations méditerranéennes (M) ne représentent pas plus d'une douzaine d'espèces, soit 12, 37 %. Ainsi, elles jouent un rôle infime dans la composition et la structure de la végétation. Elles se distribuent en 8 espèces (8, 24 %) qui sont strictement méditerranéennes (M), 3 espèces (3, 02 %) Méditerranéen et Saharo-sindien (MS) et 1 seule espèce (1, 03 %) Méditerranéen et Irano-touranien (MI).

Ces résultats s'opposent aux avancées de certains auteurs. En 2000, **Quézel** a confirmé l'abondance de l'élément méditerranéen (s.l.) pour l'ensemble des pays de l'Afrique du Nord. De même, **Le Houérou (1990)** a rapporté qu'au Sahara septentrional, les espèces à affinité méditerranéenne atteignent 71 % (au Sahara méridional les espèces tropicales atteignent 69, 5 %). Il convient de noter que l'importance de l'élément méditerranéen est décroissante, en allant vers le Sud. Ceci éclaire nos résultats compte tenu de la situation latitudinale de la zone d'étude. Autrement-dit, c'est l'accentuation de l'aridité qui en est responsable. Cette constatation a été aussi signalée par **Le Houérou (1995b)**. En plus, ceci reflète l'importance relative des phytochores au niveau du Sahara, ainsi, développé par **Ozenda (1982 et 2004)**. Ces divergences s'expliquent par la composition du cortège floristique où se mélangent à degrés divers les ensembles floristiques que connaît le Sahara septentrional, justifiant sa subdivision en trois sous-ensembles cités plus haut (occidental, central et oriental).

IV.3.1.4. Pluri-régional

Cet élément phytochorique, regroupant les plantes qui appartiennent à plusieurs régions. Il est représenté par 10 espèces, soit 10, 30 %. Il a été moins représenté aux piedmonts du sud atlasique où il oscille entre 1, 9 % à l'Ouest et 15 % à l'Est (**Benseghir, 1987**).

IV.3.1.5. De liaison

Deux espèces, soit 2, 06 % indiquent cet élément. Il est inférieur par rapport aux taux enregistrés dans d'autres sites se trouvant au niveau des secteurs Oranais et Algérois respectivement avec 19, 2 % et 8 % (**Benseghir, 1987**).

De ce qui vient d'être exposé, nous nous joignons à l'idée que floristiquement, le Sahara se trouve ainsi, partagé entre l'*Holarctis* et le *Paléotropis*. Toutefois, pour **Ozenda (1982)** numériquement, ce sont les plantes de souches méditerranéennes qui l'emportent. A noter que l'interpénétration floristique au niveau des limites de l'holarctique avec celles de la paleotropique du côté du Sahara crée de larges zones de transition (**Le Houérou, 1990**). Suivant les références consultées dont **Le Houérou (1975)** cité par **Le Houérou (1995b)**, la flore du Sahara septentrional central hormis la région de Biskra, et les piedmonts sud des Aurès et des Nemenchas, est différente de celles du Sahara septentrional occidental et oriental. Ceci est reflété par la diversité phytochorique enregistrée dans la région d'Ouargla. Comme, elle atteste que l'appartenance de la flore du Sahara septentrional algérien, est rattachée à la sous-région saharo-sindienne de la région méditerranéenne.

IV.3.2. Éléments phytochorologiques des biotopes étudiés

La diversité des phytochores au sein des biotopes étudiés est bien apparente dont elle varie d'une station à l'autre (**Annexe 6 et la Figure 44**).

IV.3.2.1. Chott Ain El Beida (S1)

Dans la station de Chott Ain El Beida, la figure S1 fait constater la codominance des 2 ensembles floristiques Saharo-sindien (ESs) et Pluri-régional (Pl) qui viennent avec 3 espèces (33, 4 %) chacun. Au niveau du premier, nous différencions 2 espèces (22, 27 %) Saharo-méditerranéennes (SM). Ce sont *Salsola tetragona* et *Zygophyllum album*. La plante *Moltkiopsis ciliata* est une troisième espèce qui est proprement saharienne se rapportant au type floristique Saharo-sindien (SS). Le second ensemble quant à lui se caractérise par les espèces *Salicornia fruticosa*, *Suaeda fruticosa** et *Phragmites communis*. À noter qu'il s'agit de la proportion la plus élevée enregistrée, dans la région d'étude à distribution plurirégionale (Pl.). Suivies par l'ensemble Méditerranéen (EM), représenté par 2 espèces (22, 2 %) en l'occurrence: *Imperata cylindrica** (M), strictement méditerranéenne ainsi que l'*Halocnemum strobilaceum* de souche méditerranéo-irano-touranienne (MI). Mais, dans le groupe endémique et précisément au sein de l'élément "Endémique saharien" (ES), nous avons pu inscrire que l'espèce *Anabasis articulata* (11 %). Enfin, l'élément floristique *De liaison* est totalement absent.

IV.3.2.2. Reg Hassi Ben Abdallah (S2)

Au niveau du Reg Hassi Ben Abdallah (**Figure 44 / S2**), nous soulignons la coexistence des cinq ensembles floristiques rencontrés. En effet, l'élément Saharo-sindien (SS) est nettement dominant avec 23 espèces (54, 8 %). Suivie par le groupe endémique où nous enregistrons 9 espèces (21, 4 %). Celles-ci recouvrent avec 5 espèces (11, 90 %) l'élément endémique (E) dont "*Carduncellus duvauxii*" alors que les quatre plantes restantes se distribuent entre les sous-ensembles endémiques avec 1 seule espèce chacun. Ainsi, leur taux de présence est de 2, 4 % respectivement pour EA "*Anthemis stiparum*", EAlm "*Zilla macroptera*", ENaf "*Herniaria fontanesii*" et ES "*Stipagrostis acutiflora**. Les phytochores méditerranéen et plurirégional affichent 4 espèces, soit 9, 5 % chacun, se situant en 3^{ème} position. Les espèces méditerranéennes sont *Frankenia pulverulenta*, *Plantago ciliata*, *Asphodelus tenuifolius* et *Halocnemum strobilaceum*. Concernant les plantes plurirégionales, nous notons les espèces *Arthrocnemum glaucum*, *Phragmites communis*, *Polypogon monspeliensis* et *Paganum harmala*.

Le phytochore *De liaison* est présent par seulement 2 espèces (4, 8 %), ce qui le classe en dernier. Il s'agit des espèces *Erodium glaucophyllum* et *Schismus barbatus*.

* Espèce(s) signalée(s) uniquement dans le biotope indiqué

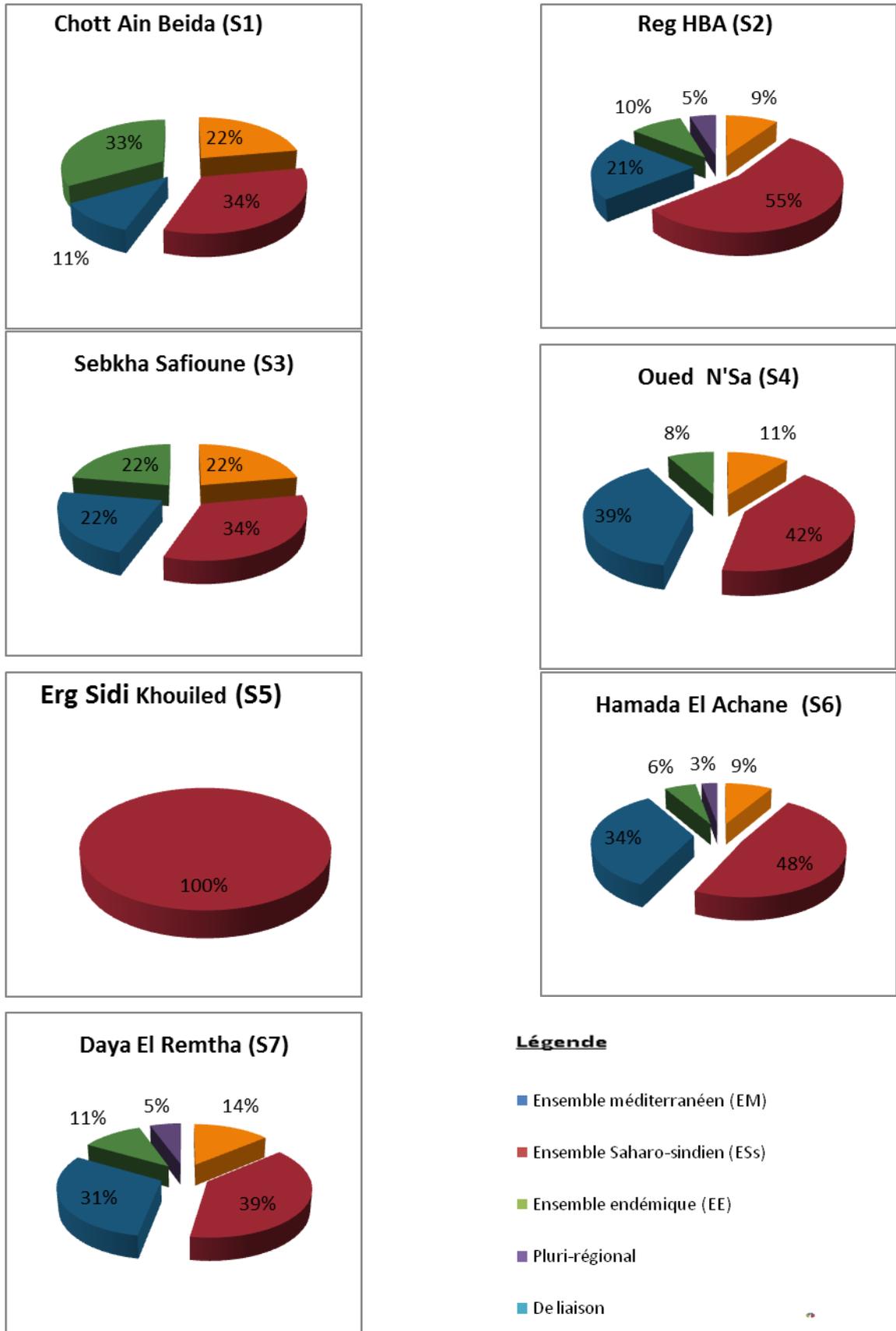


Figure 44. Spectres phytochoriques comparés (des stations)

IV.3.2.3. Sebkha de Sefioune (S3)

Au niveau de la Sebkha de Sefioune (S3) (**Figure 44**), la distribution floristique est également caractérisée par la prépondérance du groupe Saharo-sindien (SS). Ainsi, nous comptons 3 espèces et 33,4 %. Il s'agit des espèces *Salsola tetragona* et *Zygophyllum album* appartenant à la flore SM alors que la plante *Suaeda mollis* se rapporte à l'unité floristique S. indienne (11,13 %). Par ailleurs, nous relevons une équirépartition des autres phytochores trouvés avec 2 espèces et 22,2 % chacun. Les espèces ainsi rencontrées pour les groupes méditerranéens (MS : *Tamarix gallica* et M : *Arundo donax**) ; endémique (ENaf : *Limoniastrum guyonianum* ; *Anabasis articulata*) et plurirégional (*Salicornia fruticosa* et *Atriplex halimus**).

IV.3.2.4. Oued N'sa (S4)

La station d'Oued N'sa (**Figure 44/ S4**) compte **75** espèces dont 23 la particularisent par rapport aux autres stations. Elle est dominée par l'élément saharo-sindien (SS) avec 32 espèces (42,7 %). À titre d'exemple, nous notons les plantes *Traganum nudatum*, *Cyperus conglomeratus*, *Diploaxis acris** et *Daucus sahariensis** *Malcomia aegyptiaca* alors que l'élément saharo-arabique (Sa) se manifeste à travers la plante *Stipagrostis ciliata**.

En deuxième position vient l'élément endémique avec 29 plantes, soit 38,7 %. Toutefois, elle demeure la station la plus marquée par les plantes endémiques. Ainsi, nous citons pour les sous-unités floristiques suivantes : Endémique Saharien (ES) : *Savignya parviflora**, *Fagonia latifolia* ; Endémique (E) : *Megastoma pusillum**, *Urginea noctiflora* et *Euphorbia guyoniana* ; Endémique-Nord-africain (ENaf) : *Limoniastrum guyonianum* et *Echium humile** ; Endémique-Alger (EA) : *Anthemis stiparum* ; Endémique Algéro-marocain (EAlm) : *Zilla macroptera* ; Endémique Sahara septentrional (ESst) : *Cleome arabica**.

La flore méditerranéenne, occupe la troisième place avec 8 espèces (10,7 %) à savoir les plantes *Nerium oleander** et *Launaea resedifolia**. *Asphodelus tenuifolius*, et *Hammada scoparia*.

La flore plurirégionale se trouve en dernière position avec 6 plantes (8 %). Parmi lesquelles, nous citons *Solanum nigrum**, *Polypogon monspeliensis* et *Salicornia fruticosa*. Il semble que cette importance phytochorique est tributaire de ce type de biotope dans la région d'Ouargla. Ce qui est dû aux conditions écologiques notamment édaphiques semblant plus propices à la prolifération d'un bon nombre d'espèces végétales comparativement aux autres sites.

IV.3.2.5. Erg Sidi Khouiled (S5)

La station d'Erg Sidi Khouiled (**Figure 44/S5**), quant à elle, se singularise par la présence de l'ensemble Saharo-sindien (SS) où nous comptons 5 espèces, soit 100 %. Parmi celles-ci, 3 sont saharo-sindiennes qui sont les plantes *Cornulaca monacantha*, *Cyperus conglomeratus* et *Retama raetam*, une seule espèce Saharo-méditerranéenne (SM), *Zygophyllum album* et la

* Espèce(s) signalée(s) uniquement dans le biotope indiqué

plante *Randonia africana* de l'élément Sahara septentrional (Sst). Nous pensons que cette faible diversité phytochorique revient à la nature de cet habitat.

IV.3.2.6. Hamada El Atchane (S6)

Comme cité dans les sites précédents, avec 17 taxa et 48,57 %, la flore saharienne (SS) est aussi la plus importante à Hamada d'El Atchane (**Figure 43/S6**). Par exemple, nous inscrivons les espèces *Launaea glomerata* et *Pulicaria crispa* se rattachant au SS et *Zygophyllum album* L. au SM.

Secondée par la flore endémique avec 12 plantes et 34,29 % qui englobe 4 sous-unités à savoir l'EAlm avec 1 espèce et 2,86 % (*Zilla macroptera*) ; l'ENaf avec 1 espèce et 2,86 % (*Rhanterium adpressum*) ; l'ES avec 3 espèces et 8,33 % (*Savignya longistyla*, *Anabasis articulata*) et l'E avec 7 espèces et 20,07 % (*Spitzelia coronopifolia* et *Oudneya africana*). Ensuite c'est l'ensemble méditerranéen qui s'inscrit avec 3 espèces et 8,57 %. Nous identifions dans ses sous-types le M : *Asphodelus tenuifolius* et le MS : *Capparis spinosa*.

La flore Plurirégionale vient avec 2 espèces et 5,71 %. Enfin, 1 seule espèce indique l'élément De liaison avec 2,28 %.

IV.3.2.7. Daya El Remtha (S7)

Au niveau du site d'El Remtha (**Figure 44/ S7**), nous notons la présence de tous les éléments phytochoriques. Mais, la flore saharienne reste la plus importante avec 14 espèces et 38,9 %. Elle se subdivise entre les éléments saharo-méditerranéen (SM) (3 espèces et 8,33 %) et Saharo-sindien (11 espèces et 30,56 %). Suivie par l'ensemble Endémique dont nous inscrivons 11 espèces, soit 30,56 % qui se différencient par ordre décroissant en 6 (16,67 %) endémiques, 3 (8,33 %) ES et 1 espèce avec 2,78 % pour chacun des EAlm et EA respectivement.

L'ensemble méditerranéen vient en 3^{ème} rang avec 5 espèces et 13,89 %. OÙ 3 espèces (8,33 %) d'entre elles sont méditerranéennes et 2 espèces (5,56 %) méditerranéo-sahariennes. Les espèces plurirégionales se présentent avec 4 et 11,1 %. La dernière position est occupée par l'élément De liaison avec 2 espèces, soit 5,56 %.

L'analyse phytochorique au sein des biotopes montre combien le Sahara paraît diversifié par exemple sous le seul angle phytogéographique. Il apparaît de cette étude que l'importance relative des phytochores est tributaire de la géomorphologie et donc de ses conditions édaphiques. Cette constatation a été déjà évoquée par **Le Houérou (1990)**. Au sein de la région d'Ouargla, la cohabitation des cinq phytochores singularise le Reg Hassi Ben Abdallah (S2) tandis que l'Erg Sidi Khouiled (S5) n'en contient que l'élément Saharo-sindien (SS). Cependant, nous notons que les lits d'Oued, sont manifestement un bon refuge pour les plantes qui vivent au Sahara. Dans le cas de la présente étude, c'est au niveau d'Oued N'Sa (S4) où nous inscrivons une diversité de haute qualité à cause de l'importance des endémiques.

V. CONCLUSION

Au niveau de la région d'Ouargla, l'analyse de la phytogéographie, nous dévoile une diversité phytochorique, à prédominance saharienne. En effet, le cortège de l'élément Saharo-sindien et celui de l'élément endémique sont les plus représentés dans la zone étudiée. Ceci met en relief l'accentuation de l'influence des caractères écologiques sahariens. C'est le résultat des oscillations (humides et sèches) du Quaternaire qui ont permis tantôt l'extension des flores méditerranéennes (pluvial) et soudanaises, tantôt le recul massif des flores (interpluvial) dont seules les espèces susceptibles d'adaptation à la sécheresse se maintenaient. Quant à l'importance de l'endémisme, il nous permet de déduire que la flore se trouve isolée par l'extrême aridité du Sahara central et la barrière géomorphologique sud atlasique qui s'opposent à l'extension des espèces. En tous les cas, quel que soit leur nombre, les espèces endémiques constituent, cependant, une composante principale de la diversité biologique de la zone étudiée, voire du pays. Celles-ci doivent, par conséquent, occuper une place de première importance au niveau des programmes de conservation des ressources phytogénétiques.

VI. RÉPARTITION ÉCOCLIMATIQUE

VI.1. Introduction

En parcourant, les écosystèmes du Sahara septentrional, nous constatons une homogénéité apparente cachant en réalité une grande hétérogénéité dans le détail. Celle-ci ne peut pas être expliquée par un ou deux facteurs climatiques et/ou écologiques (**Le Houérou, 1990 ; Quézel, 2000 ; Ozenda, 2004**). Toutefois, vu le rapport étroit entre la végétation et le climat (**Monod, 1992**) auquel s'ajoute la complexité de l'écosystème saharien, nous ont conduits à nous interroger sur l'aspect phytoclimatique. D'autant plus qu'en zone aride, la zonation latitudinale et altitudinale des plantes spontanées dépend du stress hydrique (la sécheresse) et du stress thermique hivernal, c'est-à-dire le froid de l'hiver (**Le Houérou, 1995b**). Dans notre cas c'est plutôt la pénurie de l'eau qui en est responsable. Pour ce faire, nous avons abordé dans le présent travail la variation zonale et systématique de l'aridité du climat.

VI. 2. Méthodologie

Elle vise à caractériser la distribution écoclimatique des plantes spontanées peuplant la région d'Ouargla. À cet effet, nous nous sommes appuyés sur la méthode de **Le Houérou (1995b)**. Celle-ci se rapporte à l'application du quotient pluvio-évapotranspiratoire (P/ETP). Il paraît le plus indiqué parmi les critères climatiques car c'est le plus juste, le plus rationnel et le plus efficient (**Le Houérou, 2002**).

Grâce au résultat obtenu précédemment à travers le calcul de ce quotient, nous avons pu étudier la répartition des espèces selon le gradient d'aridité (**chapitre II**). Ceci nous a conduits à classer les espèces inventoriées, par ordre croissant et approximatif de leur tolérance à l'aridité.

VI. 3. Répartition écoclimatique

Il convient de définir la répartition des espèces non seulement dans l'espace mais en fonction du climat. En effet, l'étude écoclimatique a découlé de l'analyse bioclimatique (degré d'aridité : Chapitre II) et de l'analyse floristique (inventaire floristique : **ch. III.1.**). Ainsi, nous rappelons que la valeur P/ETP étant égale à 0, 013 a permis de distinguer l'ambiance bioclimatique "hyper-aride supérieure à hiver doux". Celle-ci est bien reflétée par la flore régionale d'Ouargla (**Annexe 5**). Conformément aux résultats obtenus, la majorité des espèces recensées semblent bien caractériser la zone hyper-aride supérieure ou saharienne septentrionale « HS ».

En guise de comparaison, nous avons fait appel aux travaux effectués au niveau des steppes Nord africaines surtout ceux de **Le Houérou, 1959, 1969 et 1984 ; Le Houérou et al., 1975, 1979 ; Long, 1954 ; Nègre, 1959 ; Rodin et al., 1970 ; Pouget, 1980 ; Celles, 1975 ; Manière, 1975 ; Coquillard, 1982 ; Peltier, 1982 ; El Aboudi, 1990 ; Birouk et al., 1991**, cités par **Le Houérou (1995b)**. À ces contributions, nous additionnons la présente étude. À cet effet, nous avons dressé le tableau 23.

Ce tableau (23) fait apparaître 5 subdivisions bioclimatiques au niveau desquelles, nous inscrivons la répartition des 30 taxons qui ont été aussi analysés par plusieurs auteurs dont **Le Houérou (1995b)**. Leur agencement selon le degré d'aridité a fait apparaître 2 groupes d'espèces à diversité écoclimatique importante, c'est-à-dire occupant les 5 degrés bioclimatiques. Le premier groupe constitué par les espèces à distribution normale en peuplement ; est représenté par les plantes *Phragmites communis*, *Stipagrostis pungens*, *Halocnemum strobilaceum*, *Suaeda fruticosa* et *Nerium oleander*. Le second groupe se compose des deux espèces *Launaea resedifolia* et *Zygophyllum album*, ayant une extension en individus isolés au niveau du HS et SA (**Le Houérou, 1995b**). Toutefois, l'espèce *Zygophyllum album* est présente en peuplement dans la région d'Ouargla. Ainsi, son abondance a été déjà signalée par **Chehema et al. (2005)**. Son développement au sein des sols salés exprime probablement son extension dans la zone hyper-aride "HS".

À l'opposé, la faible diversité écoclimatique où la distribution se limite à la zone hyper-aride "HS" a concerné 10 espèces sur les 30 comparées. À titre d'exemple, nous citons les plantes *Oudneya africana* et *Monsonia heliotropioides*. L'adaptation et l'endémisme caractérisant ces espèces semblent expliquer leur tolérance à l'hyper-aridité de la région d'Ouargla.

Les autres espèces ont une répartition intermédiaire entre les degrés bioclimatiques : aride inférieure (AI), aride moyen (AM) et l'aride supérieur (AS).

A terme, cette étude a permis d'étayer la liste des espèces habitants la zone bioclimatique hyper-aride "HS". Il s'agit des espèces *Suaeda mollis*, *Malva parviflora*, *Plantago albicans*, *Cleome arabica*, *Zygophyllum album* et *Launaea resedifolia*.

Chapitre III. Composition biosystématique, phytogéographique et répartition écoclimatique de la flore de la région d'Ouargla

Tableau 23.

Comparaison de la distribution écoclimatique approximative en fonction du degré d'aridité des espèces communes avec le travail de **Le Houérou (1995b)**

Espèces	Subdivision bioclimatique				
	HS	AI	AM	AS	SA
<i>Cotula cinerea</i>	+++++				
<i>Oudneya africana</i>	+++++				
<i>Monsonia heliotropioides</i>	+++++				
<i>Cyperus conglomeratus</i>	+++++				
<i>Euphorbia guyoniana</i>	+++++				
<i>Stipagrostis acutiflora</i>	+++++				
<i>Zilla macroptera</i>	+++++				
<i>Cornulaca monacantha</i>	+++++				
<i>Salsola tetragona</i>	+++++				
<i>Moltkiopsis ciliata</i>	+++++				
<i>Carduncellus duvauxii</i>	+++++	.			
<i>Savignya parviflora</i>	+++++	.			
<i>Launaea glomerata</i>	+++++	—			
<i>Traganum nudatum</i>	+++++	—			
<i>Suaeda mollis</i>	^	—			
<i>Malva parviflora</i>	^	—			
<i>Stipagrostis plumosa</i>	+++++	—			
<i>Stipagrostis obtusa</i>	+++++	—			
<i>Stipagrostis ciliata</i>	+++++	—			
<i>Plantago albicans</i>		...	—		
<i>Cleome Arabica</i>	.	—		...	
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	.	—			
<i>Zygophyllum album</i>	+++++--	—			...
<i>Launaea resedifolia</i>	.	—			.
<i>Retama raetam</i>	+++++	—			
<i>Phragmites communis</i>	+++++	—			
<i>Stipagrostis pungens</i>	+++++	—			
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	+++++	—			
<i>Suaeda fruticosa</i>	+++++	—			
<i>Nerium oleander</i>	^	—			

Légende: Le Houérou (1995b) : — Distribution normale en peuplement, ... Individus isolés, -- : Peuplements ripicoles zone d'épandage.

Présent travail : ++++ Distribution en peuplement, ^ Individus isolés

VI.4. Conclusion

Nous notons que la plupart des espèces (plus des deux tiers) dénombrées dénotent une diversité écoclimatique. Ainsi, ce travail constitue une contribution certaine à l'étude phytoclimatique des plantes spontanées des écosystèmes de la zone d'étude. Celle-ci a permis de classifier les espèces végétales inventoriées, selon un gradient d'aridité climatique en rapport avec leur distribution spatiale. Donc l'idée de considérer que l'écosystème saharien, est une unité écoclimatique est à discuter. Ceci est important à signaler pour mieux s'orienter dans la recherche éremologique.

Troisième partie : Valorisation de la phytodiversité

Chapitre IV.

Application de la phytodiversité dans le domaine de l'ethnobotanique

I. CARACTÉRISATION ETHNOBOTANIQUE DE LA RÉGION D'OUARGLA

I.1. Introduction

Les plantes sont la base de vie sur la terre et de ce fait leur importance est indiscutable, justifiant ainsi l'étroite relation avec l'homme qui ne peut s'en en passer. Seulement, la valorisation de la flore ne concerne que les espèces possédant des propriétés médicinales et/ou horticoles et ayant un potentiel économique. En fait, la phytodiversité est importante à divers titres et sa valorisation a fait l'objet de plusieurs travaux. En effet, la classification la plus préconisée met en évidence des valeurs directes et des valeurs indirectes (**Tableau 24**) (**Marty et al., 2005**).

Tableau 24. Typologie des valeurs de la biodiversité proposée par les économistes

Catégories de valeurs	Définitions
Valeur de consommation directe	Consommation des ressources sans transformation : chasse, pêche et cueillette
Valeur productive	Utilisation des ressources génétiques dans des cycles productifs (obtention variétale, exploitation forestière, pêches, médicaments à base des plantes médicinales)
Valeur récréative	Exploitation sans consommation (éco-tourisme, récréations = valeurs écosytémiques)
Valeur écologique	Liée à l'interdépendance entre organismes et au bon fonctionnement des systèmes naturels
Valeur d'option	Liée à l'exploitation future des ressources génétiques
Valeur d'existence	Liée à la satisfaction et au bien être que procure l'existence de la biodiversité

Restant sur la valeur de consommation directe (**cf. Tableau 24**), les plantes à caractère médicinal sont exploitées tant par les communautés autochtones, qui en sont tributaires pour se soigner, que par les herboristes et de nombreux autres thérapeutes en médecine complémentaire et alternative. Selon la littérature dont **Lêger (2008)** ainsi que **Lêveque et Mounolou (2008)**, les P.A.M. constituent un centre d'intérêt même pour la médecine moderne qui est en quête de nouvelles molécules pour le développement de médicaments.

Par ailleurs, les conséquences du réchauffement climatique (**El Haïté, 2016**) et l'action anthropique non contrôlée contribuent aux perturbations de l'équilibre de la biodiversité, partout, mais surtout en zones arides où les perturbations sont plus spectaculaires. Autrement-dit, nous assistons à la diminution, voire la disparition à moyen et à long terme des plusieurs espèces végétales.

Le Sahara septentrional et plus précisément la région d'Ouargla détient une flore spontanée, pseudospontanée et même cultivée à intérêt écologique, fourrager, ethnique et économique. À ces derniers, nous associons le savoir faire de l'homme saharien qui justifie l'importance de l'exploitation ethnobotanique. Celle-ci n'est pas à négliger, surtout du point de vue phytothérapeutique (**Ozenda, 2004 ; Bounaga et Brac De La Perriere, 1988 ; Chehma, 2006 ; Hadjaidji-Benseghier et Derridj, 2013**). De ce fait, il est nécessaire de faire un suivi et une évaluation régulière du patrimoine floristique médicinal. Ce qui permettra d'assurer sa sauvegarde ainsi que sa valorisation. Ainsi, dans ce chapitre, notre préoccupation s'est axée sur la contribution de la caractérisation floristique du système médicinal traditionnel de la région d'Ouargla.

I.2. Méthodologie

Elle vise à caractériser le potentiel médicinal des plantes recensées dans la région d'Ouargla. Donc, l'objectif s'est accentué sur le dénombrement des plantes médicinales utilisées et les affections traitées par les habitants de la zone d'étude. Pour cela, l'inventaire réalisé des plantes spontanées a servi dans l'enquête ethnobotanique. En s'appuyant sur une fiche-questionnaire appropriée à notre objectif, les informations phytothérapeutiques, nous ont été fournies par les usagers. Ces derniers ont été rassemblés lors du sondage, en deux groupes. Le premier groupe est constitué par une soixantaine de personnes recensées entre les herboristes, les phytopharmaciens, les phytomédecins, les tradipraticiens et les guérisseurs alors que le second groupe est formé par la population utilisatrice, soit un taux de 10 %. Les informations recueillies sur les plantes comprennent les noms scientifiques et vernaculaires, les parties utilisées, le mode de préparation et les maladies traitées.

I.3. Valorisation de la flore de la région d'Ouargla : Phytodiversité médicinale

Au niveau de la région d'Ouargla, un nombre important de plantes spontanées sont exploitées en pharmacopée traditionnelle. Dans le cadre de la présente étude, nous avons listé ces plantes suite aux enquêtes ethnobotaniques. Celles-ci ont été effectuées auprès des populations autochtones et des acteurs du système médical traditionnel. Et plus précisément une confrontation "espèce-utilisateur" a fait ressortir une liste de plantes médicinales appréciable (**Tableau 25**). Bien entendu, l'exhaustivité n'est pas encore atteinte, quoique nous l'ayons approché à travers les résultats rapportés dans le point "**I.2.**" de ce chapitre (**cf. article**).

Tableau 25.

Noms scientifiques et vernaculaires des plantes à usages ethnobotaniques dans la région d'Ouargla

Noms scientifiques	Noms vernaculaires	Usages	Ethno-ethnobotaniques	
		Partie utilisée	Mode de préparation	Affections traitées
1. <i>Ammodaucus leucotrichus</i>	Oum drayga	Feuilles, fruits	Décoction, infusion, poudre	Indigestion, Anorexie, Diarrhée, Vomissements
2. <i>Daucus sahariensis</i>	Haska	Partie aérienne	Cataplasme	Abcès
3. <i>Ferula vesceritensis</i>	Habet lehlaoua	Feuilles Infloréscences fruits	Décoction, Poudre cataplasme	Dysménorrhée Maux de gorge Fièvre et Migraines
4. <i>Cotula cinerea.</i>	Chouhiya	Feuilles, capitules	Pâte, Poudre	Insolation, mal de tête, Affections digestives et respiratoires
5. <i>Launaea resedifolia</i>	Adayde	Feuilles, bourgeons	mastication	Piqûres de scorpions
6. <i>Oudneya africana</i>	Hanet-libel	Fruits et feuilles	Pâte	Dermatoses
7. <i>Randonia africana</i>	Tagtag	Feuilles, rameaux	Infusion	Piqûre de scorpion
8. <i>Cleome arabica</i>	Netaïl	feuilles	Décoction	Constipation
9. <i>Capparis spinosa</i>	Kebbar	Fruits et feuilles	Infusion, cataplasme	Hémorragie, maladies Hépatiques, Migraines, Rhumatisme, Diurétique
10. <i>Hammada scoparia</i>	Remt	Rameaux, feuilles, fleurs	Décoction	Indigestion, Empoisonnement (venin), Dermatoses
11. <i>Cornulaca monacantha .</i>	Had	Feuilles, rameaux	Tisane	Effet purgatif, maladies du foie
12. <i>Traganum nudatum</i>	Damrane	Feuilles	Pâte, décoction	Rhumatisme Plaies, abcès, Constipation
13. <i>Arundo donax</i>	Ksab	Feuilles, tige	Décotion	Chute des cheveux
14. <i>Cynodon dactylon</i>	Nedjem	Feuilles, racine	Décotion Macération	Diabète, Rhumatisme, Diurétique
15. <i>Stipagrostis pungens</i>	Drinn	Feuilles	Macération	Constipation
16. <i>Astragalus gzyensis</i>	Foul l'ibel	Toute la plante	-	Morsures de serpent
17. <i>Genista Saharæ</i>	Merkh	plante	-	Affections respiratoires, Diurétique
18. <i>Retama raetam</i>	Rtem	Parties aériennes	Fumigation	Rhume, Fièvres, Brûlures
19. <i>Nerium oleander</i>	Defla	Feuilles, fleurs, fruits	Poudre et Pâte de feuilles	Infections. Insolations, Dermatoses. Analeptique, Cardiothonique, Gynécologie
20. <i>Pergularia tomentosa</i>	Khelga	Feuilles Fruits secs	Poudre et huile d'olive Poudre et beurre local	Teigne Angines
21. <i>Peganum harmala</i>	Harmel	Racines, feuilles, grains	Décoction Fumigation	Verres intestinaux - Augmente la lactation. Rhumatisme- Toux - Brûlures
22. <i>Zygophyllum album</i>	Agga	Feuilles, fleurs, tiges	Poudre	Diabète- soins corporels des nourissants- Cicatrisante

Tableau 25. Noms scientifiques et vernaculaires des plantes à usages ethnobotaniques dans la région d'Ouargla (**Suite**)

Noms scientifiques	Noms vernaculaires	Usages	Ethno-ethnobotaniques Mode de préparation	Affections traitées
		Partie utilisée		
23. <i>Asphodelus tenuifolius</i>	<i>Tazia</i>	Racine, toute la plante	Macération (l'huile d'olive), décoction	Rhumatisme et Douleurs dentaires
24. <i>Urginea noctiflora</i>	<i>Basl elfa</i>	Bulbe	Usage Interne Usage externe	Antiseptique, maux d'oreilles Dermatoses
25. <i>Helianthemum lippii</i>	<i>Reguig</i>	Plante	Poudre compresse	Lésions cutanées
26. <i>Ephedra alata</i>	<i>Alanda</i>	Feuilles, fruits	Tisane Gouttes nasales	Antidiarythmique – Diurétique – Hypertenseur (hypotension) – Grippe – Coqueluche – Asthénie Rhume
27. <i>Tamarix gallica</i>	<i>Tarfa</i>	Feuilles et rameaux Écorce des tiges	Décoction Lotion	Œdème de la rate Contre les poux
28. <i>Limoniastrum guyonianum</i>	<i>Zeita</i>	Feuilles Racines	Tisane Décoction	Anti dysentérique <u>Dépuratif</u>
29. <i>Plantago ciliata</i>	<i>Lelma</i>	Plante entière Feuilles	Sèche Décoction et infusion Fraîche	Cicatrisante, Anti-inflammatoire Inflammations de la gorge Ulcères de la peau
30. <i>Calligonum comosum.</i>	<i>L'arta</i>	Feuilles	Macération, poudre	Maux d'estomac
31. <i>Solanum nigrum</i>	<i>Aneb Eddib</i>	-	Décoction, cataplasme	Douleurs nerveuses (des nerfs, Antinévralgiques), émollientes
32. <i>Cistanche tinctoria</i>	<i>Danoun</i>	Plante entière	Poudre (Seffa)	Maux d'estomac
33. <i>Euphorbia guyoniana</i>	<i>Oum el bina</i>	Feuilles	Poudre	Abcès
34. <i>Colocynthis vulgaris</i>	<i>Lahdaïdj</i>	Fruits et racines	Infusion très diluée, Macération huileuse (usage externe)	Purgative, diabète, Maladies des organes génito-urinaires, Cancer, Rhumatisme Plaies et dermatoses, Diurétique

Légende :

Anaesthésiques : Anticept.; Insolation : insol.; Analeptique : Annalept.; Dermatoses : Dermat.; Cardiotonique : Cardiot.; Diurétique : Diurét. ; Gynécologique : Génycol.

L'examen du tableau (25) et l'annexe (7) fait mention d'une liste de l'ordre de 34 espèces sur 97, soit 35,05 % des plantes recensées. Cette flore recouvre 22 familles. Mais les familles les plus mêlées dans la pharmacopée de la région sont les Apiaceae, les Amaranthaceae, les Poaceae et les Fabaceae avec 3 espèces chacune.

La distribution des plantes spontanées à caractère médicinal suivant les sites étudiés permet de déduire que le lit d'Oued (S4) est la station la plus riche en espèces (Figure 45 et Tableau 41). Suivie par la Daya El Remtha (S7) puis en troisième rang viennent les sites Reg HBA (S2) et

Hamada d'El Atchane (S6). Bien que cette répartition n'ayant pas introduit la notion d'abondance-dominance d'une espèce dans la présente investigation (par rapport au total des espèces présentes sur cet espace), elle a permis de signaler que la distribution spatiale des espèces recensées est discontinue et très irrégulière. Mise à part une minorité d'espèces hygrophiles (*Nerium oleander*) et espèces halophiles (*Tamarix gallica*, *Arundo donax*), les espèces présentent un spectre de distribution très large qui peut être expliquée par les formes d'adaptation développées dans les différents biotopes de cette partie septentrionale saharienne.

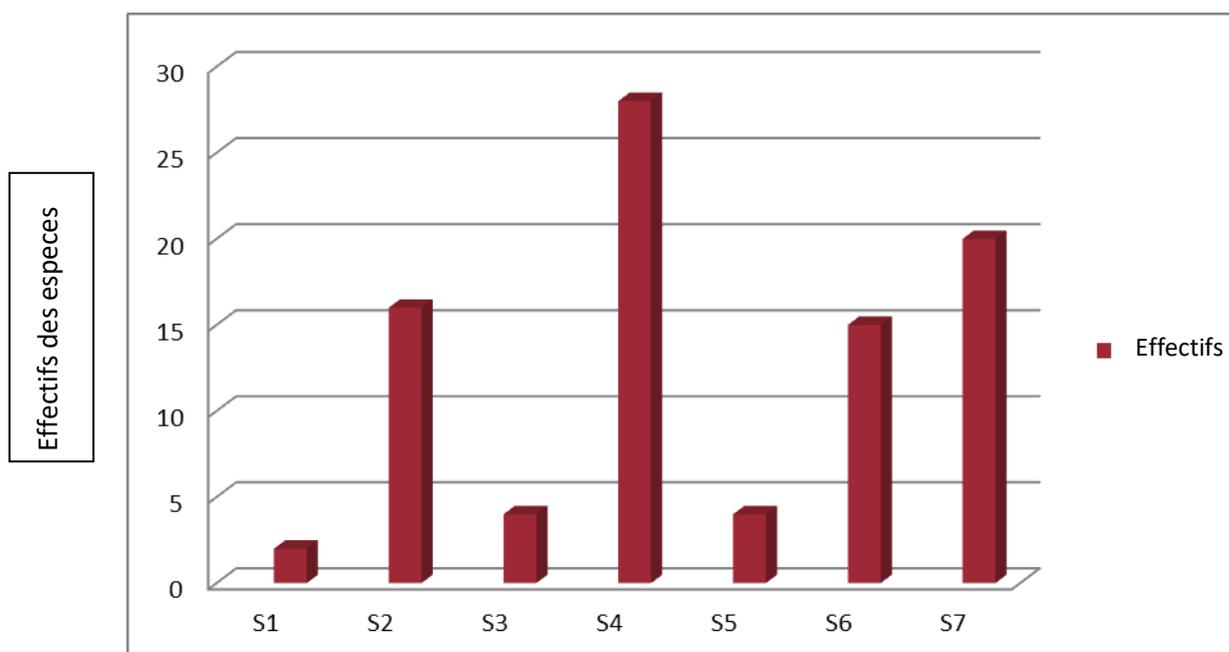


Figure 45. Effectif des espèces utilisées en médecine traditionnelle par station

I.3.1. Affections

Dans la zone d'étude, les affections traitées par ces plantes sont importantes dont nous inscrivons environ cinquante cinq (55). Comme, il convient de noter que certaines maladies sont plus fréquentes et leur traitement par la combinaison de plusieurs espèces semble augmenter l'efficacité thérapeutique. En effet, l'usage multiple de certaines plantes est constaté pour le rhumatisme (6 espèces, 17, 64 %), les dermatoses (4 espèces, 11, 76 %) ainsi que les maladies digestives (4 espèces, 11, 76 %). Deux pathologies émergent à égalité avec 3 plantes pour chacune. Ce sont la constipation et le diabète (8, 82 %). Pour les piqûres de scorpions, nous inscrivons seulement 2 espèces (5, 88 %). En somme, nous notons quatorze (14) espèces, soit 41, 17 % qui sont exploitées pour plusieurs affections, onze (11) plantes, soit 32, 35 % pour 2 affections et neuf (09), soit 26, 47 % pour une seule affection.

I.3.2. Modes de préparations

Les modes de préparation sont divers. Les plus notés, sont la décoction, la poudre et l'infusion. Comme, nous signalons aussi d'autres types d'applications qui sont la lotion, le cataplasme, la mastication, la pâte, la pommade, la macération ainsi que la fumigation.

I.3.3. Organes utilisés

Les parties les plus utilisées sont par ordre décroissant, les feuilles avec 70, 58%, les fruits avec 23, 52% et les racines avec 14, 70 %. Ce dernier taux est aussi noté pour l'usage de la plante entière. Les autres parties dont les tiges, les rameaux et les fleurs qui affichent un taux égal à 8, 82 % pour chacune d'elle. Vient ensuite la partie aérienne avec 5, 88% et enfin l'exploitation des graines, des inflorescences, des capitules et des bourgeons avec 2, 94 % chacune. Dans la littérature d'Ouargla, il existe des différences avec nos résultats (**Maiza et al., 1993 et Ould El Hadj et al., 2003**).

I.3.4. Plantes endémiques

Six (6) espèces, soit 17, 64 % sont endémiques. Elles traitent onze (11) affections, soit 20 %. Ce sont les plantes *Ammodaucus leucotrichus*, *Ferula vesceritensis*, *Oudneya africana*, *Cleome arabica*, *Urginea noctiflora*, *Euphorbia guyoniana*. Cette dernière n'a pas été citée dans la région d'Ouargla par **Maiza et al. (1993)** et **Ould El Hadj et al. (2003)**. Toutefois, dans le présent travail, elle est utilisée pour les abcès et la fièvre. Selon notre étude ces plantes endémiques traitent douze (12) affections. À noter que dans la pharmacopée traditionnelle saharienne, ces espèces ont été rapportées par **Ozenda (2004) ; Maiza et al. (1993) et Chehma (2005)**.

Globalement, les résultats (**Tableau 25**) enregistrent l'usage des parties aériennes. Ce qui permet d'épargner heureusement les organes souterrains de ces plantes endémiques. Surtout que cette phytodiversité médicinale, si précieuse est menacée. Car l'accès se fait en général par cueillette anarchique sans précautions, ne tenant pas compte de la pérennité de ces ressources prélevées différemment dans la nature (par écorçage, mutilations, déracinements, et brûlures, etc.) ; l'exploration pétrolière sans l'étude d'impacts sur la nature augmentent ces perturbations anthropiques .

En effet, l'enquête ethnobotanique a permis d'étayer la liste des espèces spontanées impliquées dans le système médicinal traditionnel. Quantitativement, nos résultats se rapprochent de ceux trouvés par **Ould El Hadj et al. (2003)**. Mais, ils restent supérieurs à ceux notés par **Maiza et al. (1993)**. En effet, ces derniers ont signalé 17 espèces.

La particularité du présent inventaire, apporte un complément de quinze (15) espèces non signalées, par **Maiza et al. (1993)** et douze (12) par **Ould El Hadj et al., 2003** pour la flore ethnobotanique de la région d'Ouargla. Toutefois, nous inscrivons respectivement, 10 et 23 espèces communes avec les résultats de ces mêmes auteurs.

De même, pour les affections qui sont traitées mais pour les parties utilisées ainsi que pour les modes, nous ne relevons pas de grandes différences avec la littérature, notamment pour **Maiza et al. (1993) ; Ozenda (2004) ; Chehma (2005 et 2006) & Adebayo Gbolade (2009)**.

Cette exploitation est justifiée par la nature chimique des substances actives, qui détermine leurs effets thérapeutiques sur l'organisme humain. Ces substances sont produites par le métabolisme

secondaire. Il s'agit d'une protection naturelle face aux conditions écologiques hostiles du Sahara septentrional (stress hydrique et thermique), se traduisant par la production des molécules variées permettant aux plantes de s'adapter à leur environnement. Ainsi, les résultats des phytochimistes le prouvent dont **Dendougui et al. (2006)**. Ces plantes ont des actions très différentes suivant la nature chimique des substances actives et le mode de préparation. En effet, nous relevons des antidiabétiques (*Zygophyllum album*), des anesthésiques, vermifuges, aphrodisiaque et analgésiques (*Peganum harmala* "Harmaline"). Des analeptiques : *Ephedra alata* "Ephedrine" et *Nerium oleander* "Oleandrin", mais contre les dermatoses "Neriin", les diurétiques (*Citrullus colocynthis vulgaris* "Colocythin" et *Capparis spinosa* " Rutin") sont utilisés. Cette dernière plante est aussi antirhumatismale.

Également, nous enregistrons d'autres usages. Ceux-là ont été soulignés pour certaines plantes qui sont employées comme détersifs : *Calligonum comosum* ; d'autres espèces sont utilisées pour épiler les peaux (*Pergularia tomentosa*). Autres plantes (*Limonium*, et *Zygophyllum album*) sont utilisées comme savons et shampooing (**Ozenda, 2004**). Comme l'espèce *Zygophyllum album* possède le pouvoir allélopathique (action inhibitrice sur la croissance de la plante par sécrétion de substance chimique), contre l'espèce *Bromus tectorum* (**Salhi et al., 2014**).

Au vu de la pluridisciplinarité du présent travail, l'étude de la toxicité des espèces s'est limitée aux déclarations des enquêtés ainsi qu'à la littérature scientifique (**Breneton, 2001 ; Ozenda, 2004 ; Ducerf, 2010 & Hadjaidji-Benseghier et Dérridj, 2013**). Nous enregistrons neuf (9) plantes qualifiées comme dangereuses (toxiques) qui recouvrent huit (8) familles. Il s'agit des espèces *Cotula cinerea*, *Hammada scoparia*, *Nerium oleander*, *Peganum harmala*, *Zygophyllum album*, *Urginea noctiflora*, *Solanum nigrum*, *Euphorbia guyoniana* et *Colocynthis vulgaris*.

II. CONCLUSION

Cette étude met l'accent sur les sources phytogénétiques et le potentiel médicinal au Sahara septentrional central (Ouargla). En effet, elle a permis d'étendre la liste de la flore médicinale concernant les espèces spontanées. En outre, la caractérisation écologique a montré sa haute qualité, vu sa composition en espèces endémiques. Ainsi, la phytodiversité médicinale et les indications thérapeutiques enregistrées, contribuent à la préservation immatérielle et des savoir-faires locaux ancestraux qui sont pratiqués actuellement, dans la région. Au terme de cette étude pluridisciplinaire, la collaboration est à solliciter, vu l'urgence de l'élaboration de la pharmacopée algérienne. Surtout que, la valorisation du patrimoine floristique dans la pharmacopée moderne permettra de faire face aux besoins croissants de la population. Aussi, il faut limiter le piratage bioéthique des ressources phytogénétiques et du savoir des populations indigènes, sans aucun retour financier, des grandes firmes phytopharmaceutiques et cosmétiques des pays occidentaux. À noter l'absence de recensement de ce répertoire national de ce patrimoine naturel et immatériel par les autorités nationales et surtout son labélisation.

III. VALORISATION DE LA PHYTODIVERSITE MÉDICINALE

III.1. Préambule

Comme, nous l'avons précisé précédemment (**ch. III**), les ressources biologiques sahariennes sont importantes tant sur le plan biologique, écologique qu'économique. En effet, cette importance n'est plus à prouver car les plantes constituent la matière indispensable aux multiples développements aussi bien agricole, médicinaux qu'industriel. Ce qui justifie leur valorisation depuis l'aube des temps par l'homme.

Au Sahara, la médecine traditionnelle est un héritage millénaire. Tout un chacun a recours à cette médecine locale, fiable et adaptée à un moment ou à un autre. Ainsi, dans la zone d'étude, l'exploitation des plantes (spontanées et cultivées) est fortement constatée. Mise à part l'hostilité du milieu saharien, la méfiance des personnes férues de la phytothérapie, les méthodes d'échantillonnage en ethnobotanique, encore au stade primitif, ont constitué autant de contraintes pour notre travail. Néanmoins, des explorations ayant abouti à de nombreux résultats et ce malgré l'absence de moyens logistiques appropriés. Nous avons de ce fait pu mettre en exergue l'application de la phytodiversité dans la pharmacopée traditionnelle.

Nous avons eu l'occasion de communiquer à maintes reprises (séminaires et congrès) nos approches relatives aux études ethnobotaniques depuis plusieurs années. Celles-ci ont été interprétées dans nos investigations personnelles ainsi que dans le cas de la formation, par l'enseignement des modules de Gestion et valorisation des ressources, de phytoprotection ainsi que dans l'encadrement de travaux de fin d'études (mémoires d'Ingénieurs, de Masters,...etc.). Cette phase, nous a été indispensable pour trancher sur la méthodologie et le traitement des résultats, que ce soit sur le plan conceptuel que sur le plan pratique. Elle a été valorisée par une partie de nos investigations qui a fait l'objet d'une publication dans "Emirates Journal of Food and Agriculture" (2013. 25 (9) : 657-665).

III.2. Importance relative de l'exploitation des plantes médicinales dans la médecine traditionnelle à l'Est du Sahara.

La nomination de l'article que nous présentons ci-après est : "Relative importance of the exploitation of medicinal plants in traditional medicine in the Northeastern Sahara".

Emir. J. Food Agric. 2013. 25 (9): 657-665
 doi: 10.9755/ejfa.v25i9.14426
 http://www.ejfa.info/

PLANT SCIENCE

Relative importance of the exploitation of medicinal plants in traditional medicine in the Northeastern Sahara

Hadjaidji-Benseghier Fatiha^{1*} and Derridj Arrezki²

¹Laboratory Saharan Bioresources, Faculty of Nature and Life Sciences and Earth and the Universe, University Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla 30,000 Ouargla, Algeria

²Faculty of Biological and Agricultural Sciences, Mouloud Mammeri, B.P.17, 15 000 Tizi-Ouzou, Algeria

Abstract

The objective of this study was to highlight the relative importance related to the exploitation of medicinal plants in the South East of Algeria. For this reason, the ethnobotanical survey was conducted in a very systematic way, a record of 10 successive dwellings was collected within rural and urban areas in both Ouargla and Tougourt. This was followed by an analysis of results by the application of some ecological clues. The investigation led to the identification of 65 species covering 36 families that treat several diseases. On one hand, the centesimal frequency of use is the highest in the rural area of Ouargla (QRO) with 95.23% and in descending order for the species *Artemisia herba alba* Asso. (chih), *Mentha spicata* L. (naa naa), *Origanum vulgare* L. (zaatar) and *Juniperus communis* L. (aaraar), on the other hand. The four classes of constancy are present, but the accidental species are very important in the four (04) districts. The type of distribution calculated for all species of medicinal plants in different areas showed a contagious distribution. And the application of automatic classification showed that urban sites are very similar. In the end, this approach has identified the species and has reported the first results obtained by the ecological analysis to better understand the exploitation of species in the studied area.

Key words: Sahara, Medicinal plants, Ethno-botanical, Exploitation, Lifestyle, Ecological indices, Algeria

Introduction

About five hundred species of higher plants inventoried part is nowadays used by people as medicinal plants in the Sahara (Ozenda, 1983). Since herbal medicine offers natural remedies and well accepted by the body, is often associated with conventional treatments. Its exceptional revival, especially for chronic diseases, nowadays, is well marked (OSS " Observatoire du Sahara et du Sahel ", 2010; "Organisation Mondiale de la Santé" O.M.S., 2004; Tabuti et al., 2003). Indeed, the Algerian Sahara has a long tradition and expertise in traditional and herbal medicines. Previous studies were mainly qualitative in nature and related to the correlation between the rural and traditional medicine (Bounaga and Brac De La Perriere, 1988;

Benchellahetal, 2004; Maiza, 1993; Ould El Hadj et al., 2003; Chehma, 2006). Nevertheless, during the Anthropocene era, humans have really changed all ecosystems on the planet with an acceleration greater than in any comparable period in human history (Steffen et al., 2007). Indeed, the effects have been observed on the lifestyle of people in the study area, including education, agriculture, industry and especially on the natural environment, including plants. However, the evolution of ethnobotanical research led to the development of the methods of analysis, including various disciplines. Among others, ecological methods for determining the impact on the environment and the level of sustainability - plants - human relations in the past and present were reported (Cotton, 1996). Thus, we believe that the medicinal flora heritage requires monitoring and regular assessment in both qualitative and quantitative ways. That in turn will ensure its preservation and its current medicinal values. Therefore, we focused on the quantitative aspect at the end to identify the importance of the use of medicinal species and was based on a sampling method that seems suitable for our approach. The latter is based on two questions:

Received 28 September 2012; Revised 12 March 2013;
 Accepted 15 March 2013; Published Online 15 April 2013

*Corresponding Author

Hadjaidji-Benseghier Fatiha
 Faculty of Nature and Life Sciences and Earth and the Universe, University Kasdi Merbah Ouargla Saharan Bioresources Laboratory, Ouargla 30,000 Ouargla, Algeria

Email: hadjaidji_f@yahoo.fr

Hadjaïdji-Benseghier Fatiha and Derridj Arrezki

- Is the lifestyles have an impact on the use of medicinal plants?

- What are the plant families and species most involved in regional pharmacopoeia whose use is based on ecological indices and automatic classification?

Materials and Methods

Description of the studied area

The study was conducted in South-eastern Algeria, in the province of Ouargla, which is located 790 km away from Algiers. It is characterized by several oases, the most important are those of Touggourt (X: 33° 07'; Y: 6° 04' and A: 70m (Le Houerou et al., 1995) and Ouargla (X: 31° 37'; Y: 5° 24' and A: 141m (Rouvilleis-Brigol, 1975; Cote, 1998) (Figure 1). The aridity is substantially attenuated in Touggourt; however, all the studied area belongs to the hyper-arid bioclimatic Mediterranean-continental (Rivas – martinez, 1996-2009; Chehma et al., 2005).

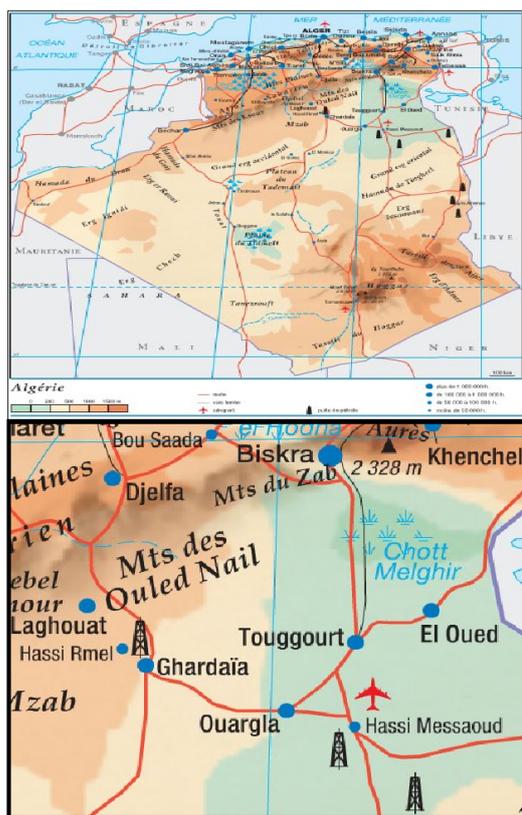


Figure 1. Geographic location of the study area.

In addition to palm cultivation with crops underlying the studied area has a floristic heritage of various strains, Mediterranean and tropical species that have adapted to the desert. The inhabitants are ethnic- multiple, Berber, Arab, African and mestizo came from mixed marriages. Ouargla is as an administrative pole of southeastern Algeria, most commercial activities are concentrated in Touggourt. Also, most young people prefer to leave the oasis and go to the oil fields located nearby. However, small transactions that take a traditional aspect exist in Ksour and in the periphery of the two oases.

Sampling methodology

It aims to evaluate the use of plants by the traditional medical system in its present form and to compare the pharmacological research, agro-ecological and socio-economic development. Overall, our methodology consists of: An exploratory phase from October to December was conducted among the most skilled people in the subject at the studied area to make a first list of species and the development of the survey form. The choice of sites, guided by the characteristics of the studied area, was based on two modes of life, urban and rural areas that are the most representative (Anonym, 2008) (Figure of 2-4). The phase of the ethno-botanical survey itself was conducted during five months. To rationalize the sampling and to facilitate the quantitative study while getting as close as possible to the residents at the district level, we were constrained to be limited to 10% of houses. These were chosen in a systematic or a record of 10 successive dwellings. The duration of each conversation is about 1h30. In each one, any information was gathered on the profile of the questioned people and the medicinal plants they use.

Thus, the profile of everyone includes their age, sex, educational level, their job, their income and the medicinal plants they use. The gathered information on plants includes the scientific and common names, the parts used, the method of preparation and the disease being treated. All species have been authenticated through literature and through comparison with the herbarium specimens produced within the Faculty SNV (Sciences de la Nature et de la Vie) and S.T.U. (Sciences de la Terre et de l'Univers), University Kasdi Merbah, Ouargla. The data recorded on data sheets Gross.

The data recorded on the raw data sheets were analyzed through ecological indices and statistical method:

The frequency of use (F_c), the percentage of individuals of a species considered in relation to the total number of individuals of all species. It can be

Emir. J. Food Agric. 2013. 25 (9): 657-665
 http://www.ejfa.info/

calculated for a sample or for all concerned (Dajoz, 1971). It is calculated according to the formula:

$$Fc = (ni / N) \times 100$$

Where, (ni) - The number of individuals of a species
 (N) - The total number of individuals of all species present

The consistency or frequency of occurrence (C) of a given species is the number of times it appears in the sample. It is calculated from the following formula:

$$C = (Pi / P) \times 100$$

Where, (i) - The number of records where species are present
 (P) - The total number of records (P)

Thus, the constancy of a species is called accidental ($C < 25\%$), accessory ($25\% < C < 50\%$), regular ($50\% < C < 75\%$) or constant ($75\% < C < 100\%$).

Analysis of Variance (O_2) (Dagnelie, 1975): is obtained by using the formula:

$O_2 =$, with the number of squares to be studied (n), the number of individuals in each square (x) and the average individual in the set of squares (m);

-Type of distribution (TR) (Dagnelie, 1975): is given by following the formula: $TR = O_2 / m$. The type of distribution is contagious if TR is greater than 1. It will be aleatory if this value is equal to 1, regular if it is less than 1 and uniform with a value equal to zero.

Automatic classification: is performed using the software STATISTICA.



Photo 1. Urban area of Ouargla (QUO): Chourfa.



Photo 2. Rural area of Ouargla (QRO): Hassi Miloud.



Photo 3. Urban district of Touggourt (QUT): Amir Abdelkader.



Photo 4. Rural district Touggourt (QRT): Sidi Mahdi.

Results and Discussion

The ethno-botanical survey

The analysis of 735 ethno-botanical investigations was completed by the distribution shown in Table 1. The latter shows the number of the questioned people by district and by gender. In fact, it is proportional to the number of inhabitants recorded by site.

Table 1. Distribution of data by sex and lifestyle.

Sites	Ouargla		Touggourt		Total interviews
	Urbain district (QUO)	Rural district (QRO)	Urbain district (QUT)	Rural district (QRT)	
Number of samples	Number	Number	Number	Number	
Male	155	8	130	9	302
Female	215	13	190	15	433
Total	370	21	320	24	735

Hadjaidji-Benseghier Fatiha and Derridj Arrezki

Frequency of medicinal plants according to the profile and lifestyle of the questioned people

At both oases studied, those of age 20-40 have a high frequency of use of herbals, especially in Ouargla (57%). It is in order by age groups 41-60, [under 20] and finally the more than 61 years, these results show that there is a real return to traditional medicine, whatever the lifestyle and age. Among users, there is a preponderance of females where rates are between 62% and 65% compared to men whose rate is not more than 40% for all districts. What seems paradoxical with other ethno-botanical explorations (Hasnaoui et al., 2011; Gbolade, 2009) is that most users are not illiterate. The frequency recorded over 75%. Unemployment is a national problem and the study area is a part, especially in rural sites. In fact, the rate of users exceeds 50% in the districts studied, particularly in the QRO with 65% and rural district of Touggourt (QRT) with 63.2%. In terms, we find that the self-employed with a rate of over 50% remain dominant in spite the fact of what was cited earlier. In this socio-economic analysis plus the regional culture (tradition), health weakened by pollution, the resistance of certain organisms towards the chemical treatment, the ineffectiveness of the public health system that explains the return to phytotherapy. Apparently the knowledge of the users of medicinal plants and their properties grows more and more unlike what has been reported by other studies (Mehdioui and Kahouadji, 2007; Hasnaoui et al., 2011; Gbolade, 2009).

Inventory

In order to record the number of species according to their systematic entity, our results are presented in the Table 1. Upon completion of the investigation 65 plants were identified, distributed between 43 spontaneous and 22 cultivated. Their distribution is unequal between districts, similarly for the genera and families. However, the higher number has characterized the urban lifestyle especially in the urban district of Touggourt QUT, except for the entity of the genus where the urban

district of Ouargla QUO dominates with 56 (Table 2). Among the 36 families surveyed, only some are highly exploited in these oases, according to their species richness: Apiaceae (10), Labieae (10), Astéraceae (6), Myrtaceae (4), Fabaceae (3) and Zygophyllaceae (3). They are followed by the Lythraceae, Zingiberaceae, Rutaceae, Lauraceae and Alliaceae with 2 species each. According to many authors, such as Hernandez et al. (2012), the closely related families of Asteraceae, Myrtaceae, Fabaceae are considered among the largely exploited plants in traditional medicine.

Frequency of use of medicinal species identified in the oasis of Ouargla and Touggourt

The results are presented for some of the parameters transcribed in the survey form. From the Table 3, it is clear that the high frequencies involve twelve species whose use is common to all districts. In fact, the most common species is *Artemisia herba alba* Asso, with 16.85% in QRT, 15.74% in QUT, to 14.98% in QUO and 12.50% in QRO. These rates are explained by the therapeutic properties of the plant and also its availability. For the remaining species, the frequencies are relatively low overall. In total, we recorded 39 diseases treated by the listed plants but the most frequent ones were: digestive disorders (8 species, 12, 3%), pneumonia (7 species, 10, 8%), fever (6 species, 9, 2%) and influenza (5 species, 7, 8%). The recommended methods are the decoction (58.46%), powder (36.92%) and infusion (30.76%). The parts used are leaves (44.61%), seeds (29.23%), stems (27.69%), fruits (21.53%) and roots (1.53%). In literature, there are differences with our results (Maiza et al., 1993; Ould El Hadj et al., 2003).

In addition, the seven identified endemic plants are characterized by a low frequency of use. These plants treat sixteen diseases. They were mentioned by many authors in Traditional Saharian pharmacopoeia (Ozenda, 1983; Maiza et al., 1993; Chehma, 2005) (Table 4). According to these results, we record the use of aerial parts. This preserves the underground organs.

Table 2. Number of Family, Genus and species indicated according to the sites.

Sites	Ouargla		Touggourt		Totals
	QUO	QRO	QUT	QRT	
Systematic entity					
Family	23	14	25	14	31
Genus	56	28	49	22	60
Species	46	39	53	25	65

QUO: Urban area of Ouargla / QRO: Rural area of Ouargla / QUT: Urban district of Touggourt / QRT: Rural district of Touggourt

Emir. J. Food Agric. 2013. 25 (9): 657-665
 http://www.ejfa.info/

Table 3. Centesimal frequency (Fc,) of occurrence (C.) variance (O2) and type of distribution (TR) of common medicinal species and diseases treated in the district studied.

Species	QUO		QRO		QUT		QRT		Parameters		Treated diseases
	Fc (%)	C (%)	Fc (%)	C (%)	Fc (%)	C (%)	Fc (%)	C (%)	O2	TR	
<i>Artemisia herba alba</i> Asso.	14,98	52,6 3	12,5	60	15,77	52,40	16,88	78,94	3,41	0,22	Respiratory disease Diarrhea, cough, flu pneumonia, digestive disorders, gastritis
<i>Mentha spicata</i> L.	11,58	40,7 0	7,29	35	11,77	39,2	10,11	47,36	4,29	0,42	digestive disorders, gastric gas, headaches, hypertension Cough, flu, Menstrual Sore, Asthenia
<i>Origanum vulgare</i> L.	7,99	28,0 7	8,33	40	9,13	30,4	5,61	26,31	2,28	0,29	Weakness, disorders of the respiratory tract Rheumatism, menstrual disorders, digestive disorders, flu
<i>Juniperus communis</i> L.	6,49	22,8	5,20	25	6,49	21,6	4,49	21,05	0,98	0,17	Diarrhea, pneumonia Gastritis, Vomiting Digestion trouble
<i>Nigella damascena</i> * L.	3,29	11,5 7	3,12	15	2,64	8,80	3,37	15,78	0,10	0,03	Hypertension Stomach gas Headache, Asthma Nervous exhaustion
<i>Trigonilla foenum graecum</i> L.*	5,99	21,0 5	3,12	15	6	20	4,49	21,05	1,91	0,39	Sexual weakness Weakness, digestive disorders, Anemia, Glomerulonephritis Anorexia, Hypertension
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	4,09	28,0 7	7,29	35	1,44	4,80	4,49	21,31	5,73	1,32	Dehydration Stomach gas
<i>Cuminum cyminum</i> L.	5,39	18,9 4	5,20	25	5,16	17,20	1,12	5,26	4,28	1,01	Digestive disorders, Stomach gas, anemia
<i>Eugenia caryophyllata</i> Thumb	0,69	2,45	3,12	15	0,24	0,80	1,12	5,26	1,61	1,24	Headache Sexual weakness Nervous exhaustion
<i>Myrtus communis</i> L. Herm.	-	-	2,08	10	0,48	2,40	-	-	0,97	1,52	Gastritis, Diarrhea Stomach gas, digestive disorders, Heart, menstrual disorders
<i>Lippia citriodora</i> L.	1,79	6,31	3,12	15	1,44	4,80	5,61	26,31	3,58	1,19	Digestive disorders Stomach gas
<i>Zingiber officinales rascoe</i> Var.	5,99	21,0 5	2,08	10	5,52	18,40	2,24	10,52	4,35	1,09	Hypercholesterolemia, Pneumonia, flu, hypertension, Sexual weakness, The human immunodeficiency, gastric gas, digestive disorders, constipation, diarrhea, cancer, diabetes, anemia

N: Number of species/ C: constancy/ QUO: Urban area of Ouargla / QRO : Rural area of Ouargla / QUT: Urban district of Touggourt / QRT: Rural district of Touggourt/ Centesimal frequency (Fc,) of occurrence (C.) variance (O2) and type of distribution (TR)

Hadjaidji-Benseghier Fatiha and Derridj Arrezki

Table 4. Endemic species used in the east of the northern Sahara.

Families	Scientific names	Names Vernacular	Parts used	Mode of preparation	Diseases treated	Biogéography
Apiaceae	<i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss. & Dur	Oum drayga	Leaves and Fruits	Decoction	Asthma, Diarrhea, constipation	Endémic
	<i>Ferula Vesceritentis</i> Coss. & Dur.	Habet lehlaoua	Fruits	infusion	Angina, fevers and migraines	Endémic saharan
Asteraceae	<i>Anvillea radiata</i> L	Noug d	whole plant	Infusion	Diabetes and indigestion	Endemic Saharan
Brassicaceae	<i>Matricaria pubescens</i> (Desf.)Schultz	Garteufa	leaves	Decoction	Pain rules	North African endemic
	<i>Oudneya africana</i> R. Br.	Hannet l'ibel	Leaves and Fruit	Mixture powder	Skin disease	Endémic
Euphorbiacées	<i>Euphorbia gyuoniana</i> Boiss. & Reut.	Oum el bina	Leaves	Decoction, mixture, powder	cataplasm, Verrus, abscess	Endemic northern Sahara
Liliaceae	<i>Urginea noctiflora</i> Batt. & Trab.	Basl elfar	Bulbs	Decoction, Powder and cataplasm wounds	Verrus, Abcès, wounds, ulcer, Inflammation of the throat and earaches	Endémic

Table 5. Toxic Species identified in the study area.

Families	Speices	toxic parts	Toxic	Authors
Asteraceae	<i>Anvillea radiata</i> L	whole plant	Highly glycosylated flavonol	Dendougui et al., 2006
	<i>Cotula cinerae</i> Del.	whole plant	Flavones	Benayache et al., 2000, Chehma, 2005
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	whole plant, especially the leaves	Glycoside	Bruneton (2001),
Chenopodiaceae	<i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin	Leaves	alkaloids	Chehma (2005)
Cucurbitaceae	<i>Colocynthis vulgaris</i> (L.) Schrader	Fruits	alkaloids	Bruneton (2001)
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia gyoniana</i> Boiss. & Reut.	Leaves	Lactone euphorbe	The investigation Raouiha (tradipraticien)
Rutaceae	<i>Ruta tuberculata</i> Forssk.	Leaves	Essential oil, bitter substances	Passager (1957) Ozenda (1983)
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	Leaves, fruits	alkaloids	Ozenda (1983), Bruneton (2001), Ducerf (2010)
Liliaceae	<i>Urginea noctiflora</i> Batt. & Trab.	Bulbs	Glycoside	Baba aissa (1991)
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i> L.	whole plant	Alkaloids, harmaline, indole	UNESCO (1960) Bruneton (2001)
	<i>Zygophyllum album</i>	seeds	harmalol	
		Fruits	Essential oil, bitter substances	Ozenda (1983)

Emir, J. Food Agric. 2013. 25 (9): 657-665
 http://www.ejfa.info/

Table 6. Number and constancy of medicinal species used in the four districts.

District Stances		QUO	QRO	QUT	QRT
Ubiquitous species	N	0	0	0	0
C=100%	%	0	0	0	0
Constant species	N	0	0	0	1
75% < C < 100%	%	0	0	0	4
Regular species	N	1	1	1	0
50 < C < 75%	%	2,22	3,44	1,88	0
Incidental species	N	2	7	2	6
25 < C < 50%	%	4,44	24,13	3,77	24
Accidental species	N	42	21	50	18
C < 25%	%	93,33	72,41	94,33	72
		45	29	53	25

N: Number of species/ C: constancy/ QUO: Urban area of Ouargla / QRO : Rural area of Ouargla/ QUT: Urban district of Touggourt / QRT: Rural district of Touggourt

Table 7. Variance of use and type of species distribution in districts.

Settings	QUO	QRO	QUT	QRT
Variance	7,68	6,17	7,93	8,46
Type of distribution	5,02	4,03	5,18	5,53

QUO: Urban area of Ouargla / QRO : Rural area of Ouargla/ QUT: Urban district of Touggourt / QRT: Rural district of Touggourt

Table 8. Number of medicinal species by types of distribution

Types of distribution	Contagious TR>1	Aleatory TR=1	Regular TR<1	Uniform TR=0
Number of species	22	0	41	2

TR: Types of distribution; Contagious if TR is greater than 1; Aleatory if this value is equal to 1; Regular if it is less than 1 and uniform with a value equal to zero.

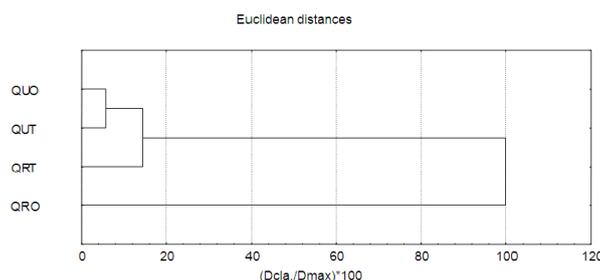


Figure 2. Dendrogram of similarity levels of the exploitation of medicinal species in the four sites.

Given the sample size, the study of the species' toxicity is limited to statements of the interviewed subjects and the necessary documentation. 11 species result from this sampling; they are classified as dangerous species which cover 9 families. They are clearly illustrated in Table 5.

Table 6 shows the prevalence of accidental species, especially in urban areas (93% and 94%). These rates are due to instability probably related to the socio-economic evolution and the revival of the herbal medicine. Incidental species occupy the second position; the constancy in the rural areas (24%) is higher than in urban areas (4%). In this category, we find the species *Origamum vulgare* L. and *Mentha spicata* L. in the two lifestyles. For this, the incidental species *Pegamum harmala* L.,

Rosmarinus officinalis L., *Ajuga iva* (L.) Schreb. and *Mentha pelgium* L. are found exclusively in the QRT (Table 4).

The third position is occupied by the regular class with constancy ranging between 2% and 3% in urban and rural areas of Ouargla. *Artemisia herba alba* is the only species where the highest rate is maintained or the QRO (60%). The class of constant species is characterized by a single species which is sagebrush *Artemisia herba alba* with 78.4% in the QRT. It comes in the fourth position (Table 3).

Analysis of Variance applied to medicinal plants used in the districts

The analysis of variance allows us to know if there is a significant difference between species use

Hadjaidji-Benseghier Fatiha and Derridj Arrezki

areas (lifestyle) and the difference between the species themselves. In fact, the results of the variance and the type of distribution are illuminated by Table 7.

In Table 7, it is clear that the variance values are quite closer between urban settlements than between rural sites. However, the type of distribution is greater than 1 in all areas, thus the distribution is contagious. In fact, this highlighted the relationship established between users.

Type of distribution of medicinal plants used in the studied area

From the obtained results, we noted that the distribution of medicinal species in common use is variable (Tables 3 and 8). The value of the type of distribution shows that the regular distribution "R" is well represented in the studied area. Thus, this type is used for 41 species. The contagious "C" is illustrated by 22 species. Species representing the uniform distribution "U" are 2, characterizing the QUO. By term, we emphasize the lack of randomization "A". According to ethnobotanical survey, this is due to the rate of mixed use more than that of single use of these species.

Automatic classification applied to medicinal plants used in the studied area

Examining the dendrogram (Figure 6), we distinguished three nodes; the first node is formed between the urban districts of Ouargla (QUO) and Touggourt (QUT). This is equivalent to the number of species (48) in common use which is very important. This was predictable, given the assumptions raised. The second node is located between the first node and the rural district of Touggourt (QRT). The similarity is relatively low because the number (20) of common species decreased. In the end, the third node is between the second node and the rural district of Ouargla (QRO). At this level, the similarity is the lowest, obviously because the number of species (14) in common use is reduced.

Conclusion

This study was focused on the importance of medicinal plants in two oases in northeastern Sahara. It has extended the list of medicinal flora where two-thirds of the species are spontaneous. In fact, it appears that the urban lifestyle is as much involved in herbal medicine as rural lifestyle. However, we noticed that the rural people preserve more of their tradition in using certain plant species. Thereby they escape the pressure of the most acclaimed species of the contemporary period. In summary, the analysis of the constancy showed

that the exploitation of medicinal plants was inversely proportional to the number of species transcribed in each lifestyle. The analysis of variance reveals a significant difference in use of species between the two lifestyles. The type of distribution has unveiled two main levels of use. The first group consists of species regularly distributed that express the homogeneous use. Thus, they can be described as the most popular species of the traditional medical system. This might be due to the rate of mixed use that is higher than the rate of single use of these species. In fact, the description of the hierarchy is divided into three classes. The first class is composed of the urban districts reflecting the importance of common species. The second class consists of urban and rural districts where the similarity is relatively low. The third class consists of the rural district of Ouargla that has few medicinal species in common with the other sites. We, therefore conclude that, apart from the interactions (land-use systems, tenure systems, human disturbance etc.,) of local people (ethnic group, language, population size and distribution, migration, social groups, education etc.,) with the natural environment (medicinal species, location, elevation, climate, geology, vegetation, types, species diversity etc.,), we noted a much moderated exploitation of the endemic plants. Yet, the quantitative aspect deserves being dealt with subsequently. Likewise toxicity, doses and methods of the conservation of medicinal plants should make the object of deep researches to supply the ascendant needs of the population.

References

- Gbolade, A. A. 2009. Inventory of antidiabetic plants in certain districts of Lagos State Nigeria. *J. Ethnopharmacol.* 121:135-139.
- ANRH. 2008. Agence nationale des ressources hydriques de la région d'Ouargla.
- Baba Aïssa F., 1991. Les plantes médicinales en Algérie. Ed. Bouchene et adiwane, Alger, p.180.
- Benchellah, A-C., H. Bouziane and M. Maka. 2004. Fleurs du Sahara, arbres et arbustes, voyage au cœur de leurs usages avec les Touaregs du Tassili. *Phytothérapie* © Springer, 6:191-197.
- Benayache S., H. Dendougui, N. Benghdja, D. Zama, F. Benayache, J. C. Chalchat and M. Jay. 2000. Flavonoïdes De Plantes Médicinales Sahariennes: *Limoniastrum Feii* et *Brocchia Cinerea*. 19èmes Journées Internationales Huiles Essentielles & Extraits. DIGNE les Bains- 30, 31 Août- 1er Septembre 2000.

Emir. J. Food Agric. 2013. 25 (9): 657-665
<http://www.ejfa.info/>

- Bounaga, N. and R. A. Brac De La Perriere. 1988. Les ressources phytogénétiques du Sahara. Annales de l'Inst. Nat. Agro. El-Harrach. 12(1):79-94.
- Bruneton, J. 2001. Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. 2nd Éd. Technique and Documentation, p. 564.
- Chehma, A. 2006. Catalogue de plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Ed., Dar EL Houda, Uni de Ouargla, Laboratoire de protection des écosystèmes 59-61-98, 118.
- Chehma, A., M. R. Djebar, F. Hadjajji and L. Rouabeh. 2005. Étude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien. Sécheresse 16(4):275-85.
- Cote, M. 1998. Des oasis malades de trop d'eau. Sécheresse 9(2):123-130.
- Cotton, C. M. 1996. Ethnobotany: Principles and Applications John Wiley and Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO191UD, England. p. 423.
- Dagnelie, P. 1975. Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Les presses agronomiques de Gembloux. A. S. B. L., 434.
- Dajoz, R. 1971. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434.
- Dendougui, H., J. Maurice, F. Benayache and S. Benyache. 2006. Flavonoids from *Anvillea radiata* Coss and Dur. (Asteraceae). Biochem. Syst. Ecol. 34:718-720.
- Ducercf, G. 2010. L'ENCYCLOPEDIE des Plantes bio-indicatrices alimentaires et médicinales: Guide de diagnostic des sols. Ed. Promonature, France. Volume 1, p. 351.
- Hasnaoui, O., M. Bouazza, O. Benali and M. Thinon. 2011. Ethno botanic study of *Chamaerops humilis* L. Var. *argentea* Andre (Arecaceae) in western of Algérie. J. Agric. 6(T):1-6.
- Hernandez, V., F. Morta and P. Meléndez. 2012. A study of medicinal species and their ethnomedicinal values in Caparo Barinas, Venezuela. Emir. J. Food Agric. 24(2):128-132.
- Le Houérou, H. 1995. Recherche écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridional. Ed. Centre national de la recherche scientifique. 80-95.
- Maiza, K, R. A. Brac De La Perriere, V. Hammiche. 1993. Pharmacopée traditionnelle saharienne: Sahara septentrional. Actes du 2e colloque européen d'ethnopharmacologie et de la 11e Conférence Internationale d'Ethnomédecine, Heidelberg, Mars, 24-27.
- Mehdioui, R. and A. Kahouadji. 2007. Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira). Bull. de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 29:11-20.
- Ozenda, P. 1991. Flore de Sahara (3e édition mise à jour et augmentée), Ed. du CNRS, Paris, p. 662.
- Ould El Hadj, M. D., M. Hadj-Mahammed and H. Zabeirou. 2003. Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (Sahara septentrional Est). Courrier du Savoir, 3, Janvier. 47-51
- O. S. S. 2010. Le réseau d'observatoires de surveillance écologique à long terme. Coll./Roselt/OSS- Document scientifique n°3.
- O. M. S. 2004. Lignes directrices pour l'étude clinique des médicaments traditionnels dans la région africaine de l'O.M.S. Bureau régional pour l'Afrique, Brazzaville 56.
- Passager, P. 1957. Ouargla (Sahara constantinois) étude géographique et médicinal. Arch. Inst., Pasteur, Alger, 35(2):99-100.
- Rouvillois-Brigol, M. 1975. Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Ed., Département géographie, Paris, Sorbone, 390.
- Rivas-Martinez, S. 1996-2009. Global bioclimatic system. Centro d'Investigaciones Filiosociologicas. www.globalbioclimtics.org
- Tabuti, J. R. S., K. A. Lye and S. S. Dhillion. 2003. Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration. J. Ethnopharmacol. 88:19-44.
- UNESCO. 1960. Les Plantes Médicinales des Régions Arides. Recherches sur les Zones Arides, Paris, p.99.
- Steffen, W., P. J. Crutzen and John R. McNeill. 2007. The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature. J. Human Env. 36(8):614-621.

Chapitre V.

Valorisation des parcours de la région d'Ouargla

I. INTRODUCTION

Les espèces qui s'y maintiennent ont dû développer d'ingénieux mécanismes adaptatifs (d'ordre anatomique, physiologique et morphologique). Certains types floristiques ont été rapportés dans le chapitre III de la présente étude. Mais l'adaptation des animaux au contexte saharien a fait l'objet des travaux relatifs aux domaines écologique, biologique, entomologique, ornithologique, et surtout zootechnique. Nous citons à titre d'exemple pour le Sahara septentrional ceux de **Le Houérou (1995b)**, **Hadjaidji-Benseghier (2002)**, **Ozenda (2004)**, **Chehma (2005)**, **Chehma et al. (2010)**, **Slimani (2015)** et **Slimani et al. (2015)**.

Le mot « parcours » désigne, tout terrain qui produit du fourrage. Selon la littérature, il s'agit des terres non cultivées qui ont constitué des terrains de parcours pour les troupeaux. En effet, à l'Est du Sahara septentrional, différents types de parcours ont été identifiés (**Chehma et al., 2005**). Ils correspondent aux habitats géomorphologiques dont les lits d'oueds, les dépressions, les hamadas et les regs. Toutefois, les sols sableux représentent les parcours les plus répandus dans la région d'Ouargla (**Chehma, 2005 et Slimani et al., 2013a**).

Les ressources phytogénétiques de ces parcours constituent une source d'alimentation, d'abris et de phytothérapie aux êtres vivants qui y habitent (**Bounaga et Brac De La Périère, 1998 ; Ozenda, 2004 ; Hadjaidji-Benseghier et Derridj, 2013**).

En Algérie, l'élevage représente une activité agricole très importante, surtout dans les régions les plus défavorisées telles que les montagnes, les parcours dégradés et les zones rurales où l'élevage familial constitue une tradition et participe à l'économie des familles. Il permet de couvrir les besoins urgents de l'éleveur, surtout en matière de protéines animales (viande et lait).

Les parcours et les palmeraies caractérisant le Sahara septentrional ont une importance écologique et socio-économique vitale pour la population. En effet, elles constituent la base de pâturage des différents troupeaux ovins, caprins et essentiellement camelin. L'écosystème pastoral saharien est primordial pour le système extensif de l'élevage camelin. Le dromadaire assure en contre partie l'équilibre écologique des zones semi-arides et arides, en particulier au Sahara (**Chehma, 2005 ; Adamou, 2008 ; Slimani et Chehma, 2009 ; Bouallala, 2013 ; Slimani, 2015 et Trabelsi, 2016**).

Dans la zone d'étude, l'ensemble des travaux se rapportent aux données floristico-nutritives de ces parcours (**Chehma et al. 2005 ; Chehma et Youcef, 2009 ; Chehma et al., 2010 ; Slimani et al., 2013a**) ainsi que sur l'anatomie des principales plantes spontanées broutées surtout par le dromadaire (**Slimani et al., 2013b**). En dépit de l'importance de ces travaux, le comportement trophique du troupeau vis-à-vis de la composante biologique caractérisant les parcours sahariens reste à explorer. Le présent travail vise à connaître la contribution de la flore ayant fait l'objet de la présente étude dans l'offre fourragère des parcours explorés dans la région d'Ouargla.

II. MÉTHODOLOGIE

Au regard des objectifs définis, l'approche consiste à connaître la part de la flore étudiée (Chapitre III) dans le potentiel fourrager des parcours explorés. À cet effet, nous nous sommes basés d'une part sur les travaux réalisés par **Le Houérou (1995b)** et **Ozenda (2004)** puis ceux effectués récemment dans la région d'Ouargla par **Chehma (2005 et 2006)**, **Chehma et Youcef (2009)**, **Slimani et Chehma (2009)**, **Chehma et al. (2010)** et **Trabelsi (2016)** et d'autre part sur une liste floristique que nous avons préétablie dans la zone d'étude (**Annexe 5**). Ceci nous a permis de lister les espèces végétales à caractère fourrager. En plus, pour mieux exprimer le comportement alimentaire des animaux vis-à-vis de cette flore, nous les avons hiérarchisées suivant leur intérêt pastoral, en : **excellent** : excellent pâturage ; **très bon** : très broutée ; **bon** : broutée ; **assez bon** : moyennement broutée ; **Médiocre** : peu broutée ; **Mauvais** : très peu broutée et **non appréciée par les animaux** : toxique.

III. PLANTES SPONTANÉES À CARACTÈRES FOURRAGERS

Le tableau 26 illustre la répartition des espèces suivant leur appétence relative.

Tableau 26. Répartition des familles et espèces suivant leur intérêt pastoral

Intérêt pastoral	Familles et espèces pâturées
Excellent pâturage	(Amaranthaceae) <i>Agatophora alopecuroides</i> - <i>Anabasis articulata</i> - <i>Cornulaca monacantha</i> - <i>Halocnemum strobilaceum</i> - <i>Salsola tetragona</i> - <i>Suaeda fruticosa</i> - <i>Traganum nudatum</i> ; (Fabaceae) <i>Astragalus gombo</i> - <i>Astragalus gyzensis</i> - <i>Genista saharae</i> ; (Brassicaceae) <i>Malcomia aegyptiaca</i> - <i>Savignya longistyla</i> ; (Asteraceae) <i>Launaea glomerata</i> ; (Geraniaceae) <i>Mansonia heliotropioides</i> - <i>Erodium glaucophyllum</i> ; (Plombaginaceae) <i>Limoniastrum guonianum</i> ; (Ephedraceae) <i>Ephedra alata</i> ; (Plantaginaceae) <i>Plantago ciliata</i> ; (Neuradaceae) <i>Neurada procumbens</i> ; (Resedaceae) <i>Randonia africana</i> .
Très bon pâturage	(Asteraceae) <i>Cotula cinerea</i> - <i>Launaea glomerata</i> - <i>Rhanterium adpressum</i> ; (Brassicaceae) <i>Diplotaxis acris</i> - <i>Oudneya africana</i> - <i>Zilla macroptera</i> ; (Boraginaceae) <i>Echium humile</i> - <i>Moltikiopsis ciliata</i> ; (Geraniaceae) <i>Erodium glaucophyllum</i> ; (Poaceae) <i>Stipagrostis obtusa</i> ; (Resedaceae) <i>Randonia africana</i> ; (Zygophyllaceae) <i>Zygophyllum album</i> .
Bon pâturage	(Asteraceae) <i>Catananche arenarea</i> - <i>Ifloga spicata</i> - <i>Launaea mucronata</i> - <i>Spitzelia coronopifolia</i> - <i>Chrysanthemum macrocarpum</i> ; (Cleomaceae) <i>Cleome arabica</i> ; (Amaranthaceae) <i>Bassia muricata</i> - <i>Hammada scoparia</i> .
Assez bon pâturage	(Asteraceae) <i>Pullicaria crispa</i> ; (Boraginaceae) <i>Megastoma pussillum</i> ; (Caryophyllaceae) <i>Gymnocarpus decandrus</i> ; (Plantaginaceae) <i>Plantago albicans</i> ; (Apocynaceae) <i>Pergularia tomentosa</i> ; (Poaceae)

	<i>Cynodon dactylon</i> - <i>Phragmites communis</i> ; (Polygonaceae) <i>Callygonum comosum</i> ; (Tamaricaceae) <i>Tamarix gallica</i> ; (Nitrariaceae) <i>Nitraria retusa</i> ; (Zygophyllaceae) <i>Fagonia glutinosa</i> .
Médiocre pâtreage	(Asteraceae) <i>Carduncellus eriocephalus</i> ; (Fabaceae) <i>Retama raetam</i> ; (Asphodelaceae) <i>Asphodellustenuifolius</i> ; (Asparagaceae) <i>Urgenea noctiflora</i> ; (Zygophyllaceae) <i>Fagonia microphylla</i> .
Mauvais pâtreage	(Asteraceae) <i>Perralderia coronopifolia</i> - <i>Koelpinia linearis</i> ; (Convulvulaceae) <i>Convolvulus supinus</i> ; (Tamaricaceae) <i>Tamarix articulata</i> .
Évitée (toxique)	(Cucurbitaceae) <i>Colocynthis vulgaris</i> ; (Colchicaceae) <i>Androcymbium punctatum</i> ; (Euphorbiaceae) <i>Euphorbia guyoniana</i> .

Soixante et une espèces sont reconnues comme étant des plantes pastorales (**Tableau 26**). Elles représentent 62, 88 % des plantes que nous avons répertoriées dans la région d'Ouargla. Elles recouvrent **27** familles dont les plus pâturées sont par ordre décroissant les Asteraceae (12), les Amaranthaceae (09), les Poaceae (06), les Brassicaceae (05), les Fabaceae et les Zygophyllaceae (04), les Boraginaceae (03), les Tamaricaceae, les Geraniaceae et les Plantaginaceae (02). Les dix sept (17) familles restantes comportent une seule espèce (01) chacune.

Par rapport au contexte biologique, ces espèces se subdivisent en 44 vivaces et en 17 annuelles (**Tableau 27**). Ceci permet de constater que les parcours comportent plus de plantes vivaces que de plantes annuelles. Plusieurs auteurs dont **Slimani et Chehma (2009)** ainsi que **Chehma et al. (2010)** en ont également évoqué la prépondérance des plantes pérennes dans les parcours sahariens.

Tableau 27.

Contribution des espèces fourragères suivant les catégories biologiques

Catégories biologiques	Espèces fourragères	
	Nombres	%
Vivaces	44	72, 1
Annuelles	17	27, 9
Totaux	61	100

La répartition des espèces selon leur intérêt pastoral a permis de distinguer des fourrages à intérêt "excellent" (17 espèces), "très bon" (13 espèces), bon (8 espèces), assez bon (11 espèces), médiocres (5 espèces) et mauvais (4 espèces). Ainsi, nous enregistrons parmi les espèces qui sont réputées comme excellent pâturage, les plantes *Agatophora alopecuroides*, *Anabasis articulata*, *Cornulaca monacantha*, *Halocnemum strobilaceum*, *Salsola tetragona*, *Suaeda fruticosa*, *Traganum nudatum*. Celles-ci font de la famille des **Amaranthaceae** la plus représentée des familles pastorales. A l'opposé, les plantes appartenant aux familles des (**Asteraceae**) *Perralderia coronopifolia*- *Koelpinia linearis* ; (**Convulvulaceae**) *Convolvulus supinus* et (**Tamaricaceae**) *Tamarix articulata* représentent le mauvais pâturage (**Tableau 26**).

Cette catégorisation des plantes fourragères (**Tableau 26**) reste approximative, notamment pour certaines espèces. En fait, elle est tributaire de l'évolution des connaissances relatives à l'écologie surtout en matière de relations interspécifiques qu'il va falloir entreprendre dans le futur.

Une vingtaine d'espèces a fait l'objet de différents travaux pastoraux. À cet effet, ceux relatifs au comportement alimentaire du dromadaire confirment la présence des espèces *Anabasis articulata*, *Traganum nudatum*, *Genista saharae*, *Heliathemum lippii*, *Launaea mucronata*, *Limoniastrum guyonianum*, *Moltkiopsis ciliata*, *Oudneya africana*, *Phragmites australis*, *Stipagrostis pungens*, *Zygophyllum album* et *Stipagrostis obtusa* (**Slimani et Chehma, 2009**). De même l'étude comparative de la germination des graines qui sont issues des fèces du dromadaire et celles collectées sur ses parcours a mis en évidence l'existence des espèces *Bassia muricata*, *Cornulaca monacantha*, *Moltkia ciliata*, *Helianthemum lippii*, *Astragalus gyzensis*, *Erodium glaucophyllum*, *Plantago ciliata*, *Limoniastrum guyonianum*, *Fagonia glutinosa* et *Zygophyllum album* (**Trabelsi, 2016**).

Le dromadaire est le plus intégré à l'écosystème saharien et de ce fait, il bénéficie prioritairement de cette phytodiversité pastorale. Cette dernière contribue occasionnellement à l'alimentation des petits ruminants, caprins et ovins (**Le Houérou, 1990 ; Chehma et al., 2005 et 2008 et Chehma et al., 2010**). Ceci met en exergue l'adaptation relative de ces animaux (cheptel) aux conditions pastorales de la région d'Ouargla. En fait, avec l'accentuation de l'aridité, l'élevage camelin prend de l'ampleur (**Le Houérou, 1995b ; Chehma, 2005**).

Il convient de noter que le camelin se contente de ce qu'il trouve dans les différents types de parcours. Le régime alimentaire du dromadaire varie en fonction des stations d'études et de la disponibilité fourragère saisonnière (**Slimani et al., 2013a**). La phytodiversité et donc la richesse des parcours se caractérise par des degrés de palatabilité variés, offrant un choix alimentaire considérable à cet animal (**Trabelsi, 2016 ; Chehma et al., 2010 ; Chehma et Faye, 2011**). Ainsi, il effectue un tri des espèces selon ses besoins. Même quand l'offre fourragère est riche, cet animal pâture en se déplaçant et les plantes ne sont broutées que partiellement et sont ainsi épargnées, ce qui favorise leur préservation (**Slimani et al., 2013a et Trabelsi, 2016**).

Parallèlement, **Chehma et al. (2010)** ont souligné que les valeurs nutritionnelles semblent incompatibles avec la même hiérarchie que les appétences des plantes vivaces broutées par le

dromadaire. Ceci explique ses traits d'adaptation qui sont évoqués plus haut. Il a été démontré que la variation interspécifique de la composition chimique des plantes appréciées est très grande. Par exemple, nous constatons la coexistence des espèces à faible teneur en protéines (par rapport à la moyenne) : *Stipagrostis pungens*, *Zilla spinosa*, *Traganum nudatum* ; celles à forte teneur en lignine *Calligonum comosum*, avec celles dont la valeur nutritive est appropriée (c'est-à-dire les espèces les moins lignifiées, les plus digestibles et les plus riches en azote) : *Oudneya africana* (Chehema et Youcef, 2009). En somme, cette diversité alimentaire du troupeau est liée surtout dans le cas du dromadaire, (i) à la composition chimique et à la digestibilité (*in-vitro* de ces plantes, paramètres clés de leur valeur nutritionnelle (Guérin et al., 1989)), (iii) aux caractéristiques génétiques des espèces, et partiellement aux variations spatiales des types de parcours (Chehema, 2005 et Chehema et al., 2010).

De ce qui précède, il ressort que le dromadaire, de par son adaptation extraordinaire (morphologique, physiologique et comportementale), reste l'unique espèce d'élevage capable de mieux valoriser cette flore fourragère (Bengoumi et Faye, 2000 ; Faye et Bengoumi, 2003 ; Bouallala, 2013).

Il convient de noter que le régime alimentaire du dromadaire a été abordé suivant les saisons (Slimani et al., 2013a). Le «Drinn» (*Stipagrostis pungens*) reste la seule plante broutée dans toutes les stations lors des quatre saisons. Ceci est dû au fait que cette espèce est connue parmi les plantes vivaces les plus appréciées par le dromadaire (Chehema 2006, Longo et al., 2007). *Anabasis articulata* est consommée toute l'année sauf en été. Pendant cette dernière saison, les arbustes tels que le «Merkh» (*Genista saharae*) et le «Reguig» (*Helianthemum lippii*) sont valorisés (Slimani et al., 2013a) (Tableau 28)

Tableau 28. Liste des espèces broutées par le dromadaire selon les saisons (Slimani et al., 2013a)

Famille	Nom latin	Nom vernaculaire (arabe)	Printemps	Eté	Automne	Hiver
<i>Astéraceae</i>	<i>Launaea mucronata</i>	Adide		x		
<i>Boraginaceae</i>	<i>Moltkia ciliata</i>	Halma	x	x		
<i>Brassicaceae</i>	<i>Oudneya africana</i>	Hanet libel	x			
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Pteranthus dichotomus</i>	Derset l'aajouza		x		
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Anabasis articulata</i>	Baguel	x		x	x
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Traganum nudatum</i>	Damrane				x
<i>Cistaceae</i>	<i>Helianthemum lippii</i>	Reguig		x		
<i>Fabaceae</i>	<i>Genista saharae</i>	Merkh		x		
<i>Plombaginaceae</i>	<i>Limoniastrum guyonianum</i>	Zeita	x	x		
<i>Poaceae</i>	<i>Phragmites australis</i>	Guessab		x		
<i>Poaceae</i>	<i>Stipagrostis obtusa</i>	Seliane		x		
<i>Poaceae</i>	<i>Stipagrostis pungens</i>	Drinn	x	x	x	x
<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Zygophyllum album</i>	Agga	x		x	

Sur les 97 espèces recensées dans la présente investigation, 32 espèces ne sont pas consommées par le dromadaire. Cette sélection revient probablement à la morphologie de certaines de ces espèces telles que *Carduncellus* sp : épineuses. Quelques unes sont réputées toxiques telles que

Convolvulus supinus, *Cleome arabica*, *Tamarix articulata*, *Peganum harmala* et *Euphorbia guyoniana* (latex) (Chehema, 2006 et Longo et al., 2007).

IV. CONCLUSION

En dépit d'une hostilité environnementale bien marquée, il apparaît que les parcours de la région d'Ouargla possèdent une flore pastorale assez diversifiée. Quantitativement, elle a franchi les deux-tiers, soit 61 sur 97 espèces recensées. Celle-ci assure une disponibilité alimentaire permanente pour la zoodiversité saharienne. Mais, nous enregistrons des préférences par rapport à l'appétence des plantes surtout pour le dromadaire où les vivaces dominent. Ceci, nous a permis de répartir les espèces fourragères suivant leur intérêt pastoral. Ainsi, il en ressort que le pâturage excellent est dominé par les *Amaranthaceae* alors que numériquement, ce sont les *Asteraceae* qui sont les plus consommées. Suite à ce comportement alimentaire du dromadaire, nous pouvons le considérer comme le meilleur maître en termes de valorisation. Donc, il participe à la préservation de la flore et par voie de conséquence de l'écosystème saharien.

Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

La présente étude menée dans la région d'Ouargla, a été consacrée au développement de l'analyse climatique suivant les approches, dynamique, statique et bioclimatique d'une part et à l'étude de la phytodiversité d'autre part. Celle-ci a consisté en une analyse biosystématique, phytogéographique et écoclimatique. Parallèlement, l'application de cette flore dans les domaines de l'ethnobotanique et du pastoralisme a permis d'approfondir la connaissance du patrimoine floristique. Ainsi, en dépit d'une homogénéité relativement apparente, cette région constitue un ensemble complexe à de nombreux égards.

En effet, cette zone est caractérisée par une diversité géomorphologique frappante s'exprimant à travers les dayas, les chotts, les ergs, les regs, les lits d'oueds, les hamadas et les sebkhas. Cet état géomorphologique a contribué fortement au façonnage des pédopaysages de ces unités.

L'étude du climat a été effectuée selon une approche complémentaire, dynamique et statique. L'approche dynamique a été abordée par des connaissances essentielles sur l'état général de l'atmosphère. En ce qui concerne, les mécanismes climatiques caractérisant le Sahara septentrional central, dont la zone d'étude, certains enseignements peuvent être tirés à travers une compilation des travaux consultés. Comme, la région d'Ouargla, se situe dans la zone subtropicale aride, elle est sous le couvercle anticyclonique. De ce fait, son climat est dépendant du système anticyclonique subtropical. Il est rattaché à la catégorie des déserts zonaux, provoqués par les hautes pressions : subsidence anticyclonique des latitudes voisines du Tropique. Etant donné que l'influence méditerranéenne est toujours importante, il s'agirait plutôt d'un climat complexe. Toutefois, les mécanismes climatiques qui se manifestent, ne peuvent être appréhendés qu'à travers les saisons tranchées.

Quant à l'approche statique, nous avons analysé des données climatiques sur la période s'étalant entre 1978-2017. Ce qui a permis d'enregistrer les caractéristiques suivantes :

- un **thermoclimat** « chaud » avec une variation annuelle de l'insolation de type méditerranéen (à maxima estival), une fraction d'insolation élevée (**fi = 69, 70 %**) attestant que la région d'Ouargla est ensoleillée et une température moyenne annuelle égale à **24, 08 °C.**, enregistrant une élévation d'environ **1, 9 °C.**, ainsi qu'une amplitude thermique moyenne annuelle assez élevée de l'ordre **38, 33 °C.**
- un **ombroclimat** "sec" caractérisé par une faible humidité relative (**38, 63 %**) et une faible pluviosité annuelle (**40, 31 mm**) avec une saisonnalité des précipitations de type **HAPE**. Parallèlement, d'énormes pertes en termes d'évaporation, accentuent cet état (**2605, 1 mm/an**). Etant donné que l'évaporation est maximale durant la période estivale, nous pouvons conclure que son régime est de "type méditerranéen".
- **des changements climatiques** dus à la fréquence du régime **NAO+** par rapport à celui du **NAO-**. Ce régime s'exprime quotidiennement, en termes, de températures, de précipitations et de tempêtes, expliquant le réchauffement important vécu ces dernières décennies par la région méditerranéenne, le Nord de l'Afrique, l'Algérie et la région d'Ouargla en l'occurrence ; sans perdre de vue l'action anthropique, si faible soit-elle.

Au sens bioclimatique, la présente étude a dévoilé une complémentarité entre les systèmes de classification adoptés. En effet, la région d'Ouargla est soumise au climat méditerranéo-saharien et elle appartiendrait à l'ambiance bioclimatique "saharien doux" puisque le quotient pluviothermique d'Emberger est de **3, 60** avec « m » égale à **4, 92 °C**. Compte tenu de la durée de la saison sèche (12 mois) et de la valeur de l'indice xérothermique (**365 j**), la région d'étude se situerait dans la zone **désertique chaude**. Avec un indice pluvio-évapotranspiratoire égal à **0, 013** ; elle se classerait dans la zone **hyper-aride supérieure**. Mais, il convient de noter que l'application de cette dernière approche, aux régions voisines à Ouargla qui sont Touggourt et El Oued, nous a permis de mieux appréhender la variation zonale de l'aridité du climat dans la zone d'étude. Ainsi, il apparaît deux zones écoclimatiques avoisinantes, une zone à aridité atténuée (inférieure) au contact d'une zone à aridité accentuée ou zone hyper-aride (supérieure). Néanmoins au niveau de cette dernière, l'impact du réchauffement climatique semble plus évident

L'analyse de la phytodiversité s'est basée sur les données du catalogue que nous avons élaboré sur la flore dénombrée. Celui-ci a comporté des paramètres caractéristiques : composition des taxons, catégories biologiques, types morphobiologiques et types d'adaptation au problème d'eau avec les éléments phytochoriques.

Sur le plan systématique, **97** espèces végétales ont été dénombrées, soit **2, 45 %** de la flore totale estimée en Algérie. Ces taxons appartiennent à dix-neuf (**19**) ordres, à **81** genres et à **34** familles. L'ordre des Caryophyllales est dominant avec 6 familles, 19 genres et 20 espèces. Les familles les plus dominantes sont les *Asteraceae* , les *Amarantaceae*, les *Poaceae* et les *Brassicaceae*. Toutefois, l'importance des coefficients génériques avec **83, 5 %** et spécifique avec **35, 05 %** indiquent que la flore de la région d'Ouargla est pauvre.

La caractérisation biologique de la flore inventoriée montre, une prépondérance des plantes vivaces avec **66** espèces (soit 68, 04 %) contre **31** (soit 31, 96 %) des plantes annuelles, quelque soit le site géomorphologique exploré. Toutefois, la plus importante proportion est enregistrée à Oued N'sa (S4). Les résultats obtenus font apparaître la coexistence des principaux types biologiques dans la région d'Ouargla. Nous mentionnons la prépondérance des chaméphytes (**34, 02 %**) et à un pourcentage moindre des thérophytes (**29, 89 %**). A noter que ces dernières modifient le paysage surtout pendant le printemps.

Quant à l'identification des espèces par rapport au problème d'eau, nous enregistrons la coexistence de 3 classes. Seulement, la catégorie des espèces vivaces arido-actives est la plus dominante avec 47, soit 48,45 %, suivies par celle des Ombro-éphémères arido-passives avec 28 espèces et 28, 86 %. Ce qui se traduit par l'acquisition de ces types morphobiologiques adaptatifs à la xéricité du milieu, auxquels s'ajoute la convergence morphologique observée chez les chaméphytes. Celle-ci se manifeste par la forme de buissons aphyllés dont *Hammada scoparia* et *Anabasis articulata*.

Nous avons jugé utile de rappeler succinctement quelques notions se rapportant à la phytogéographie algérienne et surtout saharienne, en abordant les diverses classifications et les

subdivisions retenues par des auteurs spécialistes, tout en mettant en exergue le problème de l'originalité floristique de la région Saharo-sindienne.

En s'appuyant sur ce qui vient d'être relaté, nous avons aboutit à déterminer sur une base floristico-écologique les principaux phytochores composant la zone étudiée.

Nous pouvons retenir que floristiquement, le Sahara se trouve ainsi, partagé entre l'*Holarctis* et le *Paléotropis* puis qu'il s'agit donc d'un carrefour de différentes affinités floristiques. Ceci est reflété par la diversité phytochorique enregistrée dans la région d'Ouargla. Celle-ci atteste que l'appartenance de la flore du Sahara septentrional algérien, est rattachée au sous-secteur algérien (SS1). Ce dernier est plutôt caractérisé par la régression des taxons méditerranéens et l'augmentation de ceux saharo-sindiens.

A partir des phytochores rencontrés, nous soulignons la dominance de la flore **saharo-sindienne** avec **40** espèces (soit 41, 2 %). Secondée par l'**ensemble endémique** qui vient avec **33** espèces (soit 34, 02 %). Au niveau de l'espèce, nous ne connaissons guère d'endémisme propre à la région d'Ouargla. Toutefois, nous enregistrons une seule espèce **endémique au Sahara septentrional** : *Cleome arabica* L.

L'analyse phytochorique au niveau des biotopes étudiés dévoile l'importante diversité du Sahara ne serait-ce que sous le seul angle phytogéographique. Il apparaît que l'importance relative des phytochores est tributaire de la géomorphologie. Ainsi, la cohabitation des cinq phytochores singularise le reg Hassi Ben Abdellah (S2) tandis que l'erg Sidi Khouiled (S5) n'en contient que l'élément saharo-sindien (SS). Néanmoins, nous inscrivons que le lit d'Oued N'Sa (S4) semble être un bon refuge pour les plantes qui vivent dans cette région saharienne (77 espèces). De même, il abrite une diversité de haute qualité à cause de l'importance des endémiques (39 %). Ces résultats mettent en exergue l'accentuation de l'influence des caractères écologiques sahariens.

L'étude éoclimatique a découlé des analyses, diachronique, bioclimatique et floristique. Les résultats obtenus semblent indiquer que la majorité des espèces appartiennent à la zone "**hyper-aride supérieure** ou saharienne septentrionale "**HS**". En outre, plus des deux tiers des espèces dénombrées dénotent une diversité éoclimatique. Cette dernière a permis de classer ces espèces végétales, selon un gradient d'aridité climatique en rapport avec leur distribution spatiale.

Nous avons tenté d'analyser l'exploitation ethnobotanique de cette flore à travers des enquêtes menées auprès de la population autochtone. Il en ressort **34** espèces, soit 35, 05 % sont à caractère médicinal. Six (17, 64 %) d'entre elles sont endémiques. Ce sont les plantes *Ammodaucus leucotrichus*, *Ferula vesceritensis*, *Oudneya africana*, *Cleome arabica*, *Urginea noctiflora*, *Euphorbia guyoniana*. L'ensemble des espèces traitent **55** affections. Les modes de préparation les plus signalés, sont la décoction, la poudre et l'infusion. Les feuilles sont les organes les plus exploitées. Les indications thérapeutiques enregistrées contribuent à la préservation des savoirs et des savoirs faire locaux ancestraux qui sont pratiqués aujourd'hui, dans la région d'Ouargla. Ce qui a permis d'étendre la liste de la flore médicinale à **15** espèces nouvellement inventoriées dans la présente étude.

L'approche pastorale s'est focalisée sur la connaissance de la contribution de la flore étudiée, dans le potentiel fourrager des parcours explorés. Il en ressort deux tiers, soit **61** espèces et 62, 88 % des plantes recensées sont pastorales. Aussi, un essai de catégorisation selon leur appétence (surtout pour le dromadaire) a permis de distinguer des fourrages d'intérêt excellent ; très bon ; bon ; assez bon ; médiocre et mauvais. Ainsi, il apparaît que le pâturage excellent est dominé par les *Amaranthaceae* (*Agatophora alopecuroides* ; *Anabasis articulata* ; *Cornulaca monacantha* ; *Halocnemum strobilaceum* ; *Salsola tetragona* ; *Suaeda fruticosa* et *Traganum nudatum*.) alors que numériquement, ce sont les *Asteraceae* (toutes catégories confondues) qui sont les plus consommées.

À terme, nous considérons cette étude comme une contribution à la connaissance de la biodiversité de l'écosystème saharien. Certes, elle comporte, sans doute, des omissions, voire des insuffisances. Elle doit être considérée comme une étape qui doit être poursuivie par nous même et d'autres, en vue de l'améliorer à la lumière des nouveaux apports. Toutefois, nous préconisons son approfondissement à travers :

- des investigations sur les aspects dynamiques du climat en se focalisant non seulement sur le réchauffement climatique mais aussi et surtout sur l'ensemble des composantes du système climatique en interrelation, car en définitif, il ne peut y avoir de vision prospective sans un savoir rétrospectif ;

- des études plus ciblées, portant sur l'aspect quantitatif de la phytodiversité, la dynamique des principaux écosystèmes et des paysages, la biologie des populations des végétaux clés et des espèces endémiques, sans oublier l'analyse des interactions avec la faune et l'étude des conséquences écologiques des perturbations anthropiques ;

- la protection et la conservation des plantes médicinales *in-situ* et dans des jardins botaniques (*ex-situ*) avec une base de données ethnobotaniques sont à envisager sur l'ensemble de la zone afin de rendre accessible les indications thérapeutiques des végétaux de la région d'étude. Il faudrait envisager de limiter le piratage bioéthique des ressources phylogénétiques et du savoir des populations indigènes, sans aucun retour financier, des firmes phytopharmaceutiques et cosmétiques des pays occidentaux, d'autant plus qu'il n'y a pas de répertoire national et régional de ce patrimoine naturel et immatériel par les autorités nationales.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- ABHS., 2006.** Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Sahara septentrional, mission I: ressources en eau et en sols et infrastructure de mobilisation, pp : 46 - 53.
- Adamou A., 2008.** L'élevage camelin en Algérie : quel type pour quel avenir ? *Sécheresse*, 19 (4) : 253-260.
- Adebayo Gbolade A., 2009.** Inventory of antidiabetic plants in certain districts of Lagos State Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*, 121, 135-139.
- Afayolle A., 2008.** Structure des communautés de plantes herbacées sur les grands Causses ; Stratégies fonctionnelles des espèces et interactions interspécifiques. Thèse Doct. Univ. Montpellier Supargo, CNRS., 225p.
- Al-Nafie A., 2008.** Phytogeography of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, Vol. 15, N° (1) June, pp: 159-175.
- Amat C., 1888.** Le M'Zab et les M'Zabites. Ouvrage, ed. Challamel et C^{ie}, Paris, 342p.
- APG IV., 2016.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1–20.
- A.N.R.H., 2000. 2008.** Notes relatives à la remonté de la nappe des eaux dans la cuvette d'Ouargla, Agence National Des Ressources Hydriques de la région d'Ouargla, 11p.
- A.N.A.T., 2004.** Carte bioclimatique de l'Algérie. (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire).

B

- Babahani S. & Bouguedoura N., 2013.** Receptivité florale et problème de contamination par les pollens étrangers chez le palmier dattier. *Revue des Bioressources*, Vol. 3 N° 2 décembre, pp : 58-63.
- Bagnouls F. & Gaussen H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 88 : 193-239.
- Bagnouls F. & Gaussen H., 1957.** Les climats biologiques et leur classification. *Ann. Géogr.*, 66 (355), pp : 193-220 ;
- Ballais J. L., 2010.** "Des Oued mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du bas Sahara algérien". *Géographie physique et environnement*. Vol. IV, 127p.
- Barry J.P. & Celles J.C., 1972-1973.** Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. *Nat. Monsp., sér., Bot.*, 23-24, 5-48.

- Barry J.P., Celles J.C. & Faurel L., 1974.** Carte international du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/1.000.000e. *Bull. Soc. Hist. Nat.Afr. Nord*, Alger.
- Barry J.P., Faurel L., Baumgartner N., Belin B., Celles J.C., & Kada A., 1968a.** Carte de la végétation de l'Algérie, feuille de Ghardaïa (1/ 500 000). Inst. de Cart. de l'Univ., d'Alger.
- Barry J.P., Faurel L., Baumgartner N., Belin B., Celles J.C., & Kada A., 1968b.** Notice de feuille de Ghardaïa: Carte de la végétation de l'Algérie à 1/ 500 000. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. N.*, 11, 125p.
- Benhouhou S. S., Dargiezw T.C.D. & Gilbert O.L., 2003a.** Vegetation associations in the Ougarta Mountains and dayas of the Guir hamada, Algerian Sahara. *Journal of Arid Environments*, 54, pp : 739–753.
- Benhouhou S. S., Boucheneb N., Kerzabi Q. and Sassi O., 2003b.** Plant communities of several wadi types in the Tassili N'Ajjer, Central Sahara, Algeria. *Phytocoenologia*, 33 (1) : 49-69.
- Benguerai A., 2011.** Évolution du phénomène de désertification dans Le sud oranais (Algérie). Thèse de Doctorat. Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, 152p.
- Bengoumi M. et Faye B., 2000.** Adaptation du dromadaire à la déshydratation. *Sécheresse*, 13, pp : 121- 9.
- Benseghir F., 1987.** - Contribution à l'étude de la limite septentrionale de *Hammada scoparia* "Pomel". Mémoire D.E.S. Univ. Sci. Technol. Houari Boumédiène, Alger, 66p.
- Bouallala M., 2013.** *Etude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camelins du sahara occidental algerien. Cas des regions de bechar et tindouf.* Thèse Doct., Univ. kasdi Merbah, Ouarga, 132p.
- Bouallala M. et Chehma A., 2011.** Biodiversité et palatabilité des plantes des parcours camelins à talh" *Acacia radiana*" dans la région de Tindouf (Algérie). *Bioressources*, Vol. 1 N° 2 Décembre, pp : 55-65.
- Boughani A., 1995.** *Contribution à l'étude de la flore et des formations végétales au sud des monts du Zab (Ouled Djellal, wilaya de Biskra) : phytomasse, application cartographique et aménagement.* Mémoire Magister, USTHB, Alger, 226p.
- Boughani A., Sadki N., Médail F., Nedjraoui D. et Salamani M., 2009.** Analyse floristique et phytogéographique d'une région de l'Atlas saharien constantinois, les gorges du Ghouffi (Algérie). *Acta Bot. Gallica*, 156 (3), pp : 399-414.
- Bounaga N. et Brac De La Perriere RA., 1988.** Les ressources phylogénétiques du Sahara. *Ann. Inst. Nat. Agro.* El-Harrach, Vol., 12 (1), T. 1, 79.
- Bruneton, J. 2001.** Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. 2nd Éd. Technique and Documentation, 564p.

C

- Capot-Rey R., 1946.** Études récentes sur le climat de l'Afrique du nord et du Sahara. In: *Annales de Géographie*, t. 55, N°297 ; pp : 39-48.
- Capot-Rey R., 1952.** Les limites du Sahara français. Ed. *Inst. Rech. Sah.* , Alger. Tome VIII., pp : 23-47.
- Cassou C., 2004.** Du changement climatique aux régimes de temps : l'oscillation nord-atlantique. *La météorologique*, N° 45, pp : 21-32.
- Castany G., 1982.** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod édit. Paris, 238p.
- Chabane A., 1993.** Etude de la végétation du littoral septentrional de Tunisie ; typologie, syntaxonomie et éléments d'aménagement. Thèse Doct. ès Sc., Univ. Aix-Marseille, 205p. + annexes.
- Chaumont M. et Paquin C., 1971.** Notice explicative de la carte pluviométrique del'Algérie au 1/ 50 000. Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord, Alger, 24p. + Carte.
- Chehma A., 2005.** Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas de la région d'Ouargla et Ghardaïa, thèse Doct., Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), 178 p.
- Chehma A., 2006.** Catalogue de plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Ed, Dar EL Houda, Univ. d'Ouargla, Laboratoire de protection des écosystèmes, 59-61-98, 118p.
- Chehma A., Djebbar M.R., Hadjaidji F. et Rouabeh L., 2005.** Étude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Sécheresse*, 16 (4) : 275-85.
- Chehma A. et Faye B., 2011.** Facultés digestives du dromadaire face aux contraintes alimentaires du milieu saharien. *Revue des Bio Ressources*, Vol. 1, N° 1, pp : 26-30.
- Chehma A., Faye B. et Bastianelli D., 2010.** Valeurs nutritionnelles des plantes vivaces des parcours sahariens Algériens pour dromadaire. *Fourrages*, 204 : 263-268. <http://www.afpf-asso.org/index/action/page/id/33/title/Les-articles/article/1818>
- Chehma A., Faye B. et Djebbar M. R., 2008.** Productivité fourragère et capacité de charge des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien. *Sécheresse*, 19 (2) : 115-21. http://www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/3F/7E/article.Phtml
- Chehma A. et Youcef F., 2009.** Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Sécheresse*, 20 (4) : 373-381. <http://www.jle.com/e-docs/00/04/51/6A/article.Phtml>
- Chenoune K., 2005.** La flore et la végétation du Hoggar. *Bois et forêts des tropiques*, N° 284 (2), 5p.

D

- Daget Ph., 1977.** Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34, pp : 87-103.

- Daget Ph., 1980.** Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative. Cas des thérophytes *in* : Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives. Ed. Malonie, Paris, pp : 89-114.
- Daget Ph. & Poissonet J., 1969.** Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Doc. Number 48 du CEPE/CNRS, Montpellier, 67p.
- Daget Ph. & Poissonet J., 1997.** Biodiversité et végétation pastorale. *Revue Elev. Med. Vet. Pays trop.* 50 (2) : 141-144.
- Daget Ph., Ahdali L. & David P., 1988.** Le bioclimat méditerranéen et ses modalités dans les pays arabes. *Biocénoses*, 3 (1-2) : 73-107.
- Daoud Y. & Halitim A., 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara algérien, *Sécheresse*, vol. 5, N° 3 : 151-160.
- Dendougui H., J. Maurice, F. Benayache, S. Benyache, 2006.** Flavonoids from *Anvillea radiata* Coss & Dur. (Asteraceae). *Biochemical Systematics and ecology, Elsevier*, 34 : 7186720
- Djahra A. B., 2014.** Etude phytochimique et activité antimicrobienne, antioxydante, antihépatotoxique du Marrube blanc ou *Marrubium vulgare* L. Thèse, Doc. Etat, SC. Biol. Vég. Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 75p.
- Djebaili S., 1978.** Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des Hautes Plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doct., Montpellier, 299p.
- Dobignard A. et Chatelain C., 2010.** Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. Volume 1 : *Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledoneae*. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève, 4052p.
- Dobignard A. et Chatelain C., 2011a.** Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. Volume 2 : *Dicotyledoneae : Acanthaceae – Asteraceae*. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève, 425p.
- Dobignard A. et Chatelain C., 2011b.** Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. Volume 3 : *Dicotyledoneae : Balsaminaceae – Euphorbiaceae*. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève, 447p.
- Dobignard A. et Chatelain C., 2012.** Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. Volume 4 : *Dicotyledoneae : Fabaceae – Nymphaeaceae*. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève, 429p.
- Dobignard A. et Chatelain C., 2013.** Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. Volume 5 : *Dicotyledoneae : Oleaceae – Zygophyllaceae*. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève, 436p.
- Dubief J., 1959.** Le climat du Sahara. Tome I. Mémoire (hors série). Université d'Alger Institut de recherches sahariennes. Alger, 312p.
- Dubief J., 1963.** Le climat du Sahara. Tome II. L'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie. Alger, 275p.

Dubost D., 1992. *Ecologie, Aménagement et développement Agricole des oasis algériennes*. Ed Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides, Thèse Doctorat. Univ. Géo. et Amén. Univ. François Rablaise, 423p.

Ducerf, G. 2010. L'ENCYCLOPEDIE des Plantes bio-indicatrices alimentaires et médicinales : Guide de diagnostic des sols. Ed. Promonature, France. Volume 1, 351p.

Duthil J., 1971. *Eléments d'écologie et d'agronomie*. Tome I. : connaissance du milieu. Ed. J.B. Baillièrre et fils, éditeurs, Paris-VI^e, 385p.

E

Eig A., 1931-1932.- Les éléments et les groupes phytogéographiques auxiliaires dans la flore palestinienne. *Repert. Spec. Nov. Regui. Veg.*, 63, 201 et 121p.

Ellenberg H. & D. Mueller-Dombois, 1967. A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Ber. Geobot. Inst. ETH Stifgt. Rübel*, 37, pp : 56-73.

El Haïté H., 2016. La Méditerranée face au changement climatique, État des lieux de la recherche. Institut de recherche pour le développement « IRD » éditions, Marseille, 37p.

Emberger L., 1950. Rapport sur les régions arides et semi-arides de l'Afrique du Nord. U.N.E.S.C.O./ NS/ ITAZ/ 11/ Paris, le 28 avril ; 12p.

Emberger L. 1955. Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot. Fac. Sci.* Montpellier, 7, pp : 3-43.

Emberger L., 1983 - Relevé méthodique de la végétation et du milieu. Ed. CNRS. Paris, 292p.

Emberger L., Gaussen H., Kassas M., de Philippis SW., Bagnouls M. et Rinaldo M., 1962. Carte bioclimatique de la région méditerranéenne. Ech. 1 / 5. 000. 000ème de l'U.N.E.S.C.O.-F.A.O., 28p.

ENCARTA., 2009. Site <http://www.tomsguide.fr/forum/id-197548/trouver-encarta-2009-gratuit.html>

EscargueL G., 2009. Climat, adaptation, évolution et biodiversité. L'ADAPTATION. Responsabilité & Environnement, N° 56 Octobre, pp : 25-34.

F

Faurie C., Ferra C., Medorie P et Devaux J., 1998. *Ecologie: approche scientifique et pratique*. Ed. Tec& Doc, Paris, 339p.

Faurie C., Ferra C. et Medori P., Dévaux J. Hemptinne J.L., 2003. *Ecologie, approche scientifique et pratique*. 5^{ème} éd. Lavoisier éd., Paris, 407p.

Faye B. et Bengoumi M., 2003. Le dromadaire face à la sous-nutrition minérale: un aspect à son adaptabilité aux conditions désertiques. *Sécheresse*, 11, pp : 155-61.

Floret C., Le Floc'H E., Pontanier R., Romane F., 1978. « Modèle écologique régional en vue de la planification et de l'aménagement agro-pastoral des régions arides. Application à la région de Zougrata », *Inst. rég. Arides, Médenine ; Dir. Ress., eau et sol, Tunis*, Doc. Techn. N° 2, 74p., 1 carte h. t.

G

Gausсен H., 1957. Les climats biologiques et leur classification. *Annales de géographie*, N°355.- LXVI^e année, pp : 193-220

Godard A. et Tabeaud M., 2009. Les climats Mécanismes, variabilités, répartition. 4^e édition. Armand colin, Paris, 217p.

Gounot M., 1969. Méthode d'étude quantitative de la végétation. 7^{ème} ed© Masson.Paris, 314p.

Guérin H., Richard D., Lefevre P., D.Friot., Mbaye N., 1989. Prévission de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. Actes du XVI^{ème} Congrès International des Herbages, Nice, France, 2, pp : 879-80.

Guyot G., 1999. Climatologie de l'environnement. Éd. Dunod, 525p.

H

Hadjaidji-Benseghier F., 2002. Contribution à l'étude de l'avifaune nicheuse de la palmeraie de la cuvette d'Ouargla. Mémoire Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 187p.

Hadjaidji- Benseghier F. Derridj A., 2013. Relative importance of the exploitation of medicinal plants in traditional medicine in the Northeastern Sahara. *Emir. J. Food Agric.*, 25 (9) : 657-665.

Hamdi-Aissa B., 2001. Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette d'Ouargla). Approche micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse de Doct., Paris- Grignon, 307p.

Hirche A., Boughanie A. & Salamani M., 2007. Evolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. *Sécheresse*, 18 (4), pp : 314-320.

I

Idder T., 1998. La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydrique au Sahara algérien. Impact des rejets d'origine agricole et urbain et technique de remédiation proposée. L'exemple d'Ouargla. Thèse. Doc. Univ., d'Angers, 200p.

K

Kaabèche M. et Benkheira A., 2012. Guide des habitats aride et saharien (Typologie et phytosociologie de la végétation d'Algérie. Ed., 59p.

Kherraze M.EH., Lakhdari K., Kherfi Y., Benzaoui T., Berroussi S., Bouhanna M., et Sebaa A., 2010a. Atlas de la vallée d'Oued Righ par écosystème. ISBN, 175p.

Kherraze M.EH., Lakhdari K., Kherfi Y., Benzaoui T., Berroussi S., Bouhanna M., et Sebaa A. 2010b. Atlas floristique de la vallée de l'Oued Righ par écosystème. C.R.S.T.R.A. Guerfa. Biskra (Algérie), 91p.

Koull N. et Chehma A., 2013. Diversité floristique des zones humides de la vallée de l'oued righ, (sahara septentrional. *Bioressources*, Vol., 3 N° 2. 10p.

L

Lacoste A. et Salanon R., 2001. Elément de biogéographie et d'écologie. 2ème éd. Revetaugm. Paris, 318p.

Laouar S., 2016. Etat de la biodiversité en Algérie. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme "MATET", Bureau des Sites et Paysages Naturels, 10p.

Laouini H., 2012. Caractérisation géochimique des zones humides entre deux climats, méditerranéen et aride par image satellitaire: cas des lacs d'El-Taref et les chott et sebkhas d'Ouargla. Thèse, Magistère, Univ. Kasdi Merbah Ouargla, 107p.

Lapie G., 1909. Les divisions phytogéographiques de l'algérie. *C. R. Acad. Scien.*, 148 (7) : 433-135.

Le brum J.P., 2001. Introduction à la flore d'Afrique. Conservatoire et jardin botanique de Genève, 107p.

Le Floc'h E., 1991. Les écosystèmes des zones arides du Nord de l'Afrique: Orientations pour l'établissement d'un réseau de réserves de biosphère, *UNESCO-MAB*, pp : 490-506.

Le Houérou, H.N., 1972. An assessment of the primary and secondary production of the arid grazing lands ecosystems of North Africa. *Eco-Physiol. Found. of Ecosystems Product. In arid zone*, Intern. Symp. URSS, June 7-19, pp : 168-172.

Le Houérou H.N., 1990. Définition et limites bioclimatique du Sahara. *Sécheresse*, France, pp : 246-259.

Le Houérou H.N., 1995a- Recherche écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. Ed. Centre national de la recherche scientifique, pp : 80-95.

Le Houérou H.N., 1995b. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. *Options méditerranéennes*. Série B : Etude et recherche (10), CIHEAM, Montpellier, 396p.

Le Houérou H.N., 2004. An agro-bioclimatic classification of arid and semi-arid lands in the isoclimatic Mediterranean zones. *Arid land research and management*, 18, pp : 301-346.

Le Houérou H.N., Claudin J. Pouget M., 1977. Etude bioclimatique des steppes algériennes*(Avec une carte bioclimatique à 1/ 1. 000. 00ème). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord Alger*, t. 68, fasc. 3 et 4.

Lêger A., 2008. Biodiversité des plantes médicinales québécoises et dispositifs de protection de la biodiversité et de l'environnement. Mémoire, Univ. Québec, 197p.

Lelubre M., 1952. Conditions structurales et formes de relief dans le Sahara. Ed. Inst. Rech. Saha., Alger, Tome VIII. pp : 189-190.

Lêveque C. et Mounolou J.C., 2008. Biodiversité : dynamique biologique et conservation. 2ème édition, Dunod éd. Paris, 259p.

Longo H. F., Siboukeur O., Chehma A., 2007. Aspects nutritionnels des pâturages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie, *Cahiers Agriculture*, 16 (6) : 477 - 483.

M

Madon O. & F. Médail, 1996. The ecological significance of annuals on a Mediterranean grassland (Mt Ventoux, France). *Plant Ecol.*, 129, 189-199.

Maire R., 1926. Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouv. Gén. Algérie, 1 Vol. 78 p, 1 carte 1/1500 000, Alger.

Maire R. (1933-1940). Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. *Mem. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 3, 2 vol., 433p.

Maiza K., RA. Brac De La Perriere, V. Hammiche, 1993. Pharmacopée traditionnelle saharienne: Sahara septentrional. Actes du 2e colloque européen d'ethnopharmacologie et de la 11e Conférence Internationale d'Ethnomédecine, Heidelberg, Mars, pp : 24-27.

Marty P., Vivien F.D., Lepart J. et Larrere R., 2005. Les biodiversités : objets, théories, pratiques. Cnrs éd. Paris, 261p.

Meddour R., 2010. Bioclimatologie, Phytogéographie et phytosociologie en Algérie, exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie djurdjurienne. Thèse, Doc. Etat, SC. Agro. Univ. Mouloud Maameri, Tizi ousou, 398p.

Melzi S., 1986. Approche phytoécologique du processus de la désertification dans un secteur présaharien Messaad-Djelfa. Mém. Magist. Univ. Sci. Technol. Houari Boumédiène ; Alger, 102p.

Meddi M. et Meddi H., 1998. Étude des pluies annuelles et journalières dans le Sahara algérien. *Sécheresse*, N° 3, vol. 9, septembre, pp : 193-199.

Médail F. & Quézel P., 1999. The phytogeographical significance of S.W. Morocco compared to the Canary Islands. *Plant Ecology*, 140 : 221-244.

Monod T., 1954. Mode contracté et diffus de la végétation saharienne. *In : Cloudsley-*

Thompson JL (ed) Biology of desert. Institute of Biology, London, pp : 35-44.

Monod T., 1992. Du désert. *Sécheresse*, 3 (1), pp : 7-24.

Musset R., 1927. Annales de Géographie. Volume 36 N° 199, pp : 24-32.

N

- Nabli M.A., 1995.** Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes. Le milieu physique et la végétation, Ecologie végétale appliquée. *Flore et végétation*, volume 5 & 6 Fac. Sc. Tunis ed. UNESCO. MAB., pp : 123-143 & 1991-1991.
- Neffati M., 1994.** Caractérisation morpho-biologique de certaines espèces végétales nord-africaines. Implication pour l'amélioration pastorale. Thèse de Doct. Univ. Gent Belgique, 264p.
- Nesson C., 1978.** L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas-Sahara algérien. In: Recherche sur l'Algérie. Ed. CNRS, Paris, pp : 7-100.
- Nègre R., 1966.** Les thérophytes. *Mém. Soc. Bot. France*, pp : 92-108.
- Nichane M. et Khelil M.A., 2015.** Changements climatiques et ressources en eau en Algérie: vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. *Algerian journal of arid environment*. Vol. 5, N°1, Juin : 56-62.
- Noy-Meir I. M., 1973.** Desert ecosystems : environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4 : 25-51.

O

- O. N. M., 2016.** Office Nationale Météorologique : les données climatiques d'Ouargla, 5p.
- Ould El Hadj M D., Hadj-Mahammed M. et Zabeirou H., 2003.** Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (Sahara septentrional Est). *Courrier du Savoir*, 3, Janvier, 47-51
- Ouled El Hadj M.D., Hadj-Mahammed M., et Zabeirou H. 2004.** Ethnopharmacologie des plantes spontanées médicinales de la région d'Ouargla (Sahara septentrional Est Algérien). *Rivista italiana epos*, volume 30, pp : 17-25.
- Orshan G., 1953.** Note of the application of the Raunkiaer's system of the life forms in arid region. *Palest. J. Bot.*, 6, pp: 120-122.
- Orshan G., 1982.** Monocharacter growth form types as a tool in an analytic-synthetic study of growth forms in Mediterranean type ecosystems. A proposal for an inter regional program : *Ecologia Medit.*, 8, pp : 159-171.
- OSS. , 2003.** Système aquifère du Sahara septentrional « SASS », une conscience de bassin. Vol. 2, Hydrogéologie, 284p.
- Ozenda P., 1964.** Biogéographie végétale. Ed. Doin, Paris, 360p.
- Ozenda P., 1977.** Flore du Sahara septentrional. Ed., Centre. National. Recherche Scientifique. Paris, 622p.
- Ozenda P., 1982.** Les végétaux de la biosphère. Paris, 431p.
- Ozenda P., 1984.** Les végétaux de la biosphère. Paris, 260p.

Ozenda P., 2000. Les végétaux : organisation et diversité biologique. 2^{ème} Ed. Dunod, 516p.

Ozenda P., 2004. Flore et végétation du Sahara. 3eme édition. Ed. C.N.R.S.Paris, 622p.

P

Pagney, P., 1976. Les climats de la terre. Ed. Masson, Paris, 140p.

Parizeau M.H., 2001. La biodiversité : tout conserver ou tout exploiter. Science/ Ethique/ Sociétés éd., 217p.

Passager P., 1957. Ouargla-Sahara constantinois étude historique, géographique et médicinale. *Arch. Inst. Pasteur*, xxu N°2, Alger, 196p.

Petit-Maire N., 2012. Promenade archéologique. Petit-Maire N., 2012- Sahara : Les grands changements climatiques naturels. Ed. Errance, 185p.

Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. *Trav. Et. Doc. ORSTOM*, Paris, 555p.

Q

Quézel P., 1964. L'endémisme dans la flore de l'Algérie. *C.R. Soc. Biogeogr.*, 361, pp : 137-149.

Quézel P., 1965. La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie. Ed. Masson, Paris, 333p.

Quézel P., 1978. Analysis of the flora mediterranean and Saharan Africa. *Ann. Missouri Bot. Garden*, 65, N°2, 479-534.

Quézel P., 2000. Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 109p.

Quézel P. et Santa S., 1962-1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 1170p.

Quézel P. & Médail F., 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Nancy : Elsevier, 573p.

R

Ramade F., 2008. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Dunod, Paris, 726p.

Raunkiaer C., 1904. Biological types with refrence to the adaptation of plants to survive the unfavourable season, *in* Raunkiaer ; 1934, 1-2.

Raunkiaer C., 1934. Life forms of plants and stational plants geography (collected papers translated to English). Oxford, 632p.

Richard P.J.H., 1997. Les climats annuels, la variabilité climatique et bioclimatique. www.georg.umontreal.ca/donees/geo3152.

Rivas-Martinez S., 1996-2009. Global bioclimatic system. Centro d'Investigaciones Filiosociológicas. www.globalbioclimtics.org

Roumieux C., Raccasi G., Franquet E., Sandoz A., Torre F. Et Metge G., 2010. Actualisation des limites de l'aire du bioclimat méditerranéen selon les critères de Daget (1977). *Ecologia mediterranea*, Vol. 36 (2), pp : 17-24.

Rouvillois-Brigol M., 1975. Le pays d'Ouargla (Sahara algérien). Ed. Département géographie, Paris, Sorbone, 390p.

Roselt/OSS., 2004. Fiches techniques pour la construction dans rosel/oss de quelques indicateurs écologiques et de la biodiversité végétale. Collection ROSELT/OSS. Contribution Technique N°14, 63p.

Roselt/OSS, 2007a. Des indicateurs régionaux pour évaluer les changements environnementaux en Afrique du Nord. Lettre d'information, 4, Tunis, www.unesco.org/oss, 65p.

Roselt/OSS, 2007b. Adaptation aux changements climatiques et lutte contre la désertification\ OSS ; GTZ. Note introductive n° 1. OSS : Tunis, 2007. 2^{ème} édition. 28p.

Roselt/OSS, 2008. Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation. Collection ROSELT/OSS. Contribution Technique N°1, 171p.

Roselt/OSS, 2009. Indicateurs écologiques du rosel/oss, Désertification et biodiversité des écosystèmes Circum-sahariens. Note introductive N°4, Tunis, 54p.

S

Salhi N., Salama M., El-Darier & Halilat M. El-T., 2014. Allelotoxicity of *Oudneya africana* R. Br. aqueous leachate on germination efficiency of *Bromus tectorum* L. and *Triticum aestivum* L. *African Journal and Biotechnology*, Vol 13 (10), pp : 1194-1197.

Sedjar A., 2012. Biodiversité et dynamique de la végétation dans un écosystème forestier - Cas de djebel Boutaleb. Mém. Magist. Univ. Ferhat Abbas-Setif, 137p.

Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Inst. Météorol. Phys. Gl. Alger ; 219p + 54 tab. 53 fig. 53p + cartes.

Senoussi A., 2011. Les systèmes pastoraux sahariens en Algérie ; quel état pour quel devenir ? Séminaire International sur « L'effet du Changement Climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb ». Université Kasdi Merbah - Ouargla- Algérie, du 21 au 24 Novembre, 10p.

Senoussi A. et Bensemaoune Y., 2011. Les parcours sahariens entre usage et enjeux! Cas de la région de Ghardaïa. *Journal Algérien de l'Environnement Aride (JAEA)*, Vol. I, N° 1, Janvier, pp : 37-49.

Slimani N., 2015. Impact du comportement alimentaire du dromadaire sur la préservation des parcours du Sahara septentrional algérien. Cas de la région d' Ouargla et Ghardaïa. Thèse de Doctorat Univ. Kasdi Merbah, 85p.

Slimani N. et Chehema A., 2009. Essai de caractérisation de quelques paramètres d'adaptation au milieu hyper aride saharien des principales plantes spontanées vivaces de la région de Ouargla (Algérie). *Revue journal Algérien des régions arides*, N° 08, pp :15-20.

Slimani N., Chehema A., Faye B., Huguenin J., 2013a. Régime et comportement alimentaire du dromadaire dans son milieu naturel désertique en Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 25 (12). <http://www.lrrd.org/lrrd25/12/slim25213.htm>

Slimani N. , Bouras S., Chehema A., 2013b. Caracterisation Epidermique Des Principales Plantes Spontanées Broutées Par Le Dromadaire Dans Le Sahara Septentrional Algerien. *Bioressources*, Volume 3 N° 1, juin, 10p.

Slimani N., Mahboub N., Chehema A, Hallis Y., Ben Hadiya M., 2015. Richesse et interet des plantes spontanées des zones Humides de la region de l'oued righ (algerie). *BioRessources*, Vol 5 N° 2 Décembre, pp : 102- 109.

Springuel, I., El-Hadidi, M. N., Sheded, M. M. 1991. Plant communities in the southern part of the Eastern Desert (Arabian Desert) of Egypt. *J. Arid Environ.*, 21, pp : 301–317.

Stewaert Ph., 1969. Quotient pluviométrique et dégradation bio sphérique : quelques réflexions. *Bull. soc. Hist. Nat. Afrique du Nord. Alger*, pp : 23- 36.

Stewart Ph., 1975. Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au Barrage vert. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 65, 12 : 239-245.

T

Taïbi AN. , El Hannani M., Gassani J., Ballouche A., Moguedet G., El Ghadi A., et Ozer P., 2006. Aléas climatiques versus actions anthropiques dans le développement des processus de désertification" sur les marges sud et nord du Sahara. Interactions nature-société, analyse et modèles. UMR 6554 LETG, La Baule, 7p.

Thiébault S. & Moatti J.P., 2016. La Méditerranée face au changement climatique, Etat des lieux de la recherche. Institut De Recherche Pour Le Développement IRD Éditions, Marseille, 137p.

Toutain G., 1979- Elément d'agronomie saharienne. De la recherche au développement. Ed. Imprimerie Jouve, Paris, 276p.

Trabelsi H., 2016. Rôle du dromadaire dans la régénération et la prolifération du couvert floristique des parcours du Sahara septentrional algérien. Thèse de Doct. Univ. Kasdi Merbah, 86p.

Tricart J., 1954. Une forme de relief climatique : Les sebkhas. *Rev. Géomorph. Dyn.*, 5 : 97-101.

Trochain J.L., 1980. Ecologie végétale de la zone intertropicale non désertique. Université Paul Sabatier (Imp. Th. Bouquet), Toulouse, pp : 339-340-341, 468p.

U

UNESCO., 1960. Les plantes médicinales des régions arides. UNESCO (1961), 99p.

UNESCO., 1972. "Etude des ressources en du Sahara septentrional" Rapport sur les resultants du projet, Projet ERESS. UNESCO., Paris, 100p.

Z

Zeddouri A., 2010. « Caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des nappes du complexe terminal de la région de Ouargla (Sud-Est algérien) ». Thèse de Doct., Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 58p.

Zohary M., 1973. Geobotanical foundations of the Middle East. Vols 1 and 2. Stuttgart : *Fischer*.

Zohary M., 1983. Man and vegetation in the Middle East. *In* : Holzner W, Werger MJA, 7 Ikusima I (eds.) Man's impact on vegetation. *The Hague, Dr W Junk Publishers*, pp : 287- 295

Publications et communications

Liste des Publications

Hadjaïdji F., 2002. Contribution at inventory of plants and their utilization in the popular medicine in Ouargla. **Assiut, Egypte.** *AUCES*, March 2002, Assiut, Egypt. 478p.

Chehema A., M.R. Djebar, **F. Hadjaïji** and L. Rouabeh. **2005.** Étude floristique spatiotemporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Sécheresse* ; 16(4) : 275-85.

Articles concordant avec la thèse :

Publiés :

Hadjaïdji-Benseghier Fatiha^{1*} and Derridj Arrezki², **2013.** Relative importance of the exploitation of medicinal plants in traditional medicine in the Northeastern Sahara . *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 25 (9): 657-665).

Hadjaïdji-Benseghier Fatiha¹, Talbi Nadjib² and Derridj Arezki³, **2017.** Did the global warming confirm in central northern Sahara (case of the region of Ouargla) ? *Elsevier. Energy Procedia* 119 (2017) : 852-862.

Fatiha Benseghier-Hadjaïdji^{a)1} **Nadjib Talbi^{b)2}**, and **Arezki Derridj^{c)3}**., **2018.** Contribution to the study of the zonal variation of the climate aridity in central northern Sahara (Algeria). *AIP (American Institute of Physics) Conference Proceedings* 1968, 030066 : 1-8 (2018) ; <https://doi.org/10.1063/1.5039253>

Communications Internationales

Hadjaïdji F., 2002. Contribution at inventory of plants and their utilization in the popular medicine in Ouargla. **Assiut, Egypte.** *AUCES*, 26-28 March, Assiut, Egypt.

Chehema A. et Hadjaïdji F., 2005. Les plantes spontanées (médicinales) du Sahara septentrional algérien, caractéristiques floristiques, répartition spatio-temporelle et abondance. Séminaire International sur la Valorisation des Plantes Médicinales dans les Zones Arides. Ouargla (Algérie), 1,2 et 3 février 2005.

Hadjaïdji F. Hamdi-Aïssa B., Siboukeur O., Bensetti A. & Hacini H., 2005. Contribution à une étude phyto-écologique des plantes médicinales de la région d'Ouargla. Séminaire International sur la Valorisation des Plantes Médicinales dans les Zones Arides. Ouargla (Algérie), 1,2 et 3 février 2005.

Hamdi-Aïssa B., Oul-El-Hadj MD., Chehema A., Hadjaïdji F., Bensetti A. & Hacini H., Mokhtara R. & Lekhchakhech E., 2005. Contribution à l'étude des conditions édaphiques de la flore spontanée de la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla. Séminaire International sur la Valorisation des Plantes Médicinales dans les Zones Arides. Ouargla (Algérie), 1,2 et 3 février 2005.

Hadjaidji F., Hamdi Aissa B, Siboukeur O., Bensetti A. et Hacini H., 2008. **Etude écologique de quelques plantes spontanées à caractère médicinal dans la région d'Ouargla..**, 3^{ème} Symposium International sur les Plantes Aromatiques et Médicinales (SIPAM3) et 1^{er} Congrès International sur les Molécules Bioactives (CIMB1), mai, Oujda- Maroc.

Hadjaidji-Benseghier F., Zenkhri S., Siboukeur O., Bouanane N., Boussehel N., 2009. **Contribution aux essais d'introduction de la menthe poivrée (*Mentha x piperita* L.) dans la région d'Ouargla, en vue d'utiliser ses huiles essentielles en thérapie.** Ouargla, Algérie. Congrès International sur les Plantes Aromatiques et Médicinales (CIPAM 2009), mars, Marrakech-Maroc;

Hadjaidji- Benseghier F., Cheradid D. et Derridj A., 2009. **Etude phytogéographique de la flore médicinale dans la région d'Ouargla.** Séminaire International sur la Protection et la Préservation des Ecosystèmes Sahariens, décembre, Ouargla- Algérie.

Hadjaidji- Benseghier F., Cheradid D. et Derridj A. 2010. **Biogéographie de la flore spontanée à l'Est du Sahara septentrional.** 1er Colloque International sur les Changements Climatiques et Environnement, mai, Rabat- Maroc.

Hadjaidji-Benseghier F. et Derridj A., 2011. **Relative importance of the Exploitation of Medicinal Plants in Traditional Medicine in the Northeastern Sahara (the Case of Ouargla and Tougourt, Algeria)".** CIPAM2011 "Aromatic and Medicinal Plants", avril, Cagliari-Italy.

Hadjaidji-Benseghier F. et Derridj A., 2012. **Inventory of plants used in hypoglycemic pharmacopoeia in northern Sahara (in the regions of Ouargla, Oued-Righ and Ziban.** 3rd ISMP, novembre, Amman-Jordanie.

Hadjaidji-Benseghier F. et Derridj A., 2013. **Sources phytogénétiques et potentiel médicinal au Sahara septentrional (Ouargla).** 1^{er} Séminaire en ingénierie, santé et analyse (SEHA), mai, USTHB, Alger-Algérie.

Hadjaidji-Benseghier F. et Derridj A., 2013. **La biodiversité et sa répartition écoclimatique au Sahara septentrional (Sud-Est algérien).** Colloque sur le Sahara, Impact de changements environnementaux extrêmes sur la biodiversité". Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie Marine et Continentale, novembre, Aix-en-Provence- France.

Hadjaidji-Benseghier F. et Derridj A., 2014. **Etude de l'utilisation des plantes médicinales en médecine traditionnelle dans deux oasis du Sahara septentrional algérien".** 1^{er} Congrès International sur le Milieu Aride (CIMA, 2014), décembre, Ghardaïa- Algérie.

F. Hadjaidji-Benseghier, N. Talbi and A.Derridj, 2017. **Did the global warming confirm in central northern Sahara (case of the region of Ouargla)?** International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES17, 21-24 April, Beirut- Lebanon.

F. Benseghier-Hadjaidji, N. Talbi, M S. Halimi and A.Derridj, **2018. Contribution to the study of the zonal variation of the climate aridity in central northern Sahara (Algeria)**. International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES18, **01-03, February**, Beirut- Lebanon.

Communications Nationales

Hadjaidji-Benseghier F. et Derridj A., **2011. Etude écoclimatique de quelques espèces végétales dominantes ou communes à l'Est du Sahara septentrional algérien**", " 2^{ème} Journée d'étude sur l'Ecosystème Saharien", mai, Ghardaïa- Algérie.

Hadjaidji-Benseghier F. et Derridj A., **2012. Plantes hypoglycémiantes consommées par les habitants de l'Est du Sahara septentrional**. Séminaire National sur les Plantes Spontanées du Sahara (SNPS, 2/12) décembre, Ghardaïa- Algérie.

Hadjaidji-Benseghier F. et Derridj A., **2013. Culture des PAM à l'Est du Sahara septentrional (Cas des régions de Biskra, El-Oued, Touggourt et Ouargla**. 2^{ème} Workshop sur l'agriculture saharienne "Situation actuelle et contraintes", novembre, Ouargla- Algérie.

Annexes

Annexe 1
Données météorologiques de la station régionale d'Ouargla

Tableau 29. Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique d'Ouargla (1978-2017)

Paramètres	Température (°C)			P (mm)	Hr (%)	E (mm)	I (h)	V (m/s)
	min	max	Moy					
Jan	4,92	18,67	11,795	3,19	55,1	22,28	209,48	7,97
Fév	6,395	20,94	13,67	1,71	50,46	144,53	216,45	9,11
Mar	10,37	25,74	18,06	3,56	45,66	199,74	238,9	10,31
Avr	14,74	29,15	21,95	3,78	36,88	257,61	246,31	11,46
Mai	19,62	36,62	28,12	1,18	26,25	322,7	275,48	12,06
Juin	24,95	40,19	32,57	0,32	23,48	374,66	207,19	11,48
Juil	27,19	43,25	35,22	0,01	21,39	421,22	265,3	9,72
Août	26,84	41,94	34,39	1,17	24,85	105,62	275,22	10,01
Sept	23,7	37,22	30,46	1,75	32,05	280,42	232,29	2,13
Oct	18,3	31,6	24,95	3,03	38	224,73	232,83	8,34
Nov	10,32	23,87	17,095	6,23	51,11	134,75	198,35	6,79
Déc	5,61	18,82	12,215	14,38	58,34	116,75	190,47	6,97
Moyen./ cumul	16,08	30,67	23,38	40,31*	38,63	2605,01*	2788,27 *	8,86

O.N.M Ouargla (2017)

Légende :

T max : Température maximale du mois le plus chaud en °C, **T min** : Température minimale du mois le plus froid en °C., **T moy** : Température moyenne annuelle en °C.

P : Précipitation en mm,

Hr : Humidité relative en %, **E** : Evaporation en mm, **I** : Insolation en heures,

V : Vitesse du vent en m/s, * : Cumul.

Tableau 30. Données annuels du quotient pluvio-évapotraspratoire « P/ETP » (1991-2018)

Années	INDICE P/ETP		
	Eloued	Ouargla	Touggourt
1991	0,029	0,053	0,025
1992	0,034	0,004	0,068
1993	0,026	0,035	0,036
1994	0,024	0,013	0,029
1995	0,039	0,035	0,038
1996	0,057	0,021	0,057
1997	0,039	0,032	0,042
1998	0,042	0,014	0,024
1999	0,068	0,005	0,042
2000	0,021	0,023	0,019
2001	0,028	0,047	0,021
2002	0,013	0,003	0,020
2003	0,054	0,007	0,038
2004	0,076	0,015	0,093
2005	0,019	0,053	0,015
2006	0,073	0,012	0,047
2007	0,032	0,009	0,043
2008	0,018	0,006	0,032
2009	0,118	0,026	0,092
2010	0,028	0,038	0,014
2011	0,019	0,012	0,011
2012	0,019	0,016	0,010
2013	0,036	0,020	0,029
2014	-	0,014	0,013
2015	0,029	0,016	0,034
2016	0,020	0,008	0,020
2017	0,061	0,035	0,050

Annexe 2



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Energy Procedia 119 (2017) 852–862

Energy

Procedia

www.elsevier.com/locate/procedia

International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES17, 21-24 April 2017, Beirut Lebanon

Did the global warming confirm in central northern Sahara (case of the Ouargla region)?

Fatiha Hadjaidji-Benseghier ^{a*} Talbi Nadjib^b et Derridj Arrezki^c.

^a *Laboratoires de bioressources Sahariennes, Département des Sciences Agronomiques, Faculté des sciences de la nature et de la vie, BP. 511, Université de Kasdi Merbah, 30 000 Ouargla, Ouargla, Algérie.*

^b *Office Nationale de Météorologie Sud-Est, 30 000 Ouargla, Ouargla, Algérie.*

^c *Faculté des sciences biologiques et agronomiques, Mouloud Mammeri, 16 000 Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou, Algérie.*

Abstract

Climate change shows itself in various scales in the Mediterranean and Sahara region. The study aims at characterizing climate of the Sahara in a bigger scale otherwise-said, precision as for the current climate reigning (evolution), at the level of the region of Ouargla. For that purpose, we adopted a complementary, dynamic and static approach. The dynamic approach was approached by compilations of the previous works. Followed by a static analysis, leaning on climatological data, spread over a period going from 1978 till 2015. It emerges from it that the dynamic character is characterized by the frequency of the regime NAO + with regard to that of the NAO-. This regime expresses himself daily, in terms, of temperature and haste, explaining the importing lived reheating these last decades. So, the results show that the region is characterized by a "hot" thermoclimate, expressed by all the energy parameters (rise of the fraction of sunstroke and the temperature) and a "dry" ombroclimate.

© 2017 The Authors. Published by Elsevier Ltd.

Peer-review under responsibility of the Euro-Mediterranean Institute for Sustainable Development (EUMISD).

Keywords: : Regional climate ; central northern Sahara ; NAO ; Warming ; Ouargla;

* Fatiha Hadjaidji-Benseghier. Tel.: Tel: +213 (0) 29 71 20 96; Fax: +213 (0) 29 71 26 97; Mob: +213 (0) 672 06 17 47
E-mail : hadjaidji_f@yahoo.fr; E-mail: h.fatiha@ouargla-univ.dz

1876-6102 © 2017 The Authors. Published by Elsevier Ltd.

Peer-review under responsibility of the Euro-Mediterranean Institute for Sustainable Development (EUMISD).
10.1016/j.egypro.2017.07.138

1. Introduction

The global climate change, such as the one that the Man artificially caused, since a few decades, had, have and will have direct consequences on the environment (especially on the biodiversity). Nevertheless, these consequences differ appreciably according to the considered geographical area: the impact of the climate and its variability on the biodiversity depends confidentially on the spatial scale in which we reason, and any generalization ignoring this dependence takes the risk of leading in of annoying against sense [1]. The ecosystems and the Mediterranean societies are the most threatened by this announced evolution, of the climate [2]. Indeed, according to the experts, on the horizon 2020, Algeria will undergo a reduction in the precipitation about 5 in 13 % with a rise of the temperatures between 0, 6 and 1, 1 °C. [3].

Algerian Sahara was the object that of very few works concerning the climatic characterization. Indeed, since the famous work of [4 and 5], on the climate of the Sahara, some works followed, of whom [6, 7, 8, 9, 10 and 11].

For [4], Sahara is submitted to a group of rather different climates, although having common essential characters. These are subdivided in their turn, according to the attitudinal situation, the degree of continental character, the neighborhood in the Mediterranean climate region or in that of Sudan. However, if we do not want to risk to generalize characteristics which are appropriate to a region only for a region, this climatic diversity imposes to widen its study to the whole country and especially from the Atlantic Ocean to Red Sea [4].

At present, recent studies indicate modifications, at the level of the climate [12] and of the Mediterranean envelope [13]. Also, assertions noting that the distribution of the climatic zones on the globe, attitudinal in its largest part is only a passing state [14]. It is thus essential, to augur for our future, of understanding the mechanisms which govern climate change affecting Sahara.

But more particularly, the study aims at characterizing the Sahara climate at a bigger scale otherwise-said, precision as for the current climate (evolution) which reigns, at the level of the study area.

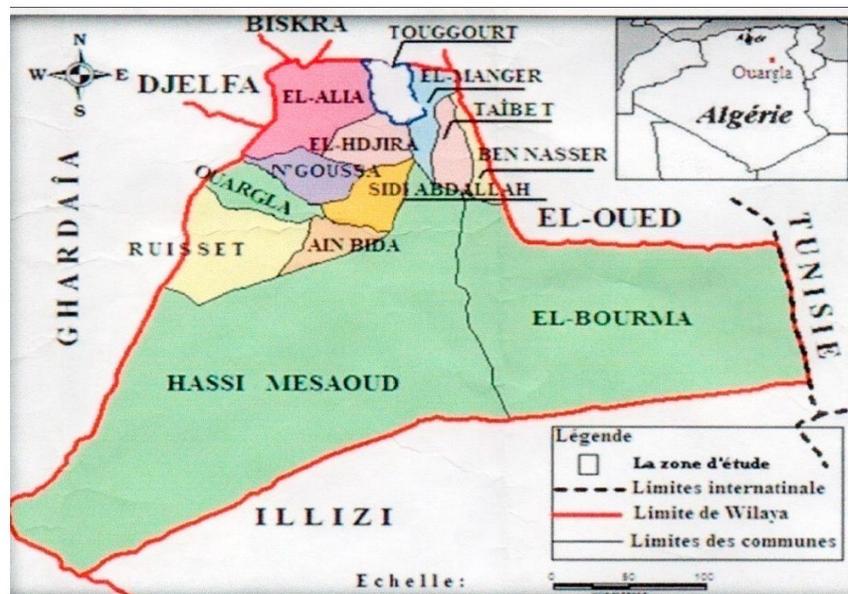


Fig.1. Position of the study area

2. Methodology

2.1. Description of the studied area

Central northern Sahara which is between the longitudes is 0° (Saoura) and 15° (Fezzan), it spreads out on a distance E-W of 1 500 km [7]. It is in this one where the zone of study "Ouargla" is located. Indeed, it is between the longitudes is 4° and $6^\circ 04'$ (Fig. 1). With a height which revolves around 157 m.

2.2. Dynamic aspect

The dynamic prospect overcome the deficiency of the descriptive approach (excluding from the genetic criteria of the climatic elements, but remain static and separative method), which turns out an essential prerequisite, for the climatic analysis. For this approach, and for lack of ways, we were forced to proceed to compilations of previous results [15], [16], [5], [17], [18] and recent [12], [19], [14]. To encircle better the climatic mechanisms characterizing the region of study.

2.3. Static aspect

The climatic parameters studied over the period spreading out between 1978-2015 [20], are (i) most recommended [5, 21 and 22] for such a study and especially (ii) dictated by the conditions of the Sahara. So, we focused on first group energy values which include those of the sun rays (sunstroke), the fraction of sunstroke and thermal (T , t_{min} , t_{max} , m , M , A and A_{max}) allowing to express the thermoclimat. The second including all the ombrics values to characterize the ombroclimat through the rainfall, the relative humidity and the evaporation (E). The arithmetic analysis has allowed to characterize them.

3. Results and discussion

3.1. Dynamic approach

As, the region of Ouargla, is situated in the dry subtropics, it is under the anticyclonic lid. Therefore, her climate depends on the subtropical anticyclonic system (Fig. 2). It is connected with the category of the zonal deserts (Saharo-Arab group), caused by high pressures: anticyclonic subsidence of the nearby latitudes of the Tropic [5 and 17].

Also, the revision established in the geographic area of the Mediterranean climate envelope (*ECM*) [13] shows that the region of study is under this one (cf. Fig. 3), what clears up the importance of the Mediterranean influence. Thus, it would be rather about a complex climate. However, the climatic mechanisms which show themselves, can be apprehended only through the defined seasons. According to the position of the Jet, the distribution of the disturbances Vary:

In winter: the subtropical anticyclone leans then on the ground; of more low-pressure appear on the Mediterranean Sea what favors the passage of disturbance pluvio-storm on the Mediterranean Sea and the bordering regions;

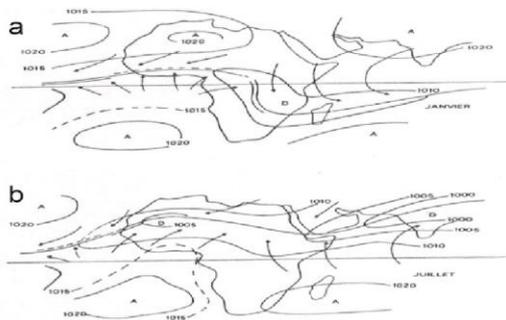


Fig. 2. Distribution averages pressures in Africa (a) in January (b) in July

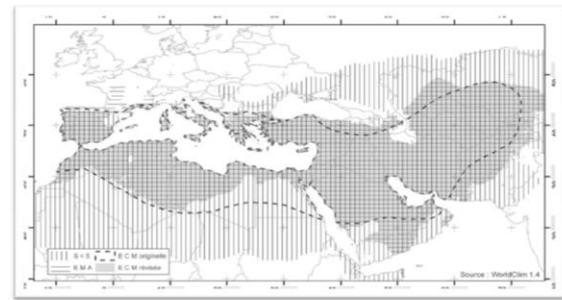


Fig. 3. Original and revised Mediterranean Climate Envelop (MCE) according to Daget (1977). The original MCE corresponds to the boundaries of Daget calculated in 1977.

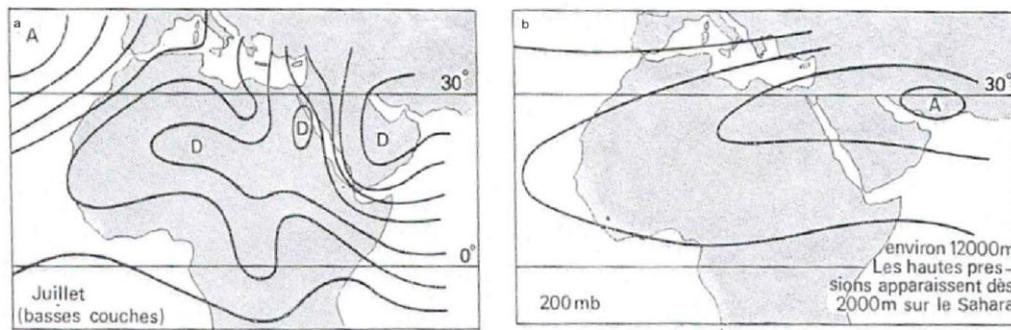


Fig. 4. Pressure Saharo-Arabique in summer: (a) lower atmosphere; (b) at high altitude.

In summer: the Jet occupies a more northern position (Southern Europe and the North of the Mediterranean Basin). The anticyclonic hot crest (of the Açores) of height occupies the Sahara-Arabian space and overflows on the Mediterranean Sea so establishing a barrier in any unstable polar infiltration. Below this anticyclonic device, in the low layers appears of thermal low pressures. This phenomenon has for consequence a hot, dry and generally rather stable weather characterizing northern Sahara, region of study, in this particular case (Fig. 4).

3.2. Climatic Evolution

It seems that the climate change is guided by a redistribution of mass in the atmosphere between both main actors of weather reports: the anticyclone of the Açores and the depression of Iceland [12]. It is connected to the North-Atlantic oscillation (NAO for North Atlantic Oscillation), who quantifies the fluctuations in pressure between these two centers of action (Hurrell, on 2003 in [12]). We speak about the positive phase of the oscillation North-Atlantic (NAO+) when both centers of action are simultaneously intensified and of negative phase (NAO-) when they are simultaneously weakened. In literature [12], it was also noted that since the 1980 the observed climate change is understandable by the repetition (rehearsal) of the regime NAO+, that is preferentially excited. This regime was characterized, in term of temperature, by planning an increase ($> \ln 3^{\circ}\text{C}$.) before 50 years [8], of haste and the storm, so explaining the important reheating of these last decades (especially from Europe to Asia). By the digital modeling, the role of the ocean in the case of the region NAO, especially the role of the tropical Atlantic pond was highlighted. Anomalies of temperature of the surface of the cold sea were brought reported by the same authors. The figure 5 summarizes in broad outline the impacts of the NAO for its two phases. This is going to be cleared up partially by values registered in the region of study (cf. 3.3.).

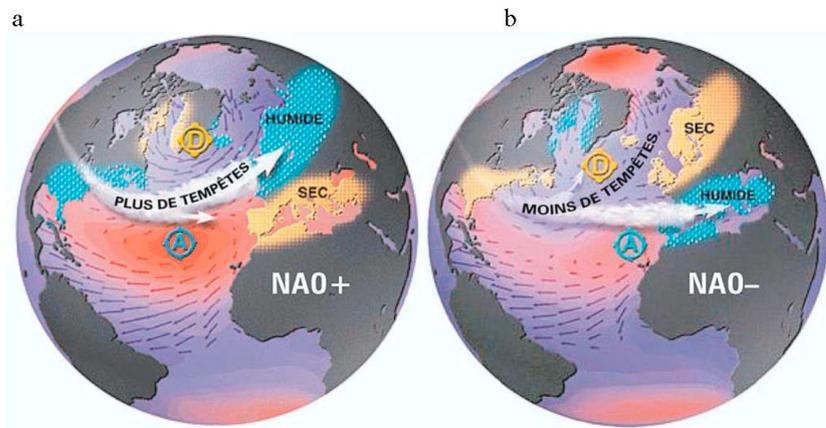


Fig. 5. Recapitulative plan of the impacts associated to both phases of the north-Atlantic oscillation (NAO): (a) Positive phase; (b) Negative phase.

3.3. Static approach

3.3.1. Thermoclimate

3.3.1.1. Duration of sunstroke

Its annual variation is of Mediterranean type (in maxima summer), a fraction of high sunstroke ($f_i = 68.68\%$) giving evidence that the Ouargla region is sunny (Table 1 and Fig. 2).

Table 1. Sunstroke monthly averages, annual and fraction of sunstroke of the region of Ouargla

Parameter Station	Im m (h/m)		Im a (h/an)	f_i (%)
	Décember	August		
Ouargla	188, 95	270, 69	2747, 27	68.68

Imm: monthly average Sunstroke; *Ima*: annual average Sunstroke; *fi*: fraction of sunstroke

3.3.1.2. Temperatures

- *Average Temperatures (°C.) Of the Ouargla region*

We deduct that the monthly average temperatures of the summer are hot. July is the hottest with 35. 12 °C. for t_{max} and 43.27 °C. for M . But, the most low (weakest) values of the monthly average temperatures are registered in december with 11.36 °C. for t_{min} and 4. 92 °C. but in January for m (Table 2).

- *Annual average Temperature (T)*

With T equal at 24.1°C., the Ouargla region possesses a "hot" thermoclimate (21 à 26) [23]. This one among the highest compared with those noted in the Libyan Kufra-East and in Ain Salah with respectively 23.9 °C. and 25° 4 °C. In fact, it is the characteristic of the dry subtropical latitudes [17]. For their examination, we drew up the table 2 and fig. 3. Besides, in the present study, we note an increase about 1.9 °C. compared what is noted in literature [8], or 22. 2 °C. (Table 2).

- Annual extreme thermal Amplitude "A max":

Also, we register an increase of the annual extreme thermal amplitude "A max", or 0.35 °C. Relative to that determined by Ouargla [8] (Table 2).

Table 2. Comparison of the average temperatures (T °C), difference (ΔT °C), A_{max} and ΔA_{max} in the region of Ouargla and in Sahara with the works of [8] and 24]

Values of T	T (°C.)		ΔT (°C.)		A max		ΔA max
Auteurs	Le Houèrou (1995)	Present study	Roselt (OSS) (2007)	Present study	Le Houèrou (1995)	Present study	Present study
Ouargla	22. 2°	24.1°		1.9 ° ↑	38	38.35	0.35° ↑
Sahara							
0.6°- 0.74°↑							

T: Annual average temperature (°C); ΔT : difference of T; A_{max} : annual extreme thermal Amplitude; ΔA_{max} : difference of A max.

What precedes, it emerges the following characteristics: a "hot" thermoclimate with an annual variation of the sunstroke of the type Mediterranean (in maxima summer), a fraction of high sunstroke ($f_i = 68.68$ %) (Table 1) giving evidence that the region of Ouargla is brightened up and a rise of the annual average temperature about 1.9 ° C. as well as a rather high annual average thermal amplitude of the order 38.35 °C. (Fig. 6 and 7).

3.3.2. Ombroclimate

3.3.2.1. Relative humidity

On a big part of Sahara, the relative humidity (Hr) is lower than 50 % [17] but than northern Sahara, is superior to 35 even 40 % [8]. At Ouargla, it varies appreciably through the seasons of the year (Fig. 8). Indeed, in the summer, it can fall (flop) until 17. 96 % in July under the influence of a strong evaporation due to the hot winds such as the sirocco. Contrary to the winter season where it can rise above 50 %, that is 57. 89 % in december without ever exceeding 60 %. At the level of Ouargla region, the registered values are understandable by the "drought" of encircle subtropical such reported by [19], in approximately of the latitude 30° the North. Indeed, she is particularly low on average all year round that is 35.70 %.

3.3.2.2. Rainfall

The annual average is equal to 40.07 mm (Fig. 4). But, we register a light rise to that noted in bibliography [8], or 40 mm.

Table 3. Pluviometric data of the region of Ouargla

Parameters Station	P<30	P>100	Pmin	Pmax	NPJ	P (mm)
Ouargla	12	00	0.02	14.97	18.55	40.07

P: Annual average rainfall; NPJ: average number of rainy days; P> 100: month number the average rainfall of which is > 100 mm; P<30: month number the average rainfall of which is 30; Pmin: value of the monthly precipitation the lowest(weakest); Pmax: value of the monthly precipitation the strongest.

These values suggest the following observations. So, we note that twelve months of the year register averages below at 30 mm ($P < 30$). This qualifies them in dry months in the sense of Köppen (1918) in [22] while months wet ($P > 100$) are totally absent. The monthly average accumulations of the rainfall oscillate between a maximal value (P_{max}) equal to 14. 97 mm and that minimal (P_{min}) not exceeding 0.02 mm. Generally, our result is predictable

because according to a good many of the authors [5], [25] and [26], deserts have a strong deficit of the precipitation. For northern Sahara, they oscillate between 35 and 180 mm [25], 100 and 25 mm [26, 27] and 70 mm [24]. These intervals show that the zone of study is a part of it (Fig. 9).

3.3.2.3. Evaporation

The results are in the table 4.

Table 4. Evaporation averages of the region of Ouargla

Parameters Station	E_{min} (mm)	E_{max} (mm)	E_a (mm)	E_{an} (mm)
Ouargla	54.35	417.49	363.14	2572.33

E_{min} : Minimal monthly average evaporation; E_{max} : maximal monthly Evaporation; E_a : annual average amplitude of the evaporation and E_{an} : annual average Evaporation

Off the table 4, at the level of the Ouargla region, the annual evaporation (E_{an}) achieves 2572.33 mm. And as everywhere in the dry zone, the evaporation is always more important on surface naked then under a plant place setting, especially in summer. Effectively, the maximum transcribed in July is 417.49 mm (E_{max}) because of the high temperatures. It comes down to 54.35 mm (E_{min}), in winter. But, in the Sahara, it is modest, during the periods of the year when the air temperature is the lowest and the strongest relative humidity [4]. So, its evolution at the level of the Ouargla region preserve the same look as those of the thermoclimatics factors (Fig. 10). That is, we notice a proportionality with the sunstroke and the temperatures where the maximum is always in summer, see Fig. 6 and 7. The annual average amplitude of the evaporation (E_a) is equal to 363.14 mm.

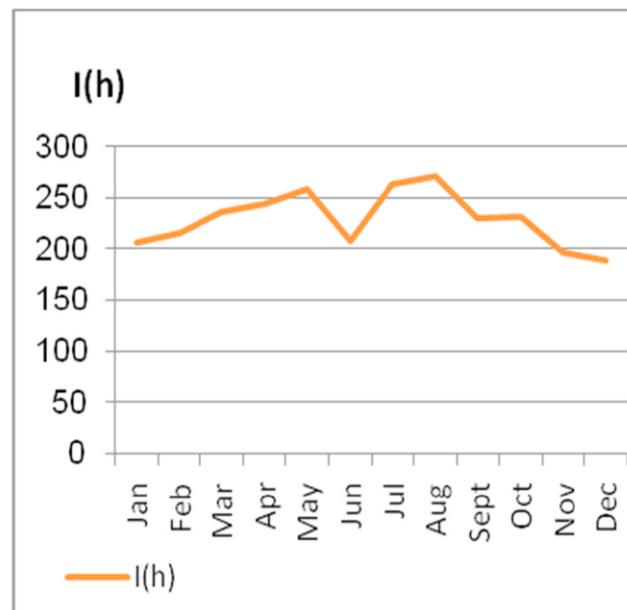


Fig. 6: monthly Variation of Sunstroke (in hours) in the Ouargla region

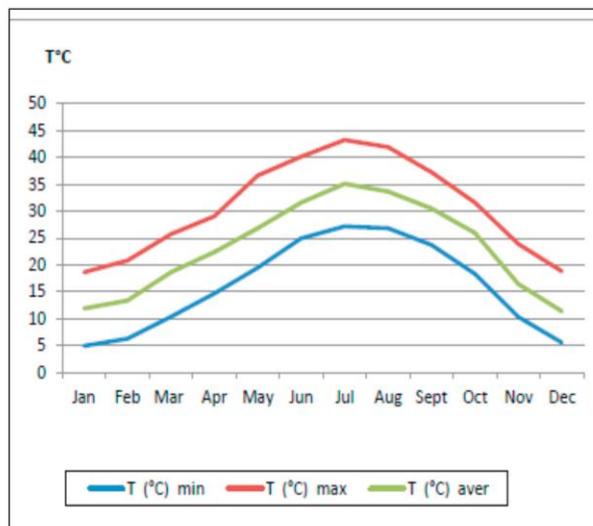


Fig. 7: Monthly variation of the temperatures of the Ouargla region

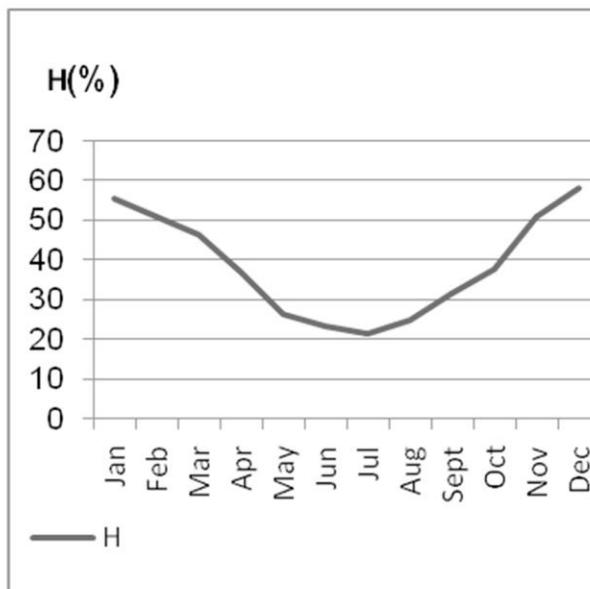


Fig. 8: Monthly variation of relative humidity (in %) of the Ouargla region.

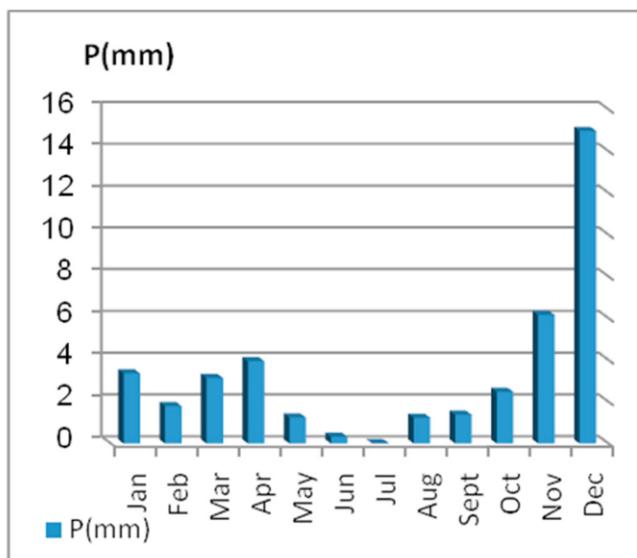


Fig. 9: Monthly variation of precipitations (in mm) of the Ouargla region.

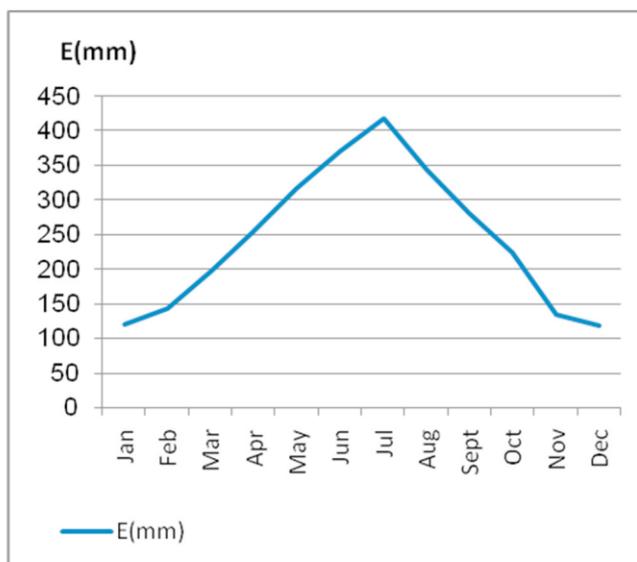


Fig. 10: Monthly variation of Evaporation (in mm) of the Ouargla region

We explain this by the increase of the oil exploitation in the zone of study (enrichment of the environment by the GES: *greenhouse gas*) with the explosion of the urban fabric which does not answer the concerns of the population. So, he was underlined that the global warming is bound to the increase of the concentrations of the GES (use of fossil fuels) [29]. In the bibliography, the average temperature passed of 0.6 ° in 2001 to 0.74°C. [24] With the activity of NAO + aroused, thus this thermal state is justified. To note that the annual average temperatures have a considerable influence on the aridity of the climate, according to various authors among which [24]. Probably the accentuation of the aridity in the zone of study is a consequence.

Conclusion

As a conclusion, it is advisable to note that the combination of the complementary, dynamic and static approaches has allowed to characterize better the climate of the Ouargla region. The latter depends on the

subtropical anticyclonic system. So, it undergoes the anticyclonic subsidence of the nearby latitudes of the tropics and jointly the Mediterranean influence is important. Thus, it is about a named complex climate: méditerranéo-Saharan. Where, we record, a "hot" thermoclimate, expressed by the set of the energy parameters: rise of the fraction of sunstroke and especially that of the temperature with + 1.9 °C..Through this one, the global warming appears well an obvious fact. Proof of the scale of the anthropogenic action which seems to be consequent in the zone of study. This thermal state contributes probably to the frequency of the regime NAO +. So explaining the reheating lived these last decades. In contrast, we note an ombroclimate characterized by the low ombrics values (relative humidity and annual rainfall). In addition, enormous losses regarding evaporation (2572.33 mm /year.) which regime is Mediterranean. Perspectives are opened in this way because we consider this study as a contribution to the knowledge of the current climate of the region of Ouargla. It is the stage which must be followed by others, where we recommend it deepening on the dynamic aspects of the climate by focusing not only on the global warming, but also and especially, on all the components of the climate system in relationship, because after all, he cannot have a forward-looking vision without a retrospective knowledge there.

Acknowledgements

Thanks to Abdelali Fekih for his trust and its encouragements. One thank you everything special to Med Esegir Halimi, Slimane Boukhalfa and Lakhdar Boukhallat for their contribution to the realization of this article.

References

- [1] Escarguel G. Climat, adaptation, évolution et biodiversité. L'ADAPTATION. Responsabilité & Environnement; 2009. N° 56 Octobre.
- [2] Thiébault S. & Moatti JP. Le changement climatique en Méditerranée, pp. 23-28 in El Haité H. et El Yazami D. - La Méditerranée face au changement climatique, Etat des lieux de la recherche. Institut De Recherche Pour Le Développement IRD Éditions, Marseille; 2016. p. 137.
- [3] Nichane M. et Khelil M.A. Changements climatiques et ressources en eau en Algérie: vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. Algerian journal of arid environment. 2015; Vol. 5, n°1, Juin : 56-62.
- [4] Dubief J. Le climat du Sahara. Tome I. Mémoire (hors série). Université d'Alger Institut de recherché sahariennes. Alger; 1959. p. 312.
- [5] Dubief J. Le climat du Sahara. Tome II. L'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie, Alger; 1963. p. 275.
- [6] Quézel P. Analysis of the flora mediterranean and Sahara Africa. Ann. Missouri Bot. Gard., 1978; 65, 479-534.
- [7] Le Houèrou H.N. Définition et limites bioclimatique du Sahara ; sécheresse; 1990. p. 246-259.
- [8] Le Houèrou H.N. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Options méditerranéennes. Série B : Etude et recherche (10), CIHEAM, Montpellier; 1995. p. 396.
- [9] Monod T. Du désert. Sécheresse; 1992. 3 (1), p. 7-24.
- [10] O.N.M. Donnée climatiques d'Ouargla; 1990.
- [11] Hirche A., Boughanie A. & Salamani M. Evolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. Sécheresse; 2007. 18 (4): 314-320.
- [12] Cassou C. Du changement climatique aux régimes de temps: l'oscillation nord-atlantique. La météorologie; 2004. n° 45: 21-32.
- [13] Roumieux C., Raccasi G., Franquet E., Sandoz A., Torre F. Et Metge G. Actualisation des limites de l'aire du bioclimat méditerranéen selon les critères de Daget (1977). *Ecologia mediterranea*; 2010. Vol. 36 (2): 17-24.
- [14] Petit-Maire N. Promenade archéologique. Petit-Maire N. Sahara: Les grands changements climatiques naturels. Ed. Errance; 2012. p. 185.
- [15] Capot-Rey R. Études récentes sur le climat de l'Afrique du nord et du Sahara. In: Annales de Géographie, t. 55, n°297; 1946. p. 39-48.
- [16] Capot-Rey R. Les limites du Sahara français. Ed. Inst. Rech. Sah., Alger. Tome VIII; 1952. p. 23-47.
- [17] Pagny, P. Les climats de la terre. Ed. Masson, Paris; 1976. p. 140.
- [18] Nabli M.A. Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes. Le milieu physique et la végétation, Ecologie végétale appliquée. Flore et végétation volume 5 & 6 Fac. Sc. Tunis ed. UNESCO- MAB; 1995.
- [19] Godard A. et Tabeaud M. Les climats Mécanismes, variabilités, répartition. 4^e édition: ramand colin, Paris;

2009. p. 217.
- [20] O.N.M. Office Nationale Météorologique : les données climatiques d’Ouargla. 2016.
- [21] Daget P., Ahdali L. & David P. Le bioclimat méditerranéen et ses modalités dans les pays arabes. *Biocénoses*; 1988. 3. (1- 2): 73-107.
- [22] Meddour R. - Bioclimatologie, Phytogéographie et phytosociologie en Algérie, exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie djurdjurienne. Thèse, Doc. Etat, SC. Agro. Univ. Mouloud Maameri, Tizi Ouzou; 2010. p. 398.
- [23] Rivas-Martinez S. Global bioclimatic system. Centro d'Investigaciones Filiosociológicas. www.globalbioclimtics.org; 1996-2009.
- [24] Roselt / OSS. Des indicateurs régionaux pour évaluer les changements environnementaux en Afrique du Nord. Lettre d’information, 4, Tunis, www.unesco.org/oss; 2007.
- [25] Ozenda P. Flore du Sahara septentrional. Ed. , Centre. National. Recherche Scientifique. Paris; 1977. p. 622.
- [26] Ramade F. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Paris: Dunod; 2008. p. 726.
- [27] Emberger L. Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot. Fac. Sci. Montpellier*; 1955. 7: 3-43.
- [28] Le Floch E. Les écosystèmes des zones arides du Nord de l’Afrique: Orientations pour l’établissement d’un réseau de réserves de biosphère, UNESCO-MAB; 1991. p. 490-506.
- [29] GIEC. Partie 2 : impact, adaptation et vulnérabilité. <http://leclimatchange.fr/impact-adaptation-vulnerabilite>; 2014.

Annexe 3

Contribution to the study of the zonal variation of the climate aridity in central northern Sahara (Algeria)

Fatiha Benseghier-Hadjaidji, Nadjib Talbi, and Arezki Derridj

Citation: *AIP Conference Proceedings* **1968**, 030066 (2018); doi: 10.1063/1.5039253

View online: <https://doi.org/10.1063/1.5039253>

View Table of Contents: <http://aip.scitation.org/toc/apc/1968/1>

Published by the *American Institute of Physics*

Contribution to the study of the zonal variation of the climate aridity in central northern Sahara (Algeria)

Fatiha Benseghier-Hadjaidji ^{a) 1}, Nadjib Talbi ^{b) 2}, and Arezki Derridj ^{c) 3},

¹ *Laboratory of Saharan bioresources, Department of the agronomic sciences, Faculty of the sciences of the nature and life, University of Kasdi Merbah, Ouargla, Algeria.*

² *Nationale service of Southeast Meteorology, Ouargla, Algeria*

³ *Faculty of the biological and agronomic sciences, Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algeria*

^{a)} hadjaidji_f@yahoo.fr

^{b)} talbis_clim_se@yahoo.fr

^{c)} aderidj@yahoo.fr

Abstract. The environment degradation at the level of all its compartments which we notice at present, calls us to the risks that it would underestimate the climatic and consequently bioclimatic crisis there, in the North as in the South of the Mediterranean region. To protect the environment is not a luxury. In this respect, we wondered about the zonal variation of the climate aridity at the level of three bordering climatic stations: El-Oued, Touggourt and Ouargla. These are distant from 160 km on average some of the others. For that purpose, we based ourselves on the statistical tool the software "instat +" for the estimation of the ETP (PM) and afterward the determination of the pluvio-evapotranspiration " quotient P/ETP ". For this analysis, the climatic data spread out over a period of 20 years. The results allowed to specify the aridity degree of the studied zone. So, they reveal a mitigation of the aridity of the climate in Touggourt and El-Oued while the hyper-aridity distinguishes well the Ouargla region. This approach contributes to a better knowledge of the dry ecosystems. This is important to indicate it to turn better in the eremologic search later.

Keywords : Zonal variation - Aridity- Degree - Environment- Central northern Sahara- Algeria.

INTRODUCTION

The expression of the various types of deserts (absolved, limited, semi-desert, desert steppe), represent a scale which is translated by the aridity degrees. This one corresponds to physiognomic notions (vegetation types) accentuating the climate-vegetation relation [1 and 2] with the other environment compartments [3].

In Algerian Sahara, there is a biodiversity above suspicion, but weakened by the bioclimatic conditions and the increase of the anthropogenic action (the anarchy collection, the pollution and the tourism ... etc.) [4]. Indeed, ecological problems of order were indicated in central northern Sahara (Ghardaïa) [5]. Thus the environment degradation is a reality in the North as in the South of the Mediterranean region [6] then in Sahara [7, 8 & 9]. This has to lead to deepen more on the evaluation of the contemporary climatic crisis [6].

Before attempts were envisaged to define objectively, even numerically, the various desert expressions. However, an ecoclimatic classification is depending on concrete and not arbitrary data, without prejudice [10].

By traversing, the central northern Sahara ecosystems, we notice that their homogeneity is similar hide in reality a big heterogeneousness in detail. This one cannot be explained by one or two climatic and \ or ecological factors [11, 12 and 13]. This is the way authors [10] to know opted for an integrated classification basing itself on more or less correlated criteria.

To answer for this objective, the potential evapotranspiration "ETP " was retained because it's about an important factor of the ground cycle of the water. And according [14 and 15] it is the indicator of the optimal development of the vegetation. Also, it plays a major role for the evaluation of the region climatic capacities.

Only, climate change suggests that the estimation of the ETP in intended is dependent on climatic scenarios because, the validity of the current configurations will not be guaranteed anymore. Consequently, four aspects must be considered. They are i) the increase of the temperature ; ii) the reduction in the humidity of the air ; iii) a potential modification of the diet of the brilliance; iv) the effects of the increase of the CO_2 concentrations in the atmosphere, which allow a more effective use of the water by plants. So, the equation of Penman-Monteith "PM" and that developed by the *FAO56* can take into account with no problem at all these factors.

Indeed, the integration of the ETP in the quotient "P/ETP" has allowed discerning the bioclimatic limits of aridity [10 and 16].

In bibliography, Sahara is considered as an ecoclimatic unity to which belongs central northern Sahara. But in view of the current climatic context exactly the global warming and its impact on the environment [17, 18 and 8] ; can we wonder about the zonal variation of the climate aridity, at the level of a geographical portion of central northern Sahara ?

METHODOLOGY

Natural environment

The study zone is situated in the central northern Sahara (Algeria), exactly between the East longitudes ($5^{\circ} 24'$ and $06^{\circ} 47'$) and the North latitudes ($31^{\circ} 56'$ and $33^{\circ} 30'$). Our choice is concerned three (03) climate stations. It's about of El-Oued, Touggourt and Ouargla. These are distant from 160 km on average some of the others, that is a cover of 150 Km^2 approximately by station. As for the altitudes, they increase between 63 and 142 m [19] (Figure 1.).



Figure 1. Position of the study area

Analyzed climatic parameters

This analysis concerned the essential climatic factors for our approach. To escape the discontinuity of the climatic data characterizing the Saharan stations, we spread the study over a period going from 1991 till 2017, which is 27 years [20]. Indeed, than taken into account climatic data, are the annual average precipitation "P", the minimal average temperature of the coldest month "m" and the maximal average temperature of the hottest month "M". And

the addition of the relative humidity "h", the sunstroke "I" in the thermal extremes, has led us to the evapotranspiration "ETP".

The study of the ETP bases itself on the method of Penman-Monteith "PM" which is today still base (basis) of the simulations of the process of evapotranspiration as well as the method developed by [21 and 15] or reference evapotranspiration "ET₀" (FAO56). Its possibilities of application as well as its reliability as for its substitution in the ETP were studied among whom. The concept on which it rests it's that, it's relative to plant place setting saturated with water, what allows making comparisons normalized between the measures in various sites.

So, the estimation of ET (o) following the approach to Penman-Monteith (PM) and the form of FAO56 which results from it, spells as continuation:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_f)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

For the daily values, the equation **ET (o)** represent the evapotranspiration of the reference culture [mm j (1)], R (n) the net radiation on the surface of the culture [MJ m (2) j (-1)], G the flow of heat in the ground [MJ m (2) j (-1)], T the average temperature [°C], U (2) the speed of wind measured in 2 m [m (-1)], [e (a) - e (d)] the deficit of steam pressure [kPa], D the slope of the curve of steam pressure [°kPa C (-1)], g the psychrometric constant [°kPa C (-1)], 900 the conversion factor.

Practically, his determination in the present work resorted to the instat software + for the data processing of these parameters. The reserved approach is lit below :

- Calculation of the deficit of steam pressure [e (a) - e (d)] : from the tables, we "have e (a) : saturating steam pressure; e (d) : real steam pressure ;
- Determination of the available energy (Rn - G) : For that purpose, we need the values of sun rays over the atmosphere (R (a)) and of the duration of day (N). These depend only on the latitude, the day and of the year. From tables (or by calculation) ;
- Calculation of the other required values : to know D (slope of curve saturated by steam pressure in this temperature), we resorted to the tables where D = 0.226 kPa C (-1) ;
- By substituting these values in the equation FAO56, we obtained the evapotranspiration **ET (o)**.

Finally, once the reference evapotranspiration is known, we were able to calculate the real evapotranspiration (ETr) : ETr = Kc. Ks. ET₀ ; where ETP such named in the present study.

Kc and Ks are respectively the coefficients of stress and cultural. These two coefficients depend on present vegetables in the ground, on their height, on their density ... etc.

Quotient pluvio-evapotranspiration " P / ETP "

To study the aridity degree closely, we applied the quotient pluvio-evapotranspiration. This quotient seems the most indicated among the climatic criteria because it is the most just, most rational and the most efficient [22]. The value of the quotient pluvio-evapotranspiration obtains by the report of P : the annual average rainfall on the ETP : the evapotranspiration [10 and 23]. By means of the software instat +, the quotient P / ETP was determined for 3 regions of central northern Sahara.

RESULTS AND DISCUSSION

Low annual average rainfall

In this zone of central northern Sahara, the pluviometry is inversely proportional to the altitude but its distribution is rather to zonal character. So, it's relatively more plentiful to El-Oued (63m) with 67.47mm, followed by that of Touggourt (87m) with 63.2 mm and to Ouargla (142m) with 40.7mm. Globally, the analysis of the precipitation "**Figure 1.**", indicates to us a weakness of the precipitation in the study zone. However, we notice an interannual variation at the level of 3 studied sites. For the period of study (from 1991 at 2017), annual heights declined to achieve their more low height in 2012 in the regions of El-Oued and Touggourt with 22.9 mm and 18.4

mm respectively. On the other hand, they reach their maximum in 2009 with 193 mm El-Oued who exceeds the maximum registered (180 mm) on northern Sahara [24]. Then, in 2004 Touggourt knew a maximum equal to 161.8 mm. But for Ouargla, the values are lower and go of 5.9 mm in 2002 to 101.7 in 1991.

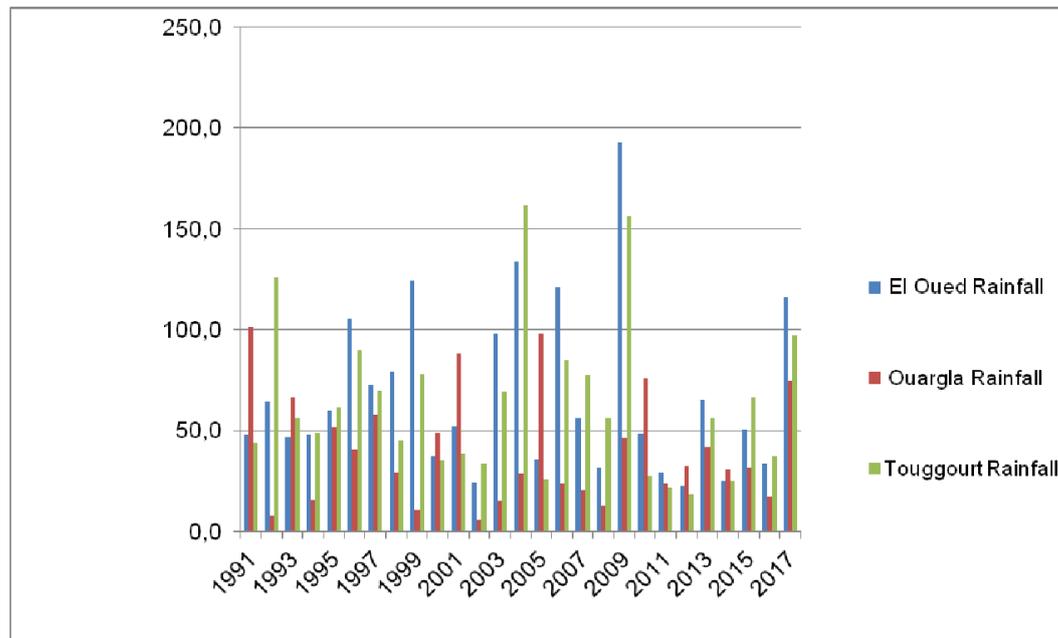


Figure 2. Interannual variations of the annual average rainfall

Strong Evapotranspiration

The study of this factor, informs us about its importance at the level of the study zone which is a characteristic of deserts [10].

The results so determined of this phenomenon show a look similar for 3 stations "**Figure 3.**" However, at the level of the Ouargla region, we register the highest values, especially since the year 2010. Where the maximum has been reached in 2014 with 2181.6. But for the regions of El-Oued and Touggourt, the values of the evapotranspiration are relatively close. However, we rise in 2012 the fall of this factor to El-Oued with 1222.2 for these 27 years. So, it is advisable to note that the interannual variation exists but it is less pronounced than that of the precipitation "**Figure 2.**". In fact, the evapotranspiration evolution is the same with the temperature and the evaporation, and this is also confirmed by our results. In Algerian Sahara, the water evaporated annually would be approximately from 3 to 5 meters according to localities that is a value infinitely stronger than quantity of water which falls on the ground during rains [25].

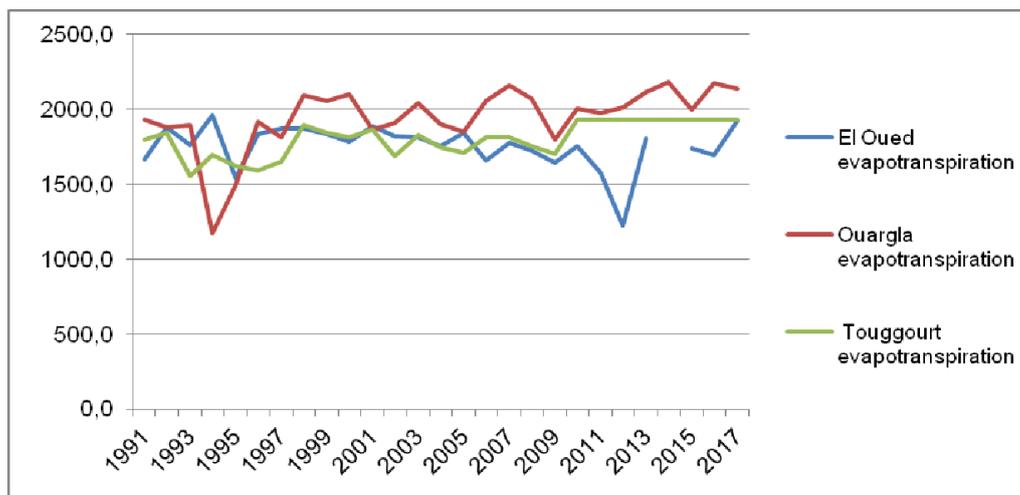


Figure 3. Comparison of the values of the evapotranspiration obtained from the study stations

Quotient pluvio-évapotranspiration " P P/ETP "

Relying on the software " instat + ", we were able to determine the pluvio-évapotranspiration (P / ETP) quotient [10, 16 and 10] and to establish the graph which is represented by the " **Figure 4.** ". So, the aridity degree was able to be specified for 3 regions in central northern Sahara. These are neighboring: El Oued, Touggourt and Ouargla. In spite of the spatial dimension which is restricted with regard to the surface of central northern Sahara, the results reveal a gradual variation between the studied regions. In spite of the spatial dimension studied, restricted compared to the surface of central northern Sahara, the results reveal a variation between the studied regions. Whatever this difference is relative.

Indeed, of this figure, teachings can be pulled from the " **Figure 4.** " ; it is the interannual variation which characterizes 3 curves obtained for 3 regions ; So, this comparison reveals a mitigation of the climate aridity, that is 0.03 arid 0.2 within the stations of Touggourt (0,037) and El-Oued (0.50). So, they are classified in the lower arid bioclimate " AI ". Contrary to the Ouargla region which shows the lowest value, that is 0. 013. Thus, it's endowed with a superior hyper-arid bioclimatic atmosphere " HS " (Table 1) [10].

As comparison with [10], the results relative to this coefficient reveal a variation between the climatic stations studied. It's lower than the noted to Ouargla (0.02), less than to that of Touggourt (0.04), but similar to that of El-Oued (0.05) (**Table 1**). Made, our result is lower than that obtained by[10], in particular for Ouargla. It was of the order of 0.02. Consequently, it was eremitical superior according to this author. Whatever globally, for him the hyper-dry zone which includes all northern and Western Sahara is classified according to this report between 0.03 and 0.06. Naturally our results do not follow. Than they were respectively, hyper-arid superior and hyper-dry inferior according to[10]. Naturally our results do not follow.

At present, the progress of the tool of statistical treatment " software instat + " allowed to characterize better the aridity degree in a zone where the environmental diversity is very remarkable.

The reason of this gap ecoclimatic (difference) should inform probably the period of study and especially the parameters of the pluviothermic conditions of this period : distribution and intensity.

Quantitatively, the variation of the precipitation is 40 against 40.7 mm [25 and 10]. What suits to the contemporary climatic lines : drought and accentuation of the aridity, strengthened by the frequency of the NAO +, at the level of the Mediterranean climatic region. What seems to be at the origin of the fluctuations in the indication P/ETP.

In addition, this study has allowed noticing closely the climatic zonal variation within an ecoclimatic zone as Sahara [10]. In summary, the precision being lacking in the previous works generally begun in average even small-scale, make that they lose in precision for such or such zone what it gains in generalization.

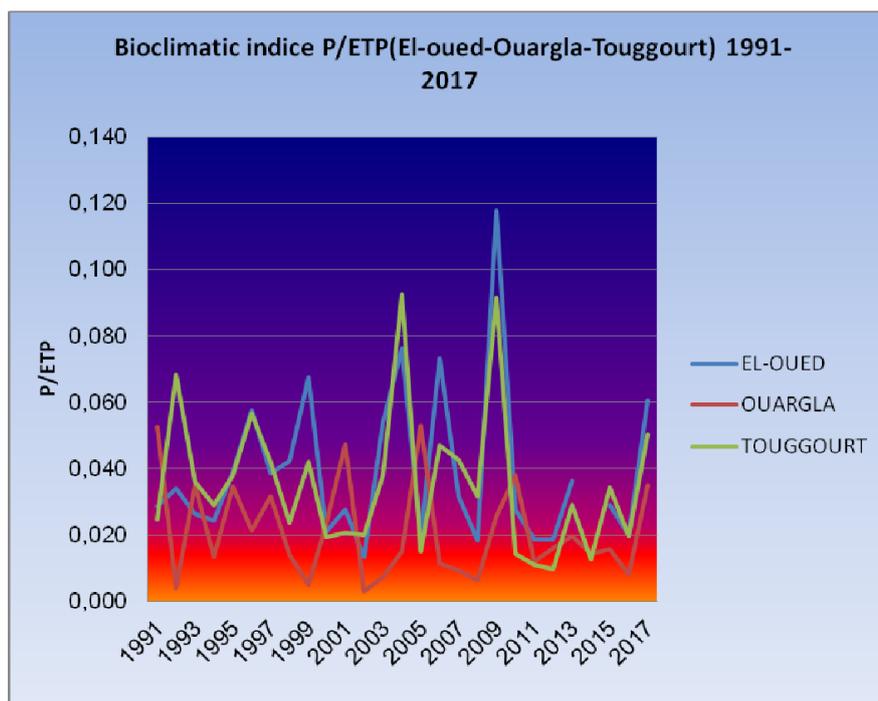


Figure 4. Comparison of the "P/ETP quotient" at the level of the studied stations

To compare our results with previous works, we made the **table 1**.

Table 1. Comparison of the annual data of the pluvio-evapotranspiration quotient " P / ETP " with [9]

bioclimatics Factors	P (mm)		ETP		P/ETP		Bioclimate	
Stations	Le Houèrou	Present study	Le Houèrou	Present study	Le Houèrou	Present study	Le Houèrou	Present study
			ETP (Penman)	ETP (PM)				
El-Oued	73	67.47	1600	1755.01	0,050	0,050	HAS	AI
Touggourt	58	76.04	1555	1802.70	0.04	0.037	HAS	AI
Ouargla	38	40.07	1634	1949.20	0.02	0.013	HAI	HS

In fact, the obtained results are lower than those noted by [10], for Touggourt and Ouargla but for El-Oued, we do not note difference (**Table 1**). Consequently, they were respectively, superior hyper-arid zone and inferior hyper-arid zone according to this author. Globally, for him the hyper-arid zone which includes all northern and Western

Sahara is classified according to this quotient between 0.03 and 0.06. Of course, our results do not follow especially for Ouargla (0.013). The reason of this gap ecoclimatic (difference) holds probably at the period of study, methodology of estimation of the ETP without losing in sight the pluviothermics conditions of this time : distribution and intensity.

Which corresponds at contemporary climatic characteristics : drought and accentuation of the aridity, strengthened by the frequency of NAO +, at the level of the Mediterranean climatic region [26 and 27] .What seems to be at the origin of the reduction of the P / ETP quotient.

CONCLUSION

The present investigation is focused on the study of the climate aridity degree at the level of three bordering climatic stations, in the central northern Sahara. In this context, the evaluation of the ETP (PM) and the P / ETP quotient was made by the software " instat + " which is more efficient for the data treatments. The results of the ETP are registering a rise and the determined values-thresholds of the « P/ETP » quotient allowed better understand the zonal variation of the climate aridity in the study area. So, we distinguish an increasing aridity between climatic stations, in the sense : El-Oued , Touggourt and Ouargla. But at the level of the latter, the impact of the global warming seems more obvious. However, it appears two ecoclimatic zones neighbouring, a zone with limited aridity (inferior) with contact of zone at accented aridity. This ecoclimatic diversity explains the ecosystem heterogeneity noticed at the level of the study zone. So, this precision in this scale of investigation is important because it contributes to a better knowledge of the environment of this Saharan space.

REFERENCES

1. L. Emberger, Rapport sur les régions arides et semi-arides de l'Afrique du Nord. U.N.E.S.C.O./NS/ITAZ/ 11/ Paris, 1950, le 28 avril ; pp. 12.
2. T. Monod, Du désert. Sécheresse ; 3 (1), 1992, p. 7-24.
3. Roselt / OSS., Fiches techniques pour la construction dans Roselt /OSS de quelques indicateurs écologiques et de la biodiversité végétale. Collection ROSELT/OSS. Contribution Technique n°14, 2004. P. 63.
4. S. Laouar, Etat de la biodiversité en Algérie. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme "MATET", Bureau des Sites et Paysages Naturels, (13/10/2016), P.10.
5. A. Senoussi et Y. Bensemaoune, Les parcours sahariens entre usage et enjeux! Cas de la région de Ghardaïa. Journal Algérien de l'Environnement Aride (JAEA). Vol. I, n° 1, Janvier 2011, pp. 37-49.
6. H. El Haïté, La Méditerranée face au changement climatique, État des lieux de la recherche. INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT « IRD » ÉDITIONS, Marseille, 2016. P.137.
7. A. Benguerai, Évolution du phénomène de désertification dans Le sud oranais (Algérie). Thèse de Doctorat. Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen ; 2011, p. 152.
8. Roselt / OSS., Des indicateurs régionaux pour évaluer les changements environnementaux en Afrique du Nord. Lettre d'information, 4, 2007a, Tunis, www.unesco.org/oss
9. Roselt / OSS., Adaptation aux changements climatiques et lutte contre la désertification\ OSS ; GTZ. Note introductive n° 1. OSS : Tunis, 2007b, 2ème édition. P. 28.
10. H.N. Le Houërrou, Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification, Options méditerranéennes, Série B : Etude et recherche (10), CIHEAM, Montpellier, 1995, p. 396.
11. P. Ozenda, Flore de Sahara (3e édition mise à jour et augmentée), Editions du CNRS, Paris, 1991, p. 662 + cartes.
12. H.N. Le Houërrou, Définition et limites bioclimatique du Sahara, sécheresse, 1990, p. 246-259.
13. P. Quezel, Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 2000, p. 109.
14. R. G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes & M. Smith, Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, 1998, p. 300.

15. P. Calanca & A. Holzkämper, Conditions agrométéorologiques du Plateau suisse de 1864 à 2050. Recherche Agronomique Suisse 1 (9), 2010, pp.320-325.
16. P. Calanca, P. Smith, A. Holzkämper et C. Ammann, L'évapotranspiration de référence et son application en agrométéorologie, Recherche Agronomique Suisse, 2 (4), 2011, pp.176-183.
17. F. Ramade, *Elément d'écologie fondamentale*. Ed. MC Graw- Hill Paris, 1984p
18. AN. Taïbi, M. El Hannani, J. Gassani, A. Ballouche, G. Moguedet, A. El Ghadi, et P. Ozer, "Aléas climatiques versus actions anthropiques dans le développement des processus de désertification" sur les marges sud et nord du Sahara. Interactions nature-société, analyse et modèles. UMR 6554 LETG, La Baule, 2006.
19. W. Thuiller, Climate change and the ecologist. *News & Views Q & A / Nature* vol. 448/ 2 August 2007.
20. M. Rouvillois-Brigol, *Le pays d'Ouargla (Sahara algérien)*, Ed, Département géographie, Paris, Sorbone, 1975, p. 390.
21. O.N.M., Office Nationale Météorologique : les données climatiques d'Ouargla, 2016.
22. H.N. Le Houërou, An-agrobioclimatic classification of arid and semi-arid lands in the isoclimatic Mediterranean zones. *Arid land research and management*, 2002/2004, 18-3016346.
23. T. Yahia Chherif, N. Ouadah A. Benkheira, *Nature vivante, Kit pédagogique sur l'environnement dans les zones arides. Guide Educatif pour l'Enseignant*. Ed. Altitude communication, 2007, p. 72.
24. F. Hadjaidji-Benseghier N. Talbi. et A. Derridj, Did the global warming confirm in central northern Sahara (case of the region of Ouargla)? *Energie Procedia* 119 (2017)852-862. Elsevier.
25. P. Ozend, *Flore du Sahara*, Ed. Centre. National. Recherche Scientifique. Paris, 2^{ème} édition, 1983, p.622.
26. F.A.O., *Rapport de consultation des Experts sur les Méthodologies de la FAO pour les besoins en eau des cultures* tenue au siège de la FAO. Rome, 1992, mai 1990.
27. C. Cassou, Du changement climatique aux régimes de temps : l'oscillation nord-atlantique. *La météorologie*; n° 45, 2004, pp.21-32.

Annexe 4

Planning d'échantillonnage

Trois campagnes d'échantillonnage floristique ont été réalisées au cours des 3 années 2007-2008 et 2014, comme inscrit dans le tableau 31.

Tableau 31. Planning des relevés dans les différents géosystèmes

Sites	Géosystèmes	Relevé 1	Relevé 2	Relevé 3	Relevé 4	Relevé 5	Relevé 6
S1	Chott Ain El Beida	19/03/07	05/04/07	02/03/08	02/03/08	03/03/14	02/04/14
S2	Reg Hassi Ben Abdellah	19/03/07	05/04/07	02/03/08	02/03/08	07/03/14	04/04/14
S3	Sebkha Sefioune	10/03/07	07/04/07	02/03/08	02/03/08	02/03/14	04/04/14
S4	Oued N' Sa	10/03/07	07/04/07	10/03/08	10/03/08	08/03/14	14/04/14
				04/03/08	04/03/08	04/03/14	01/04/14
S5	Erg Sidi Khouiled	11/03/07	01/04/07				
				07/03/08	07/03/08	06/03/14	03/04/14
S6	Hamada El Atchane	20/03/07	02/04/07				
S7	Daya El Remtha	20/03/07	02/04/07	21/03/08	02/04/08	-	-

Annexe 5 Catalogue floristique de la région d'Ouargla

Gymnospermes

Ordres	Familles	Espèces	Noms vernaculaires	Biotopes et répartition	Eléments floristiques	Types biologiques
Ephedrales	<i>Ephedraceae</i>	<i>Ephedra alata Decne.</i>	Alenda	S2, S4 et S7	Sah.-Sind.	Nph.

Angiospermes

Classes	Ordres	Familles	Espèces	Noms vernaculaires	Biotopes et répartition	Eléments floristiques	Types biologiques
MONOCOTYLEDONES	Asparagales Link	<i>Asparagaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Urginea noctiflora</i> Batt. & Trab. ≡ <i>Drimia noctiflora</i> (Batt. & Trab.) Stearn	Basl elfar, B'sis elfar, Towaleg	S2, S4, S6 et S7	Endém.	Géoph
		<i>Asphodelaceae</i> Juss., nom. cons. prop. (including Xanthorrhoeaceae Dumort., nom. cons.)	<i>Asphodelus</i> <i>refractus</i> Boiss.	Tazia	S2, S4, S6 et S7	Sah.-Médit.	Géoph
			<i>Asphodelus</i> <i>tenuifolius</i> Cav.	Tazia	S2, S4, S6 et S7	Médit.	Géoph
	Liliales Perleb	<i>Colchicaceae</i> DC., nom. cons.	<i>Androcymbium</i> <i>punctatum</i> (Cav.) Baker [nom. illeg.], ≡ <i>Melanthium</i> <i>punctatum</i> Cav. non	Elhayia welmayta	S2, S4 et S7	Sahar.-Médit.	Géoph
	Poales Small	<i>Cyperaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Cyperus</i> <i>conglomeratus</i> Rottb.	Saad	S4 et S5	Sah.-Sind	Hémic
		<i>Poaceae</i> Barnhart, nom. cons. (= <i>Gramineae</i> Juss., nom. cons.)	<i>Aeluropus</i> <i>littoralis</i> (Gouan) Parl.	Akrich	S4	Médit.	Viv Cryp.
			<i>Arundo donax</i> L.	Ksab	S3	Médit.	Nph.
			<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	n'djem, affer, guezmir, pied de poule	S4 et S7	Pluri.-Rég.	Viv Cryp.
			<i>Danthonia D.</i> <i>forskaliï</i> (Vahl) R. Br. ≡ <i>Centropodia</i> <i>forskaliï</i> (Vahl)	Elbechna, Elerrabia	S2 et S4	Sah.-Sind	Cry Vivace

POACEAE			Cope				
			<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch.	Diss	S1	Médit.	Géoph.
			<i>Phragmites communis</i> Trin., incl. in <i>P. australis</i> subsp. <i>altissima</i> (Benth.) Clayton	Gasba	S1 et S2	Pluri.-Rég.	Hém.
			<i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.	Dhaile elfare	S2 et S4	Pluri.-Rég.	Th
			<i>Schismus barbatus</i> (Loefl. ex L.) Thell.	Khafore	S2, S6 et S7	De liaison	Th
			<i>Stipagrostis acutiflora</i> (Trin. & Rupr.) De Winter	Assardoune	S2	Endém. Sah.	Hém.
			<i>Stipagrostis plumosa</i> (L.) Munro ex T. Anderson	N'sie	S4 et S6	Sah.-Sind.	Hém.
			<i>Stipagrostis obtusa</i> (Delile) Nees	Seliane	S4	Endém. Sah.	Hémc
			<i>Stipagrostis pungens</i> (Desf.) De Winter	Drinn/ D'rin	S2, S4 et S6, S7	Sah.-Sind.	Hémc
			<i>Stipagrostis ciliata</i> (Desf.) De Winter	Lehiet l'aroui	S4	Sahara(Arabi c)	Hémc
	<i>Apiales</i> Nakai	<i>Apiaceae</i> Lindl., nom. cons. (= Umbelliferae Juss., nom. cons.)	<i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss. & Durieu	Kamoune l'ibel / Oum drayga / Moudrayga	S4 et S7	End.Sah.	Th.
			<i>Daucus sahariensis</i> Murb.	Haska	S4	Sah.-sind.	Th
			<i>Ferula vesceritensis</i> Coss. & Durieu ex Batt.	Kalkha / Habet lehlaoua	S4	End. Nord afr.	Hémc.
			<i>Anthemis stiparum</i> Pomel	Arbiane	S2, S4 et S7	End.-Alger	Th.
			<i>Carduncellus duvauxii</i> Batt. ≡		S2 et S4	End.	Hémc.

S-H-O-C-D-C-E	Asterales Link	<p><i>Asteraceae</i> Bercht. & J.Presl, nom. cons. (=</p> <p>Compositae Giseke, nom. cons.)</p>	<i>Carthamus duvauxii</i> (Batt.) Prain				
			<i>Carduncellus eriocephalus</i> Boiss. ≡ <i>Carthamus eriocephalus</i> (Boiss.) Greuter	Guern el-Djedi	S2 et S4	Sah.-sind.	Ch.
			<i>Catananche arenaria</i> Coss. & Durieu	Kidam	S4	End. Nord afr.	Th.
			<i>Centaurea furfuracea</i> Coss. & Durieu	Merrir	S4 et S7	Médit. et Sah.-Sind.	Ch.
			<i>Chrysanthemum macrocarpum</i> (Sch. Bip.) Coss. & Kralik ex Batt. ≡ <i>Endopappus macrocarpus</i> Sch. Bip.	Bouchicha	S4	End.	Tn.
			<i>Cotula cinerea</i> Delile ≡ <i>Brocchia cinerea</i> (Delile) Vis.	Lagrtufa / Chouihya / Gartoufa	S2 et S4	Sah.-sind.	Th.
			<i>Ifloga spicata</i> (Forssk.) Sch. Bip.	Zouadet lekhrouf / Oum Rouisse	S2, S4 et S7	Sah.-sind.	Th.
			<i>Koelpinia linearis</i> Pall.	Chemlet lahnech	S4 et S7	Sah.-sind.	Th.
			<i>Launaea mucronata</i> (Forssk.) Muschl.	Adide	S4	End.	Th.
			<i>Launaea glomerata</i> Hook. f. [nom. illeg.], incl. in <i>L. capitata</i> (Spreng.) Dandy	Krichet arneb, Sbaa aaross .	S2, S4 et S6	Sah.-sind.	Th.
<i>Launaea resedifolia</i> auct. Afr. N., incl. in <i>Launaea fragilis</i> (Asso) Pau	Adayde	S4	Médit.	Th.			
<i>Perralderia coronopifolia</i> Coss.	Lahiet ettis	S4	Endém. Sah.	Ch.			

S-HOC-D-C-E			<i>Pulicaria crispa</i> (Forssk.) Benth. <i>ex Oliv., incl. in P. undulata</i> (L.) C.A. Mey.	Tanetfirt	S2, S4, S6 et S7	Sah.-sind	Ch.
			<i>Rhanterium adpressum</i> Coss. & Durieu	Arfage	S6 et S7	Endém. nord-afr.	Nph.
			<i>Stephanochilus omphalodes</i> (Benth. & Hook. f.) Coss., ≡ <i>Centaurea omphalodes</i> (Benth. & Hook.) Coss.		S4 et S7	Endém.	Th.
			<i>Spitzelia coronopifolia</i> (Desf.) Sch. Bip., incl. in <i>Picris asplenioides</i> L.	Rghime	S4 et S6	End.	Th.
	<i>Boraginales</i> Juss. ex Bercht. & J.Presl	<i>Boraginaceae</i> Juss., nom.	<i>Echium humile</i> Desf. ≡ <i>E. pycnanthum</i> <i>subsp. humile</i> (Desf.) Jahand. & Maire	Wacham	S4	End. nord-afr.	Th.
			<i>Megastoma pusillum</i> Bonnet & Barratte ≡ <i>Ogastemma pusillum</i> (Bonnet & Barratte) Brummitt	Dil el far	S4	Endém. Sah.	Th.
			<i>Moltkiopsis ciliata</i> (Forssk.) I.M. Johnst.	Elhalma /Anchal	S4	Sah.-arab	Ch.
	<i>Brassicales</i> Bromhead	<i>Brassicaceae</i> Burnett, nom. cons.	<i>Diplotaxis acris</i> (Forssk.) Boiss.	Azazga	S4	Sah.-sind	Th.
			<i>Farsetia stylosa</i> R. Br.		S4	Sah.-sind	Ch.
			<i>Malcolmia aegyptiaca</i> Spreng. ≡ <i>Eremobium aegyptiacum</i> (Spreng.) Hochr.	Habilia	S4 et S6	Sah.-sind	Ch.
			<i>Oudneya africana</i> auct. Afr. N. non R. Br., incl. in	Hannet libel / Ant al bair	S2, S6 et S7	End.	Ch.

			<i>Henophyton deserti</i> (Coss. & Durieu) Coss. & Durieu				
			<i>Savignya longistyla</i> Boiss. & Reut. ≡ <i>Savignya parviflora</i> subsp. <i>longistyla</i> (Boiss. & Reut.) Maire	Gougléne	S4, S6 et S7	Endém. Sah.	Th.
			<i>Savignya parviflora</i> (Delile) Webb		S4	Endém. Sah.	Th.
			<i>Zilla macroptera</i> Coss. ≡ <i>Zilla spinosa</i> subsp. <i>macroptera</i> (Coss.) Maire & Weiller		S2, S4, S6 et S7	Endém. algéro-maroc	Ch.
		<i>Capparaceae</i> Juss., nom. cons	<i>Capparis spinosa</i> L.	Kebbar	S4, S6 et S7	Médit. et Sah.-Sind.	Nph (terrain)
		<i>Cleomaceae</i> Bercht. & J.Presl	<i>Cleome arabica</i> auct. Afr. N. occid., incl. in <i>Cleome africana</i> Botsch.	Netail / Mekhinza	S4	End. Sah. Sept.	Ch.
		<i>Resedaceae</i> Martinov, nom. cons.	<i>Randonia africana</i> Coss.	Tagtag / Boukhlal	S2, S4, S5 et S6 S7	Sah.-sept.	Ch.
			<i>Agathophora alopecuroides</i> (Delile) Bunge		S6 et S7	Sah.-Sind	Nph..
			<i>Anabasis articulata</i> (Forssk.) Moq.	Baguel	S1, S3, S4 et S6 S7	Endém. Sah.	Ch.
			<i>Arthrocnemum glaucum</i> (Delile) Ung.-Sternb. [nom. illeg.], incl. in <i>A. macrostachyum</i> (Morice) K. Koch		S2	Pluri.-Rég.	Ch.
		<i>Amaranthaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin	Remt	S4, S6 et S7	Médit.	Ch.
			<i>Atriplex halimus</i> L.	Guelf	S3	Pluri.-Rég/	Nph.
			<i>Bassia muricata</i> (L.) Asch.	Guenouda ,Guenida	S2 et S4	Sah.-Sind	Ch.

S H O C - D C E	<i>Caryophyllales</i> Juss. ex Bercht. & J.Presl		<i>Cornulaca monacantha</i> Delile	Lhad / Had	S2, S5 et S7	Sah.-Sind	Ch.
			<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M. Bieb	Guerna , grina, barbite,H'ma dha, elghasal.	S1 et S2	Médit. & irano-tour.	Nph.
			<i>Salicornia fruticosa</i> (L.) L. ≡ <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott		S1, S3, S4, S6 et S7	Pluri.-Rég	Ch.
			<i>Salsola tetragona</i> Delile	Belbal	S1 et S3	Sahar-Médit.	Ch.
			<i>Suaeda fruticosa</i> Forssk. ex J.F. Gmel., <i>incl. in Suaeda vermiculata</i> Forssk. ex J.F. Gmel	Sobta ou es-souida	S1	Pluri.-Rég	Ch.
			<i>Suaeda mollis</i> (Desf.) Delile, <i>incl. in Suaeda vermiculata</i> Forssk. ex J.F. Gmel.	es-souide	S3 et S4	Sah.-Sind	Ch.
			<i>Traganum nudatum</i> Delile	Damrane	S2, S4, S6 et S7	Sah.-Sind	
	<i>Caryophyllaceae</i> Juss., nom. cons.		<i>Herniaria fontanesii</i> J. Gay	Chehiba	S2 et S4	Endém. nord-afr.	Th.
			<i>Gymnocarpus decandrus</i> Forssk.	djefna	S7	Saharo-médit.	Ch.
	<i>Frankeniaceae</i> Desv., nom. cons.		<i>Frankenia pulverulenta</i> L.	Mellih	S2 et S4	Médit.	Th.
	<i>Polygonaceae</i> Juss., nom. cons.		<i>Calligonum comosum</i> L'Hér. ≡ <i>Calligonum polygonoides</i> subsp. <i>comosum</i> (L'Hér.) Soskov	L'arta	S2 et S4	Sah.-Sind	Nph.
	<i>Plumbaginaceae</i> Juss., nom. cons.		<i>Limoniastrum guyonianum</i> Boiss.	Zeita	S3 et S4	End.-nord.-afric	Nph.
	<i>Tamaricaceae</i> Link, nom. cons.		<i>Tamarix gallica</i> L.	Tarfa, Tarfaya	S1 et S3	Médit. et Sah.-sind	Nph.
			<i>Tamarix articulata</i> Vahl, <i>incl. in Tamarix aphylla</i> (L.) H. Karst.	Ethle	S4 et S7	Sah.-sind	Ph.
	<i>Cucurbitales</i> Juss. ex Bercht.	<i>Cucurbitaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Colocynthis vulgaris</i> Schrad.,	Lahdaïdj / Lahdaj /	S4 et S7	Plu.-Rég.	Ch.

SITOCOS	& J.Presl		<i>incl. in Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	Tajalat / El handhel			
	Fabales Bromhead	Fabaceae Lindl., <i>nom. cons.</i> (= <i>Leguminosae</i> <i>Juss., nom. cons.</i>)	<i>Astragalus gombo</i> Coss. & Durieu ex Bunge	Faila	S2 et S4	Endém.	Ch
			<i>Astragalus gomboëformis</i> Pomel ≡ <i>Astragalus gombo</i> subsp. <i>gomboëformis</i> (Pomel) E. Otr	Foul l'ibel	S4	Endém.	Ch
			<i>Astragalus gyzensis</i> Bunge, incl. in <i>Astragalus arpilobus</i> subsp. <i>hauarensis</i> (Boiss.) Podlech	Foul l'ibel	S4	Sah.-sind	Th.
			<i>Genista saharae</i> Coss. & Durieu ≡ <i>Calobota saharae</i> (Coss. & Dur.) Boatwr. & B.-E. van Wyk	Merkh / El Merkh	S4, S6 et S7	Endém.	Nph.
			<i>Retama raetam</i> (Forssk.) Webb	Retm / R'tem	S2, S4, S5, S6 et S7	Sah.-sind	Ch.
	Gentianales Juss. ex Bercht. & J.Presl	Apocynaceae Juss., <i>nom. cons.</i>	<i>Nerium oleander</i> L.	Defla	S4	Médit.	Ph.
			<i>Pergularia tomentosa</i> L.	Laghalga / Ghelga	S4	Sah-sind	Ch.
	Geraniales Juss. ex Bercht. & J.Presl	Geraniaceae Juss., <i>nom. cons.</i>	<i>Erodium glaucophyllum</i> (L.) L'Her. ≡ <i>Geranium glaucophyllum</i> L. Incl. <i>E. glabrum</i> Pomel	Toumiyer / T'myer /Merrar.	S2, S6 et S7	De liais Sah.-médit	Hémc.
			<i>Monsonia heliotropioides</i> (Cav.) Boiss.	Rguem	S2 et S4	Sah.-sind	Hémc.
	Lamiales Bromhead	Orobanchaceae <i>Vent., nom. cons.</i>	<i>Cistanche tinctoria</i> (Forssk.) Beck, incl. in <i>C. phelypaea</i> (L.) Cout.	Danoune	S4, et S7	Sah-Médit.	Parasite
			Plantaginaceae Juss., <i>nom. cons.</i>	<i>Plantago albicans</i> L. Incl. <i>P. albicantiformis</i> Sennen ex Maire	Fanousse toumi	S2, S4 et S7	Médit.
		<i>Plantago ciliata</i>		Lalma	S2, S4,	Sah.-sind.	Th.

S H O C - D U E			Desf.		S6 et S7		
	<i>Malpighiales</i> Juss. ex Bercht. & J.Presl	<i>Euphorbiaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Euphorbia</i> <i>guyoniana</i> Boiss. & Reut.	Oum el bina/ Lebbina	S2, S4, S6 et S7	Endém.	Ch.
	<i>Malvales</i> Juss. ex Bercht. & J.Presl	<i>Cistaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Helianthemum</i> <i>lippii</i> (L.) Dum. Cours.	Reguig	S2, S4, S6 et S7	Sah.-sind	Ch.
		<i>Malvaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Malva parviflora</i> L.	Khoubise	S4	Sah.-Médit.	Th.
		<i>Neuradaceae</i> Kostel., nom. cons.	<i>Neurada</i> <i>procumbens</i> L.	Anfal, Saadane	S2, S4 ,S6 et S7	Sah.-sind.	Th.
	<i>Sapindales</i> Juss. ex Bercht. & J.Presl	<i>Nitrariaceae</i> Lindl.	<i>Peganum harmala</i> L.	Harmel	S2, S6 et S7	Pluri-Rg.	Ch.
			<i>Nitraria retusa</i> (Forssk.) Asch.	Chordak	S4 et S5	Sah.-sind	Nph.
	<i>Solanales</i> Juss. ex Bercht. & J.Presl	<i>Convolvulaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Convolvulus</i> <i>supinus</i> Coss. & Kralik	Boumechgo um	S4 et S7	End-sah.	Ch
		<i>Solanaceae</i> Juss., nom. cons.	<i>Solanum nigrum</i> L.	Aneb edhib	S4	Pluri-Rg.	Th.
	<i>Zygophyllales</i> Link	<i>Zygophyllaceae</i> R.Br., nom. cons.	<i>Fagonia glutinosa</i> Delile	Koumida , Cherrik	S2, S4, S6 et S7	Sah.-sind	Ch.
			<i>Fagonia latifolia</i> Delile	Cherrik	S4, S6 et S7	Endém. Sah.	Th.
			<i>Fagonia</i> <i>microphylla</i> Pomel, incl. in <i>F. scabra</i> Forssk.	Desma	S6	Endém. Sah.	Ch.
			<i>Zygophyllum album</i> L. f. ≡ <i>Tetraena alba</i> (L. f.) Beier & Thulin	Agga ,Bougriba, AL agga, Haggaya	S1, S2, S3, S5 et S6	Sahar.-Médit.	Ch.

Légende:

Stations: S1 : Chott Ain Beida, S2 : Reg HBA, S3: Sebkhia Safioune, S4: Oued N'Sa, S5 : Erg Sidi Khouiled, S6 : Hamada El Achane, S7 : Daya El Remtha;

Eléments floristiques : Méditerranéen (Médit), Méditerranéen et Saharo-sindien (Médit. et Sah.-Sind.), Méditerranéen et Irano-touranien (Médit. & irano-tour), Saharo-méditerranéen

(Sahar.-Médit.), Saharo-sindien (Sah.-Sind), Sahara septentrional (Sah. Sept), Sahara arabe (Sahara (Arabic), Endémique Alger (End. Alg.), Endémique Algéro-marocain (Endém.algéro-maroc), Endémique Nord-Africain (End.-nord.-afric), Endémique Sahara septentrional (End. Sah. Sept), Endémique saharien (Endém. Sah.), Endémique (Endém.), Pluri-régional (Pluri-Rg.), De liaison (De liaison);

Types biologiques : Phanérophyte (Ph.) : arbre, Nanophanérophyte (Nph.) : arbuste, Chaméphyte (Ch.) : buisson, Hémicryptophyte (Hém.), Cryptophyte (Cryp.) et géophyte (Géo.) : herbe vivace et Thérophyte (Th.) : herbe annuelle.

Annexe 6

Composition biologique et biogéographique

Tableau 32. Catégories biologiques dans les biotopes étudiés

Biotopes	Nombre d'espèces	vivaces	annuelles
Chott Ain Beida (S1)	09	09	-
Reg HBA (S2)	42	31	11
Sebkha de Safioune (S3)	09	09	-
Oued N'Sa (S4)	75	45	30
Erg Sidi Khouiled (S5)	05	05	-
Hamada El Achane (S6)	35	27	08
Daya El Remtha (S7)	36	24	12

Tableau 33. Spectre biologique de la flore de la région d'étude

Types biologiques	Nombre	Pourcentage %
Phanéropytes	02	2, 1
Nanophanéropytes	11	11, 34
Chaméphytes	33	34
Hémicryptophytes	13	13, 4
Géophytes	06	6, 18
Thérophytes	29	29, 89
Cryptophytes	03	3, 09
Totaux	97	100

Tableau 34. Types biologiques des plantes recensées dans les biotopes étudiés

Stations	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Phanéropytes	0	0	0	0	0	0	2	2,66	0	0	0	0	1	2,78
Nanophanéropytes	2	22,2	3	7,14	04	44,44	4	5,33	0	0	4	11,43	3	8,33
Chaméphytes	6	66,7	17	40,4 7	05	55,56	24	32	3	60	17	48,57	14	38,89
Hémicryptophytes	1	11,1	06	14,28	00	0	09	12	1	20	3	8,57	2	5,55
Géophytes	0	0	04	9,52	00	0	05	6,66	1	20	3	8,57	4	11,11
Thérophytes	0	0	11	26,19	00	0	29	38,7	0	0	8	22,86	11	30,56
Cryptophytes	0	0	01	2,4	00		2	2,66	0	0	0	0	1	2,78
Totaux	9	100	42	100	09	100	75	100	5	100	35	100	36	100

Tableau 35. Proportions des types d'adaptation suivant le problème d'eau

Classes des espèces	Nombre	%
<i>Vivaces arido-passives</i>	22	22,7
<i>Ombro-éphémères arido-passives</i>	28	28, 86
<i>Vivaces arido-actives</i>	47	48, 45
Totaux	97	100

Tableau 36. Distribution des plantes répertoriées par types stratégiques vis-à-vis au problème d'eau dans la région d'Ouargla

Classes des espèces	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<i>Vivaces arido-passives</i>	2	11	0	<u>16</u>	1	6	7
<i>Ombro-éphémères arido-passives</i>	0	11	0	28	0	7	11
<i>Vivaces arido-actives</i>	7	19	9	31	4	20	22

Tableau 37. Eléments floristiques répertoriés dans la zone d'étude

Eléments floristiques		Nombre	Pourcentage %
Ensemble méditerranéen	Méditerranéen	08	8,24 %
	Méditerranéen et saharo-sindien	03	3,09 %
	Méditerranéen et iranotouranien	01	1,03 %
Total		12	12,37 %
Ensemble Saharo-sindien	Saharo-méditerranéen	07	7,21%
	Saharo-sindien	31	31,95 %
	Sahara septentrional	01	1,03 %
	Sahara arabe	01	1,03 %
Total		40	41,2 %
Ensemble endémique	Endémique Alger	01	1,03 %
	Endémique Algéro-marocain	01	1,03 %
	Endémique Nord-Africain	06	6,18 %
	Endémique Sahara septentrional	02	2,06 %
	Endémique saharien	10	10,30 %
	Endémique	13	13,40 %
Total		33	34,02 %
Pluri-régional	Pluri-régional	10	10,30 %
De liaison	De liaison	02	2,06 %
Totaux		97	100

Tableau 38. Eléments floristiques distingués dans les biotopes étudiés

Eléments floristiques		S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Ensemble méditerranéen (EM)	M	1	11,1	3	7,14	1	11,1	6	8	-	-	2	5,71	3	8,33
	MS	-	-	-	-	1	11,1	2	2,66	-	-	1	2,86	2	5,56
	MI	1	11,1	1	2,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		2	22,2	4	9,5	2	22,2	8	10,7	-	-	3	8,57	5	13,89
Ensemble Saharo-sindien (ESs)	SM	2	22,27	3	6,98	2	22,27	3	4	1	20	2	5,71	3	8,33
	SS	1	11,13	19	44,19	1	11,13	28	37,33	3	60	14	40	11	30,56
	Sst	-	-	1	2,32	-	-	1	1,33	1	20	1	2,86	-	-
	Sa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		3	33,4	23	54,8	3	33,4	32	42,66	5	100	17	48,57	14	38,89
Ensemble endémique (EE)	EA	-	-	1	2,4	-	-	1	1,33	-	-	-	-	1	2,78
	EAlm	-	-	1	2,4	-	-	1	1,33	-	-	1	2,86	1	2,78
	ENAf	-	-	1	2,4	1	11,1	5	6,66	-	-	1	2,86	-	-
	ESs	-	-	-	-	-	-	1	1,33	-	-	-	-	-	-
	ES	1	11	1	2,4	1	11,1	8	10,66	-	-	3	8,6	3	8,33
	E	-	-	5	11,90	-	-	13	17,33	-	-	7	20,07	6	16,67
Total		1	11	09	21,4	2	22,2	29	38,64	-	-	12	34,29	11	30,56
Pluri-régional	Pl	3	33,4	4	9,5	2	22,2	6	08	-	-	2	5,71	4	11,1
De liaison	Dl	-	-	2	4,8	-	-	-	-	-	-	1	2,28	2	5,56
Totaux		9	100	42	100	9	100	75	100	5	100	35	100	36	100

Tableau 39. Données extraites du tableau 33

Eléments floristiques	Nombre	Pourcentage %
Ensemble méditerranéen	12	12,37 %
Ensemble Saharo-sindien	40	41,2 %
Ensemble endémique	33	34,02 %
Pluri-régional	10	10,30 %
De liaison	02	2,06 %
Totaux	97	100

Tableau 40. Nombre et pourcentage des éléments floristiques dans les biotopes étudiés

Eléments floristiques	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Ensemble méditerranéen (EM)	2	22,2	4	9,5	2	22,2	8	10,7	-	-	3	8,57	5	13,89
Ensemble Saharo-sindien (ESs)	3	33,4	23	54,8	3	33,4	32	42,66	5	100	17	48,57	14	38,89
Ensemble endémique (EE)	1	11	9	21,40	2	22,2	29	38,64	-	-	12	34,29	11	30,56
Pluri-régional	3	33,4	4	9,5	2	22,2	6	08	-	-	2	5,71	4	11,1
De liaison	-	-	2	4,8	-	-	-	-	-	-	1	2,28	2	5,56
Totaux	9	100	42	100	9	100	75	100	5	100	35	100	36	100

Annexe 7
Ethnobotanique**Tableau 41. Distribution des plantes spontanées exploitées en médecine traditionnelle selon les sites étudiés**

Stations	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Nombres	02	16	04	28	04	15	20

Annexe 8

Figure 46. Espèces médicinales rencontrées dans la région d'Ouargla



Photo 08. *Ammodaucus leucotrichus* Coss et Dur



Photo 09. *Cotula cinerea* Del.



Photo 10. *Launaea resedifolia* O. K.



Photo 11. *Oudneya africana* R.Br



Photo 12. *Randonia africana* Coss



Photo 12. *Cleome arabica* L.



Photo 13. *Capparis spinosa* L.



Photo 14. *Hammada scoparia* Pomel



Photo 15. *Cornulaca monacantha* Del.



Photo 16. *Traagnum nudatum* Del



Photo 17. *Cynodon dactylon* (L.) Pers



Photo 18. *Stipagrostis pungens* Desf. De winter.



Photo 19. *Astragalus gyzensis* Del



Photo 20. *Anabasis articulata*



Photo 21. *Genista saharae* Coss. & Dur



Photo 22. *Retama retam webb*



Photo 23. *Nerium oleander* L



Photo 24. *Pergularia tomentosa* L.



Photo 25. *Peganum harmala* L

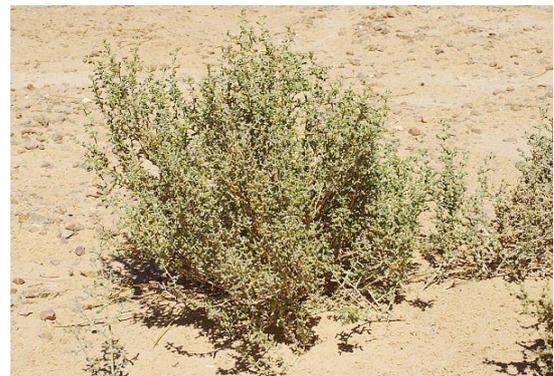


Photo 26. *Zygophyllum album* L.



Photo 27. *Asphodelus tenuifolius*



Photo 28. *Urginea noctiflora*



Photo 29. *Hélianthemum lipii*



Photo 30. *Ephedra alata* Dec



Photo 31. *Tamarix gallica*



Photo 32. *Limoniastrum guyonianum* Coss & Dur



Photo. 33. *Plantago ciliata* Desf./ L.



Photo 34. *Calligonum comosum* L'Hér



Photo 35. *Solanum nigrum* L



Photo 36. *Cistanche tinctoria* (Forssk)beck



Photo 37. *Euphorbia guyoniana* Boiss



Photo 38. *Colocynthis vulgaris* (L.)Schrad

Contribution à l'étude de la biodiversité de la flore saharienne (Ouargla) : protection, conservation et application dans les domaines des parcours et de l'ethnobotanique

Résumé

La région d'Ouargla située au niveau de la vallée d'Oued Mya, au Sahara septentrional central, représente une zone steppique à vocation agropastorale. Nous avons procédé à la réalisation d'études, du climat et bioclimat, de la phytodiversité, avec son application dans les domaines de l'ethnobotanique et des parcours dans cette région. Les résultats obtenus montrent qu'en dépit d'une homogénéité relativement apparente, la région d'Ouargla constitue un ensemble complexe à de nombreux égards. En effet, cette zone est caractérisée par une diversité géomorphologique frappante s'exprimant à travers les days, les chotts, les ergs, les regs, les lits d'oued, les hamadas et les sebkhas. Cet état géomorphologique a contribué fortement au paysage de ces unités. L'étude du climat s'est fondée sur des approches complémentaires : dynamique et statique. L'approche dynamique a été abordée par des connaissances essentielles sur l'état général de l'atmosphère. Comme, la région d'Ouargla, se situe dans la zone subtropicale aride, son climat est dépendant du système anticyclonique subtropical. Il est rattaché à la catégorie des déserts zonaux, provoqués par les hautes pressions : **subsidence anticyclonique** des latitudes voisines du Tropic. Etant donné que l'influence méditerranéenne est toujours importante, il s'agirait plutôt d'un climat complexe. L'approche statique du climat a permis de dévoiler un **thermoclimat « chaud »** et un **ombroclimat "sec"**. La fréquence du régime NAO+ par rapport à celui du NAO- conjuguée à l'action anthropique explique le réchauffement important vécu ces dernières décennies. Les systèmes de classification bioclimatiques adoptés montrent que la région d'Ouargla est soumise au climat "**méditerranéo-saharien**" et au bioclimat "**saharien**" à hivers "**doux**" puisque le Q_3 est de **3,60** et « m : **4,92** °C. ». Avec 12 mois secs et **365** jours biologiquement secs, la région d'étude se situerait dans la zone "désertique chaude". Enfin, avec un indice P/ETP égal à **0,013**, elle se classerait dans la zone "hyper-aride supérieure". L'analyse de la diversité floristique a révélé l'existence de 97 taxons recouvrant **19** ordres, **81** genres et **34** familles. L'ordre des Caryophyllales est dominant. Les familles les plus dominantes sont les Amarantaceae, les Asteraceae, les Poaceae et les Brassicaceae. Toutefois, l'importance des coefficients, générique avec **83,50 %** et spécifique avec **35,05 %** indiquent que la flore de la région d'Ouargla est pauvre. La catégorie des vivaces est dominante avec **66** espèces mais son importante proportion est enregistrée à Oued N'sa (S4). Par rapport aux types biologiques, nous inscrivons la prépondérance des chamaéphytes avec **33,33 %**. La catégorie des espèces vivaces arido-actives est la plus dominante avec **47**, soit **48,45 %**. Les phytochores les plus représentés sont l'élément Saharo-sindien avec **40** espèces (soit **41,2 %**), suivi par l'ensemble endémique avec **33** espèces (soit **34,02 %**). L'étude écoclimatique a permis de classer ces espèces végétales, selon un gradient d'aridité climatique en rapport avec leur distribution spatiale. Les résultats obtenus semblent indiquer que la majorité des espèces appartient à "la zone hyper aride supérieure "HS", où plus des deux tiers d'entre elles signalent une diversité écoclimatique. L'étude ethnobotanique de cette flore a permis de différencier **34** espèces médicinales (**35,05**), traitant **55** affections. De plus, deux tiers, soit **61** et **62,88 %** des plantes recensées sont pastorales. Un essai de catégorisation selon leur appétence (surtout pour le dromadaire) a permis de distinguer des fourrages d'intérêt **excellent, très bon, bon, assez bon, médiocres** et **mauvais**. Les espèces réputées comme excellent pâturage sont : *Agatophora alopecuroides* ; *Anabasis articulata* ; *Cornulaca monacantha* ; *Haloacnemum strobilaceum* ; *Salsola tetragona* ; *Suaeda fruticosa* et *Traganum nudatum*. Elles appartiennent à la famille des Amaranthaceae, la plus représentée des familles pastorales.

Mots clés : Sahara septentrional central / Ouargla / Algérie / bioclimat / flore / phytochores / ethnobotanique / pâturages.

Contribution to the biodiversity study of the Saharan flora (Ouargla) : protection, preservation and application in the fields of pastures and ethnobotany

Abstract

Ouargla region, located in the valley of Oued Mya, central northern Sahara, represents a steppe zone with an agropastoral vocation. We carried out studies on climate, bioclimate, phytodiversity with its application in the fields of ethnobotany and pastures in this region. Results showed that despite a relatively apparent homogeneity, Ouargla region constitutes a complex set with respect to many aspects. Indeed, this area is characterized by a striking geomorphology diversity expressed through days, chotts, ergs, regs, wadi beds, hamadas and sebkhas. This geomorphology state contributed strongly to the landscape of this units. The climate study was based on complementary approaches: dynamic and static. The dynamic approach was addressed by an essential knowledge about the general state of the atmosphere. Since the Ouargla region is located in the arid subtropical zone, its climate is dependent on the subtropical anticyclonic system. It's related to the category of zonal deserts, caused by high pressures: anticyclonic subsidence of latitudes close to the Tropic. Since the Mediterranean influence is still important, it is rather a complex climate. The static approach of the climate made it possible to unveil a "warm" thermoclimate and a "dry" ombroclimate. The frequency of the NAO + regime with regard to that of the NAO- combined at the anthropological action explain the important global warming lived these last decades. The adopted bioclimatic classification systems showed that the Ouargla region is subject to the "Mediterranean-Saharan" climate and to the "Saharan" bioclimate with "mild" winters given the " Q_3 " of 3.60 and " m " of 4.92°C. °C. ». With 12 dry months and 365 biologically dry days, the study area would be in the "hot desert" zone. Finally, with a "P/ETP" index equal to 0.013, it would be in the "hyper-arid upper" zone. The analysis of floristic diversity revealed the existence of 97 taxa including 19 orders, 81 genera and 34 families. The order Caryophyllales is dominant. The most dominant families are Amarantaceae, Asteraceae, Poaceae and Brassicaceae. However, the importance of the coefficients, i.e. generic with 83,5 % and specific with 35,05 % indicates that the flora of Ouargla region is poor. The perennial category is dominant with 66 species but its large proportion is recorded in Oued N'sa (S4). These perennials belong to various life forms with the preponderance of chamaephytes (33.33%). The category of arido-active perennial species is the most dominant with 47 and 48,45 %. The most represented phytochores are the Saharo-Sindian element with 40 species (41.2%), followed by the endemic group with 33 species (34.02%). The ecoclimatic study classified these plant species according to a climatic gradient of aridity in relation to their spatial distribution. The results suggest that the majority of species belong to the super hyper-arid zone "HS", where more than two-thirds of them indicate an ecoclimatic diversity. The ethnobotanical survey of this flora allowed identification of 34 and 35.05% medicinal species, treating 55 diseases. In addition, two-thirds i.e. 65 (67%) of the recorded plants are pastoral. A categorization test according to their palatability (especially for the dromedary) allowed distinction of forages with excellent; very good; good; good enough; mediocre and bad interest. Species renowned as excellent grazing are: *Agatophora alopecuroides*- *Anabasis articulata*- *Cornulaca monacantha*- *Haloacnemum strobilaceum*- *Salsola tetragona*- *Suaeda fruticosa*- *Traganum nudatum*. They belong to the Amaranthaceae family, the most represented of the pastoral families.

Keywords : Central northern Sahara / Ouargla / Climate / bioclimate / flora / phytochoria // pasture.