



**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALE**

N° ...../SNV/2016

**THÈSE**

Présentée par

**ALIAT TOUFIK**

Pour l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT EN SCIENCES**

**Filière: BIOLOGIE**

**Spécialité: ECOLOGIE**

**THÈME**

**Les écosystèmes humides des hautes plaines orientales algériennes**

**Biodiversité : Préservation et Valorisation**

Soutenue publiquement le 13/02/2017

**DEVANT LE JURY**

Président	<b>Djerdali Sofia</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
Directeur	<b>Kaabeche Mohammed</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
Examineurs	<b>Bentouati Abdellah</b>	<b>Pr. ULH Batna</b>
	<b>Si Bachir Abdelkrim</b>	<b>Pr. Université Batna</b>
	<b>Kribaa Mohammed</b>	<b>Pr. ULBM Oum El Bouaghi</b>

**Année universitaire 2016 - 2017**

## REMERCIEMENT

Si j'ai trouvé le travail de thèse solitaire, je dois dire que j'ai toujours été entouré, inspiré, soutenu et entendu par un grand nombre de personnes que je veux ici remercier chaleureusement.

Je pense tout d'abord à mon directeur de thèse, Mohammed Kaabeche, qui a toujours été présent pour moi durant ces années. Ses conseils et l'occasion qu'il m'a donné de découvrir. Les zones humides ont toujours été une grande source d'inspiration, d'encouragement et de motivation. Je le remercie ici profondément.

Le président et les membres du jury, Pr. Sofia Djerdali, Pr. Abdallah Bentouati, Pr. Mohammed Kribaa et Pr. Abdelkrim Si Bachir pour avoir pris le temps de lire, de juger ce travail et pour leurs remarques pertinentes.

Mon ami, le gentleman, le guide durant mes sorties sur terrain Mr Seddik Guerrah pour m'avoir accompagné, son soutien et son savoir faire qu'il soit vivement remercié.

Je ne saurais remercier mes amis (es) et collègues Pr. Farouk Zaidi, Pr. Bakir Mamache, Pr. Si Bachir, Pr. Houhamedi, Dr. Liiya Nouri, Dr. Haroun Chenchouni, Dr. Neffar, Dr. Rabeh Bounar, Dr. Tahar Boubalouta, Dr. Abdellali Lazazga, Dr. Youcef Merzougui, Dr. Redha Ould Kiar, Melle Faiza Baali, Melle Souhila Zitouni, Melle Amel Frahtia, Mr Mohamed Mekkideche, Mr Seghir Boukaaboub, Mr Karim Boudoukha, Mr Ryadh Zaouiche, Mr Adlene Benyahia et tous les fonctionnaires de la conservation des forêts d'Oum Bouaghi et de Sétif.

Je remercie chaleureusement tous mes enseignants, depuis mon jeune âge, primaire, moyen, secondaire, graduation et post graduation qui m'ont inculqué culture et savoir.

Toufik Aliat

*DEDICACES*

*A MES MIENS*

*A MON PAYS*

	Page
<b>REMERCIEMENT</b>	
<b>DEDICACES</b>	
<b>SOMMAIRE</b>	
<b>LISETE DES ABREVIATIONS.....</b>	I
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	III
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	V
<b>RESUME ARABE.....</b>	VII
<b>RESUME FRANÇAIS.....</b>	VIII
<b>RESUME ANGLAIS.....</b>	IX
<b>Introduction générale</b>	01
<b>Chapitre I : Présentation de la région d'étude</b>	
I.1. cadre géographique	06
I.1.1. Eco-complexe d'Oum El-Bouaghi	07
I.1.2. Eco-complexe de Sétif	08
I.2. Cadre géomorphologique et géologique	10
I.2.1. Topographie	10
I.2.2. Géologie	11
I.3. cadre hydrologique	12
I.4. Cadre pédologique	15
I.5. Cadre climatique	15
I.5.1. Caractérisation climatique de la région d'étude	15
I.5.1.1. Données climatiques	16
A- Les précipitations	16

a) La région d'Oum el bouaghi	16
b) La région de Sétif	17
B- La température	17
La région d'Oum El Bouaghi :	17
a) La Région de Sétif	18
C- Autres facteurs climatiques	18
I.5.1.2. Synthèse climatiques	18
I.5.2. Caractérisation Bioclimatique de la région d'étude	21
I.5.2.1. Quotient Pluviométrique d'Emberger	21
I.5.2.2. Climagramme d'Emberger	22
I.6. Flore et faune	23
I.6.1. Flore	23
I.6.2. Faune	25
1.7. Cadre socio-économique	25

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

II.1. Choix du type d'échantillonnage	28
II.1.1. Relevés floristiques	29
II.1.2. Prélèvement du sol	30
II.2. Phase de réalisation	30
II.2.1. Flore	30
II.2.2. Sol	33
II.3. Méthodes d'étude de l'avifaune	35
II.4. Traitement des données	37
II.4.1. Analyse en composantes principales (ACP)	38

II.4.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)	38
--	----

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

III.1. Le Sol	40
III.1.1. Les caractéristiques édaphiques de l'éco-complexe d'Oum Bouaghi	40
III.1.2. Les caractéristiques édaphiques de l'éco-complexe de Sétif	49
III.1.3. Approche statistique des données édaphiques	55
III.1.3.1. Caractérisation édaphiques des sols des zones humides	56
III.1.3.2. Les corrélations entre les paramètres édaphiques	61
III.1.3.3. Variations multi spatiales des paramètres édaphiques	64
III.1.3.4. Classification ascendante hiérarchique (CAH)	66
III.1.3.5. Discussion	67
III.1.4. Conclusion	72
III.2. La flore	73
III.2.1. Diversité et affinités floristiques	73
III.2.1.1. Nombre de taxons	73
III.2.1.2. Caractérisation systématique	73
III.2.1.3. Estimation de la diversité	74
III.2.2. Spectres écologiques	76
III.2.2.1. Les types biologiques ou forme de vie	76
III.2.2.2. Spectre morphologique	78
III.2.2.3. Spectre phytochorologique (Biogéographie)	79
III.2.2.4. Spectre d'abondance et de rareté	81
III.2.2.5. Spectre du mode de dissémination	83

III.2.3. Conclusion	85
III.2.4. Analyse statistique	85
III.3. Relation sol-végétation	87
III.3.1. Analyse en composantes principales (ACP)	88
III.3.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)	91
III.3.3. Conclusion	93
 <b>Chapitre IV : Valorisation, Préservation et Gestion intégrée</b>	
IV.1. Valorisation des écosystèmes de la région d'étude	95
IV.1.1. Valorisation floristique	95
IV.1.1.1. Introduction	95
IV.1.1.2. Valorisation des espèces inventoriées	95
IV.1.2. Valorisation faunistique	97
IV.1.2.1. Introduction	97
IV.1.2.3. Résultats et Discussion	99
a. Biodiversité avifaunistique	99
b. Statuts bioécologiques	103
IV.1.2.3. Essai de synthèse sur l'avifaune des hautes plaines constantinoises	107
a) Biodiversité avifaunistique	107
b) Catégorie Trophique	108
c) Les espèces protégées	109
IV.1.2.4. Conclusion	109
IV.1.3. Autres services rendus par ces écosystèmes	110
IV.1.4. Conclusion	111

IV.2. Préservation et gestion intégrée des écosystèmes Humides	111
IV.2.1. Introduction	111
IV.2.2. Approche terroir et gestion intégrée	112
IV.2.3. Synthèse des actions proposées	114
IV.2.4. Conclusion	116
<b>Conclusion et perspectives</b>	117
<b>Références Bibliographiques</b>	122
<b>Annexes</b>	152

## LISTE DES ABREVIATIONS

USDA	Département de l'Agriculture des Etats Unies d'Amérique
NA	Nord-Africain
Ibéro-Maur	Ibéro-Maurétanien
Ibéro-Mar	Ibéro-Marocain
Mar	Marocain
Alg	Algérien
Tun	Tunisien
Macar	Macaronésien
Méd	Méditerranéen
Sah	Saharien
Sah-Sind	Sahara- Sindien
Afr	Africain
Trop	Tropical
Paléo-trop	Paléo-tropical
Irano-Tour	Irano-Touranien
Eur	Européen
Euras	Eurasiatique
Paléo-temp	Paléotempéré
As	Asiatique
Amér	Américain
Cosmop	Cosmopolite
End	Endémique
Bor	Boréal
Temp	Tempéré
Occ	Occidental
AC	Assez Commun
C	Commun

CC	Très Commun
CCC	extrêmement commun
AR	Assez Rare
R	Rare
RR	Très Rare
RRR	Rarissime
MATE	Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement
DGF	Direction générale des forêts
CDB	Convention de la diversité biologique
ITGC	Institut technique des grandes cultures
INRA	Institut national de la recherche agronomique
ITDAS	Institut technique de développement de l'agriculture saharienne

## LISTE DES FIGURES

<b>Fig.1.</b> Localisation générale des principales zones humides au niveau des hautes plaines constantinoises (Oum El-Bouaghi et Sétif).....	06
<b>Fig.2.</b> Carte Topographique de la région d'étude.....	10
<b>Fig.3.</b> Carte géologique de la région d'étude.....	11
<b>Fig.4.</b> Carte hydrologique de région d'étude.....	13
<b>Fig.5.</b> Représentation des bassins et sous bassins de la zone d'étude.....	14
<b>Fig.6.</b> Carte de répartition des étages bioclimatiques dans les hautes plaines constantinoises.....	16
<b>Fig.7.</b> Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région d'Oum El-Bouaghi.....	20
<b>Fig.8.</b> Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Sétif.....	21
<b>Fig.9.</b> Le Climagramme d'Emberger pour les régions d'Oum El-Bouaghi et de Sétif.....	22
<b>Fig.10.</b> Répartition des aires biogéographiques Quezel et santa.....	24
<b>Fig.11.</b> Carte Occupation des sols dans la région Est Algérien.....	26
<b>Fig.12.</b> Triangle texturale du Département de l'Agriculture des Etats Unies d'Amérique.....	35
<b>Fig.13.</b> Classement des échantillons du sol dans le triangle textural USDA de la région d'étude.....	62
<b>Fig.14.</b> Classement des échantillons du sol dans le diagramme de Piper (Type de faciès chimique) de la région d'étude.....	63
<b>Fig.15.</b> Tests de corrélation entre les facteurs édaphiques de la région d'étude.....	64
<b>Fig.16.</b> Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique des zones étudiées (méthode Ward).....	67
<b>Fig.17.</b> Répartition des types biologiques dans l'éco-complexe Sétif.....	77
<b>Fig.18.</b> Représentation des types biologiques dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.....	77
<b>Fig.19.</b> Répartition des types morphologiques dans la région d'étude.....	78
<b>Fig.20.</b> Répartition biogéographique des espèces dans la région d'étude.....	80
<b>Fig.21.</b> Répartition des types biogéographiques des espèces dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.....	80
<b>Fig.22.</b> Répartition des types biogéographiques des espèces dans l'éco-complexe de Sétif.....	81

<b>Fig.23.</b> Représentation de l'abondance et de la rareté dans la région d'étude.....	82
<b>Fig.24.</b> Classification hiérarchique des zones étudiées (CAH).....	86
<b>Fig.25.</b> Représentation graphique des variables sol / plantes (plan 1-2).....	89
<b>Fig.26.</b> Représentation des variables sol / plantes sur le plan 3-4.....	90
<b>Fig.27.</b> Représentation des groupes par la CAH de la région d'étude.....	92
<b>Fig.28.</b> Représentation des familles inventoriées dans la région d'étude.....	108

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tab.1.</b> Liste et caractéristiques des zones humides continentales étudiées dans la région des Hautes plaines constantinoises.....	07
<b>Tab.2.</b> Superficie des bassins versants et sous bassins de la région d'étude.....	14
<b>Tab.3.</b> Répartirions moyennes mensuelles des précipitations en mm.....	17
<b>Tab.4.</b> Répartirions moyennes mensuelles des précipitations en mm pour la série (1989-2015. CMSS).....	17
<b>Tab.5.</b> Températures moyennes mensuelles en (°C).....	18
<b>Tab.6.</b> Températures moyennes mensuelles en (°C).....	18
<b>Tab.7.</b> Valeurs de l'indice d'aridité.....	19
<b>Tab.8.</b> Répartition des terres, production végétale et l'effectif animal de la wilayad'Oum El Bouaghi.....	26
<b>Tab.9.</b> Effectif animal de la wilaya d'Oum El Bouaghi.....	26
<b>Tab.10.</b> Répartition des terres, production végétale et l'effectif animal de la wilaya de Sétif.....	27
<b>Tab.11:</b> Effectif animal de la wilaya de Sétif.....	27
<b>Tab .12.</b> Paramètres physico-chimiques des sols (moyenne $\pm$ ecart-type) des zones étudiées.....	60
<b>Tab .13.</b> Analyses de la variance des paramètres du sol par zone en fonction du protocole d'échantillonnage (transect, ceinture et profondeurs) et leurs interactions.....	65
<b>Tab.14.</b> les espèces inventoriées suivant les différentes familles et genres de la région d'étude.....	73
<b>Tab.15.</b> Nombre d'espèces inventoriées par famille et genre dans l'éco-complexe de Sétif.....	74
<b>Tab.16.</b> Nombre d'espèces inventoriées par famille et genre dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.....	75
<b>Tab.17.</b> Répartition des espèces par formes de vie de l'éco-complexe des hautes plaines constantinoises.....	77
<b>Tab.18.</b> Répartition des types morphologiques dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi....	78
<b>Tab.19.</b> Répartition des types morphologiques dans l'éco-complexe de Sétif.....	78
<b>Tab.20.</b> Répartition de l'abondance / rareté dans l'éco-complexe de Sétif.....	82
<b>Tab.21.</b> Répartition de l'abondance/rareté dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.....	82
<b>Tab.22.</b> Analyse de la flore en fonction du mode de dissémination de la région.....	83

<b>Tab.23.</b> Analyse de la flore en fonction du mode de dissémination dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.....	83
<b>Tab.24.</b> Analyse de la flore en fonction du mode de dissémination dans l'éco-complexe de Sétif.....	83
<b>Tab.25.</b> Représentation des espèces par type d'usage dans la région d'étude.....	95
<b>Tab.26.</b> Nombre et pourcentages des différents taxons (Ordres, Familles, Genres et Espèces) des oiseaux recensés à Chott El Beida.....	100
<b>Tab.27.</b> Nombre et pourcentages des différents taxons (Ordres, Familles, Genres et Espèces) des oiseaux recensés à Chott El Beida.....	101
<b>Tab.28.</b> Nom scientifique, nom vernaculaire (français et anglais) des espèces d'oiseaux signalées dans le Chott El Beida.....	102
<b>Tab.29.</b> Les types fauniques des espèces d'oiseaux du Chott El Beida selon VOOS (1960) .....	103
<b>Tab.30.</b> Répartition de l'avifaune inventoriée dans le Chott El Beida en fonction des catégories trophiques.....	104
<b>Tab.31.</b> Répartition de l'avifaune du Chott El Beida sur les catégories phénologiques.....	105
<b>Tab.32.</b> Importance de l'avifaune du Chott el Beida par catégories de protection à l'échelle nationale et internationale.....	107
<b>Tab.33.</b> Pourcentage des oiseaux par catégories trophiques dans la région d'étude.....	108
<b>Tab.34.</b> Pourcentage des oiseaux protégés dans la région d'étude.....	109

## ملخص

النظم البيئية الرطبة تتميز بتنوع بيولوجي كبير , وتوفر أيضا وظائف بيئية , اجتماعية واقتصادية مهمة. ولكنها تتأثر ومهددة بالأنشطة البشرية المختلفة.

الهدف العام من هذا العمل هو تحديد و تمييز 12 منطقة رطبة في السهول المرتفعة القسنطينية. بحيث 10 مواقع مصنفة ضمن اتفاقية رامسار. بالاعتماد على بناء على نهج وصفي لمختلف النباتات والطيور مع تسليط الضوء على بعض الصفات الحيوية للنظام الإيكولوجي. و نهج تحليلي ل التربة. من خلال تحليل بعض المحددات الفيزيائية و الكيميائية (الحموضة و درجة الملوحة، الملمس) قوام التربة) ، الجبر والجبس) لفهم الوظائف و تقدير الخدمات التي تقدمها هذه الانظمة البيئية.

أسفرت الدراسة الاستقصائية على وجود 141 نوع نباتي متكون 92 جنس و 30 عائلة مع وجود 11 نوع متوطن و 20 من الانواع النادرة.

مع تنوع حيواني مهم يقدر ب106 نوع بحيث 11 منها محمية.

التحليل العددي الوصفي الذي يدرس العلاقة بين التربة و الغطاء النباتي حدد وجود 06 مناطق رطبة تتميز بخصائص مختلفة من حيث نوع التربة والنباتات (منطقة الطارف ، منطقة البيضاء، منطقة تينسيلت، منطقة عنق جمل، منطقة قليف، مغسل، ازمول، تمرغنين) ومنطقة (بازر، حميات، ملول، فراين).

تحديد خصائص التربة , و مختلف النباتات بالإضافة الى الوضع الحيوي البيئي لمختلف الطيور أبرزها لقيمة الكبيرة لهذه الانظمة الإيكولوجية ومكانتها في التنمية الاجتماعية والاقتصادية.

و قد كشفت هذه الدراسة على نتائج هامة التي يمكن أن يستخدمها المدراء في مهمتهم للحفاظ على الانظمة الإيكولوجية بهدف الإدارة المتكاملة.

الكلمات المفتاح : نظام بيئي رطب , التنوع البيولوجي، تئمين, المحافظة, السهول العالية القسنطينية.

## **Résumé :**

Les écosystèmes humides sont caractérisés par une grande diversité biologique et assurent d'importantes fonctions écologiques et socio-économiques, mais ils sont affectés et menacés par des activités anthropiques.

Le présent travail a pour objectif global d'identifier et de caractériser 12 zones humides des hautes plaines constantinoises dont 10 sites sont classés Ramsar , en se basant sur une approche descriptive de la flore et de l'avifaune et avec une mise en évidence de quelques attributs vitaux de l'écosystème et une approche analytique du sol en analysant certains paramètres physico-chimiques déterminants( pH, la salinité, la texture, le calcaire et le gypse), afin de comprendre le fonctionnement et d'apprécier les services rendus par ces écosystèmes.

L'inventaire floristique a abouti à 141 espèces relevant de 92 genres et 30 familles dont 11 espèces endémiques et 20 espèces rares.

Une diversité faunistique importante avec 106 espèces inventoriées dont 16 protégées.

L'analyse numérique descriptive, en étudiant les relations sol- végétation, a décelé 06 groupes de zones humides qui présentent des caractéristiques édaphiques et floristiques différentes (zone Taref ; zone El-Beida ; zone Tinsilt ; zone Ank Djemel ; zone (Guellif, Maghessel, Ezzemoul, Timerguanine) et zone (Bazer, Hamiet, Melloul, Frain).

La caractérisation pédologique, le profil de la flore recensée ainsi que le statut bioécologique de l'avifaune ont mis en exergue la valeur et l'intérêt de ces écosystèmes ainsi que leur place dans le développement socio-économique.

La présente contribution a révélé des résultats significatifs qui pourraient être utilisés par les gestionnaires dans leur mission de préservation dans une optique de gestion intégrée.

Mots clés : écosystème humide, biodiversité, valorisation, préservation, hautes plaines constantinoises.

## **Summary:**

The wetland ecosystems are characterised by a great biological diversity and assure important ecological and socio-economic functions, but they are affected and threatened par anthropogenic activities.

The aim of the present study is to identify and characterise 12 wetland zones of Constantine region highlands among which 10 are classified in Ramsar convention. The study is based on a descriptive approach of the flora and the avifauna with a highlight of some vital attributes of the ecosystem and an analytical approach of the soil by analysing some physico-chemical parameters (pH, salinity, texture, limestone and gypsum), in order to understand the operation and to appreciate the provided services by these ecosystems.

The floristic inventory has resulted in 141 species belonging to 92 genera and 30 families whose 11 species are endemic and 20 are rare ones.

There was an important faunistic diversity with 106 inventoried species whose 16 are protected ones.

The numerical descriptive analysis, based on the study of the soil-vegetation relation has revealed 6 groups of wetland zones that present different edaphic and floristic characteristics (El-Tarf, El-Beida, Tinsilt, Ank Djemel, (Guellif, Meghassel, Ezzemoul, Timerguanine) and (Bazer, Hamiet, Melloul, Frain)).

The soil analysis, the profile of the identified flora as well as the bio-ecological status of the avifauna have highlighted the value and the interest of these ecosystems and their role in the socio-economic development.

The present contribution has revealed significant results that may be used by the local administrators in their mission of preservation in an integrated management perspective.

Key words: wetland ecosystem, biodiversity, valorisation, preservation, Constantine highlands.

# **Introduction**

La décennie (2011-2020) a été déclarée « la décennie de la biodiversité » lors de la conférence des nations unies de Nagoya au Japon 2010 (CDB, 2011) et ce depuis que l'effet des actions anthropiques sur l'évolution des écosystèmes de la biosphère a été constaté (changement climatique, désertification, ... etc.), par son action sur l'environnement, l'homme tend à accélérer ou déstabiliser certains processus naturels observés à la surface du globe (Picouet, 1999), ce qui a conduit à une perte de diversité biologique de la terre. Selon Hedde (2006), un certain nombre d'espèces disparaît avant d'avoir été décrites. Le taux actuel d'extinctions de plantes et d'animaux est plus que de 1000 fois plus que les taux moyens relevés au cours de l'histoire (Pimm et *al.*, 2014). Cette situation est devenue un sujet de préoccupation et un enjeu environnemental majeurs (Ricklefs et Miller, 2005 ; Hopper et *al.*, 2005). Aujourd'hui, il est clair et sans nul doute que la survie de la population humaine est liée aux écosystèmes de cette terre et les services primordiaux qu'ils offrent. En effet, par les services écosystémiques que nous en retirons c'est-à-dire l'ensemble des bénéfices obtenus à partir du fonctionnement, de la gestion ou de l'exploitation des écosystèmes ; la biodiversité constitue un enjeu vital pour nos sociétés (Houdet, 2010).

Au sein d'un contexte mondial, particulièrement défavorable pour la biodiversité, les zones humides du bassin méditerranéen ne font pas exception et elles sont probablement les plus sévèrement affectées par la perte et la dégradation des écosystèmes et par la chute de la biodiversité (OZHM, 2012). L'une des principales conclusions du groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) de Ramsar émanant de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA, 2005) est que les zones humides et leurs services écosystémiques sont précieux pour tous les peuples du monde. Elles sont qualifiées de milieux singuliers (Mitsch et *al.*, 2009 ; Bonis, 2014) car elles constituent des entités distinctes des écosystèmes terrestres et aquatiques (Bonis, 2014). En effet, les zones humides représentent non seulement des cœurs ou les points chauds de la biodiversité (Mayers et *al.*, 2001 ; MEA, 2005), mais fournissent également un grand nombre de services environnementaux et socio-économiques pour plusieurs centaines de millions de personnes (OZHM, 2015) tels que l'entretien et l'amélioration de la qualité de l'eau et la production de protéines (Brander et *al.*, 2006), leur rôle dans les cycles biogéochimiques (Reddy et De Laune, 2008 ; Keesstra et *al.*, 2012a ; Kochy et *al.*, 2015 ; Mitsch et Gosselink, 2015 ; Ping et *al.*, 2015), la contribution dans l'élevage et la production de sel (Demnati *al.*, 2012 ; Nabahungu et Visset, 2013), la régulation des régimes hydrologiques (Williams, 1993 ; Breivik et *al.*, 2015a ; OZHM, 2015)

ou même la régulation du climat local et global (Breivik et Homburg, 2004 ; Argaman et *al.*, 2012) et le stockage des matériaux (Keesstra et *al.*, 2012b).

Selon l'observatoire des zones humides méditerranéennes (OZHM, 2015), le bassin méditerranéen dispose d'une surface de 15 à 22 millions d'hectare de zones humides soit 1,5% de la surface mondiale des zones humides, cette superficie englobe environ 4700 km<sup>2</sup> de lagunes cotières ; 2800 km<sup>2</sup> de lacs et de marais d'eau douce et 11600 km<sup>2</sup> de lacs salés temporaires situés principalement en Afrique du Nord (Britton et Crivelli, 1993). Il héberge environ 10% de la biodiversité mondiale. La diversité biologique de ces milieux est pourtant disproportionnellement plus riche que celle des autres écosystèmes, 22500 espèces de plantes à fleurs, le taux d'endémisme y est très fort, 25% de vertébrés y trouvent refuge et plus globalement, ce sont 12600 espèces qui y ont été répertoriées mais cette diversité biologique reste encore mal connue du grand public à l'exception des oiseaux d'eaux qui se concentrent dans certains sites (OZHM, 2012). Bien que ces milieux comptent parmi les écosystèmes qui contribuent le plus au bien être humain pour les services que nous sommes incapables d'évaluer en termes monétaires mais ils sont aussi les plus menacés par les activités humaines et les effets du changement climatique, malgré des décennies d'actions de conservation, ils continuent à disparaître plus rapidement que les autres écosystèmes (Dominguez-Bisiegel et *al.*, 2013). Cette situation est bien marquée pour les zones humides algériennes qui sont perdues à un taux accéléré au cours des dernières décennies en raison des activités humaines telles que le surpâturage, l'urbanisation, déboisement, le drainage (Boudjedra et *al.*, 2011), ces activités affectent la flore et la faune engendrant ainsi un déséquilibre irréversible du milieu (Aliat, 2007). Pour pouvoir localiser et quantifier ces pertes, il est indispensable de sensibiliser les décideurs et le grand public au sujet de ces milieux (OZHM, 2014). L'avenir de la diversité biologique méditerranéenne apparaît en grande partie déterminé par la nature des usages et non usage des terres (Medail et Diadema, 2006). Nous sommes à un moment crucial pour la gestion des zones humides et des services qu'elles procurent de façon durable et cela ne saurait être accompli que par la coopération à tous les niveaux, du niveau local au niveau mondial (Ramsar, 2016).

Il est à noter que la convention Ramsar est un accord entre 169 gouvernements, elle a été adoptée en 1971 pour servir de cadre à la coopération en faveur de la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides. A ce jour, les parties contractantes à la convention

ont inscrit plus de 2200 sites , couvrant plus de 200 millions d'hectares, sur la liste des zones humides d'importance internationale (Ramsar, 2016).

L'Algérie, plus grand pays d'Afrique et Méditerranéen, s'étend sur une superficie de 2381741 Km<sup>2</sup> et longe la Méditerranée sur 1622 Km ; elle s'étire du Nord vers le Sud sur plus de 2000 Km. Elle présente une grande diversité climatique (de l'humide au saharien). Le contraste orthographique, accentue celui climatique et confère à ce pays une grande diversité faunistique et floristique (MATE, 2014). Parmi les différents écosystèmes de ce pays, les écosystèmes humides occupent une place importante, représentés par les chotts et les sebkhas (MATE, 2014). Selon la DGF, (2014) in MATE (2014) le nombre de zones humides recensées est de 1451 sites dont 762 naturels. En tant que partie contractante à la convention de Ramsar sur les zones humides, l'Algérie se préoccupe de la sauvegarde et la gestion rationnelle de ces milieux et cherche à mieux cerner l'impact des conditions socio-économique influant le devenir de ces zones (MATE, 2014). La DGF, autorité de la convention de Ramsar en Algérie, a classé 50 sites sur la liste de Ramsar d'importance internationale (Balla, 2012). Ils représentent plus de 3 millions d'hectares, soit 50% de la superficie totale estimée des zones humides.

A la lumière de ces constats, les préoccupations des instances nationales et internationales à l'égard de ces écosystèmes humides, et dans le cadre de la valorisation et de la préservation des écosystèmes arides et semi-arides. Le présent travail porte sur l'un des éco-complexes le plus vaste et diversifié en Algérie, voire même en Afrique et dans le bassin méditerranéen, en étudiant 12 zones humides halophiles continentales situées dans les hautes plaines Constantinoises, dont 10 zones sont classées Ramsar à savoir Chott EL-Beida ; Sabkhet Bazer ; Sabkhet Hamiet ; Garaet Taref ; Garaet Timerguanine ; Garaet Maghsssel ; Garaet Guellif ; Garaet Ank Djemel ; Sabkhet Azzemoul et Chott Tinsilt et 02 zones sont en cours de classement (Sabkhet Melloul et Chott Fraine). Ces biohydrosystèmes constituent une composante majeure du paysage même s'ils ne couvrent qu'une surface minime par rapport à la surface totale des hauts plateaux constantinois mais ils représentent pourtant un réservoir de biodiversité important que traduisent les zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique.

Au niveau national, la majorité des études écologiques réalisées au profit des zones humides, ont été focalisées sur les zones humides littorales du Nord-Est algérien comme les travaux de Géhu et *al.* (1993) ; Benyacoub et Chabbi (2000) ; De Bélair (2005) ; Bouldjedri,

(2012) ; Benhassine-Gherzouli, (2013). Dans l'Ouest ou Sud algérois (Pouget, 1980 ; Aboura et *al.*, 2006 ; Merzouk, 2010 ; Boukli-Hacene, 2011 ; Ghezelaoui et *al.*, 2011), dans la région de Hodna, (Kaabeche 1990 et Zedam,2015), dans le sahara septentrional (Koull, 2015), au niveau de notre région, on cite les travaux de Djerdali, 1995 ; Samraoui et Samraoui, 2008 ; Khaznadar et *al.*, 2009 ; Baaziz et *al.*, 2011 ; Aliat et Kaabeche, 2013 ; Gouga, 2014 ; Chenchouni et *al.*, 2015 ; Neffar et *al.*, 2015). Cependant tous les aspects liés à la relation sol/végétation et avec une vision écosystémique des zones humides halophiles restent peu connus et peu détaillés.

Dans le contexte de ce travail et face à un tel constat, il nous paraît très utile et primordial d'entamer cette étude avec une vision écosystémique en analysant ces écosystèmes et ses composantes, dans le but d'apporter et de fournir des données utiles pour la gestion et la préservation de cette biodiversité en interaction avec les activités humaines en mettant en exergue les services rendus par ces écosystèmes humides halophiles. Les composantes biologiques peuvent apporter des informations pertinentes, soit à l'échelle stationnelle comme la flore ou à l'échelle régionale comme la faune (Bouzillé, 2014). En effet, l'identification et la caractérisation des zones humides par l'analyse des végétations en présence, pourront alimenter les réflexions des collectivités locales lors de l'élaboration de leurs projets d'aménagements et d'urbanismes (Francois et *al.*, 2012).

Nous visons par ce modeste travail à atteindre les objectifs suivants :

- Identification et caractérisation des sols par l'analyse de certains paramètres physico-chimiques (la granulométrie, le pH, la salinité, le calcaire et le gypse).
- Identification et caractérisation de la phytodiversité par certains attributs vitaux de l'écosystème (Jauffret, 2001) comme la richesse spécifique, les types biologiques, l'indice de Jaccard ... etc. c'est à dire une étude qualitative en analysant la biodiversité structurelle, compositionnelle et fonctionnelle (Hedde, 2006).
- Etablir les relations sol-végétation qui selon Labbardi et *al.* (2005) sont nécessaires à la compréhension du fonctionnement écologique.
- Valorisation floristique en mettant en exergue les multi-usages de cette flore.
- Valorisation faunistique en étudiant qualitativement la population avifaunistique.
- Valorisation de l'écosystème en mettant en exergue quelques services rendus mal connus ou mal estimés.

La démarche suivie pour atteindre ces objectifs est une démarche synchronique, en étudiant plusieurs observatoires dans la même période (Jauffret, 2001 ; Roselt/Oss, 2004). Le travail entrepris sur terrain s'est traduit par une observation conjointe de la végétation et du sol selon deux principes de base qui ont été respectés tout au long de l'ensemble de la prospection, où à chaque relevé de végétation est associé systématiquement un profil de sol et le choix de l'emplacement du relevé procède d'un accord d'homogénéité écologique, floristique et physiologique (Aliat et Kaabeche, 2013).

Cette étude prend en compte d'une part l'analyse des principaux facteurs édaphiques qui déterminent la distribution des communautés végétales (analyse physico-chimique du sol) et l'inventaire de la flore basé sur la présence/absence de l'espèce et d'autre part les relations entre les facteurs édaphiques et la végétation, selon une approche méthodologique basée sur des analyses descriptives et des classifications ascendantes hiérarchiques afin de déceler les similarités entre les écosystèmes étudiés.

La réalisation de ces objectifs spécifiques permettra une identification et une caractérisation stationnelle et une compréhension du fonctionnement et qui pourra aider les gestionnaires à évaluer la sensibilité de l'écosystème, de sa capacité d'adaptation et/ou de résilience, de prendre les dispositions qui s'imposent en matière de restauration, de réhabilitation et/ou de réaffectation.

Le manuscrit est scindé en quatre chapitres, après une introduction générale, le premier chapitre est consacré à la présentation de la région d'étude ; le second chapitre présente la méthodologie utilisée et les analyses effectuées, le troisième chapitre s'attache à l'étude des variables édaphiques, les variables biotiques et à l'étude des liens entre ces variables abiotiques et biotiques et le dernier chapitre est consacré à la valorisation aviaire et floristique en mettant en exergue les services rendus par l'écosystème avec une certaine méthodologie de préservation (proposition d'un modèle ou actions à entreprendre à l'échelle du paysage) et enfin une conclusion générale est envisagée à la fin du document avec des perspectives.

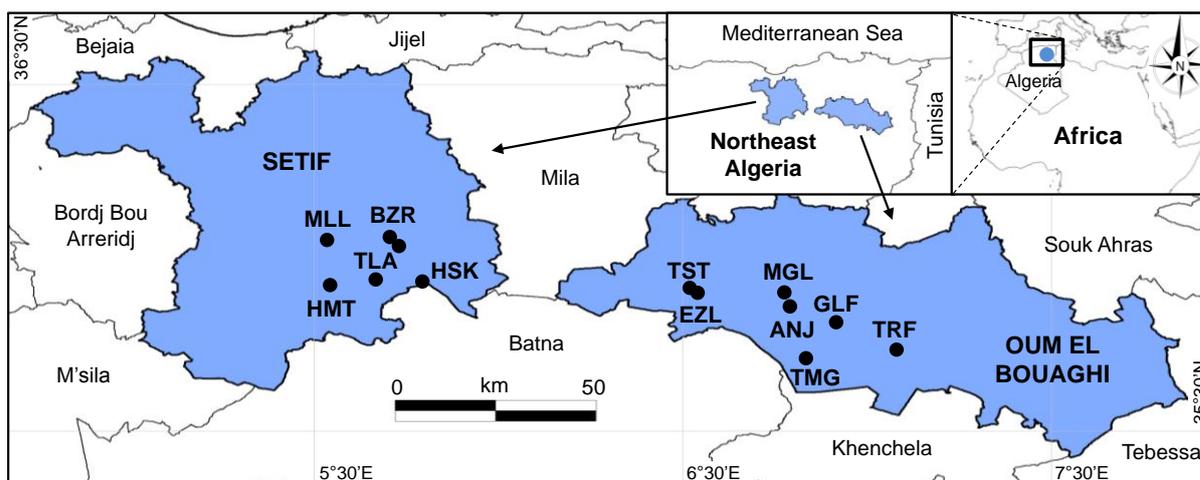
# Chapitre I

## Présentation de la région

## I. Présentation générale de la zone d'étude

### I.1. cadre géographique

La région d'étude est située dans la partie nord- Est de l'Algérie et plus précisément au niveau des hautes plaines constantinoises qui constituent l'un des complexes de zones humides parmi les plus vastes et diversifiés d'Algérie (Sameraoui et Sameraoui, 2008 ; Balla, 2012 ; Annani 2013). Cette aire qui s'étend sur plus de 300 Km d'Est en Ouest à des altitudes variant entre 800 et 1200 m, est composé par plusieurs plans d'eau peu profonds et aux eaux plus ou moins salées (Houhamedi et *al.*, 2009). Les 12 zones concernées par cette étude, se répartissent sur le territoire de la wilaya d'Oum El-Bouaghi (07 zones) et le territoire de Sétif (05 zones). Elles couvrent une surface de 107 970 Ha et se situent approximativement dans les coordonnées géographiques suivantes : latitude Nord ( $35^{\circ}00'$  à  $36^{\circ}22'$ ) et longitude Est ( $05^{\circ}04'$  à  $7^{\circ}26'$ ) (Figure 1). Parmi elles, 10 zones sont classées sur la liste de Ramsar et 02 zones à savoir Chott Fraine et Sebket Melloul sont en cours de classement (Tableau 1).



**Fig.1.** Localisation générale des principales zone humides au niveau des hautes plaines constantinoises (Oum El-Bouaghi et Sétif) (Aliat et *al.*, 2016).

Selon les critères de classification utilisés, nos zones humides sont classées de type R (Sebka ou lac salé ou étendus saumâtres, saisonnier ou permanent, entouré par une ceinture de végétation) à l'exception de la zone de Timerguanine est de type Ts (marais d'eau douce saisonnier continental (Tableau 1).

**Tab.1.** Liste et caractéristiques des zones humides continentales étudiées dans la région des Hautes plaines constantinoises (Aliat et *al.*, 2016).

Nom de site	Code	Wilaya (provinces)	Les coordonnées de site	Région (ha)	Ramsar convention
Garâet Timerganine	TMG	Oum el-bouaghi	35°40'N.06 °58'E	1.460	Oui
Garâet Taref	TRF	Oum el-bouaghi	35°41'N.07 °08'E	33.460	Oui
Garâet Ank-Djemel	ANJ	Oum el-bouaghi	35°47'N.06 °50'E	18.140	Oui
Garâet El Maghssel	MGL	Oum el-bouaghi	35°49'N.06 °47'E	1.000	Oui
Sebkhet Ezzmoul	EZL	Oum el-bouaghi	35°53'N.06 °30'E	6.795	Oui
Chott Tinsilt	TDT	Oum el-bouaghi	35°53'N.06 °29'E	2.154	Oui
Garâet Guellif	GLF	Oum el-bouaghi	35°47'N.06 °59'E	24.000	Oui
Chott El- Feraine	TLA	Sétif	35°55'N.05°40'E	1.500	Non
Sebkhet Melloul	MLL	Sétif	36°05'N.05 °20'E	350	Non
Sebkhet El Hamiet	HMT	Sétif	35°55'N.05 °33'E	2.509	Oui
Senkhet Bazer sekra	BZR	Sétif	36°05'N.05 °41'E	4.379	Oui
Chott El-Beida (Hammam essoukhna)	HSK	Sétif et Batna	35°55'N.05 °45'E	12.223	Oui

### I.1.1. Eco-complexe d'Oum El-Bouaghi

- **Garâet Taref**

La Garâet Taref dépend de la wilaya d'Oum El-Bouaghi, de la Daïra de cette dernière et de la commune d'Ain Zitoune. Le site est distant de 14 Km du chef-lieu de la Wilaya. On y accède par la route nationale Reliant Oum El-Bouaghi et Khenchela ou la route nationale reliant Ain Beida à Khenchela.

- **Garâet Ank-Djemel**

Le site est situé à 5 Km du village de Boughrara Saoudi de la Daïra de Ain Fakroun ; il est limité au nord par Djebel Yeddou et Djbel Ank- Djemel, au sud par les chaines des Djebels Fedjouj et sidi Khiair ; à l'Est par Garâet Guellif et à l'Ouest par la plaine de Boulhilet.

- **Garâet El Maghssel**

Le site est situé au Nord-ouest de Garâet Ank- Djemel ; il fait partie de la Daïra de Ain Fakroun et de la commune de Boughara Saoudi.

- **Garâet Timerganine**

Le site est situé à 26 Km au Sud de la Ville d'Oum El Bouaghi ; il est limité au Nord par la route reliant la Ville d'Ain Zitoune à celle de Chemorah (Wilaya de Batna), au Sud par la plaine Rmila ; à l'Ouest la commune d'Ain Zitoune et à l'est la route reliant Oum Bouaghi à Khenchela.

- **Sebkhet Ezzmoul**

Le site est situé à 17 Km au sud de la Ville d'Ain M'lila et à 10 Km l'Est de la commune de Souk Nâamane ; il est limité à l'Est par la route nationale (Constantine-Batna) et Chott Tinsilt, au Sud et Sud-Est par la commune d'Ouled Zouaï et au Nord et Nord-Est par la commune de Harmelia.

- **Chott Tinsilt**

Le site se situe à 5 Km de la commune de Souk - Nâamane et à 17 Km au sud de la Ville d'Ain M'lila, sur le plan administratif, il fait partie de la daïra de Souk - Nâamane et de la commune d'Ouled Zouaï et est séparé de sebkhet Ezzemoul que par la route nationale Constantine-Batna.

- **Garâet Guellif**

Le site est situé au Nord de la ville d'Aïn-Zitoune, à 12 Kilomètres au Sud de la ville d'Oum Bouaghi, accessible à partir de la route reliant Oum El-Bouaghi à Khenchla. Il est limité au Nord par Djebel Guellif, à l'Est par Djebel El Taref, au sud par Djebel Fedjioudj, il communique avec Garâet Ank-Djemel par la côté Ouest.

### **I.1.2. Eco-complexe de Sétif**

- **Sebkhet El Hamiet**

Le village le plus proche du site est le chef-lieu de Commune d'Aïn Lahdjar. Le site est limité au Nord par le village d'Aïn El-Hadjar et Mechtet Ouled Mefla, au Sud par Douar El Hamiet et Douar Lekhtatla, à l'Ouest par la route Ain Lahdjer Ain Azel et à l'Est par la route communale Ain Lahdjer - Beidha bordj.

- **Sebkhet Bazer :**

Le site se situe à 9 km au Sud de la ville d'El Eulma, il est limité à l'Ouest par le Djebel Brao, au Nord par le village El mellah Amouchi, au Sud par Koudiat Gueltet Ed Debba et à l'Est par Douar Nouasser.

- **Chott El-Beida**

Le site qui chevauche sur 2 wilayets (Sétif et Batna), se situe à 4 km au Sud du village, chef-lieu de Daïra de Hammam Sokhna. Il est limité au Nord, par la route nationale (El Eulma - Batna) à l'Est par le village d'Oum Laadjoul, revient à Sétif, au Sud par la commune de M'Sil (wilaya de Batna) et à l'Ouest par la route nationale (El-Eulma, Merouana et Batna).

- **Sebkhet Melloul**

Le site se trouve sur le territoire de la commune de Guellal à 23 Km de la ville de sétif. La zone est limitée à ouest par douar El Mellah, Au nord par Douar Ouled Chebel et Sidi Saad, au Sud par Douar El frikhet et à l'Est par Douar Melloul.

- **Chott Feraine**

Cette zone est située sur le territoire des communes de Tella et de Beida bordj, elle est limitée à l'Ouest par Douar Ouled Badrouh, à l'Est par djebel Tella, Douar El Bir, Douar Doukha et Djebel Sedra, au Nord par Douar El Maadher et Bou Djedid et au Sud par Djebel Kalaoun et Beida bordj.

En conclusion, l'éco-complexe des zones humides des plaines de l'Est de l'Algérie couvre une vaste région et comprend une quinzaine de milieux humides plus ou moins étendus (Houhamedi et *al.*, 2008). Ce sont des sites dont l'alimentation en eau est très dépendante de la pluviométrie (Houhamedi et *al.*, 2009) et sont dans leur majorité salins et difficilement accessibles (Saheb, 2003). Selon Kaabeche et *al.*, 1993) ces zones humides sont caractérisées par une végétation halophile qui se développe en couronne.

Il est à signaler qu'en fonction de la toponymie locale, Garaet, ou Chott ou Sabkha est une zone humide.

Les zones humides sont considérées au sens de la convention de Ramsar comme : « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur n'excède pas six (06) mètres ». Du fait de la diversité particulière qui caractérise les écosystèmes halophiles, ils ont un intérêt particulier pour de nombreuses disciplines scientifiques y compris l'écologie, la biologie, l'hydrologie, la limnologie, la microbiologie et la modélisation des écosystèmes (Jellison et *al.*, 2008).

I.2. Cadre géomorphologique et géologique

I.2.1. Topographie

La région d'étude fait partie des hautes plaines constantinoises de l'Est algérien qui constituent un vaste couloir limité par deux chaînes de montagnes ; le massif des Aurès au sud et la chaîne des monts de Constantine au Nord (Figure 2).

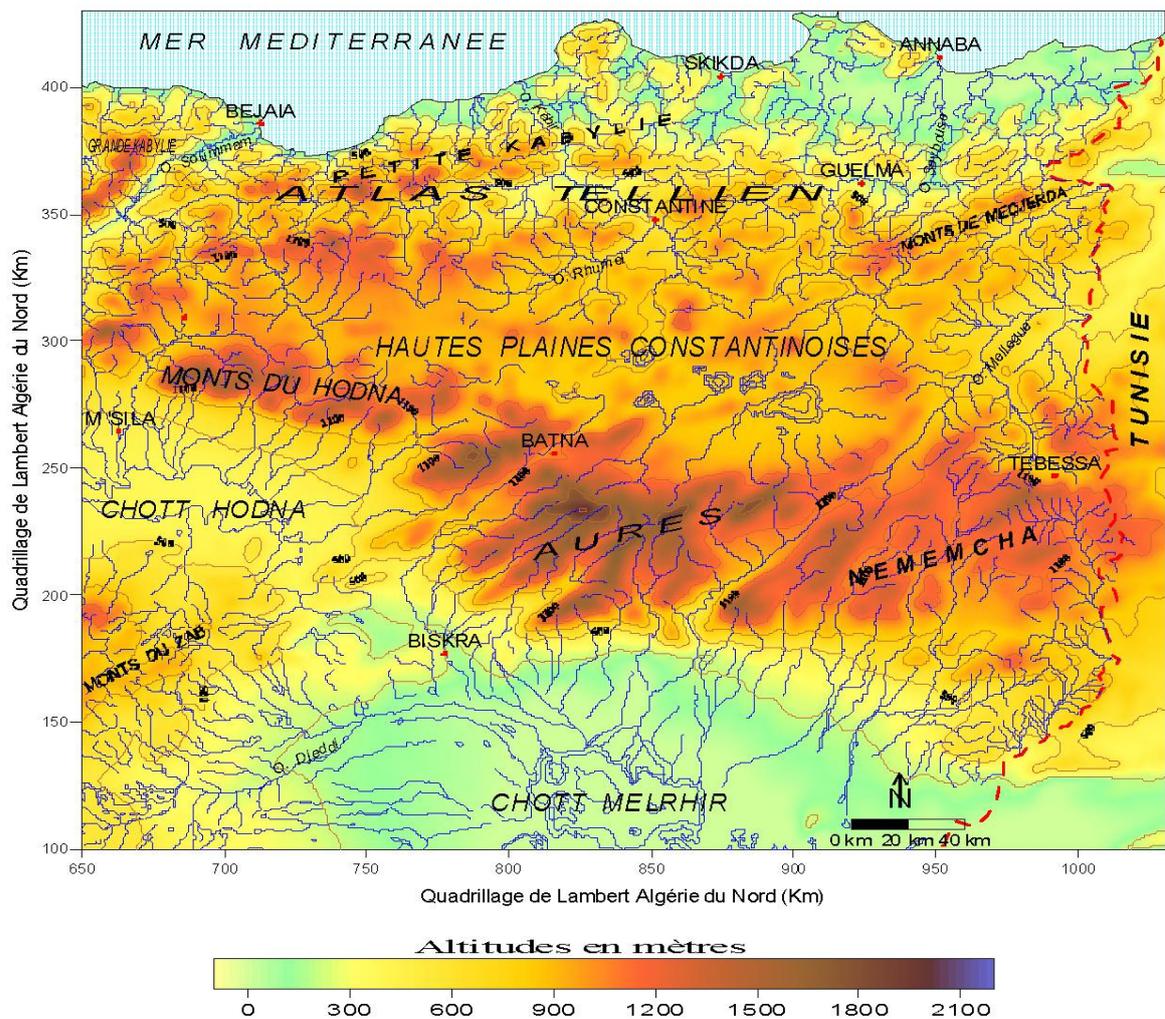


Fig.2. Carte Topographique de la région d'étude (Mebarki, 2005)

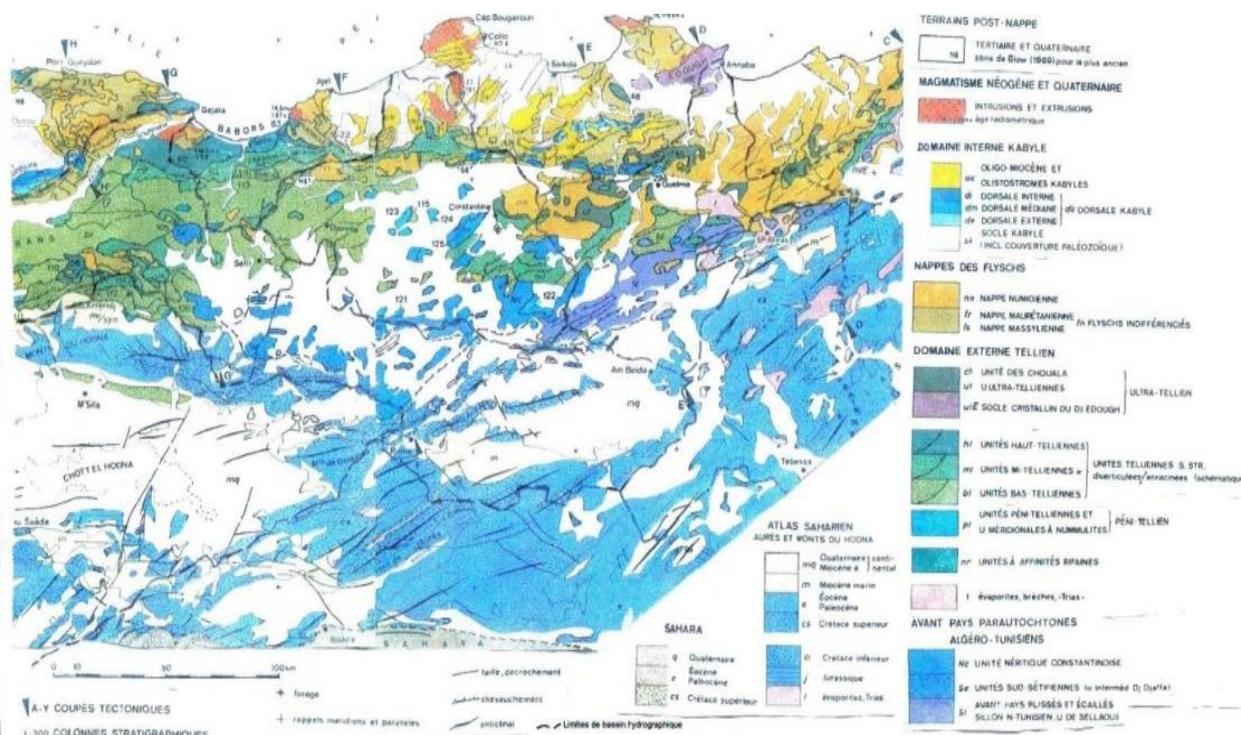
Ce sont de vastes étendues planes, compartimentés en série de bassins individualisés plus ou moins délimités par des horsts calcaire (Mebarki, 2005). Selon Boudoukha et al., (2012), entre ces deux domaines, montagneux s'est développée une zone relativement plane (800 à 1200 m) marquée par la présence d'un endoréisme qui s'est traduit par l'apparition de dépressions fermées salées qui jalonnent le pays. Cette surface plane représentait au début

quaternaire, le cas de la région de Sétif un unique lac dont il ne subsisterait plus que quelques témoin (Sebkhet Bazer, Melloul, Chott El-Beida, ... etc.) (Bechtel, 1975).

**I.2.2. Géologie**

En exploitant les travaux réalisés par Villa (1977) ; Benazzouz (1986) ; Mebarki (2005) ; Demdoun (2010) et Boudoukha et al. (2014), on peut résumer la nature géologique de la région d'étude comme suit (Figure 3) :

Les hautes plaines de l'Est algérien constituent un large bassin endoréique coincé entre deux chaînes de montagnes. L'originalité de ces plaines réside à la fois dans l'existence de nombreuses sebkhas et dans la localisation de celles-ci le long d'un vaste réseau hydrographique désorganisé au cours du quaternaire.



**Fig.3.** Carte géologique de la région d'étude (Mebarki, 2005).

L'étude géologique de la région montre deux (02) ensembles : L'avant pays allochtone ou « avant-pays parautochtones algéro-tunisiens » il se présente sous forme de vastes panneaux du domaine sud-Sétifién à dominance carbonaté du secondaire, de la nappe néritique constantinoise, sous forme de séries carbonatées du mésozoïque, des formations allochtones de type Sellaoua constituées de marnes et de marno-calcaires ainsi que plusieurs types de séries différenciées allant du trais supérieur au crétacé et à l'éocène.

Cet ensemble est caractérisé par 3 unités :

Les unités sud-Sétifiennes : elles constituent un vaste empilement d'écailles. Ces séries mésozoïques ont un caractère « de plateforme subsidente », ce sont les massifs situés au Nord-Ouest (Djebel Annini), au sud (Djebel Zdim, Djebel Youcef et Djebel Braou) ; sur la bordure nord des monts du Hodna (Djebel Sekrine, Kalaoun, ... etc.) et au Nord des Monts de Bellezma (Djebel Zana, Mestaoua, ..., etc.).

L'unité néritique constantinoise : elle se chevauche les écailles de sellaoua et les unités sud-Sétifiennes le cas des massifs de Tadjnet, de Constantine, d'Ain Mlila, ..., etc.).

Les unités de sellaoua : ces séries sont développées suivant un axe Sud-Ouest, Nord-Est dans les régions d'Ain Mlila, d'Ain Fakroun, Ain Babouche, ..., etc.).

Les formations autochtones et parautochtones ou l'Atlas saharien : monts du Hodna et des Aurès ; Ces formations à dominance carbonatée sont d'une grande homogénéité ; du lias au crétacé moyen (Massif du Hodna ; de Bellezma ; de l'Aurès ; région d'Oum El-Bouaghi et Ain Beida).

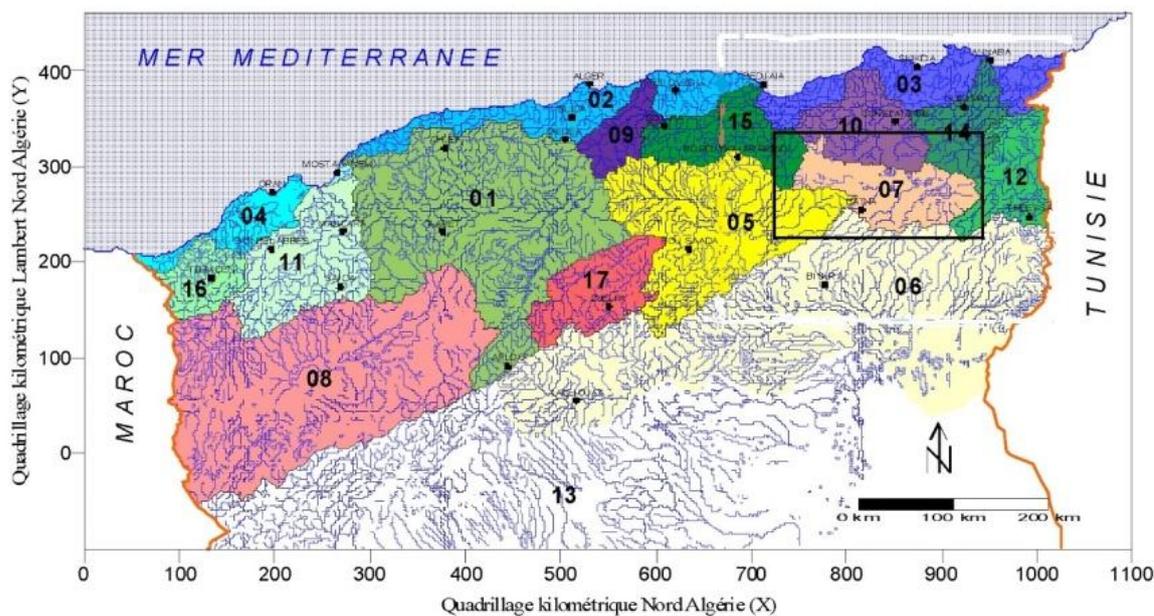
Cet édifice complexe de l'Est algérien est parallèlement oblitéré par une sédimentation mio-plio-quaternaire essentiellement continentale. Ces terrains post-nappes occupent de vastes espaces entre le méridien de Bordj Bouarreridj à l'Est, les hautes plaines Sétifiennes et constantinoises.

Les conséquences de cette configuration géologique se traduisent sur le plan hydrogéologique par la présence de 02 types d'aquifères, l'un superficiel dans les formations du Mio-plio-quaternaire dans hauts plateaux de Sétif, Ain Mlila ; Oum Bouaghi, Ain Beida ; Khenchela (aquifères à porosité d'interstice) et les aquifères à porosité de fissure et/ou karstique, se trouvent dans les formations carbonatées comme en témoigne l'émergence de grosses sources, en partie thermales (Hammam Sokhna, Hammam Ouled Yelles).

### **I.3. cadre hydrologique**

L'ensemble de la région d'étude est répartie sur 02 grands bassins (Boudoukha, 1998 ; Mebarki, 2005 et Demdoum, 2010), le bassin exoréique de Boussallem (soummam Est) n°15 ; Sous bassin n°06, oued Boussallem Amont d'une superficie de 1785 Km<sup>2</sup> ; le lieu où se trouve sebkhet Melloul et le bassin n°07, endoréique des hauts plateaux constantinois d'une

superficie de 9578 Km<sup>2</sup>. Ce bassin qui englobe la majorité de la zone d'étude est subdivisé en 07 sous bassin. La région d'étude est située en majeure partie dans le bassin versant des hauts plateaux constantinois n°07, d'une superficie total de 9578 Km<sup>2</sup> et partiellement dans le bassin versant Soummam Est ; d'une superficie totale de 5010 Km<sup>2</sup>. Compte tenu de la densité et l'importance du réseau hydrographique et de l'influence qu'il exerce sur l'économie, l'aménagement et les études écologiques, il est utile de présenter le découpage en bassins et sous bassins (Tableau 2) (Figure 4 et 5).



- 01 : Cheliff 02 : Côtiers algérois 03 : Côtiers constantinois 04 : Côtiers oranais
- 05 : Chott Hodna 06 : Chott Melhir 07 : Hauts Plateaux constantinois 08 : Hauts Plateaux oranais
- 09 : Isser 10 : Kébir-Rhumel 11 : Macta 12 : Médjerda 13 : Sahara 14 : Seybouse
- 15 : Soummam 16 : Tafna 17 : Zahrez

**Fig.4.** Carte hydrologique de région d'étude (Mébarki 2005 modifié).

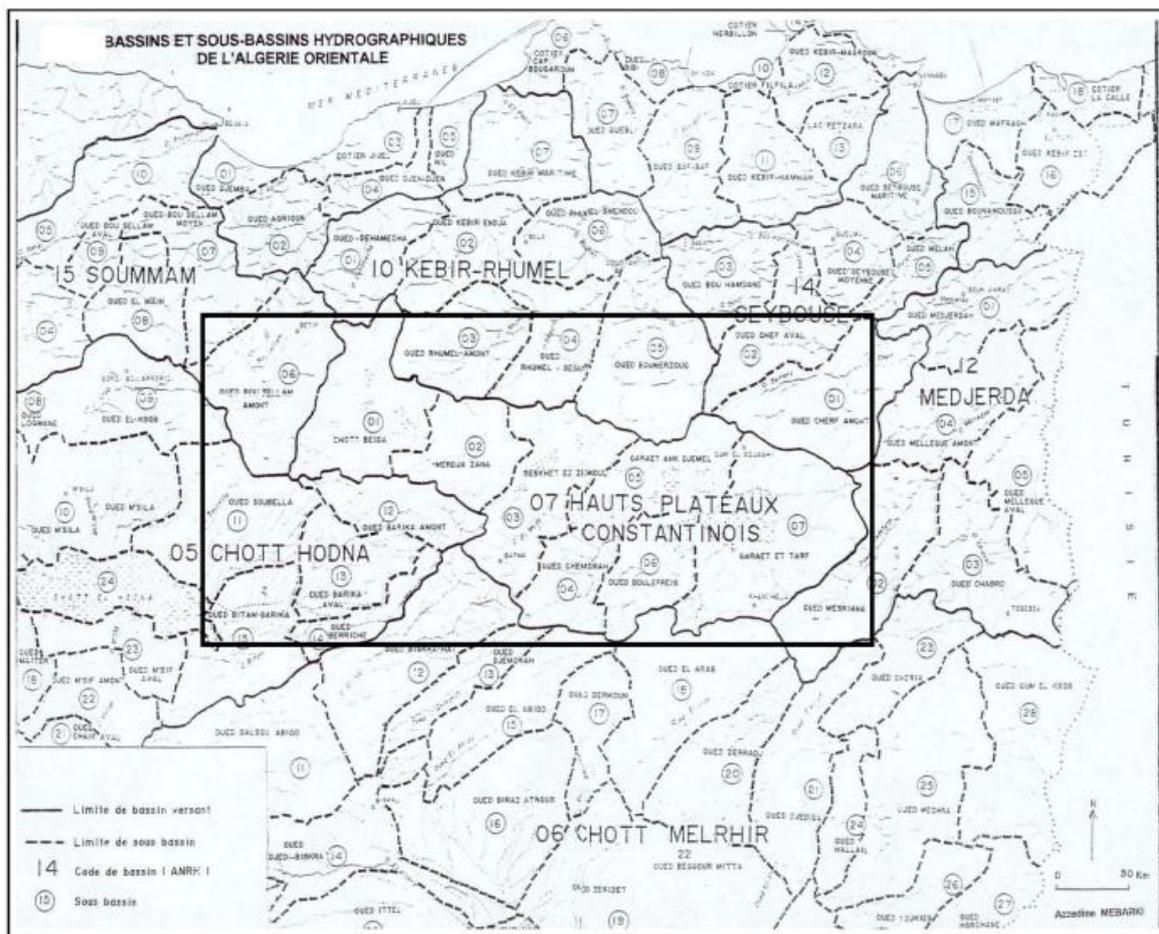


Fig.5. Représentation des bassins et sous bassins de la zone d'étude (Mebarki, 2005 modifié).

Tab.2. Superficie des bassins versants et sous bassins de la région d'étude (Mebarki, 2005)

Bassin versant	N°	Superficie Km <sup>2</sup>	Sous bassin	N°	Superficie Km <sup>2</sup>
Hauts plateaux constantinois	07	9578	Chott Beida	01	1596
			MerdjaZana	02	1036
			Sebkha Ezzemoul	03	1560
			Oued Chemorah	04	764
			Garâat Ank Djemal	05	1232
			OuedBoulefrais	06	960
			Gareat Taref	07	2430
Boussellam (soummam) Est	15	5010	Oued Boussellam Amont	06	1785

**I.4. Cadre pédologique**

La répartition des sols présente une zonation qui reflète celle du climat, cependant, elle est largement modifiée par l'influence des facteurs abiotiques (la nature de la roche mère, le relief, l'eau, la végétation), des facteurs biotiques et des facteurs anthropiques.

En Algérie, les sols carbonatés sont plus répandus (Halitim, 1988), comme on peut distinguer plusieurs types de sols dans la région d'étude (Halitim, 1988 et Kadi Hanifi, 1998) :

- Les sols minéraux bruts ou sols très peu évolués sont localisés principalement sur les sommets des Djebels.
- Les sols peu évolués : ce sont des sols d'origine colluviale ou alluviale.
- Les sols calcimagnésiques qui regroupent les sols carbonatés.
- Les sols halomorphes regroupent les sols salins qui sont localisés dans les chotts et les sebkhas. Ces sols sont généralement considérés comme des sols hétérogènes avec une structure granulaire, poreuse perméable, et des sels hygroscopiques en surface (Al Amoudi, 1992).

**I.5. Cadre climatique**

Pour étudier le climat qui est la composante essentielle dans la distribution des biocénoses (Ramade, 2009) ; il est nécessaire de collecter et d'interpréter des données climatiques sur une longue période d'observations afin de déterminer les variations interannuelles qui sont importantes pour la répartition, le développement et le comportement des êtres vivants, pour une analyse complète du climat Rivas-Matinez (2004) et Panini et Amandier (2005) proposent des paramètres climatiques et bioclimatiques importants (ombroclimats et thermoclimats), parmi lesquels nous pouvons retenir pour notre étude afin de donner plus d'informations ou des détails concernant le climat qui règne au niveau de la région.

**I.5.1. Caractérisation climatique de la région d'étude**

D'une manière générale, les hautes plaines constantinoises se caractérisent par un climat méditerranéen, de type continental semi-aride, aux hivers rigoureux, humides et aux étés chauds et secs (Figure 6).

Pour les besoins de notre étude, et afin d'identifier, les éléments constitutifs du climat retenus dans les études écologiques (précipitations, température, ... etc.), les données prises en compte sont issues des deux stations météorologiques d'Oum Bouaghi (CMSOB) sur une période de 25 ans (1990-2015) et de Sétif (CMSS) sur une période de 26 ans (1989-2015).

### I.5.1.1. Données climatiques

#### A- Les précipitations

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance saison des pluies et saison sèche, qui joue un rôle régulateur des activités biologiques (Ramade, 1982).

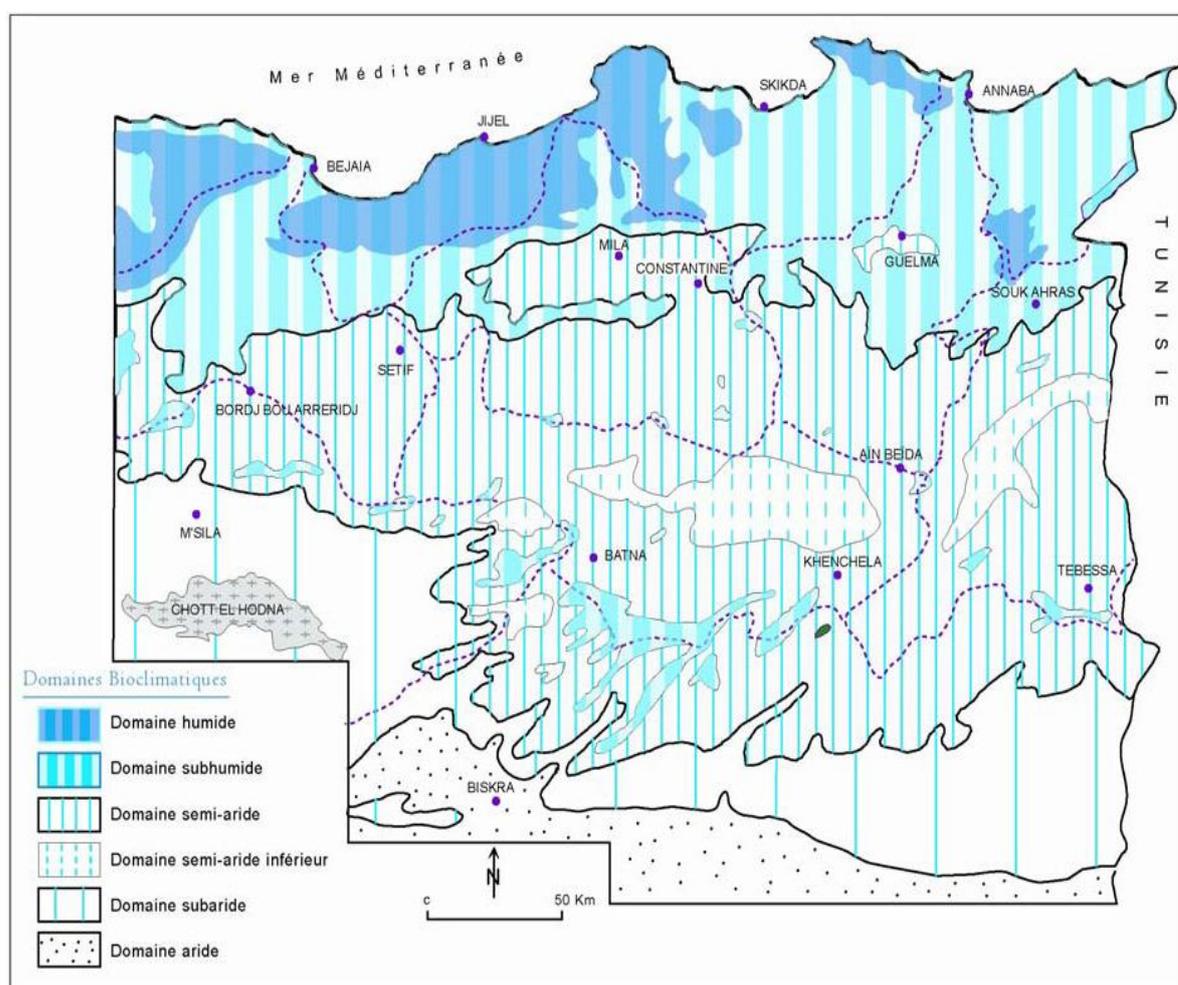


Fig.6. Carte de répartition des étages bioclimatiques dans les hautes plaines constantinoises (Mebarki, 2005).

#### c) La région d'Oum el bouaghi

Les données pluviométriques regroupées dans le tableau 3 montrent que la distribution des précipitations dans l'année est très irrégulière dans le temps, avec une moyenne annuelle

de 423,34 mm, le régime pluviométrique est de type HAPE, le mois Décembre est le mois le plus arrosé (54,70 mm) tandis que la pluviométrie minimale est observée durant le mois de Juillet (12,30 mm).

**Tab.3.** Répartitions moyennes mensuelles des précipitations en mm (CMSOB ; 1990-2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>P(moy)</b>	43.48	27.58	40.06	32.51	46.75	21.28	12.30	21.48	44.83	38.42	39.95	54.70
<b>Précipitations moyennes annuelles</b>									<b>423,34 mm</b>			

CMSOB= Centre météorologique station d'Oum Bouaghi.

**d) La région de Sétif**

Les données pluviométriques regroupées dans le tableau 4 montrent que la distribution des précipitations dans l'année est très irrégulière, avec une moyenne annuelle de 390,77 mm, le régime pluviométrique est de type PHAE, le maximum de précipitation est observé durant le mois d'Avril (43,33mm) et le minimum durant le mois de Juillet (13,98 mm).

**Tab.4.** Répartitions moyennes mensuelles des précipitations en mm pour la série (CMSS ; 1989-2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>P(moy)</b>	38,5	31,95	36,6	43,33	40,8	21,31	13,98	21,8	37,7	31,3	33,4	40,1
<b>Précipitations moyennes annuelle</b>							<b>390,77 mm</b>					

CMSS= Centre météorologique station de Sétif.

**B- La température**

Le facteur thermique a une influence capitale sur les comportements des organismes par le contrôle qu'il exerce sur l'ensemble des processus vitaux. La croissance, l'activité végétative et la production sont étroitement dépendantes de la température (Dajoz, 2007).

**b) La région d'Oum El Bouaghi :**

D'après les données mentionnées dans le tableau 5, la température maximale atteint 34,33 °C en juillet, la température minimale descend à 4.51 °C en décembre et une température moyenne annuelle de 16,78 °C. L'amplitude thermique est de 29,82 °C.

Tab.5. Températures moyennes mensuelles en (°C) (CMSOB ; 1990-2015).

Mois T(°C)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>T max</b>	11.8	11.91	15.49	21.56	25.03	30.86	<b>34.33</b>	22.50	27.63	23.09	20.07	9.85
<b>T min</b>	7.76	5.83	7.59	9.68	14.13	18.86	21.46	20.99	16.76	15.22	12.05	<b>4.51</b>
<b>T moy</b>	6.99	7.38	10.56	14.51	19.46	24.52	27.91	26.71	22.12	18.6	15.8	6.81

**c) La Région de Sétif**

D'après les données mentionnées dans le tableau 6, la température maximale atteint 34,01°C en juillet, la température minimale descend à 0,8 °C en décembre et une température annuelle moyenne de 14,84 °C. L'amplitude thermique (33,21 °C).

Tab.6. Températures moyennes mensuelles en (°C) (1989-2015).

Mois T(°C)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>T max</b>	<b>10,48</b>	<b>11,51</b>	<b>15,26</b>	<b>18,64</b>	<b>23,85</b>	<b>29,83</b>	<b>34,01</b>	<b>33,53</b>	<b>27,78</b>	<b>22,42</b>	<b>15,45</b>	<b>11,11</b>
<b>T min</b>	0,8	1,16	3,42	5,45	9,74	14,52	17,85	18,38	14,32	10,26	5,22	1,71
<b>T moy</b>	5,64	6,53	9,34	11,70	16,8	22,17	25,93	25,95	21,01	16,34	10,34	6,41

**C- Autres facteurs climatiques**

- ✓ Le vent, dont le rôle bénéfique dans la pollinisation et dissémination des graines et qui peut devenir néfaste en provoquant l'érosion. Les vents dominants dans la région d'étude sont des vents de direction Nord-Ouest et Sud-Ouest.
- ✓ L'évapotranspiration potentielle (ETP) a été calculée en utilisant la formule de Le Houérou (1995) : **ETP mm /an = 68,54 x T**. avec T : température moyenne annuelle.  
ETP d'Oum bouaghi = 1150,10 mm/an ; ETP de Sétif = 1017,13 mm/an.

**I.5.1.2. Synthèse climatiques**

Plusieurs indices de classification climatique ont été décrits, et les plus couramment utilisés sont calculés et retenus dans le cadre de cette étude.

- Indice d'aridité de De Martonne :

$$I = P / (T + 10)$$

P = précipitations annuelle en millimètres.

T= température moyenne annuelle en °C.

Tab.7. Valeurs de l'indice d'aridité (Guyot, 1999).

Valeur de l'indice	Type de climat
0<I<5	Hyper-aride
5<I<10	Aride
10<I<20	Semi-aride
20<I<30	Semi-humide
30<I<50	Humide

La station d'Oum El- Bouaghi (1990-2015) : I=13.17.

**I** ; étant compris entre 10 et 20, le climat de la région d'Oum El- Bouaghi est donc de type semi-aride.

La station du Sétif (1989-2015) : I=15.73.

**I** ; étant compris entre 10 et 20, le climat de la région de Sétif est donc de type semi-aride.

- Indice ombrothermique :

$$I_o = P_p / T_p.$$

$P_p$  = la somme des précipitations moyennes (mm) des mois dont la température est supérieure à zéro.

$T_p$  = la somme des températures moyennes mensuelles supérieures à zéro.

$$I_o \text{ d'Oum Bouaghi} = 2,10 ; I_o \text{ de Sétif} = 2,16$$

Selon la classification de Rivas-Martinez (2005) in Meddour(2010) le climat est sec (OMBROTYPE SEC) pour les 2 régions.

- Indice de Thermicité compensé :

$$I_{tc} = I_t + (I_c \times 10) - 180$$

$I_t$  = Indice de thermicité =  $(T + M' + m) \times 10$ .

$I_c$  = indice de continentalité =  $T_{max} - T_{min}$ .  $T$  = Température moyenne annuelle (°C).

$M'$  = Température moyenne des maxima du mois le plus froid (°C).

$m$  = Température moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

$T_{max}$  = Température la plus forte des moyennes mensuelles (°C).

$T_{min}$  = Température la plus faible des moyennes mensuelles (°C).

$I_{tc}$  d'Oum Bouaghi = 341,3 et  $I_{tc}$  de Sétif = 284,3.

Selon la classification de Rivas-Martinez (2005) in Meddour (2010) le thermo-type des 2 régions est situé dans le méso méditerranéen.

- Diagramme ombrothermique :

Bagnouls et Gaussen (1953), ont établi une méthode simple et efficace entre la saison pluvieuse et la saison sèche à travers une représentation graphique, en mettant en relation la pluviométrie et la moyenne des températures mensuelles, qui déterminent la durée de l'intensité de la période sèche lorsque la pluviosité est inférieure ou égale au double des températures. Selon les mêmes auteures, un mois est dit biologiquement sec si le total mensuel des précipitations exprimé en (mm) est égal ou inférieur au double de la température moyenne (°C).

- Les figures 7 et 8 montrent que la durée de la saison sèche au niveau de la région d'Oum Bouaghi et de Sétif s'étale de la mi-Mai jusqu'au mi-Septembre, environ 5 mois.

On peut déduire que la région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen avec une saison sèche qui dure environ 5 mois.

**La région d'Oum El Bouaghi :**

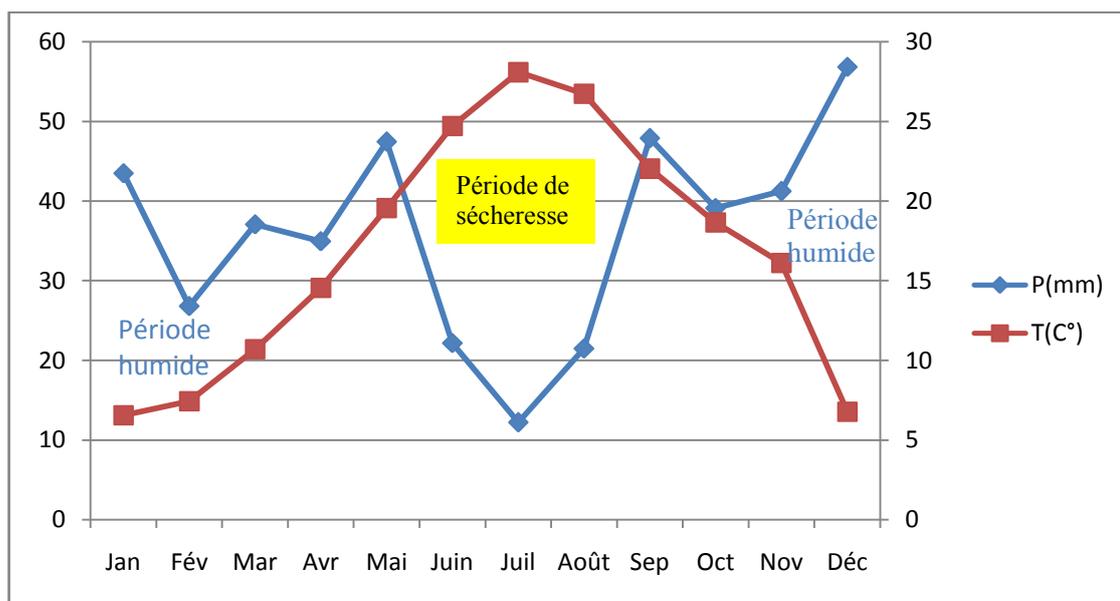


Fig.7. Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région d'Oum El-Bouaghi (1990-2015).

La Région de Sétif :

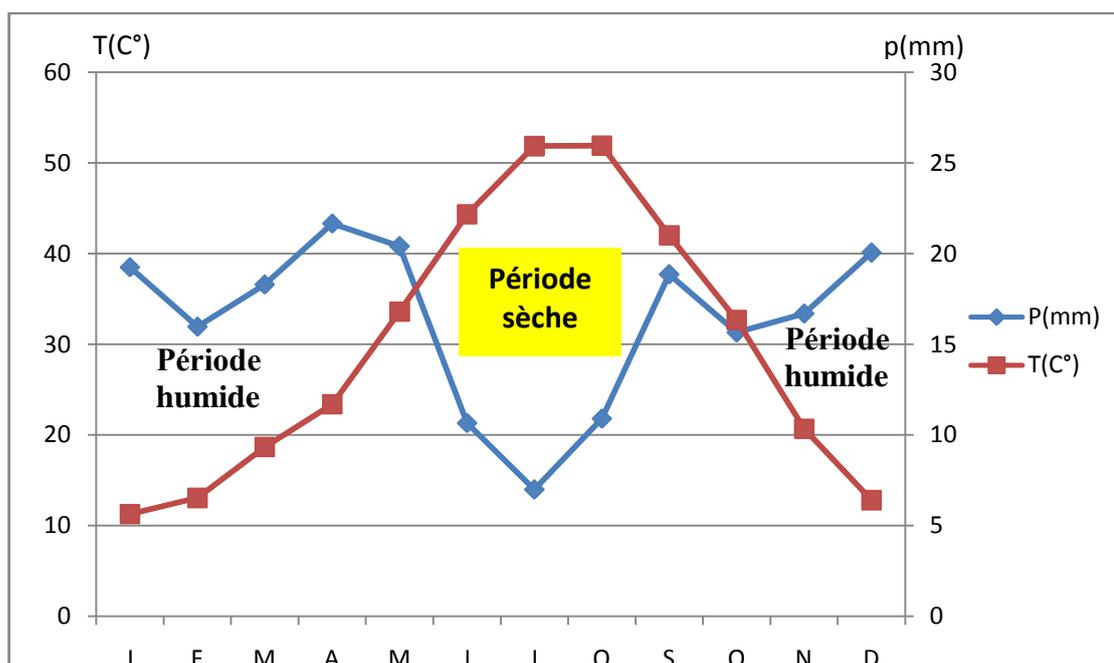


Fig.8. Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Sétif (1989-2015).

I.5.2. Caractérisation Bioclimatique de la région d'étude

I.5.2.1. Quotient Pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique ou indice climatique sert à définir les cinq différents types de climat méditerranéen, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne.

$$Q_2 = 2000 [P / (M^2 - m^2)]$$

- P : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm.
- M : moyenne des maximal du mois le plus chaud en degré Kelvin (K).
- m : moyenne des minimum du mois le plus froid en degré Kelvin (K), avec  $T(K) = T(°C) + 273,15$ .

La région d'Oum El-Bouaghi :  $m = 4.51 °C$ ,  $M = 34.33$  et  $Q_2 = 60.90$ .

La région de Sétif :  $m = 0.8 °C$ ,  $M = 24.01 °C$  et  $Q_2 = 40.49$

I.5.2.2. Climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger ou le diagramme des bioclimats méditerranéens permet de déterminer le bioclimat auquel appartient la station d'étude ainsi que la variante de l'hiver. Un diagramme des bioclimats méditerranéens est proposé avec :

- En abscisses, la moyenne des minima du mois le plus froid (°C).
- En ordonnées, le quotient pluviométrique d'Emberger,
- Le climagramme permet la représentation des étages bioclimatiques méditerranéens.

La figure 9 montre que la région d'Oum Bouaghi est située dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers tempéré et la région de Sétif, dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers frais.

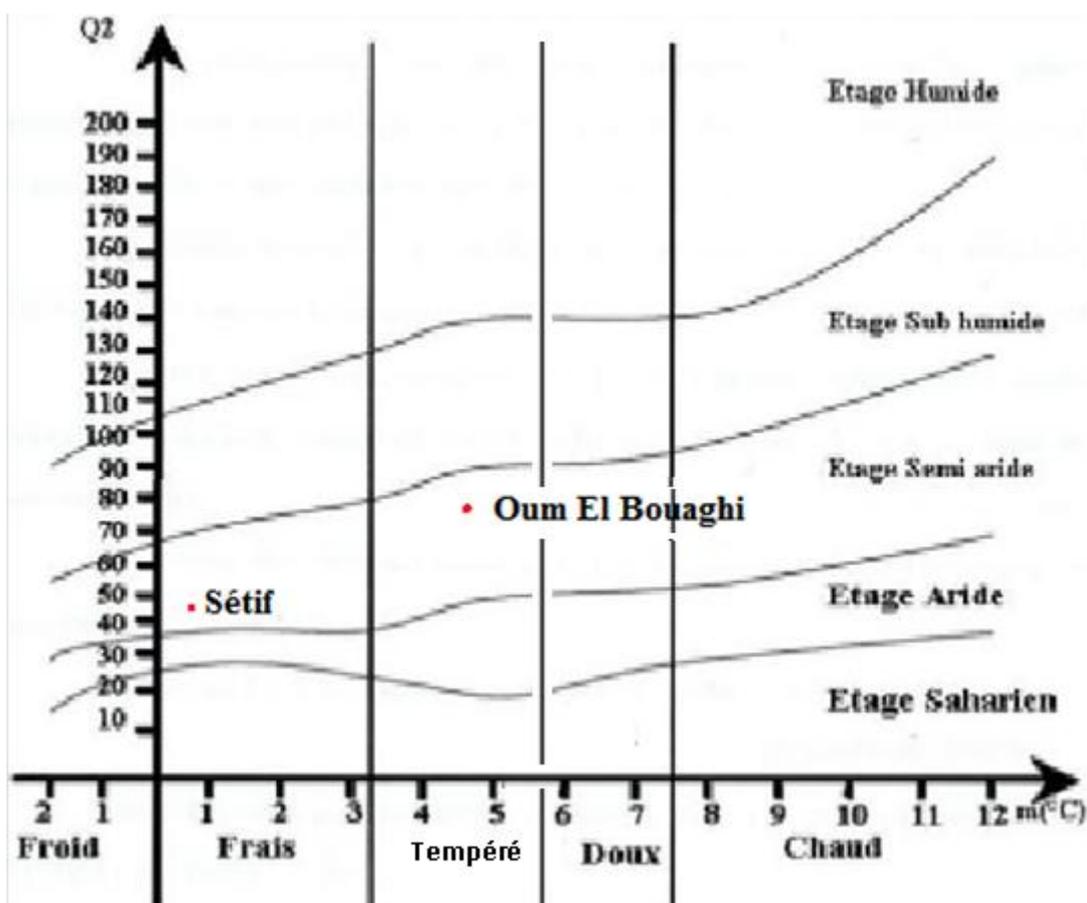


Fig.9. Le Climagramme d'Emberger pour les régions d'Oum El-Bouaghi et de Sétif.

## I.6. Flore et faune

### I.6.1. Flore

Le nombre de 3139 espèces répertoriées dans la flore d'Algérie (Quezel et Santa, 1962-1963), avec une progression de 13 espèces pour atteindre un total de 3152 sur 3744 taxons (MATE, 2014). Cependant, Dobignard et Chatelain (2010-2013) après une révision, avancent 4000 taxons indigènes y compris les taxons introduits (cultivés, adventices ou naturalisés). Les espèces endémiques et ou sub-endémiques sont de 464 espèces (387 espèces, 53 espèces sous-espèces et 24 variétés) (Vela et Bouhouhou, 2007).

Du point de vue biogéographique ; il est à signaler que la région méditerranéenne est limitrophe des régions irano-touranienne à l'Est, macaronésienne à l'Ouest, circumboréale au Nord et saharo-arabique au Sud (Meddour, 2010).

Selon le découpage de Quezel et Santa (1962,1963), la région étudiée appartient à l'empire floral holarctique ; à la région méditerranéenne ; au domaine maghrébin steppique, au secteur des hautes plaines constantinoises et au sous-secteur des hauts plateaux constantinois (H<sub>2</sub>).

Ce sous-secteur des hautes palataux constantinois ou district Orientalo-stéppien (Meddour, 2010) est un territoire steppique enclavé au milieu de zones moins sèche, à vocation céréalière.

Selon le même auteur ; ce district est surtout caractérisé par une endémique algéro-tunisienne *Othonnopsis (Hertia) cherifolia* ; mais celle-ci ne lui est pas exclusive ; bien qu'elle y est particulièrement abondante, très peu de plantes endémiques algériennes et maghrébines sont spéciales à ce district ; d'ailleurs ; elles ne lui sont pas non plus propres, puisqu'on les retrouve invariablement dans les districts limitrophe : *Carduncellus choulettianus* (C<sub>1</sub>), *Celsia balli* (AS<sub>3</sub>) *Reseda duriaea* (C<sub>1</sub>, AS<sub>3</sub>), ..., etc. (Figure 10).

La même observation, a été donnée par Le Houerou (1995) que ce territoire est caractérisé par l'absence ou du moins la rareté des endémiques.

Selon Vela et Benhouhou (2007) ; le nombre d'endémiques dans ce sous-secteur par rapport aux espèces endémiques algériennes ; algéro-marocaines et algéro-tunisiennes est comme suit :

- 19 espèces sur un total de 224 espèces (Algérie).
- 14 espèces sur un total de 124 espèces (Algérie/Maroc).
- 14 espèces sur un total de 58 espèces (Algérie/Tunisie).

Selon ces chiffres, les hauts plateaux constantinois totalisent 47 espèces endémiques sur 406 espèces (Algérie + Algérie/Maroc + Algérie/Tunisie).

Les zones humides qui font partie de ce sous-secteur ; sont riches en espèces végétales dont la plupart sont d'une grande valeur écologique. Cette flore qui se développe en couronne (ceinture) autour des chotts et sebkha, est constituée principalement par des plantes halophiles (*Chénopodiacées*, *Brassicacées*, *fabacées*, ..., etc.) (Si Bachir, 2008 ; Nedjimi et al., 2012), des graminées des marais salants comme *Aeluropus* (Pearce et Crivalli, 1994).

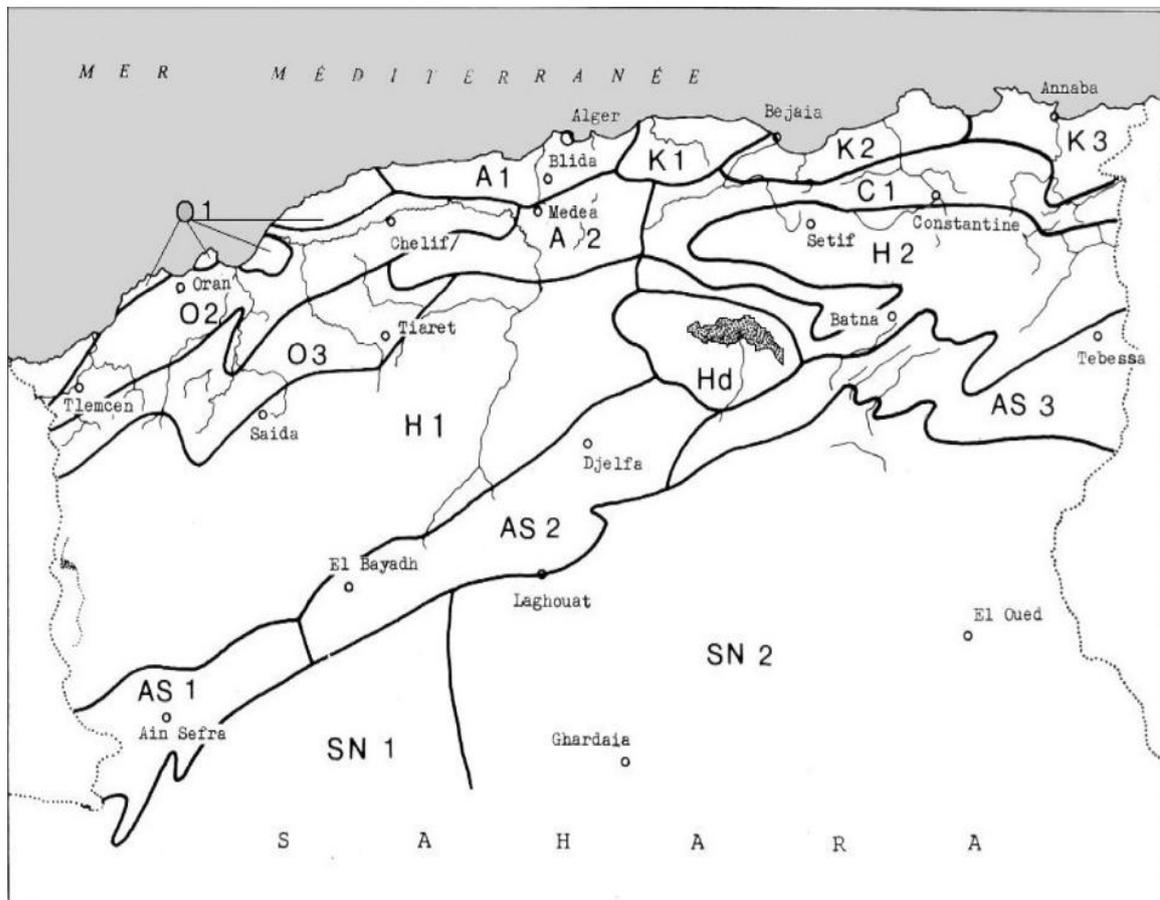


Fig.10. Répartition des aires biogéographiques Quezel et santa (1962/1963).

### I.6.2. Faune

La région d'étude (les zones humides) est riche en espèces animales comme les rongeurs, les reptiles, des insectes, des mammifères ainsi que par diverses espèces d'oiseaux surtout migrateurs (Bensaci, 2011), dont beaucoup sont rares et menacées (Tadorne de belon, Flamant rose, Avocette, Grue cendrée, ..., etc.), d'où leur classement Ramsar. Ces vastes zones ne font l'objet de suivis et d'inventaires que depuis la découverte de la nidification du Flamant rose (Houhamedi et *al.*, 2009).

### 1.7. Cadre socio-économique

L'agriculture et élevage constituent les principales activités des populations de la région d'étude et en particulier les populations riveraines des zones humides (Figure 11). La céréaliculture est l'activité primordiale et se caractérise par un système intensif qui se traduit sur le terrain par une augmentation des surfaces labourées qui touchent maintenant les limites des sebkhas (le cas de Chott Beida, Hamiet, Taref, ..., etc.) même pour irriguer le cas de Timerguanine, les agriculteurs utilisent l'eau du lac pour irriguer l'orge en vert entant que fourrage pour leur bétail.

#### **La wilaya d'Oum El Bouaghi :**

La région d'Oum El-Bouaghi est caractérisée essentiellement par l'agriculture et l'élevage, c'est une zone à vocation agro-sylvo-pastorale (Tableaux 8 et 9).

La surface agricole utile (S.A.U) représente 360 885 Ha. Cette superficie est répartie entre les emblavures (céréalicultures, les fourrages, les cultures maraichères, ... etc.). Pour l'effectif animal, nous notons un cheptel important.

#### **La wilaya de Sétif :**

La wilaya de Sétif montre un ensemble d'activités socio-économiques ; c'est une région à vocation agro-sylvo-pastorales (Tableaux 10 et 11).

La surface agricole utile (S.A.U) représente 363 643 Ha. Cette superficie est répartie entre les emblavures (céréalicultures, les fourrages, les cultures maraichères, ... etc.). Pour l'effectif animal, nous notons un cheptel important.

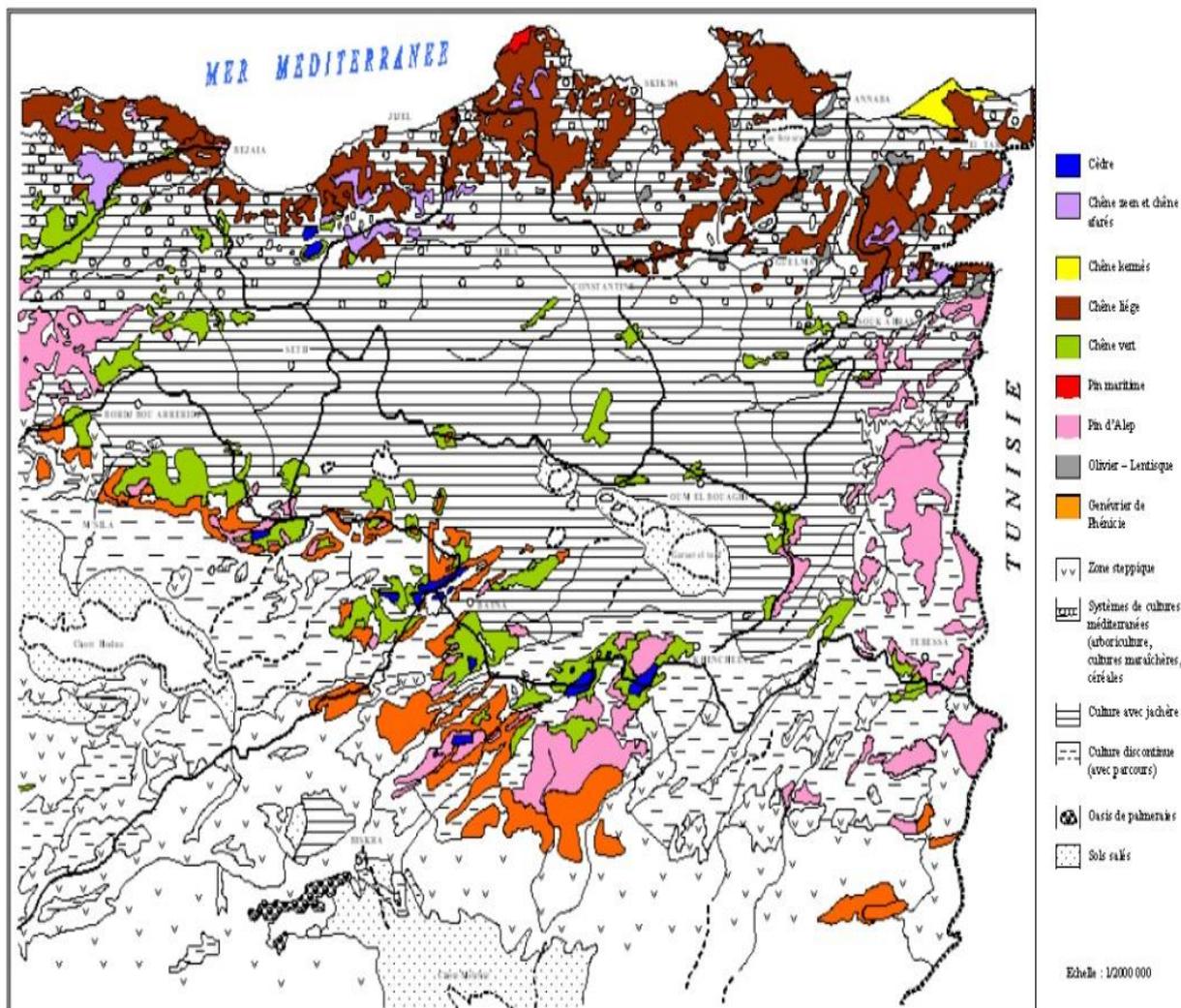


Fig.11. Carte Occupation des sols dans la région Est Algérien (Mebarki, 2005).

Tab.8. Répartition des terres, production végétale et l'effectif animal de la wilaya d'Oum El Bouaghi (MADRP, 2015).

Données commune	Répartition générale de terre			Production végétale				
	S A U (Has)	Terre affectée à l'agriculture (Has)	Terre non Affectée à l'agriculture (Has)	Production de céréale (Ox)			Légume sec	Culture Maraîchère
Oum El-Bouaghi				Blé dure	Blé tendre	Orge		
	360885	360885	49796.36	636 000	397 600	1263 150	1010	711 808

Tab.9. Effectif animal de la wilaya d'Oum El Bouaghi (MADRP, 2015).

Effectif animale	Ovins (têtes)	Bovins (têtes)	Caprines (têtes)	Equins (têtes)
Wilaya				
Oum El Bouaghi	666 991	58 639	105 600	689

Tab.10. Répartition des terres, production végétale et l'effectif animal de la wilaya de Sétif (MADRP, 2015).

Données communes	Répartition générale de terre			Production végétale					
	S A U (Has)	Terre affectée à l'agriculture (Has)	Terre non Affectée à l'agriculture (Has)	Production de céréale (Ox)				Légume sec	Culture Maraîchère
Blé dure				Blé tendre	Orge	Avoine			
Sétif	363643	55121	104683	905000	67200	164200	33 100	6231	2223649

Tab.11. Effectif animal de la wilaya de Sétif (MADRP, 2015).

Effectif animale	Ovins (têtes)	Bovins (têtes)	Caprines (têtes)	Equins (têtes)
Wilaya Sétif	523540	134180	82268	1095

En conclusion, la région d'étude est une région à vocation agro-pastorale, caractérisée par des zones déshéritées et enclavées qui nécessitent des programmes spéciaux pour améliorer le niveau de vie de leur population.

# Chapitre II

Matériel et méthodes

---

## II. Matériel et méthodes

Ce chapitre est consacré à la description de la méthodologie et les principales techniques utilisées pour la caractérisation de la flore et du sol de la région d'étude.

- Afin d'atteindre notre objectif, nous avons suivi les démarche suivantes :
  - Analyse bibliographique des documents de base.
  - Travaux sur terrain.
  - Analyses au laboratoire.
  - Traitement des données.

Cette étude a été entreprise dans le cadre de la valorisation et de la préservation des écosystèmes humides halophiles et continentales dans les hautes plaines constantinoises en identifiant et en caractérisant ses sols et sa phytocénose, de déterminer la relation entre les variables biologiques (flore) et les paramètres physico-chimiques du sol et de mieux cerner la part de ces deniers dans la diversité phytocoenotique (phytodiversité).

Notre étude est basée selon une approche méthodologique synchronique (Jauffret, 2001 et Roselt/Oss, 2004) en analysant plusieurs zones à un moment donné, afin d'établir des données ou des paramètres spécifiques pour chaque zone (observatoire) et de faire ressortir les ressemblances et les différences entre ces zones.

12 zones ont été choisies dont 10 classées sur la liste Ramsar et 02 en cours de classement (Chott Frain et Sabkhet Melloul).

Afin de nous faciliter la tâche, d'affiner les analyses et d'approfondir l'étude, nous avons partagé la région d'étude en deux éco-complexes à savoir l'éco-complexe d'Oum Bouaghi (07 zones) et l'éco-complexe de Sétif (05 zones). Selon Tassin (2012) le système éco-complexe, est un système d'écosystèmes interdépendants, concept à la fois écologique et géographique qui vise à remplacer la notion du paysage en intégrant les paramètres d'ordre matériel, économique et culturel (patrimonial).

### II.1. Choix du type d'échantillonnage

L'incapacité de couvrir la totalité de la zone à étudier, nécessite la mise en place d'un échantillonnage adéquat pour toute la surface à couvrir. Celui consiste à choisir des éléments de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable sur l'ensemble de

la zone (Gounot, 1969), il permet de fournir une image complète (quantitativement et qualitativement) du territoire. Parmi les types d'échantillonnages cités par Gounot (1969), l'échantillonnage subjectif reste le plus simple pour caractériser les groupements végétaux (Meddour, 1983).

C'est une méthode de reconnaissance adaptée à tout type de formations végétales (Gounot, 1969). Elle permet également d'obtenir une qualité d'information quasi identique à celle fournie par l'échantillonnage systématique (Hadjadj-Aoul, 1995 ; Meddour, 2010).

L'homogénéité des conditions stationnelles au niveau de ces zones humides, leur surface et/ou leur accessibilité nous pousse à choisir ce type d'échantillonnage.

Après la phase de reconnaissance qui est une étape essentielle pour mieux connaître le terrain et ses caractéristiques, nous avons pu déterminer et choisir quatre (04), transects (topo séquences) situés aux quatre (04) coins de la zone (Nord, Est, Sud, Ouest) qui sont particulièrement homogènes et représentatifs.

Chaque transect est constitué par des ceintures de végétations. Qui varient d'une zone à une autre (de 1 à 5 ceintures) ; et qui sont distinctement visible à l'œil nu du point de vue changement de la végétation.

### **II.1.1. Relevés floristiques**

Des relevés phytoécologiques ont été effectués selon des critères d'homogénéité écologique, physiologique et floristique.

L'estimation de l'aire minimale est de 1 à 2 m<sup>2</sup> pour les petites ceintures et de 64 à 128 m<sup>2</sup> pour les plus vastes (Aliat et Kaabeche, 2013). Ces relevés ont été réalisés durant la période ou saison optimale de végétation (Avril/Mai) de l'année 2010.

L'identification et la détermination des espèces, nous nous sommes basés sur les principaux ouvrages disponibles.

- La flore du Sahara (Ozenda, 1977).
- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales Tome 1 et 2, (Quezel et Santa, 1962, 1963).

### II.1.2. Prélèvement du sol

Chaque végétation naturelle (ceinture) était pour nous une unité à analyser (Aliat et Kaabeche, 2013) c'est-à-dire un profil par ceinture a été réalisé sur une profondeur de 50 cm équivalent à la zone rhizosphérique ou l'Horizon nourricier (Pouget, 1980 ; Ghezelaoui et *al.*, 2011) ; sachant que dans les sols salés, cet horizon est superficiel (Ghezelaoui et *al.*, 2011) Deux échantillons ont été prélevés de 0 à 25 cm et de 25 à 50 cm. La période de prélèvement, durant la 3<sup>e</sup> décennie du Mois de Mai.

Les sorties sur terrain ont été suivies souvent par un travail de laboratoire pour le tri, la détermination et l'analyse des échantillons récoltés.

## II.2. Phase de réalisation

Après le choix des transects et l'identification des ceintures, l'exécution des relevés concernant la flore et le sol a été entamée.

### II.2.1. Flore

Cette phase correspond à un inventaire de la flore, basé sur des relevés floristique en mentionnant la présence de l'espèce c'est-à-dire par la méthode présence/absence. Selon Meyers et *al.* (2000), la caractérisation de la biodiversité continue à être principalement fondée sur des critères comme le nombre d'espèce et leur aire de distribution. Notre approche écologiste est d'identifier et de caractériser la diversité et non la paramétrer. La diversité floristique compte parmi les attributs vitaux d'un écosystème (Le Floch et Aronson, 1995 ; Jauffret, 2001 ; Roselt/Oss, 2004).

Les relevés sont été exécutés dans chaque ceinture en commençant par la première ceinture qui entoure la sebkha, puis celle qui lui est limitrophe c'est-à-dire par ordre croissant, de l'intérieur vers extérieur.

Des tableaux d'inventaire ont été confectionnés et un échantillon de chaque espèce a été récolté et mis en herbier afin de l'identifier et le déterminer.

La nomenclature retenue est celle en usage dans la flore de (Quezel et Santa 1962-1963) pour l'ensemble des espèces.

Après l'étape d'échantillonnage et de la confection de l'herbier, la phase de détermination des espèces a été procédée avec son classement par ceinture et par transect, et par zone, afin d'entamer la caractérisation de certains attributs vitaux de l'écosystème (Jauffret, 2001), à savoir la diversité et affinités des espèces (le nombre de taxon, caractérisation systématique et générique), estimation de la diversité (la richesse spécifique, le coefficient de communauté et indice bêta) et les spectres écologiques (spectre des types biologiques, la phytochorologie, la morphologie, la rareté, le mode de dissémination), ainsi qu'une valorisation de cette flore en mettant en exergue les profils ou les types d'usage.

- **Richesse floristique**

Selon Daget et Poissonet (1991), c'est la notion qui prend en compte la diversité de la flore, c'est-à-dire du nombre de taxons inventoriés dans la station examinée.

- **Types biologiques**

Les types biologiques d'une plante est la résultante sur la partie végétative de son corps, de tous les processus biologique y compris ceux qui sont modifiés par le milieu pendant la vie de la plante et qui ne sont pas héréditaires (Polunin, 1967). Ils sont le reflet du milieu sur l'espèce (Lahondere, 1997) ou en tant que stratégie adaptative (Daget, 1980).

Lacoste et Salanon (2001) citent les différent types (ou formes) biologique, parmi eux les phanérophytes, les chamaephytes, les hémicryptophytes, les géophytes et les thérophytes.

La détermination des types biologiques de la flore inventoriée est basée sur les travaux de Quezel et Santa (1962-1963) et appuyée par d'autres travaux comme Aboura (2006) ; Chennou (2014).

- **Type morphologique**

La détermination de type morphologique (pérenne, annuelle ou biannuelle) des espèces végétales inventoriées a été réalisée en se basant sur Quezel et Santa (1962-1963) ; Aboura (2006) ; Chennou (2014).

- **Type biogéographique(Chorologie)**

La notion d'unité phytogéographique repose le plus souvent sur la considération de divers critères parfois combinées entre eux : physionomie de la végétation, l'histoire de cette végétation, climat, chorologie des espèces et des genres, reconnaissance des centres d'endémisme (Klein, 1991).

D'après Quezel (1991), l'étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité.

La détermination de la chorologie des espèces recensées a été basée sur les travaux de Quezel et Santa (1962-1963) ; Dobignard et Chatelain (2010-2013) et *Téla Botanica*.

#### - **Mode de dissémination**

Les plantes étant des organismes fixés au sol, elles sont plus sensibles aux risques d'extinction par appauvrissement génétique ou par l'intervention des facteurs démographiques ou environnementaux. Les mécanismes de dispersion des graines permettant de reprendre à deux conditions majeures (Kazi Tani, 2010) :

1. Trouver des sites favorables à la germination et à l'établissement des plantules.
2. Entendre la localisation de l'espèce à des sites vacants afin d'élargir l'aire de distribution de l'espèce.

Les types de dissémination des diaspores : barochorie, anémochorie, zoochorie, hydrochorie et autochorie (Kazi tani, 2010).

La détermination du mode de dissémination des espèces étudiées a été réalisée en se basant sur les travaux de Kazi Tani (2010) ; Allout (2013) et *Orch al.* (2013) et *Téla Botanica*.

#### - **Rareté**

L'abondance est un processus complexe et dynamique, qui se présente sous différentes formes et fait intervenir des processus variés (Quezel et Santa, 1962-1963).

L'abondance ou la rareté est mentionnée dans la nouvelle flore d'Algérie de Quezel et Santa (1962-1963) sous la forme d'un indice unique précédant la répartition au sein du pays, cet indice se divise en plusieurs niveaux (rare, commun, assez commun, très commun).

#### - **Profil ou usage des espèces**

Les plantes halophiles ont un intérêt potentiel important dans les différents domaines de la vie. Les exemples qui ont montré l'utilité des halophytes sont nombreuses : médicinale, fourragère et/ou pastorale, industrielle, alimentaire, ornementale et aussi comme source d'énergie (Hendriks et Bushnell, 2008). Certains constituent une source d'amidon, de sucre et de protéines comme *Suaeda sp* ; *Salicornia sp.* (Zhao et al., 2011).

La détermination du profil de la flore recensée a été effectuée en se basant sur les travaux de Chehema (2006) ; Harket (2008) ; Botineau (2010) ; Kherraze et *al.* (2010) ; Paloma (2012) et Chennou (2014), plus notre enquête avec les riverains.

### **II.2.2. Sol**

Les 116 échantillons du sol prélevés sont mis à sécher à l'aire libre pendant quelques jours, puis tamisés à 2 mm pour obtenir la terre fine.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire de science du sol de l'université Hadj lakhdar (Batna).

#### **- pH**

Le pH est apprécié par la méthode électrique sur des extraits dont le rapport terre/eau est de 2/5 (Mathieu et Pieltain, 2003).

L'échelle de classification utilisée (Durand, 1983).

- 6.5 à 7.5 (Neutre).
- 7.5 à 8.5 (peu Alcalin).
- Plus de 8.5 (Alcalin).

#### **- Conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique est mesurée par un conductimètre sur des extraits dont le rapport terre /eau est de 1/5 (Mathieu et Pietlain, 2003).

L'échelle de classification utilisée dS /cm (Durand, 1983).

- 0 à 0.5 (sol non salé).
- 0.5 à 1 (sol légèrement salé).
- 1 à 2 (sol salé).
- 2 à 4 (sol extrêmement salé).

#### **- Calcaire total (CaCO<sub>3</sub>)**

L'analyse a été réalisée selon la méthode gazométrie par l'utilisation du calcimètre de Bernard (Baize, 2000).

L'échelle de classification utilisée (Lozet et Mathieu, 1990).

- 2% trace.
- 2% à 10% faible.
- 10% à 25% moyenne.
- 25% à 50% forte.

- > 50% très forte.

- **Gypse**

Cette analyse a été réalisée selon la méthode de Bower (Barzanji, 1973).

L'échelle de classification utilisée (Barzanji, 1973).

- < 0.3 non gypseux.
- 0.3 à 10 légèrement gypseux.
- 10 à 15 modérément gypseux.
- 15 à 25 gypseux.
- 25 à 50 extrêmement gypseux.

- **Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

Le dosage des bicarbonates a été déterminé par la méthode titrimétrique à l'acide sulfurique en présence de l'orange de méthyle (Pansu et Gauthier, 2006).

- **Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Cette analyse a été réalisée selon la méthode de Gravimétrie (Pansu et Gauthier, 2006).

- **Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )**

Cette analyse a été réalisée selon la méthode de Mohr, (Argenmetrie).

Le rapport  $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^-$  mentionné par LOYER (1991) pour déterminer le type de salinité

- ✓ Si  $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^- < 1$   $\longrightarrow$  Donc le faciès est sulfaté.
- ✓ Si  $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^- > 1$   $\longrightarrow$  Donc le faciès est chloruré.

Le diagramme de PIPER visait à établir une distinction entre les faciès chimiques de la solution du sol des échantillons (Giggenbach, 1991).

- **Granulométrie**

Cette analyse a été réalisée selon la méthode de Robinson (Pansu et Gauthier, 2006), elle a pour but de quantifier pondéralement en pourcentage les particules du sol (sables ; limons et argiles), et de définir la texture du sol par la classification de texture (Fig.12) (USDA, 1992).

Pouget (1980) a mentionné des classes texturales en fonction du pourcentage des éléments fins (argile et limon fin).

- ✓ Argile + limon fin < 5 % texture très grossière.
- ✓ 5 % < argile + limon fin < 20 % texture grossière.
- ✓ 20 % < argile + limon fin < 40 % texture moyenne.
- ✓ 40 % < argile + limon fin < 70 % texture fine.
- ✓ 70 % < argile + limon fin < 100 % texture très fine.

**Triangle des textures**

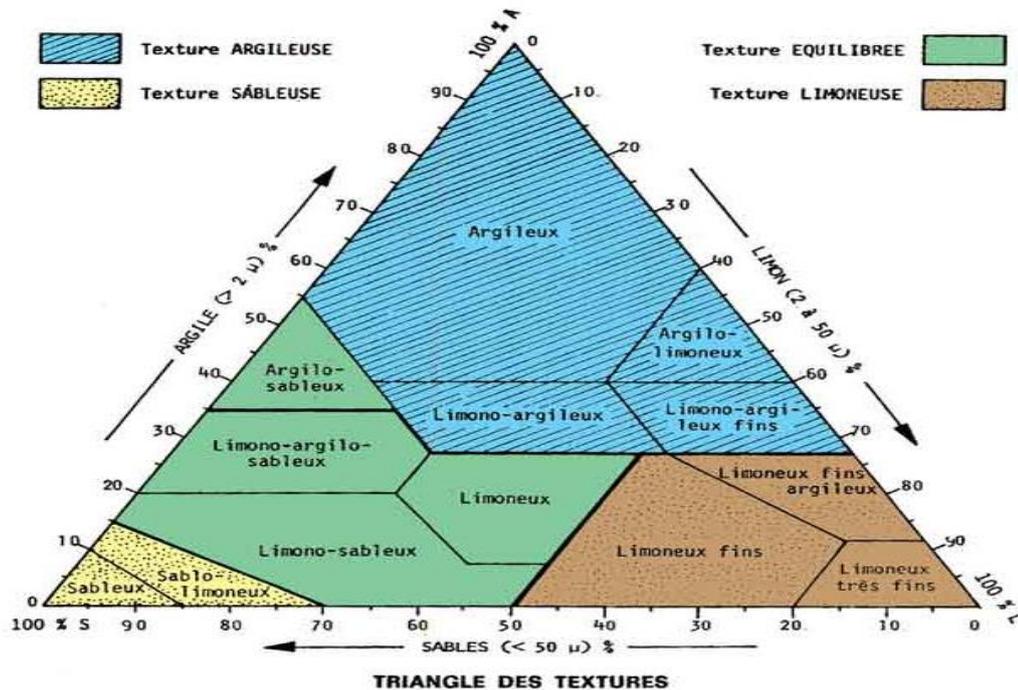


Fig.12. Triangle texturale du Département de l’Agriculture des Etats Unies d’Amérique (USDA, 1992).

## II.3. Méthodes d’étude de l’avifaune

### II.3.1. Méthodes de dénombrement

Les oiseaux d’eau sont définis comme étant des espèces écologiquement dépendantes des zones humides, c’est la définition utilisée par la convention Ramsar pour les dénombrements internationaux des oiseaux d’eau.

Dans le but d’inventorier et de déterminer le statut de l’avifaune aquatique fréquentant la zone étudiée (Chott El-Beida), des recensements ont été effectués selon les méthodes absolues qui présentent plusieurs variantes et le choix de l’une ou de l’autre dépend de la taille du site, de la taille d’oiseaux à dénombrer et de leur homogénéité (Schricke, 1985). Nous

avons généralement procédé à un comptage individuel lorsque le groupe d'oiseaux était proche (à moins de 200 m) et d'effectif inférieur à 200 individus. Dans le cas inverse, lorsque le groupe était très éloigné ou d'effectif supérieur à 200 individus, nous avons procédé à des estimations visuelles du groupe (Lamotte et Bourliere, 1969 ; Blondel, 1975 ; Houhamdi et Samraoui, 2002). Cette technique est la plus utilisée pour les dénombrements et les comptages hivernaux des populations d'oiseaux d'eau. Elle présente cependant une marge d'erreur qui est fonction de l'expérience de l'observateur et de la précision du matériel optique utilisé, souvent estimée entre 5 et 10% (Blondel, 1975), puisque une différence entre le nombre d'oiseaux détecté par l'observateur et l'effectif réellement présent existe toujours (Tamisier et Dehoter, 1999). Parallèlement aux recensements des oiseaux d'eau, les autres espèces aviaires rencontrées dans le site et ses abords sont également mentionnés. La période d'observation a été effectuée durant les 2 mois, Mai et juin 2012, du matin jusqu'à l'après midi à l'aide de deux paires de jumelles, l'une de marque NUKILA, modèle 8×22 7,5° 131m/1000m et l'autre de marque WEBER-OPTIK, d'un grossissement de 12×25. Pour s'assurer de l'identification exacte au moment même de l'observation, nous nous sommes servis du guide des oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient (Heinzel et *al.*, 2004).

Vu l'objectif tracé par ce travail, nous nous sommes basés aussi sur les recensements effectués par les services des forêts (DGF) durant la période 2003 – 2011 dans cette zone.

Il est à noter que Le dénombrement des oiseaux d'eau hivernants est une opération qui se fait chaque année à l'échelle internationale. La date des dénombrements est fixée par le BIROE (Bureau international de la recherche sur les oiseaux d'eau et les zones humides) au minimum une fois par an, dans la semaine qui précède et celle qui suit le 15 du mois de janvier (Hollis et Smart, 1986).

### **II.3.2. Statut bioécologique de l'avifaune**

Le statut bioécologique des oiseaux inventoriés a été étudié afin de donner un aperçu sur leurs caractéristiques bioécologiques à savoir, le statut faunique, le statut phénologique, le statut trophique et le statut de protection.

Le statut faunique indique l'aire de répartition biogéographique d'origine de chaque espèce recensée. Le type faunique est établi selon Voos (1960), puis nous avons réparti les types fauniques selon les grandes régions de répartition biogéographique citées par Milla et *al.* (2012).

Le statut phénologique des espèces aviaires (sédentaire nicheur, sédentaire non nicheur, hivernant, estivant et migrateur de passage) est déterminé d'après Heinzel et *al.* (2004) et Baaziz et *al.* (2011).

La répartition en statut trophique est basée sur la détermination des catégories alimentaires pour chaque espèce suite à la consultation de plusieurs articles et ouvrages (Chenchouni, 2007 et 2011 ; Ramade, 2008). Ce statut définit 5 types trophiques (Consommateurs d'invertébrés (I), Polyphagie (Pp), Carnivore (C), Piscivore (P), Végétarien (V)) et un caractère complémentaire ([ ] : Principalement). Par exemple: [I] où une espèce est principalement Consommatrice d'invertébrés.

En ce qui concerne le statut de protection au niveau national, nous nous sommes basés sur la liste des espèces protégées par le décret N° 83-509 du 20 août 1983 relatif aux espèces animales non domestiques protégées en Algérie. A l'échelle internationale, nous nous sommes référés aux listes et annexes de différentes conventions internationales :

- La liste rouge de l'UICN (Site Web 2).
- Convention de Bonn (Site Web 3).
- Convention de CITES (Site Web 4).
- Accord de l'AEWA (Site Web 5).
- Convention de Barcelone (Site Web 6).
- Convention d'Alger (Site Web 7)

#### **II.4. Traitement des données**

Selon Vilain (1999), afin de permettre d'analyser les données de plusieurs points de vue, de recherche, de ressemblances ou de différences, de regroupement en catégorie homogène, d'établissement de relations entre caractères, les méthodes dites d'analyse multidimensionnelle sont les plus utilisées. Elles comportent des méthodes explicatives et des méthodes descriptives, ces dernières visent à structurer, à résumer et à synthétiser les données en vue de comprendre le phénomène étudié.

Dans le présent travail, l'analyse en composantes principales et la classification ascendantes ont été utilisées afin d'atteindre les objectifs tracés.

### II.4.1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthode factorielles. L'ACP propose à partir d'un tableau rectangulaire de données comportant les valeurs de «  $p$  » variables quantitatives pour «  $n$  » unités (appelés aussi individus), des représentations géométriques de ces unités et de ces variables. Ces données peuvent être issues d'une procédure d'échantillonnage ou bien de l'observation d'une population toute entière. De façon analogue, les représentations des variables permettent d'étudier les structures de liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérés. Ainsi ; on cherchera si l'on peut distinguer des groupes dans l'ensemble des unités en regardant quelles sont les unités qui se ressemblent, celles qui se distinguent des autres, etc. pour les variables, on cherchera quelles sont celles qui sont très corrélées entre elles ; celles qui, au contraire ne sont pas corrèles aux autres (Fadda, 2011).

L'ACP servira à mieux connaître les données sur lesquelles on a travaillé, à détecter éventuellement des valeurs suspectes, et aidera à formuler des hypothèses qu'il faudra étudier à l'aide de modèle et d'étude statistiques (Duby et Robin, 2006).

L'ACP a pour objet la description de données contenues dans un tableau individus caractères numériques par une représentation approché du nuage des individus dans un sous espace de caractères de dimension plus faible. L'objectif est de permettre, par des interprétations graphiques, de déterminer des groupes d'individus qui se distinguent des autres et des caractères discriminants. Il s'agit de la méthode de base de l'analyse de données (Matthieu, 2004).

### II.4.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Cette analyse a pour objet de classer les individus d'un ensemble donné par similitude et de créer à chaque étape une partition obtenue en agrégeant les éléments les plus proches (Bouxin, 2004 et Chermat, 2013). Elle commence par agréger les observations les plus semblables entre elles deux à deux sous forme de groupes, puis les groupes d'observations un peu semblables entre eux et ainsi de suite jusqu'à obtenir une arborescence de regroupement de l'ensemble des individus (observations) (Legendre et Legendre, 1998).

On a recours à la classification hiérarchique ascendante comme aide complémentaire à l'interprétation de chaque analyse. Cette technique permet d'éviter les erreurs et les subjectivités dans la discrimination des ensembles des relevés (Bouxin, 2004).

Tous les traitements ont été réalisés par un logiciel R (R Core Team 2015) adapté pour ce type d'analyse (RCMDR-R 3.3.2).

# Chapitre III

Résultats et discussion

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Le Sol

##### III.1.1. Les caractéristiques édaphiques de l'éco-complexe d'Oum Bouaghi

###### a) Garaet Taref

###### Transect Nord

Ce transect est constitué de cinq ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture sablo-limoneuse, un pH neutre (6,91), une CE qui avoisine 6 dS/m, un taux de calcaire de 25,38% en profondeur et 19,6% en surface, un taux de gypse élevé en surface (58,75%). De ces observations, on peut déduire que c'est un sol extrêmement salé, modérément calcaire et très gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture sablo-limoneuse en surface et limono-sableuse en profondeur, un pH neutre (7,38), une CE qui est de 2,27 dS/m en surface, un taux de calcaire supérieur à 20 %, un taux de gypse faible. De ces constatations, on peut dire que c'est un sol très salé, modérément calcaire, peu gypseux.

- **Ceinture 3 :**

Une texture sablo-limoneuse, un pH neutre (6,78), une CE qui avoisine 2 dS/m, une teneur en calcaire qui varie de 19,61 à 23,84 %, un taux de gypse de 6,13 %, en surface et de 11,19 % en profondeur. De ces observations, on peut déduire que c'est un sol salé, modérément calcaire et peu gypseux.

- **Ceinture 4 :**

Une texture sablo-limoneuse, un pH peu alcalin (7,71), une CE inférieure à 2 dS/m, un taux de calcaire supérieur à 20 %, un taux de gypse de 10,36 % en profondeur. On peut dire que c'est un sol légèrement salé en profondeur, modérément calcaire et peu gypseux en dessous.

- **Ceinture 5 :**

Une texture limono-sableuse en surface et sablo-argileuse en profondeur, un pH peu alcalin (7,95), une CE très faible (0,38), un taux de calcaire qui varie de 17,30 à 20,03 %, un taux de gypse très faible. On peut déduire que c'est un sol non salé, modérément calcaire et non gypseux.

En conclusion, le sol de ce transect varie, plus qu'on s'éloigne de la sebkha, plus la salinité et le gypse diminuent plus le pH devient peu alcalin.

- **Transect Est**

Ce transect est constitué de trois ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture sablo-limoneuse, un pH neutre (7,21), une CE qui augmente jusqu'à 6,33 dS/m en profondeur, un taux de calcaire de (19,50 %), un taux de gypse élevé en profondeur (30,87) par rapport à la surface. On peut déduire que c'est un sol salé à très salé, très gypseux en profondeur et modérément calcaire.

- **Ceinture 2 :**

Une texture sablo-limoneuse en surface et limono-sableuse en profondeur, un pH neutre (7,19), une CE supérieure à 5 dS/m, un taux de calcaire qui diminue de 20,15 % en surface à 12,13 %, une teneur en gypse supérieure à 50%. On peut dire que c'est un sol extrêmement salé, modérément calcaire et très gypseux.

- **Ceinture 3 :**

Une texture argileuse en surface et argilo-limoneuse en profondeur, un pH neutre (7,17), une CE supérieure à 2 dS/m, un taux de calcaire supérieur à 30 %, un taux e gypse élevé en profondeur (54,76 %). On peut dire que c'est un sol salé à très salé, modérément calcaire et très gypseux.

En conclusion, le sol de ce transect est un sol salé à très salé, modérément calcaire et très gypseux.

### **Transect Sud**

Ce transect est caractérisé par deux ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture sablo-argileuse, un pH neutre (7,41), une CE supérieure à 2 dS/m, une teneur en calcaire total comprise entre 24,23 et 28,07 % et un taux de gypse très faible. On peut dire que c'est un sol salé à très salé, modérément calcaire et non gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture sablo-limoneuse en surface et limono-argilo-sableuse en profondeur, un pH neutre (7,17), une CE qui varie de 2,94 dS/m en surface à 4,22 dS/m en profondeur, un taux de calcaire supérieur à 22 % et un taux de gypse élevé en profondeur (54,76 %) par rapport la surface.

On peut déduire que c'est un sol très salé, la salinité est descendante, modérément calcaire et très gypseux.

En conclusion, on peut dire que c'est un sol modérément calcaire, très salé, très gypseux et on constate plus qu'on s'éloigne de la sebkhah plus la salinité et gypse augmentent.

### **Transect Ouest.**

Ce transect est caractérisé par une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-argileuse, un pH neutre à 7,25, une CE proche de 1,50 dS/m, une teneur en calcaire total de 20 %, et un taux de gypse très faible.

De ces constatations on peut déduire que le sol analysé est un sol salé, modérément calcaire et non gypseux.

#### **b) Garaet Ank El Djemel**

### **Transect Nord**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture argileuse en surface et sablo-argileuse en profondeur, un pH neutre (7,21), une CE supérieure 2 dS/m, un taux de calcaire de 19 %, un

taux de gypse qui varie de 2,83 % en surface à 8,31 % en profondeur. On peut dire que c'est un sol très salé, modérément calcaire et peu gypseux en dessous.

#### **Transect Est**

Ce transect est caractérisé par deux ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture sablo-argileuse, un pH neutre (7,29), donc il est neutre, une CE très faible, un taux de calcaire supérieur à 24 % et un taux en gypse très faible. C'est un sol non salé, modérément calcaire et non gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture limono-sableuse, un pH neutre (7,18), une CE très faible, un taux de calcaire supérieur à 20 % et un taux de gypse très faible. C'est un sol non salé, modérément calcaire et non gypseux. En conclusion, le sol de ce transect est un sol non salé, modérément calcaire et non gypseux.

#### **Transect Sud.**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sableuse en surface et sablo-limono-argileuse, un pH neutre (7,33), une CE élevée en profondeur, un taux de calcaire qui varie de 3,84 % en surface à 15,56 % en profondeur et un taux en gypse très faible. C'est un sol salé, modérément calcaire qu'en profondeur et non gypseux.

#### **Transect Ouest.**

Le transect Ouest présente deux ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture sablo-limoneuse, un pH neutre (7,43), une CE proche de 3 dS/m, un taux de calcaire de 17 % et un taux de gypse très faible. C'est un sol très salé, modérément calcaire et non gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture sablo-argileuse, un pH neutre (7,44), une CE supérieure à 1 dS/m, des taux de calcaire et de gypse très faibles. C'est un sol salé, faiblement calcaire et non gypseux.

En conclusion, le sol de cette zone est salé à très salé, calcaire et non gypseux.

**c) Garaet Maghessel**

 **Transect Nord.**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-argileuse en surface et argilo-limoneuse, un pH neutre (7,15) une CE qui varie de 1,08 dS/m en surface à 2,66 dS/m en profondeur, un taux de calcaire de 25 % et un taux de gypse qui varie de 1,75 % en surface à 15,32 % en profondeur. C'est un sol salé, modérément calcaire et gypseux qu'en profondeur.

 **Transect Est**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-argileuse en surface et argilo-limoneuse en profondeur, un pH neutre (7,47). Une CE qui augmente en profondeur (1,33 dS/m), un taux de calcaire de 19 % et un taux de gypse très faible. C'est un sol salé en profondeur, modérément calcaire, non gypseux.

 **Transect Sud**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture argileuse, un pH neutre (7,08), une CE supérieure à 3 dS/m, un taux de calcaire de 14 % et un taux de gypse important (28,50 %). C'est un sol, très salé, modérément calcaire et gypseux.

 **Transect Ouest.**

Le transect Ouest présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture Limono-argilo-sableuse en surface et argileuse en dessous, un pH neutre (7,29), une CE proche de 2,50 dS/m, un taux de calcaire qui varie de 13,07 % en surface 20,76 % en profondeur et un taux de gypse qui varie de 10,84 % en surface à 2,20 % en profondeur. C'est un sol très salé, modérément calcaire et peu gypseux.

En conclusion, le sol de cette zone est un sol salé, modérément calcaire, gypseux.

**d) Garaet Timerguanine**

 **Transect Nord**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-argileuse, un pH peu alcalin (7,53), une CE de 3 dS/m, un taux de calcaire de 17 %, un taux de gypse très faible. C'est un sol très salé, modérément calcaire, non gypseux.

 **Transect Est.**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sablo-argileuse, un pH neutre (7,43), une CE très faible, un taux de calcaire supérieur à 23 % et un taux de gypse très faible. C'est un sol non salé, modérément calcaire et non gypseux.

 **Transect sud.**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture argilo-limono-sableuse, un pH neutre (7,44), une CE supérieure à 0,50 dS/m, un taux de calcaire de 20 % et un taux de gypse qui varie de 3,44 % en surface à 5,60 % en profondeur. C'est un sol légèrement salé, modérément calcaire non gypseux.

En conclusion, le sol de cette zone est un sol non salé à légèrement salé, modérément calcaire et non gypseux.

**e) Sebkhet Azzemoul**

 **Transect Nord.**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH peu alcalin (7,68), une CE supérieure à 6 dS/m, un taux de calcaire de 15 % et un taux de gypse supérieur à 24 %. C'est un sol extrêmement salé, modérément calcaire et gypseux.

**✚ Transect Est.**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-limoneuse, un pH neutre (6,99), une CE supérieure à 3 dS/m, un taux de calcaire supérieur à 20 % et un taux de gypse qui varie 29,99 % et 32,13 %. C'est sol très salé, modérément calcaire et gypseux.

**✚ Transect sud.**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-limoneuse en surface et sableuse en profondeur, un pH neutre (7,13), une CE qui varie de 4,61 dS/m en surface à 3,33 dS/m en profondeur, un taux de calcaire supérieur à 40% et un taux de gypse très faible. C'est un sol très salé, fortement calcaire et non gypseux.

**✚ Transect Ouest.**

Ce transect présente par une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture argileuse, un pH neutre (6,95), une CE supérieure à 4 dS/m, un taux de calcaire entre 23 et 25% et un taux de gypse de 45%. C'est un sol extrêmement salé, modérément calcaire et gypseux.

En conclusion, le sol de cette zone très salé à extrêmement salé, modérément calcaire et gypseux, sauf le transect sud qui est fortement calcaire et non gypseux.

**f) Chott Tinsilet****✚ Transect Nord.**

Ce transect présente deux ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

**• Ceinture 1 :**

Une texture limono-argilo-sableuse, un pH neutre (6,98), une CE supérieure à 4,50 dS/m, un taux de calcaire varie entre 34,23 % et 36,18 % et un taux de gypse plus de 50%. C'est un sol extrêmement salé, fortement calcaire et très gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture qui est limono-argilo-sableuse, un pH neutre (7,28), une CE supérieure à 3 dS/m, un taux de calcaire de 37 % et taux de gypse supérieur à 40 %. C'est un sol très salé, fortement calcaire et très gypseux.

 **Transect Est**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique de leur sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-argilo-sableuse, un pH neutre, une CE qui varie de 3,88 dS/m en surface à 7,33 dS/m en profondeur, un taux de calcaire supérieur à 26 %, un taux de gypse de plus de 60 %. C'est un sol très salé, fortement calcaire et très gypseux.

En conclusion, le sol de cette zone est un sol très salé à extrêmement salé, fortement calcaire et très gypseux.

**g) Garaet Guellif**

 **Transect Nord**

Ce transect présente deux ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture sablo-argileuse, un pH neutre (7,07), une CE de 4,44 dS/m, un taux de calcaire de 45 % et un taux de gypse supérieur à 42 %. C'est sol extrêmement salé, fortement calcaire et très gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture limono-sableuse, un pH neutre (6,90), une CE de 3,55 dS/m, un taux de calcaire plus de 45 % et un taux de gypse qui varie de 10,59 % en surface à 11,10 % en profondeur. C'est un sol très salé, fortement calcaire et gypseux.

Le sol de ce transect est un sol, très salé, fortement calcaire et gypseux.

 **Transect Est**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH neutre (6,93),

une CE qui varie entre 3 et 4 dS/m, un taux de calcaire qui varie entre 14 et 16 % et un taux de gypse élevé en profondeur (56,66 %) par rapport à la surface (17,66 %). C'est un sol très salé, faiblement calcaire et très gypseux en profondeur.

#### **Transect sud**

Ce transect est constitué de deux ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture limono-sablo-argileuse en surface et limono-argileuse en profondeur, un pH neutre (6,87), une CE supérieure à 5 dS/m, un taux de calcaire de plus de 18 % et un taux de gypse très élevé en surface (72,93). C'est un sol extrêmement salé, modérément calcaire et très gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture limono-sableuse, un pH neutre (7,08), une CE de plus 2 dS/m, un taux de calcaire qui varie de 12,30 % en surface à 9,23 % en profondeur, un taux de gypse entre 6,2 % en surface et 18,56 % en profondeur. C'est un sol salé, faiblement calcaire et gypseux surtout en profondeur.

Le sol de ce transect est un sol très salé, calcaire et gypseux.

#### **Transect Ouest**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse en surface et limono-sablo-argileuse en profondeur, un pH neutre (7,12), une CE qui varie de 0,91 dS/m en surface à 2,05 dS/m en profondeur, un taux de calcaire de plus de 22 % et un taux de gypse qui varie de 7,02 % en surface à 4,39 % en profondeur. C'est un sol légèrement salé, modérément calcaire et peu gypseux.

En conclusion, le sol de cette zone est salé à très salé, modérément calcaire et gypseux.

### III.1.2. Les caractéristiques édaphiques de l'éco-complexe de Sétif

#### a) Sebkhet Bazer

##### **Transect Nord**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH neutre de 6,97, une conductivité électrique (CE) qui varie de 2,16 à 2,75 dS/m, un taux de calcaire supérieur à 20 % et un taux de gypse très faible. De ces constatations, on peut déduire que c'est un sol salé, modérément calcaire, non gypseux.

##### **Transect Est**

Ce transect présente une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse en surface limono-sablo-argileuse en profondeur, un pH neutre (6,94), une CE qui augmente en profondeur (5,31 dS/m), une teneur en calcaire total qui varie de 26,15 en surface à 20,76 % en profondeur et un taux de gypse très important en profondeur (62,15) par rapport à la surface (34,81). De ces observations on peut conclure que c'est un sol salé, modérément calcaire et très gypseux.

##### **Transect Sud**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture de végétation. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-limoneuse en surface et limono-argilo-sableuse, pH neutre (6,80), une CE supérieure à 4 dS/m, un taux de calcaire qui avoisine les 30 % et un taux de gypse très important en profondeur (51,61), donc ce transect est très salé, modérément calcaire et très gypseux en profondeur.

##### **Transect Ouest.**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono/argilo-sableuse, un pH neutre (7,44), une CE qui augmente en profondeur (5,22 dS/m), un taux de calcaire élevé en surface (31,98 %) et un taux de gypse très élevé en profondeur (62,95 %). De ces constatations, on peut déduire que c'est un sol salé à très salé, modérément calcaire et très gypseux.

En conclusion, on peut déduire que le sol de cette zone est caractérisé par un pH neutre et une texture moyenne, très salé, modérément calcaire et gypseux sauf le transect nord est non gypseux.

#### **b) Chott Fraine (Tella)**

##### **Transect Nord**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-argileuse, un pH neutre (6,93), une CE élevée en surface (7,11 dS/m), une teneur en calcaire de 13 % et un taux de gypse très élevé surtout en surface (76,75). De ces observations on peut déduire que c'est sol hyper salé et très gypseux.

##### **Transect Est**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-limoneuse en surface et limono-sablo-argileuse en profondeur, un pH est neutre (6,88), une CE qui varie de 2,27 à 3,88 dS/m, un taux de calcaire de 15 % et une teneur en gypse élevée en profondeur (42,37 %) et faible en surface (1,95 %). De ces observations on peut déduire que c'est sol salé, modérément calcaire et gypseux en profondeur.

##### **Transect Sud**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-limoneuse, un pH neutre (7,02), une CE qui varie de 0,61 à 1,44 dS/m, un taux de calcaire de 30,76 % en surface et de 23,84 % en profondeur et une teneur très faible en gypse de ces constatations on peut déduire que c'est un sol légèrement salé à salé, modérément calcaire non gypseux.

##### **Transect Ouest.**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH neutre (6,91), une CE de 2,3 dS/m, un taux de calcaire qui avoisine 10 % et un taux de gypse supérieur à

30 %. De ces observations, on peut déduire que c'est un sol salé, faiblement calcaire et gypseux.

De ces constatations, on peut conclure que le sol de cette zone est modérément calcaire, salé à très salé et gypseux sauf le transect sud qui n'est pas gypseux.

### c) **Sebkhet Melloul**

#### **Transect Nord**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-limoneuse, un pH de 7,16, une CE de 2,3 dS/m, un taux de calcaire de 20 % et un taux de gypse supérieur à 32%. De ces constatations, on peut déduire que c'est un sol salé, modérément calcaire et gypseux.

#### **Transect Est**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-limoneuse, un pH neutre (6,88.), une CE de 4,25 dS/m en profondeur, un taux de calcaire supérieur à 20 %, un taux de gypse supérieur à 40 %. De ces observations, on peut déduire que c'est un sol très salé, modérément calcaire et gypseux.

#### **Transect Sud**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture sablo-limoneuse en surface et limono-sableuse en profondeur, un pH neutre (7,13), une CE supérieure à 4 dS/m, un taux de calcaire supérieur à 36 % et un taux de gypse très élevé en profondeur (52,49 %) par rapport à la surface. De ces constatations, on peut déduire que c'est sol très salé, modérément calcaire et gypseux.

#### **Transect Ouest**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH du sol neutre (6,93), une CE de 2 dS/m, un taux de calcaire de 13 %, un taux de gypse élevé en profondeur

par rapport à la surface. De ces constatations, on peut conclure que c'est un sol, salé, modérément calcaire et gypse.

En conclusion, on peut déduire que le sol de cette zone, est un sol salé, modérément calcaire et gypseux.

#### **d) Sebket El Hamiet**

##### **Transect Nord**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH neutre (6,91), une CE supérieure à 5 dS/m, un taux de calcaire de 30,38 % et un taux de gypse très élevé. De ces observations, on peut dire que c'est un sol, très salé, fortement calcaire et très gypseux.

##### **Transect Est**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH neutre (6,84), une CE supérieure à 2 dS/m, un taux de calcaire de 21,92 % en surface et un taux de gypse de 27%. De ces observations, on peut dire que c'est un sol salé, modérément calcaire et gypseux.

##### **Transect Sud**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH neutre (6,90), une CE supérieure à 2 dS/m, une teneur en calcaire supérieure à 12 % et un taux de gypse très élevé en profondeur (35,06 %). De ces observations, on peut déduire que c'est un sol salé modérément calcaire et gypseux.

##### **Transect Ouest**

Ce transect est constitué d'une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture du premier horizon est limono-sablo-argileuse en surface et limono-sableuse en profondeur, un pH neutre (7,05), une CE dS/m qui varie de 1,77 dS/m en surface à 4,02 dS/m en profondeur, un taux de calcaire élevé en surface (35,38 %) et un taux de gypse très élevé en profondeur (46,92 %). De ces observations on peut déduire que c'est sol salé, calcaire et gypseux.

En conclusion le sol de cette zone est un sol salé à très salé, calcaire et gypseux.

**d) Chott el Beida ( Hammam sokhna)**

 **Transect Nord**

Ce transect est constitué de cinq ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture argilo-sableuse en surface et sablo-argileuse en profondeur, un pH de 8,11, une CE supérieure à 8,50 dS/m, un taux de calcaire qui varie de 3 à 6 % et un taux de gypse qui varie de 5 à 7 %. De ces observations on peut déduire que c'est un sol hyper salé, faiblement calcaire et faiblement gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture argilo-sableuse, un pH de 8,15, une CE qui varie de 3,87 dS/m en surface à 7,75 dS/m en profondeur, un taux de calcaire faible et un taux de gypse élevé en surface 21 %. De ces constatations, on peut déduire que c'est un sol hyper salé et gypseux

- **Ceinture 3 :**

Une texture limon-sablo-argileuse, un pH de 8,03, une CE de 2,1 dS/m, un taux de calcaire qui varie entre 16 et 18 % et un taux de gypse élevé en profondeur (11 %) par rapport la surface. De ces observations, on peut dire que c'est sol salé modérément calcaire et gypseux en profondeur.

- **Ceinture 4 :**

Une texture argileuse en surface et argilo-sableuse en profondeur, un pH de 8,03, une CE de 0,3 dS/m, un taux de calcaire qui avoisine les 30 % et un taux faible de gypse. De ces observations, on peut dire que c'est un sol calcaire non salé et non gypseux.

- **Ceinture 5 :**

Une texture argileuse en surface et limono-sableuse en profondeur, un pH de 8,07, une CE légèrement élevée en profondeur (1,90 dS/m) par rapport à la surface, un taux de calcaire important en surface (37,20 %) et un taux de gypse plus ou moins élevé en profondeur (7,15).

De ces constatations, on peut dire que c'est sol légèrement salé en profondeur, calcaire et peu gypseux en profondeur.

En interprétant ces observations, on peut dire que le sol de ce transect varie d'une ceinture à l'autre, plus on s'éloigne de la sebkha plus la salinité diminue et plus le calcaire augmente.

#### **Transect Est**

Ce transect est constitué de deux ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture argilo-limono-sableuse, un pH de 8,24, une CE élevée (10 dS/m), un taux de calcaire plus ou moins élevé en surface (12,5) et un taux faible de gypse (6 %). On peut dire que c'est un sol hyper salé faiblement calcaire surtout en surface et peu gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture limono-sableuse en surface et argilo-limono-sableuse en dessous, un pH de 8,33, une CE supérieure à 10 dS/m, un taux de calcaire très faible et un faible taux de gypse. On peut conclure que c'est sol hyper salé.

Le sol de ce transect est un sol très salé, faiblement calcaire et peu gypseux.

#### **Transect Sud**

Ce transect est caractérisé par une seule ceinture. L'analyse physico-chimique du sol montre que ce dernier est caractérisé par une texture limono-sableuse, un pH de 7,91, une CE supérieure à 3 dS/m, un taux de calcaire élevé en profondeur (25,03 %) par rapport la surface et un taux de gypse plus ou moins faible. On peut déduire que c'est un sol salé, modérément calcaire et non gypseux.

#### **Transect Ouest**

Le transect Ouest de cette zone d'étude est caractérisé par la présence de deux ceintures. L'analyse physico-chimique de leur sols montre que ces derniers sont caractérisés par :

- **Ceinture 1 :**

Une texture argilo-sableuse en surface et sablo-argileuse en dessous, un pH de 7,90, une CE élevé surtout en profondeur (10,50 dS/m), un taux de calcaire 22 % et un taux faible de gypse. On peut dire que c'est un sol très salé, modérément calcaire et non gypseux.

- **Ceinture 2 :**

Une texture sablo-argileuse, un pH de 8,14, une CE élevée (6,35 dS/m), un taux de calcaire élevé en surface (35,5 %) et un taux de gypse très faible. On peut déduire que c'est un sol très salé et modérément calcaire et non gypseux.

En conclusion, on peut dire que le sol de cette zone est un sol salé à très salé, modérément calcaire et gypseux sauf le transect sud est non gypseux.

### III.1.3. Approche statistique des données édaphiques

Afin de décrire les caractéristiques physico-chimiques du sol de chaque zone humide ; des statistiques descriptives (moyenne, écart-type, erreur standard, et coefficient de variation, ..., etc.) ont été calculées.

L'importance des changements dans les paramètres du sol entre les sites a été testée à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA).

L'ANOVA a été réalisée en fonction de la conception du protocole d'échantillonnage choisie, c'est-à-dire (Un site, transects, un à cinq ceintures, deux profondeurs) afin de déterminer la variabilité des paramètres du sol entre ces facteurs (transects, ceintures et profondeurs) du site considéré. Les comparaisons multiples des moyennes ont été appliquées à l'aide de test HSD de Tukey. Cependant, le modèle que nous avons adapté, permet également d'examiner la variation entre les sites. En tenant compte de ces tests, des modèles linéaires ont été mis en œuvre dans le logiciel R (R Core Team, 2015), en utilisant le code suivant:  $AOV(\text{paramètre}) \sim (\text{transects} * \text{ceintures} * \text{profondeur}) + \text{sites}(\text{transects} : \text{ceintures} : \text{profondeur})$ . Ce modèle comprenait toutes les interactions possibles entre les facteurs à l'échelle spatiale du site.

En outre, des tests de corrélation de Pearson ont été effectués entre les paramètres du sol afin de comprendre l'évolution des relations entre eux. La matrice de corrélation a été tracée à l'aide des paquets R « corrplot » et « ggplot2 » (Chang, 2013).

Enfin, parce que les zones humides de l'étude appartiennent à un complexe écologique avec une certaine connectivité écologique (Samraoui et Samraoui, 2008 ; Annani, 2013), nous avons effectué une classification ascendante hiérarchique (CAH) pour regrouper les zones humides étudiées en fonction des similitudes de leurs paramètres édaphiques mesurées.

### III.1.3.1. Caractérisation édaphiques des sols des zones humides

L'interprétation des données mentionnées dans le (Tableau 12), a permis de donner une évaluation pédologique globale des 12 zones combinées. Cette analyse a révélé que la région d'étude est caractérisée par des sols très salés avec une CE de  $3,46 \pm 2,44 \text{ dSm}^{-1}$  et un pH neutre avec  $7,30 \pm 0,44$  ; modérément calcaire avec  $\text{CaCO}_3 = 21 \%$  et gypsifères (gypse = 21, 20 %), de texture limoneuse et riche en chlorures ( $18,53 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ).

Selon le test de Kruskal-Wallis (Tableau 12), la variation des paramètres du sol entre les sites étudiés a indiqué une différence hautement significative ( $p < 0,01$ ) entre les valeurs de toutes les variables mesurées.

#### - La conductivité électrique (CE) :

En effet, le test de Tukey au seuil dégage trois différents groupes (a, ab et b). Les zones du groupe (a) à savoir : TMG (Timerguanine), ANJ (Ank EL Djemel), MGL (Maghessel) et TRF (Taref) avec des valeurs de  $(1,3 \pm 1,3 \text{ dS/m} - 2,9 \pm 2,0 \text{ dS/m})$  ; les sols de ce groupe sont salés à très salés, Suivie par les zones MLL (Melloul), TLA (Tella), HMT (Hamiet), GLF (Guellif), BZR (Bazer), TST (Tinsilt) et AZL (Azzemoul) formant le groupe (ab) qui enregistrent des valeurs moyennes de la CE  $(3,1 \pm 1,1 \text{ dS/m} - 4,6 \pm 1,5 \text{ dS/m})$ , les sols de ce groupe sont très salés à extrêmement salés. Enfin le dernier groupe (b) formé par une seule zone HSK (Hammam sokhna) qui enregistre la valeur la plus élevée en CE  $(5,7 \pm 4,0 \text{ dS/m})$ , ceci indique que le sol de cette zone est extrêmement salé.

#### - pH :

Une grande variabilité a été observée dans les valeurs du pH. Huit groupes ont été identifiés par le test de Tukey (Tableau 12). Les plus faibles valeurs de pH ont été signalées dans la HMT et TLA (groupe a), entre de  $6,9 \pm 0,1$  à  $6,9 \pm 0,2$  ; GLF (ab groupe) avec  $7,0 \pm 0,1$  ; MLL (groupe ac) ; BZR, MGL, TST et EZL (groupe ad) ; ANJ (groupe bcd) ; TRF

(groupe cd) ; TMG (groupe d) dont le pH varie entre  $7,0 \pm 0,1$  et  $7,5 \pm 0,2$  ; et, enfin, HSK (groupe e) avec la valeur du pH la plus élevée ( $8,1 \pm 0,2$ ) dans la région d'étude.

- **Le calcaire total :**

Le test de Tukey a révélé trois groupes différents (a, b et b). Les taux les plus bas du  $\text{CaCO}_3$  total ont été enregistrés au groupe a (ANJ, HSK et TLA) avec des valeurs qui varient entre  $15,7 \pm 8,4$  et  $16,8 \pm 11,3$  %. Les sols de ce groupe sont modérément calcaires, alors que les sols de MGL, TMG, TRF, HMT, MLL, BZR, GLF et EZL (ab groupe) sont modérément à fortement calcaire ; leur taux de  $\text{CaCO}_3$  varie de  $18,7 \pm 5,0$  % à  $28,3 \pm 16,3$  %. La zone de TST (groupe b) enregistre la valeur la plus élevée de  $\text{CaCO}_3$  total ( $33,7 \pm 3,9$  %) ce qui indique un sol très calcaire (Tableau 12).

- **Gypse :**

Sept différents groupes (a, ab, ac, ad, bcd, cd et d) ont été révélés par le test de Tukey (Tableau II). Les Sols de ANJ et HSK (groupe a) possèdent les plus faibles valeurs du gypse ( $2,1 \pm 2,3$  % à  $5,6 \pm 4,5$  %), ce sont des sols légèrement gypseux. La zone TMG (groupe ab) enregistre aussi de faible taux ( $2,2 \pm 1,9$  %), alors que les sols de la MGL et TRF (groupe ac) sont modérément gypseux ( $10,4 \pm 11,0$  % à  $21,1 \pm 23,3$  %). Cependant, les zones d'EZL et de BZR (groupe ad), GLF et TLA (groupe bcd), HMT et MLL (groupe cd) et TST (groupe d) sont des sols extrêmement gypseux, où les valeurs du gypse varient de  $26,5 \pm 16,2$  % à  $56,5 \pm 9,4$  %.

- **Chlorures (Cl) :**

Le test de Tukey a identifié trois groupes différents (a, b et ab). TMG et GLF (groupe a) qui sont caractérisées par les valeurs les plus faibles de chlorure avec  $4,4 \pm 3,5$  et  $18 \pm 10,1$  Meq/100 g respectivement. Dans les zones de EZL, BZR et TST (ab groupe) le taux varie entre  $19,5 \pm 9,8$  et  $25,2 \pm 16,7$  Meq/100 g, tandis que HSK (groupe b) a enregistré des valeurs les plus élevées de chlorure avec une moyenne de  $36,3 \pm 25,3$  Meq/100 g (Tableau 12).

- **Bicarbonates ( $\text{HCO}_3$ ):**

Le test de Tukey a identifié trois groupes différents (a, ab et b). Les valeurs observées dans les HSK, GLF et HMT (groupe a) sont inférieures que celles de EZL (groupe b) dont les valeurs sont les plus élevées ( $4,0 \pm 10,5$  Meq/100 g). Le reste des zones (groupe ab), où les valeurs de  $\text{HCO}_3$  sont les plus faibles environ  $0,4 \pm 0,1$  méq / 100 g (Tableau 12).

- **Les sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ ):**

Cinq groupes (a, ab, ac, bc et c) ont été identifiés par le test de Tukey. Les sols de ANJ, MGL et TRF composent le groupe (a) avec les valeurs de sulfate les plus faibles (entre  $5,0 \pm 5,3$  à  $11,7 \pm 11,7$  Meq/100 g). Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées dans HSK (groupe C) avec  $32,2 \pm 2,8$  meq/100 g. Le reste des zones est réparti dans des groupes intermédiaires (ab, ac et bc) avec des valeurs qui varient entre  $8,8 \pm 8,9$  et  $24,9 \pm 14,8$  Meq/100 g (Tableau 12).

- **L'argile :**

Le test de Tukey a montré six groupes différents (a, ab, abc, bd, cd et d). Le taux d'argile mesuré en TLA et MLL (groupe a) est le plus bas ( $5,4 \pm 9,8$  % et  $5,8 \pm 3,6$  %, respectivement) comparativement aux autres zones, tandis que la zone de MGL (groupe d) enregistre la teneur la plus élevée ( $38,6 \pm 10,1$  %). Les autres zones (groupes ab, abc, bd et cd) présentent des valeurs qui varient entre  $6,4 \pm 5,9$  et  $26$  % de  $\pm 10,7$ %.

- **Limon :**

Le test de Tukey a dégagé cinq groupes différents (a, ab, ac, bc et c). Le taux de Limon est significativement plus faible dans les zones de ANJ, EZL et HSK (groupe a) par rapport à MGL (groupe c) qui a enregistré la plus forte valeur ( $54,3 \pm 10,4$  %). Le reste des zones présente des valeurs intermédiaires (groupes ab, ac et bc) allant de  $34,6 \pm 9,5$  % à  $49,9 \pm 9,0$  %.

- **Sable :**

Le test de Tukey a révélé quatre groupes différents (a, ab, bc et c), les sols de MGL (groupe a) montre le niveau le plus bas ( $5,9 \pm 5,2$  %). Les valeurs enregistrées dans les zones ANJ, TLA, MLL et EZL (groupe c) sont les plus élevées que celles des autres zones (groupes ab et bc).

Tab.12. Paramètres physico-chimiques des sols (moyenne  $\pm$  écart-type) des zones étudiées.

Sites étudiés	Paramètres physico-chimique du sol										
	EC (dS/m)	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Gypse (%)	Cl (Meq/100 g)	HCO <sub>3</sub> (Meq/100 g)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (Meq/100 g)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Texture
EZL	4,6 $\pm$ 1,5 <sup>ab</sup>	7,2 $\pm$ 0,3 <sup>ad</sup>	28,3 $\pm$ 16,3 <sup>ab</sup>	26,5 $\pm$ 16,2 <sup>ad</sup>	25,2 $\pm$ 16,7 <sup>ab</sup>	4,0 $\pm$ 10,5 <sup>b</sup>	18,7 $\pm$ 4,4 <sup>ac</sup>	13,8 $\pm$ 20,7 <sup>abc</sup>	27,9 $\pm$ 13,3 <sup>a</sup>	58,3 $\pm$ 19,3 <sup>c</sup>	SaLo
TMG	1,3 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	7,5 $\pm$ 0,1 <sup>d</sup>	20,6 $\pm$ 3,3 <sup>ab</sup>	2,2 $\pm$ 1,9 <sup>ab</sup>	4,4 $\pm$ 3,5 <sup>a</sup>	0,6 $\pm$ 0,2 <sup>ab</sup>	8,8 $\pm$ 8,9 <sup>ab</sup>	18,5 $\pm$ 5 <sup>abc</sup>	34,6 $\pm$ 9,5 <sup>ab</sup>	46,7 $\pm$ 9,8 <sup>bc</sup>	Lo
ANJ	1,6 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	7,3 $\pm$ 0,2 <sup>bcd</sup>	15,7 $\pm$ 8,4 <sup>a</sup>	2,1 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	10,5 $\pm$ 6,2 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	5,0 $\pm$ 5,3 <sup>a</sup>	16,4 $\pm$ 8,2 <sup>abc</sup>	27,5 $\pm$ 11,0 <sup>a</sup>	55,8 $\pm$ 14,1 <sup>c</sup>	SaLo
HSK	5,7 $\pm$ 4,0 <sup>b</sup>	8,1 $\pm$ 0,2 <sup>e</sup>	16,8 $\pm$ 11,3 <sup>a</sup>	5,6 $\pm$ 4,5 <sup>a</sup>	36,3 $\pm$ 25,3 <sup>b</sup>	0,3 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	24,9 $\pm$ 14,8 <sup>bc</sup>	26 $\pm$ 10,7 <sup>cd</sup>	27,9 $\pm$ 9,6 <sup>a</sup>	46,2 $\pm$ 11,3 <sup>bc</sup>	Lo
MGL	2,2 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	7,2 $\pm$ 0,2 <sup>ad</sup>	18,7 $\pm$ 5,0 <sup>ab</sup>	10,4 $\pm$ 11,0 <sup>ac</sup>	14,1 $\pm$ 4,9 <sup>a</sup>	0,5 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	7,0 $\pm$ 5,4 <sup>a</sup>	38,6 $\pm$ 10,1 <sup>d</sup>	54,3 $\pm$ 10,4 <sup>c</sup>	5,9 $\pm$ 5,2 <sup>a</sup>	SiClLo
TLA	3,1 $\pm$ 2,1 <sup>ab</sup>	6,9 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	16,4 $\pm$ 7,3 <sup>a</sup>	30,6 $\pm$ 28,6 <sup>bcd</sup>	13,9 $\pm$ 11,2 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	16,8 $\pm$ 14,5 <sup>ac</sup>	5,4 $\pm$ 9,8 <sup>a</sup>	37,7 $\pm$ 7,4 <sup>ac</sup>	56,8 $\pm$ 11,1 <sup>c</sup>	SaLo
MLL	3,1 $\pm$ 1,1 <sup>ab</sup>	7,0 $\pm$ 0,2 <sup>ac</sup>	23,5 $\pm$ 9,4 <sup>ab</sup>	39,4 $\pm$ 9,3 <sup>cd</sup>	10,7 $\pm$ 6,4 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	19,9 $\pm$ 5,1 <sup>ac</sup>	5,8 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>	38,3 $\pm$ 8,7 <sup>ac</sup>	57,9 $\pm$ 9,3 <sup>c</sup>	SaLo
HMT	3,3 $\pm$ 1,4 <sup>ab</sup>	6,9 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	22,7 $\pm$ 7,7 <sup>ab</sup>	37,4 $\pm$ 20,7 <sup>cd</sup>	9,2 $\pm$ 3,8 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,0 <sup>ab</sup>	19,8 $\pm$ 11,3 <sup>ac</sup>	6,4 $\pm$ 5,9 <sup>ab</sup>	48,6 $\pm$ 7,5 <sup>bc</sup>	44,8 $\pm$ 6,0 <sup>bc</sup>	Lo
GLF	3,4 $\pm$ 1,5 <sup>ab</sup>	7,0 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	26,7 $\pm$ 14,9 <sup>ab</sup>	28,1 $\pm$ 23,2 <sup>bcd</sup>	18,0 $\pm$ 10,1 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	16,5 $\pm$ 12,2 <sup>ac</sup>	9,3 $\pm$ 7,8 <sup>ab</sup>	49,9 $\pm$ 9,0 <sup>bc</sup>	40,3 $\pm$ 8,1 <sup>bc</sup>	Lo
BZR	4,0 $\pm$ 1,3 <sup>ab</sup>	7,0 $\pm$ 0,3 <sup>ad</sup>	25,1 $\pm$ 4,9 <sup>ab</sup>	28,2 $\pm$ 28,0 <sup>ad</sup>	21,0 $\pm$ 10,0 <sup>ab</sup>	0,4 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	20,6 $\pm$ 11,0 <sup>ac</sup>	14,0 $\pm$ 11,6 <sup>abc</sup>	45,5 $\pm$ 9,3 <sup>bc</sup>	40,6 $\pm$ 9,3 <sup>bc</sup>	Lo
TRF	2,9 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	7,3 $\pm$ 0,4 <sup>cd</sup>	22,2 $\pm$ 4,7 <sup>ab</sup>	21,1 $\pm$ 23,3 <sup>ac</sup>	16,8 $\pm$ 14,6 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	11,7 $\pm$ 11,7 <sup>a</sup>	12,7 $\pm$ 11,2 <sup>ab</sup>	42,0 $\pm$ 13,3 <sup>bc</sup>	45,3 $\pm$ 19,1 <sup>bc</sup>	Lo
TST	4,6 $\pm$ 1,5 <sup>ab</sup>	7,2 $\pm$ 0,2 <sup>ad</sup>	33,7 $\pm$ 3,9 <sup>b</sup>	56,5 $\pm$ 9,4 <sup>d</sup>	19,5 $\pm$ 9,87 <sup>ab</sup>	0,4 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	32,2 $\pm$ 2,8 <sup>c</sup>	24,3 $\pm$ 1,4 <sup>bd</sup>	49,1 $\pm$ 3,7 <sup>bc</sup>	26,8 $\pm$ 2,5 <sup>ab</sup>	Lo
<b>Statistiques de tous les sites combinés</b>											
Mean	3,46	7,3	21,73	21,2	18,53	0,62	16,53	16,18	39,13	44,67	
SD	2,44	0,44	10,07	22,31	16,28	2,64	12,51	13,23	13,39	17,58	
SE	0,22	0,04	0,9	1,99	1,45	0,24	1,11	1,18	1,19	1,57	
IQR	2,51	0,56	9,04	34,79	13,02	0,14	21,14	20,4	16,71	19,4	
CV	0,71	0,06	0,46	1,05	0,88	4,25	0,76	0,82	0,34	0,39	
<b>Test de Kruskal–Wallis (df = 11)</b>											
$\chi^2$	33,41	74,29	26,66	51,09	39,95	39,05	43,73	58,24	60,46	51,92	
p	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

CE, la conductivité électrique ; SD, écart-type; SE, erreur standard; IQR, interquartile; CV, coefficient de variation; Lo, limoneux; Salo, limon sablonneux; Ciclo, limono-argileux.

- **Classification texturale :**

La texture du sol des zones étudiées, est généralement de type de classe moyenne. Elle est soit limoneuse dans les zones de BZR, GLF, HMT, HSK, TMG, TRF et TST, ou limono-sableuse dans les zones de ANJ, EZL, MLL et TLA, sauf dans MGL où la texture est limono-argileuse (Tableau 12). Il est à signaler que des variations ont été constatées dans les zones de TRF, ANJ, EZL et HSK de texture moyenne et fine-moyenne (Limono-argileuse, sablo-argileuse, limoneuse, limono-sableuse, et sablo-limoneuse). Le sol de la zone MGL est de nature argilo-limoneuse et limono-argileuse) (Figure 13).

- **Caractérisation des faciès chimiques des solutions de sol :**

Le diagramme de Piper a montré deux faciès chimique qui caractérisent les zones étudiées (Figure 14). Le faciès chimique est de nature  $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$  dans les sols de ANJ, MGL, HSK, EZL, TRF, BZR et GLF, alors qu'il est de nature  $SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$  dans le reste des zones humides (TLA, TST, TMG, MLL et HMT). La solution du sol des zones de TRF, GLF, TLA, HSK et BZR présente un degré élevé de variation entre les faciès  $Cl^-$  et  $SO_4^{2-}$ . Cependant, la solution du sol des zones de MGL et ANJ est située entièrement dans la zone des chlorures, alors que le faciès chimique de la solution du sol de TST, EZL, TMG, MLL et HMT est localisé dans la zone des sulfates sauf un ou deux échantillons ont été attirés vers le côté des chlorures. Par contre aucune zone n'avait un faciès chimique des bicarbonates en raison des faibles valeurs de cet élément dans tous les échantillons analysés.

### III.1.3.2. Les corrélations entre les paramètres édaphiques

Les paramètres physico-chimiques du sol sont peu corrélés entre eux. Les corrélations positives sont hautement significatives entre la CE, le gypse et le pH. De même pour les corrélations entre le gypse et le limon ( $r = 0,196$ ,  $p = 0,028$ ,  $n = 116$ ), de l'argile et le chlorure ( $r = 0,026$ ,  $p = 0,037$ ,  $n = 116$ ) et le pH et d'argile ( $r = 0,338$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 116$ ), qui sont significatives. En revanche, les corrélations négatives sont observées entre pH et  $CaCO_3$  total ( $r = 0,264$ ,  $p = 0,003$ ,  $n = 116$ ), entre sable avec l'argile ( $r = 0,643$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 116$ ) et le sable avec Limon ( $r = 0,654$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 116$ ) et enfin entre le chlorure et le limon ( $r = 0,249$ ,  $p = 0,005$ ,  $n = 116$ ) (Figure 15).

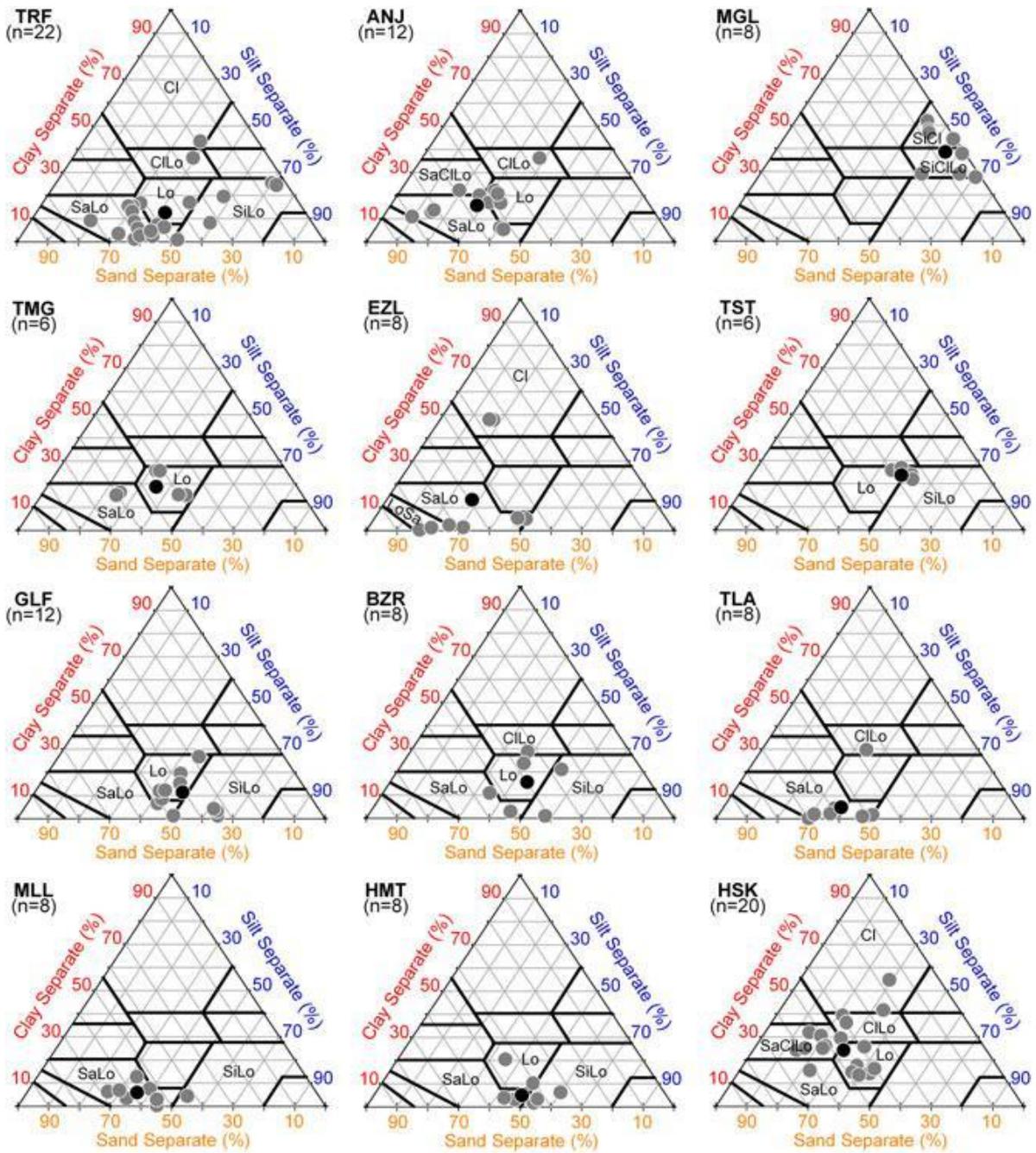


Fig.13. Classement des échantillons du sol dans le triangle textural USDA de la région d'étude (S S D S, 1993).

n: nombre d'échantillon, cercle gris : échantillon ; cercle noir : la moyenne des mesures par zone.

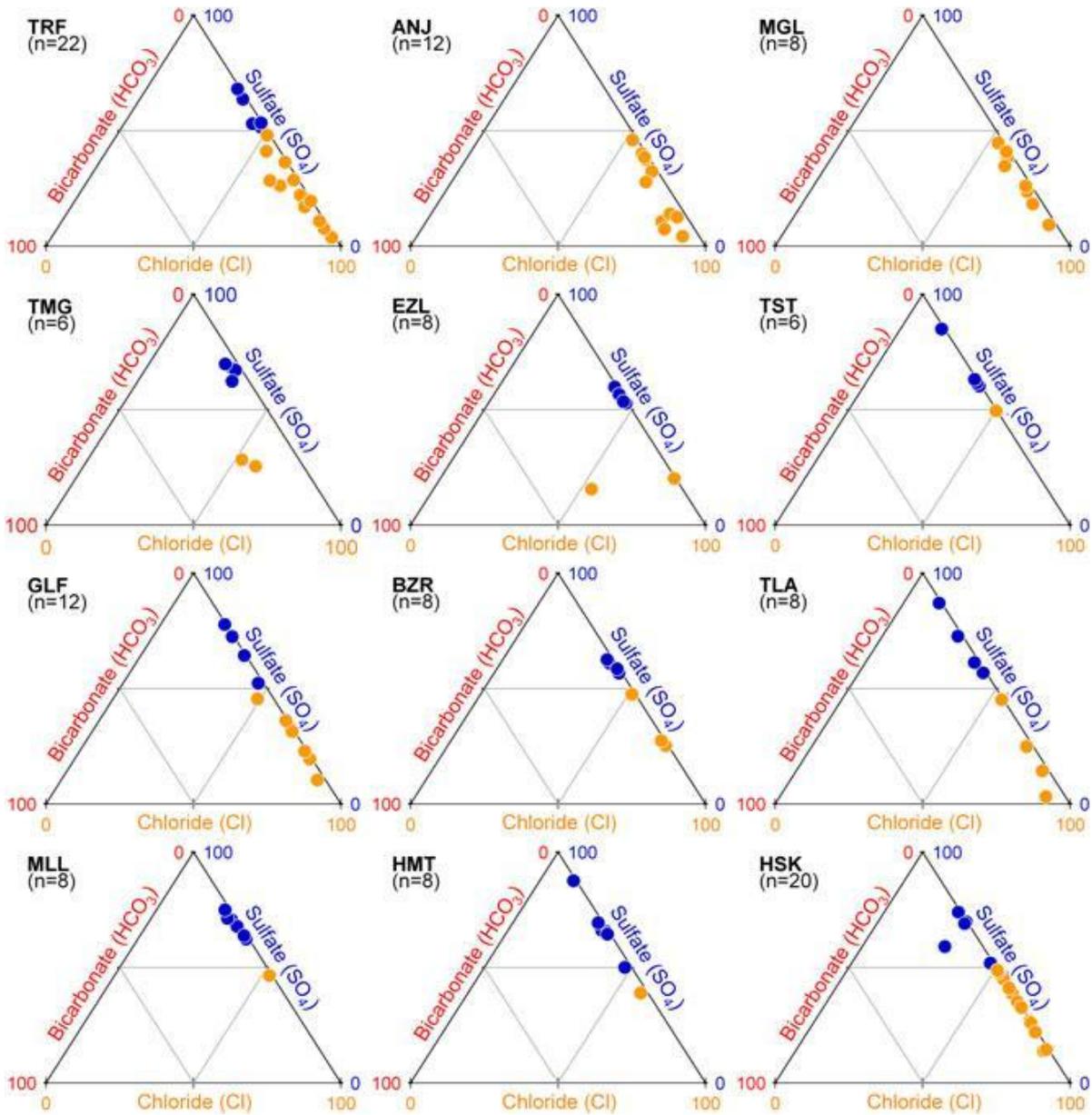


Fig.14. Classement des échantillons du sol dans le diagramme de Piper (Type de faciès chimique) de la région d'étude.

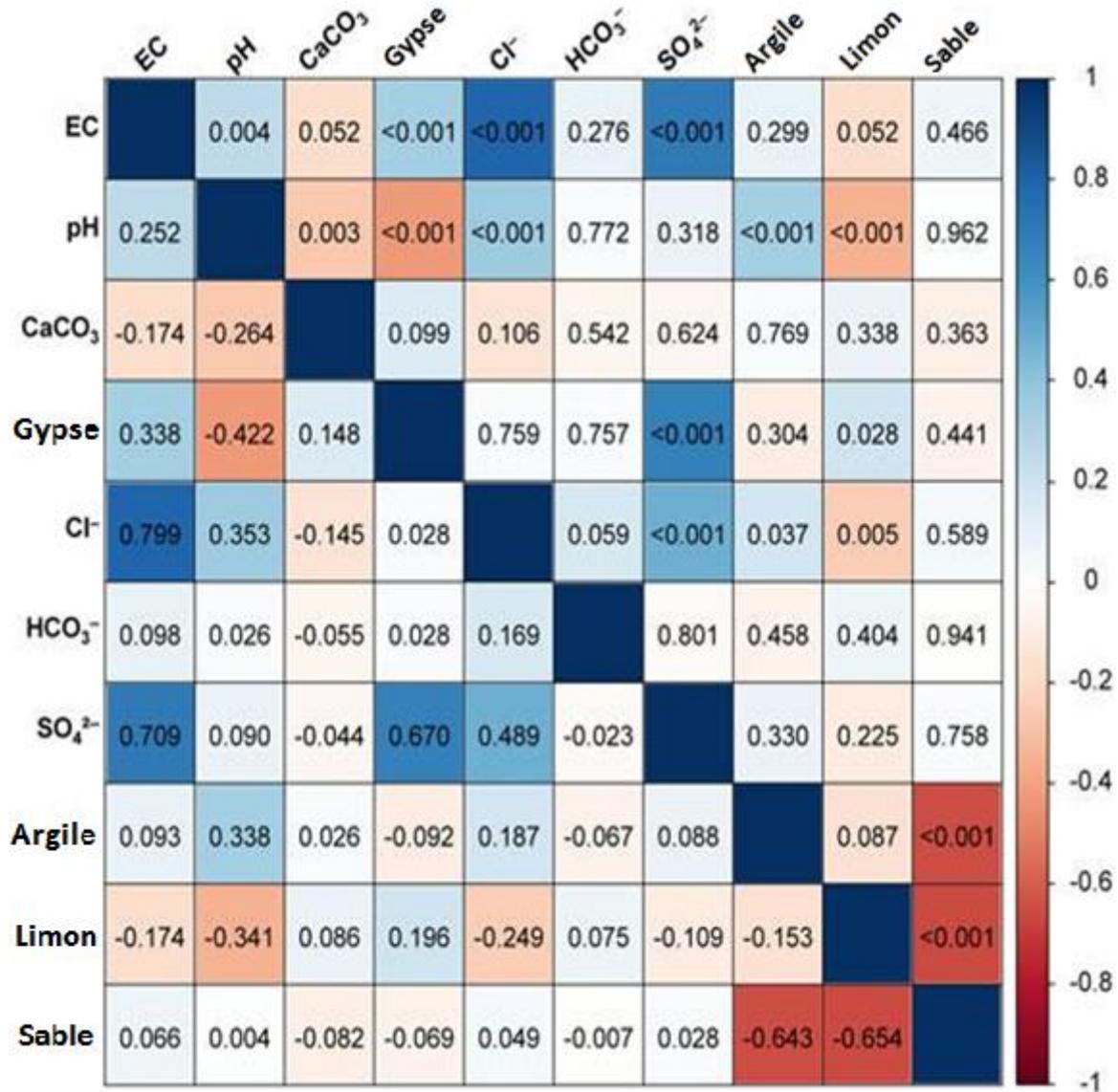


Fig.15. Tests de corrélation entre les facteurs édaphiques de la région d'étude.

### III.1.3.3. Variations multi spatiales des paramètres édaphiques

L'ANOVA a révélé des variations significatives ( $p < 0,001$ ) entre les paramètres du sol à grande échelle spatiale, à l'exception des bicarbonates (Tableau 13).

**Tab.13.** Analyses de la variance des paramètres du sol par zone en fonction du protocole d'échantillonnage (transect, ceinture et profondeurs) et leurs interactions

Sources de variation	Df <sub>n</sub>	SS	MS	F	p	SS	MS	F	p	
			EC (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 2·8)				HCO <sub>3</sub> (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 7·5)			
Sites	11	312·0	28·4	10·00	<0·001	99·0	9·0	1·20	0·298	
Transects	3	9·6	3·2	1·13	0·341	13·6	4·5	0·60	0·615	
Ceintures	4	97·7	24·4	8·61	<0·001	10·6	2·7	0·35	0·841	
Profondeurs	1	7·9	7·9	2·79	0·098	6·8	6·8	0·90	0·344	
Transects × ceintures	4	41·9	10·5	3·69	0·008	7·2	1·8	0·24	0·916	
Transects × profondeur	3	3·1	1·0	0·36	0·783	12·3	4·1	0·55	0·651	
Ceintures × profondeur	4	1·3	0·3	0·12	0·977	9·9	2·5	0·33	0·858	
			pH (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 0·06)				SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 94·8)			
Sites	11	13·30	1·21	21·65	<0·001	6,368	578·9	6·11	<0·001	
Transects	3	0·93	0·31	5·53	0·002	932	310·6	3·28	0·024	
Ceintures	4	4·11	1·03	18·40	<0·001	1,769	442·2	4·66	0·002	
Profondeurs	1	0·00	0·00	0·07	0·795	327	327·4	3·45	0·066	
Transects × ceintures	4	0·04	0·01	0·19	0·941	985	246·3	2·60	0·041	
Transects × Profondeurs	3	0·12	0·04	0·70	0·553	56	18·5	0·20	0·899	
Ceintures × profondeurs	4	0·16	0·04	0·73	0·575	131	32·7	0·35	0·847	
			CaCO <sub>3</sub> (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 87·4)				Argile (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 84·9)			
Sites	11	2,885	262·3	3·00	0·002	9,904	900·3	10·61	<0·001	
Transects	3	468	155·9	1·78	0·156	536	178·6	2·10	0·105	
Ceintures	4	137	34·3	0·39	0·814	1,027	256·7	3·03	0·021	
Profondeurs	1	1	0·9	0·01	0·920	108	108·5	1·28	0·261	
Transects × ceintures	4	691	172·7	1·98	0·104	1,906	476·5	5·62	<0·001	
Transects × Profondeurs	3	82	27·4	0·31	0·816	214	71·4	0·84	0·474	
Ceintures × profondeurs	4	97	24·3	0·28	0·892	120	30·0	0·35	0·841	
			Gypse (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 300·4)				Limon (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 102·0)			
Sites	11	23,151	2,104·6	7·01	<0·001	9,990	908·1	8·90	<0·001	
Transects	3	1,282	427·3	1·42	0·241	68	22·7	0·22	0·881	
Ceintures	4	4,252	1,063·0	3·54	0·010	849	212·4	2·08	0·089	
Profondeurs	1	1,095	1,094·8	3·64	0·059	116	115·8	1·14	0·289	
Transects × ceintures	4	3,213	803·2	2·67	0·037	1,405	351·2	3·44	0·011	
Transects × Profondeurs	3	373	124·2	0·41	0·744	110	36·6	0·36	0·783	
Ceintures × profondeur	4	331	82·8	0·28	0·893	197	49·3	0·48	0·748	
			Cl <sup>-</sup> (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 163·3)				Sable (Df <sub>d</sub> = 95, MS = 139·7)			
Sites	11	14,359	1,305·4	8·00	<0·001	20,666	1,878·7	13·44	<0·001	
Transects	3	426	142·0	0·87	0·460	409	136·5	0·98	0·407	
Ceintures	4	1,965	491·3	3·01	0·022	462	115·6	0·83	0·511	
Profondeurs	1	274	274·3	1·68	0·198	396	395·9	2·83	0·096	
Transects × ceintures	4	326	81·6	0·50	0·736	2,720	680·1	4·87	0·001	
Transects × Profondeurs	3	259	86·2	0·53	0·664	425	141·6	1·01	0·390	
Ceintures × profondeur	4	10	2·4	0·02	0·999	269	67·2	0·48	0·750	

*Carrés de moyenne et de degrés de liberté des erreurs résiduelles sont donnés entre parenthèses avec chaque variable physico-chimique du sol. MS, carrés de moyenne ; Dfd, dénominateur des degrés de liberté ; Dfn, numérateur des degrés de liberté ; SS, somme des carrés ; F, F-statistiques ; p, p-valeur.*

L'effet du facteur «transect» n'a pas été significatif pour tous les paramètres, sauf pour le pH (p = 0,002) et les sulfates (p = 0,024). Le facteur «ceintures» a montré un effet significatif pour la CE et le pH (p < 0,001), le taux de gypse (p = 0,010), les sulfates (P = 0,002), l'argile (p = 0,021) et les chlorure (p = 0,022). D'autres variables, à savoir le sable, le limon et le CaCO<sub>3</sub> totale, ne présentent aucune variation significative entre les différentes ceintures de végétation de chaque zone. L'effet de la profondeur du sol s'est avéré aussi non significatif pour toutes les variables du sol (p > 0,05).

Donc suite à cette analyse, on peut conclure que l'interaction « ceintures × transect » semble la meilleure pour expliquer les changements importants des paramètres comme l'argile, le limon et le sable, la CE, les sulfates, les chlorures et le gypse, dans les zones étudiées. Par contre, le reste des interactions comme les modèles « profondeurs × transect » et « ceintures × profondeurs » n'ont aucun effet significatif sur la variation des paramètres édaphiques analysés (Tableau 13).

#### III.1.3.4. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La CAH a montré trois groupes de zones humides : le groupe 1 englobe les zones de TMG, ANJ et HSK, qui étaient assez similaires avec MGL qui seul a formé le groupe 2. Les autres zones (TLA, MLL, HMT, EZL, GLF, BZR, TRF et TST) ont été associées au groupe 3 sauf que la zone de TST est tout à fait différente du reste du groupe (Figure 16). Les Caractéristiques édaphiques de cette dernière zone affichent une dissimilarité plus élevée par rapport aux caractéristiques de la zone de TMG. Les deux sites sont situés sur les extrémités du dendrogramme, ce qui montre un amalgame de zones dans l'éco-complexe des hautes plaines constantinoises.

Cette classification est due aux teneurs très faibles du gypse (2,2 - 5,6 %) pour former le groupe de TMG, ANJ et HSK comme un groupe entier ; Cependant, le pH a montré les valeurs les plus élevées comparativement aux d'autres zones (7,3 - 8,1), ainsi que les TMG et ANJ ont été les zones les moins salées (1,3 - 1,6 dSm<sup>-1</sup>), tandis que la zone de HSK était la plus salée. La zone de MGL se détachait en dehors des autres sites en raison de sa texture limoneuse et limono-argileuse ainsi que sa salinité est intermédiaire entre les deux autres groupes. Cette zone contient les valeurs les plus élevées de particules fines (limon et argile), mais elle est très pauvre en sable. Les zones humides du groupe 3 ont été caractérisées par un pH faible et des valeurs relativement élevées de CE, CaCO<sub>3</sub> et SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (Tableau 12 et Figure 16).

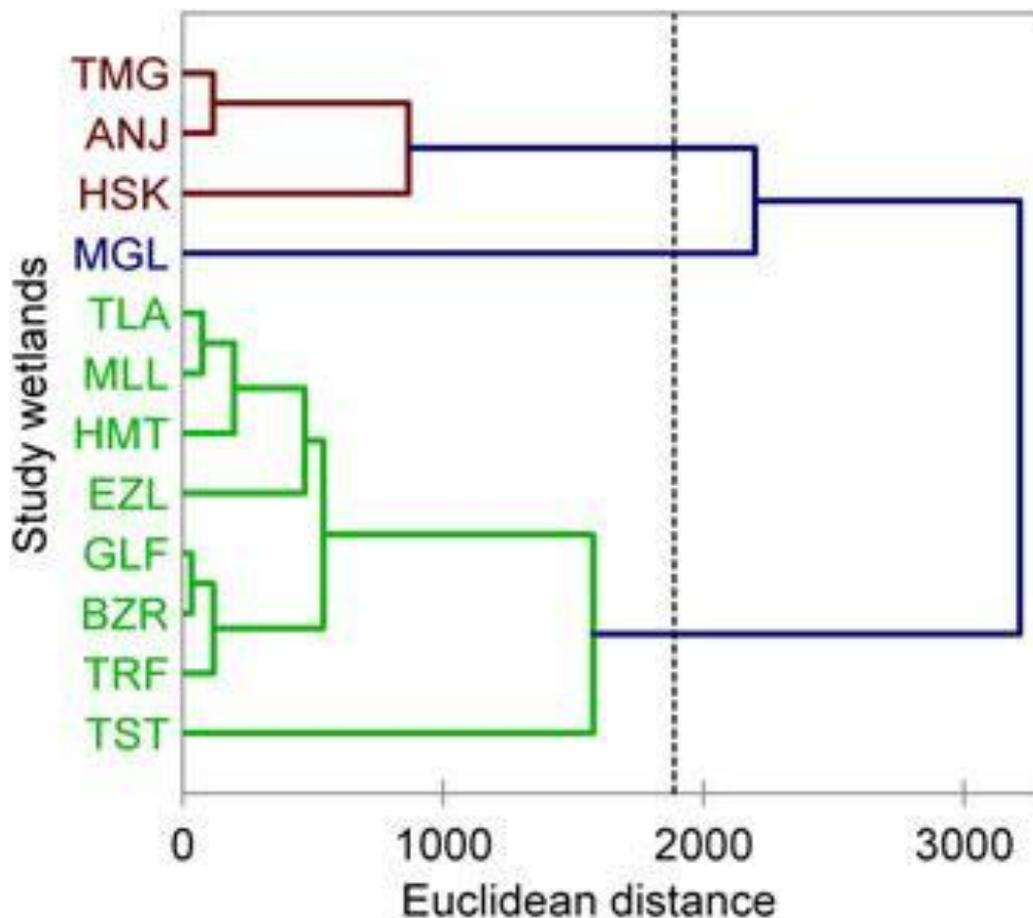


Fig.16. Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique du sol des zones étudiées (méthode Ward).

### III.1.3.5. Discussion

Notre étude révèle pour la première fois certains aspects concernant l'état pédologique des zones humides continentales algériennes en général et les zones des hautes plaines constantinoises en particulier. Ces zones se caractérisent par des sols halomorphes avec des caractéristiques édaphiques variables d'un site à un autre et à l'intérieur du même site. En général, les sols halomorphes et salins-sodiques, sont naturellement présents sous tous les climats de tous les continents. Ils sont étroitement liés à une source de la salinité, d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (nappe phréatique) ou origine hydrologique (eau de mer) (Girard et *al.*, 2005). Selon Pitman et Läuchli (2002), la salinité de n'importe quel environnement est commandée par des processus physico-chimiques et biologiques et varie suivant les échelles spatio-temporelles. Une grande quantité de sels solubles peut affecter les propriétés pédologiques du sol notamment la dispersion des colloïdes, la stabilité structurale et la diminution de la perméabilité hydraulique (Servant, 1970 et 1975 ; Chevery, 1972 ;

Agassi *et al.*, 1981 ; Aubert, 1983 ; Halitim *et al.*, 1984 ; Daoud, 1993 ; Qadir et Schubert, 2002). La croissance des plantes, l'activité microbienne et les réactions chimiques, sont affectées sous conditions salines (Abdelfattah et Shahid, 2007). Il a été rapporté par Al-Jaloud & Hussain (2006) que des concentrations élevées de sodium ont entraîné la dispersion de l'argile et la fermeture (colmatage) des pores du sol. Ce blocage interfère avec les échanges gazeux entre l'atmosphère et le sol du Sabkha. À la lumière de ces résultats obtenus et après l'analyse de 12 zones situées dans un climat semi-aride, les conditions de salinité du sol sont modérées (Mathieu et Pielain, 2003) avec une valeur moyenne du CE ( $3,46 \text{ dSm}^{-1}$ ). Cette salinité est dominante dans la plupart des zones d'étude bien qu'elle varie considérablement d'un endroit à un autre. Selon Biggs *et al.* (2010) la variabilité de la salinité dépend de l'hydrogéologie et de la géomorphologie de l'habitat. Elle est indiquée in situ par la présence de plantes halophiles (Nedjimi *et al.*, 2012 ; Aliat et Kaabeche, 2013 ; Neffar *et al.*, 2015).

La salinisation des sols peut être due soit : (i) lixiviation des sels solubles et/ou l'évaporation, ce qui laisse (dépot) ces sels dans les sols, ou (ii) transport de sels par le flux en masse à la surface par la remontée capillaire, où ils s'accumulent après évaporation de l'eau (Raju *et al.*, 1993 ; Rengasamy, 2006). Les sols affectés par le sel ont souvent un pH supérieur à 7. Il a été bien établi par Aubert (1983), que l'augmentation du pH reflète la saturation du  $\text{Na}^+$  sur le complexe d'échange et l'état de saturation du sol. Ce facteur est l'un des principaux paramètres dans notre étude, les valeurs du pH sont variables avec une gamme de  $6,9 \pm 0,1$  et  $8,1 \pm 0,2$ , allant du neutre à alcalin, selon Baize et Jabiol (1995), les valeurs élevées du pH ont été dues à la présence du calcaire, bien qu'en moyenne, les niveaux de ce dernier sont autour de 21 % dans les zones d'étude, reflétant des sols moyennement Calcaires (Baize, 2000), tandis que les valeurs minimales du pH étaient probablement dues à la présence du gypse et de l'argile (Florea et Al-Joumaa, 1998). En effet, notre étude a indiqué que des corrélations négatives significatives ont été trouvées entre le pH d'une part et le gypse et  $\text{CaCO}_3$ , d'autre part, le pH était corrélé positivement avec l'argile. Il est intéressant de rappeler qu'un pH entre 8 et 9 est généralement accepté comme la limite de la dégradation de la structure du sol et la valeur 9 est atteint lorsque le  $\text{Na}^+$  représente 30 % de la capacité d'échange cationique (Duchauffour, 1977 ; Aubert, 1983). Nos résultats sont très compatibles et cohérents avec les résultats de Duchauffour (1977), qui a montré que lorsque les sols salins sont prédominés par des acides forts et des bases fortes (sulfates, chlorures, nitrate de calcium, magnésium et de sodium) le pH reste inférieure à 8,5, et le sol est légèrement alcalin. En revanche, lorsque des sels d'acides faibles (carbonates) sont abondamment présents, le pH

s'élève au-dessus de 8,5 jusqu'à 10. Les valeurs du pH peuvent être expliquées par la nature ou le type des faciès chimiques de la solution du sol, qui ont été dominés par les chlorures et/ou sulfates. Rezaei et Gilkes (2005) suggèrent que les valeurs de pH sont principalement affectées par le matériau parental (la nature géologique), qui varie d'un endroit à l'autre, suite à des précipitations et des niveaux de carbone organique. Comme elles pourraient être dues à l'interaction d'une multitude de facteurs, à savoir : la nature géologique des sols, les apports éoliens, la géochimie des eaux souterraines, la présence du gypse. Ces paramètres contribuent à la richesse de la solution du sol en sels acides. Dans les zones arides la plupart des sols présentent des accumulations de sels de différentes solubilités (calcaire, gypse, chlorure de sodium, ..., etc.) et que ces sels présentent une distribution spatiale séquentielle (Hamdi-Aissa et *al.*, 2004 ; Mostephaoui et Bensaid, 2014). Pansu et Sidi (1987) et Sidi et Pansu (1990) mentionnent dans leurs travaux que le gypse accélère les processus d'humification et de minéralisation. En effet, Sidi et Pansu (1990) citent que l'effet du gypse est lié à une activité microbienne et des vitesses d'humification et de minéralisation. Selon les mêmes auteurs, l'évolution des fractions organiques (les polysaccharides, les acides fulviques, pyrophosphatés et les acides humiques pyrophosphatés) est accélérée par l'apport de gypse dans le sol salé carbonaté. Cette activité microbienne dégage le  $\text{CO}_2$  qui sera dissout dans l'humidité du sol.

De même, selon Khammoudj (2009), la géochimie des formations du Mio-Plio-Quaternaire est caractérisée par la présence du calcium, fer, aluminium, chlorure, sodium, silicium et des phosphates. Cette variation est due probablement à la roche mère ou au phénomène de lessivage ce qui explique la présence du gypse, de la calcite, l'illite et le chlorite dans les argiles. Le même auteur cite que le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) qui se trouve dissout dans l'humidité du sol en formant l'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) se décompose en  $\text{HCO}_3^-$  qui conduit à l'acidification du sol. Des auteurs comme Khammoudj (2009) et Boudoukha et Athamena (2012) ont montré dans leurs travaux dans les hautes plaines Sétifiennes que l'hydrochimie des eaux souterraines présentent des faciès bicarbonatés, chlorurés calciques, sulfatés calciques et chlorurés sodiques qui changent d'une période à une autre. Les sols moins salés sont caractérisés par un faciès sulfaté calcique et les plus salés par un faciès chloruré sodique (Abid, 1995). L'écoulement des eaux souterraines se fait en direction des chotts et sebkhas (Demdoum, 2010) ainsi que le mouvement ascendant des eaux et le phénomène de précipitation et dissolution (mécanismes géochimiques et thermodynamiques) contribuent à des modifications géochimiques. Selon Marlet et Job (2006) le gypse précipite en séquestrant une partie du calcium susceptible de neutraliser l'alcalinité et on distinguera

deux processus secondaires, si l'alcalinité diminue, les molarités du calcium et du magnésium augmentent c'est une voie neutre à dominante chlorurée de la salinisation des sols et si l'alcalinité augmente, les molarités en calcium et magnésium décroissent tandis que celle des sulfates augmentent, on parlera de voie neutre à dominante sulfatée de la salinisation même si les ions chlorures restent généralement dominants. Ces différents processus contribuent à modifier les équilibres entre les cations et affectent donc la capacité d'échange cationique. En outre, la classification de la solution du sol en utilisant le diagramme de Piper a montré des résultats similaires avec d'autres échantillons du sol décrits pour les sols salés hydromorphes dans les régions arides chaudes du Sahara algérien (Hamdi-Aïssa et al., 2004).

Selon Halitim (1988), plus de 95 % des sols dans les environnements arides et semi-arides sont calcaires, salsodiques ou gypseux et par conséquent ce sont des sols typiques des climats xériques et aridiques (Khademi et Mermut, 2003). Selon Djili (2000), les sols gypseux se localisent généralement dans les zones dépressionnaires (chotts). Dans des conditions naturelles, un sol est considéré comme gypseux s'il contient plus de 5 % du gypse (FAO, 1998), alors que ceux de nos zones ont une moyenne de 21 %, et son taux varie entre 2 % (légèrement gypseux) et 56 % (extrêmement gypseux) (Barzanji, 1973). L'origine de grandes quantités de cet élément est liée à la nature géologique (roche sédimentaire de gypse), topographie et l'aridité de l'environnement (Hamdi-Aïssa et al., 2004). Halitim (1988) a montré que parfois le gypse pourrait jouer un rôle dans la structuration du matériel pédologique. Le taux du gypse entre 3 % et 10 % n'interfère pas significativement avec les caractéristiques telles que la structure du sol, tandis que les teneurs comprises entre 10 % et 25 % tendent à rompre la continuité de la masse du sol par l'effet des cristaux de gypse (FAO, 1998). Poch (1996); Poch et al. (1998) ont montré que l'augmentation de l'accumulation du gypse dans le sol influence l'espace poral par le remplacement des larges pores, par des pores d'entassement dont le diamètre équivalent maximum est de 20  $\mu\text{m}$ . Ceci est dû au colmatage par les cristaux, lorsque le gypse est présent sous forme poudreuse, la porosité est élevée, alors que sous forme de croûtes gypseuses, la porosité est faible.

En ce qui concerne la texture du sol, qui est étroitement liée à la teneur en gypse (Poch et al., 1998), la plupart des zones d'étude ont une texture moyenne, limoneuse à limono-sableuse. Il semble que l'augmentation de la teneur en gypse conduit à la formation de textures dominées par les limons et les sables (Barzanji, 1973). En Syrie, StoopsetAllaiwi (1981), rapportent que la plupart des sols gypseux présentent une texture sableuse à sablo-

limoneuse. Selon la FAO (1990) plusieurs variétés de textures ont été observées dans les sols gypseux des régions méditerranéennes. D'après Djili (2000), l'augmentation du taux d'argile est accompagnée d'une diminution du taux de gypse, mais le gypse peut se rencontrer en Algérie dans les sols argileux (marnes, alluvion ; des chotts et sebkha), qu'au sein des sols sableux des régions arides (FAO, 1990 et 2005).

En ce qui concerne la fraction d'argile, elle joue un rôle très important dans la formation des sols, les propriétés physiques et chimiques et de la dynamique du sol (Halitim, 1988 ; Chenchouni, 2009), les niveaux d'argile varient de 5 % à 38 % dans nos zones d'étude. Lorsque la teneur en argile est très élevée, le sol devient lourd et obtient une texture compacte, asphyxiante et défavorable aux racines et aux micro-organismes et même difficile pour le labourage, en raison de sa grande cohésion (Soil Survey Division Staff, 1993). Grâce à ces fonctionnalités, les sols ont tendance à être collant à l'état humide et dur lorsqu'ils sont séchés. La teneur en argile est inversement proportionnelle au pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  (Halitim, 1988). Toutefois, Djili (2000) a conclu qu'il n'y a aucune proportionnalité entre le taux de l'argile et le taux du  $\text{CaCO}_3$ . L'argile peut avoir un effet sur le taux du  $\text{CaCO}_3$  uniquement lorsque le taux est d'environ 40 %. Dans ce cas, ce phénomène est probablement dû à la faible perméabilité hydrique dans les horizons argileux lourds qui limitent le transport et l'accumulation de  $\text{CaCO}_3$  dans le sol.

Les paramètres physico-chimiques du sol des zones étudiées sont peu corrélés en raison de la variabilité des sols, la largeur des ceintures de végétation (microsol) et la microtopographie de la zone (érosion éolienne et hydrique). Halitim (1988) précise que l'hétérogénéité texturale est parmi les facteurs qui peuvent empêcher l'établissement de corrélations significatives entre les caractéristiques du sol et certaines propriétés fonctionnelles telles que la rétention d'eau du sol. Par ailleurs, outre la corrélation négative entre le pH et le carbone organique, il n'existe aucune relation permanente entre ce paramètre et d'autres variables chimiques du sol (Rezaei et Gilkes, 2005). Cette explication est tout à fait similaire à celle donnée par Aliat et Kaabeche (2013). Contrairement aux conclusions de l'actuelle étude, Viellefon (1976) a constaté que le gypse est en relation négative avec  $\text{CaCO}_3$ . En d'autres termes, lorsque la quantité de  $\text{CaCO}_3$  diminue, le gypse augmente. En fait, le lien entre  $\text{CaCO}_3$  et gypse dépend de leur type d'accumulation et le taux de sel solubles. En effet, un sol riche en gypse, il détruit et bloque le développement de l'accumulation du calcaire. Ce phénomène est dû à la pression de cristallisation du gypse ( $1100 \text{ kg cm}^2$ ), qui détruit les

individualisations de  $\text{CaCO}_3$  en raison de l'arrivée continue et la précipitation des solutions sulfatées (Halitim et *al.*, 1984). En ce qui concerne la variation spatiale de plusieurs paramètres du sol et les changements marqués pour presque tous les paramètres du sol dans les zones d'étude reflètent bien qu'ils sont influencés par les conditions locales de la région. Par exemple, l'accumulation de sel, en particulier celle du gypse, est liée à la présence d'une nappe d'eau chargée d'ions basiques, agissant à son tour sur certains minéraux secondaires (Boumaraf, 2013) ; autrement dit, la distribution spatiale des sols est assez bien reliée avec la position des unités géomorphologiques locales. Dans cette étude, les effets des orientations transects et la profondeur de l'échantillon ne sont pas significatifs sur les variations des sols au sein du même site. Cependant, l'effet de « Ceintures de végétation » est important, en particulier sur la CE, le pH et le gypse ; en raison de la présence d'un gradient décroissant de salinité et d'humidité depuis le centre de zone humide vers l'extérieur à travers des ceintures de végétation (Chenchouni, 2009 ; Neffar et *al.*, 2015). L'interaction du transect  $\times$  ceintures semble bien expliquer avec précision les variations significatives de la CE et le taux d'argile entre les zones d'étude et reflète l'hétérogénéité du sol à l'échelle horizontale plutôt que verticale (profondeur). En effet, les interactions (transects  $\times$  profondeurs) et (ceintures  $\times$  profondeur) ainsi le facteur «profondeur» n'ont aucun effet sur l'évolution des différentes variables du sol analysés.

#### III.1.4. Conclusion

La présente étude a contribué à l'identification, la caractérisation et la compréhension des 12 zones humides qui se situent dans l'un des éco-complexes le plus vaste et diversifié en Afrique du Nord et en Méditerranée. L'étude a révélé une grande hétérogénéité des sols parmi les zones étudiées en raison de la variabilité de la salinité, le pH, la texture et la composition minérale qui interagissent les uns avec les autres et influencent les autres caractéristiques physico-chimiques, qui varient de manière significative en fonction des caractéristiques spatiales de chaque site. Les zones humides de la région d'étude sont globalement regroupées en trois groupes avec des caractéristiques édaphiques différentes. Cette variabilité entre ces groupes est principalement due aux conditions spécifiques de chaque zone, y compris la nature géologique, les flux d'eau et leur nature chimique, la topographie, la géomorphologie, l'agrosystème limitrophe et les activités anthropiques.

## III.2. La flore

### III.2.1. Diversité et affinités floristiques

#### III.2.1.1. Nombre de taxons

Le nombre de taxons dénombré dans l'éco-complexe des hautes plaines constantinoises (12 zones humides) est de 141 dont 07 espèces non déterminées relevant de 92 genres et 30 familles botaniques ; cet effectif représente 4,47 % de la flore totale algérienne estimée à 3150 (Medail et Quezel, 1997).

**Tab.14.** Les espèces inventoriées suivant les différentes familles et genres de la région d'étude.

Familles	Genre	Espèces	Familles	Genre	Espèces
<i>Aizoacées</i>	01	01	<i>Labiacées</i>	03	04
<i>Amaranthacées</i>	01	02	<i>Liliacées</i>	01	01
<i>Apiacées</i>	02	02	<i>Malvacées</i>	01	02
<i>Astéracées</i>	26	31	<i>Orobanchacées</i>	01	01
<i>Brassicacées</i>	06	07	<i>Papavéracées</i>	02	03
<i>Caryophyllacées</i>	03	08	<i>Plantaginacées</i>	01	06
<i>Chénopodiacées</i>	08	14	<i>Plumbaginacées</i>	01	03
<i>Cistacées</i>	01	03	<i>Poacées</i>	15	19
<i>Convolvulacées</i>	01	01	<i>Renonculacées</i>	02	02
<i>Dipsacacées</i>	01	01	Résédacées	01	01
<i>Euphorbiacées</i>	01	02	Rubiacees	01	01
<i>Fabacées</i>	05	09	<i>Rutacées</i>	01	01
<i>Frankeniacees</i>	01	02	<i>Tamaricacées</i>	01	-
<i>Géraniacées</i>	01	03	<i>Thyméalacées</i>	01	01
<i>Juncacées</i>	01	02	<i>Zygophyllacées</i>	01	01

#### III.2.1.2. Caractérisation systématique

Sur les 134 espèces recensées (Tableau 14), 102 espèces ont été inventoriées dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi avec 70 genres et 25 familles botaniques et 80 espèces dans l'éco-complexe de Sétif avec 60 genres et 26 familles botaniques (Tableau 15 et 16). De cet inventaire, il est à signaler qu'un certain nombre de famille botanique identifié dans les zones d'Oum Bouaghi comme les Amaranthacées, les Dipsacacées, les Liliacées et les Tamaricacées sont absentes dans les zones de Sétif et vice versa des familles botaniques identifiées dans ces

dernières zones comme les Renonculacées, les Convolvulacées, les Résédacées, les Orobanchacées et les Rubiacées sont absentes dans la région d'Oum Bouaghi.

Les familles les mieux représentées dans la région d'étude en genres et espèces sont les astéracées, les poacées et les chénopodiacées avec respectivement (26/31), (15/19) et (08/14) qui occupent environ la moitié des espèces identifiées (47,54 %). Idem, pour les 2 éco-complexes, la même représentation a été observée, les astéracées, les poacées et les chénopodiacées avec respectivement (17/27), (13/14) et (06/11) au niveau du territoire d'Oum Bouaghi et (13/15), (11/12) et (07/11) au niveau de Sétif.

En appliquant le coefficient générique qui désigne le rapport du nombre de genres sur le nombre d'espèces ( Benaradj et al., 2013), il nous a permis de déduire que la région d'étude est caractérisée par une flore appauvrie (68,65 %) et la même observation a été décelée au niveau des 2 territoires (Sétif et Oum bouaghi) avec respectivement 75 % et 68,62 %. Il est à signaler que plus ce coefficient est faible plus la flore est riche.

**Tab.15.** Nombre d'espèces inventoriées par famille et genre dans l'éco-complexe de Sétif.

Familles	Genre	Espèces	Familles	Genre	Espèces
<i>Aizoacées</i>	01	01	<i>Labiacées</i>	02	03
Renonculacées	02	02	<i>Malvacées</i>	01	02
<i>Apiacées</i>	01	01	<i>Orobanchacées</i>	01	01
<i>Astéracées</i>	13	15	<i>Papavéracées</i>	01	02
<i>Brassicacées</i>	04	04	<i>Plantaginacées</i>	01	04
<i>Caryophyllacées</i>	03	06	<i>Plumbaginacées</i>	01	01
<i>Chénopodiacées</i>	07	11	<i>Poacées</i>	11	12
<i>Cistacées</i>	01	02	Résédacées	01	01
<i>Convolvulacées</i>	01	01	Rubiacées	01	01
<i>Euphorbiacées</i>	01	02	<i>Rutacées</i>	01	01
<i>Fabacées</i>	01	01	<i>Thymealacées</i>	01	01
<i>Frankeniacées</i>	01	02	<i>Zygophyllacées</i>	01	01
<i>Géraniacées</i>	01	01	<i>Juncacées</i>	01	01

**III.2.1.3. Estimation de la diversité**

La richesse spécifique (S) C'est l'expression la plus simple de la diversité biologique, elle représente le nombre d'espèces peuplant un espace donné (Ramade, 2008).

- La région d'étude : S = 134 espèces.
- Eco-complexe d'Oum Bouaghi : S = 102 espèces.
- Eco-complexe de Sétif : S = 80 espèces.

**a) Indice de Jaccard :**

L'indice de Jaccard ou le coefficient de communauté (Le Houerou, 1995) est un indice pour tester la similarité entre deux habitats.

$$J = a/(a+b+c) = 35,82 \% .$$

a : représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats (48).

b : représente le nombre d'espèces uniques pour l'habitat 1 (Sétif = 32).

c : représente le nombre d'espèces uniques pour l'habitat 2 (Oum Bouaghi = 54).

**Tab.16.** Nombre d'espèces inventoriées par famille et genre dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.

Familles	Genre	Espèces	Familles	Genre	Espèces
<i>Aizoacées</i>	01	01	<i>Labiacées</i>	02	02
<i>Amaranthacées</i>	01	02	<i>Liliacées</i>	01	01
<i>Apiacées</i>	01	01	<i>Malvacées</i>	01	02
<i>Astéracées</i>	17	27	<i>Papavéracées</i>	01	01
<i>Brassicacées</i>	05	06	<i>Plantaginacées</i>	01	04
<i>Caryophyllacées</i>	04	06	<i>Plumbaginacées</i>	01	03
<i>Chénopodiacées</i>	06	11	<i>Poacées</i>	13	14
<i>Cistacées</i>	01	02	<i>Rutacées</i>	01	01
<i>Euphorbiacées</i>	01	01	<i>Tamaricacées</i>	01	-
<i>Dipsacacées</i>	01	01	<i>Thymelacées</i>	01	01
<i>Fabacées</i>	05	09	<i>Zygophyllacées</i>	01	01
<i>Frankeniacées</i>	01	02	<i>Juncacées</i>	01	01
<i>Géraniacées</i>	01	02			

On note qu'un faible nombre d'espèces se rencontre dans les deux éco-complexes évoquant ainsi que la diversité inter éco-complexes est importante et les conditions environnementales ne sont pas similaires. Les espèces pour les deux écosystèmes comparés sont différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un « turn-over » des espèces importantes (De Bello et al., 2007), comme cette faiblesse est peut être due à plusieurs facteurs tels que les facteurs environnementaux, les facteurs anthropiques et/ou l'effort d'échantillonnage (nombre de stations et zones). Donc, il est impératif de faire un suivi continu pour balayer toutes les zones (des études diachroniques).

#### b) Indice Béta de Sorensen :

Le degré d'affinité floristique entre les deux éco-complexes a été estimé par cet indice (Masharabu et al., 2010) et vient en complément de l'indice de Jaccard.

$$\beta = (2c)/(S1+S2) = 52,74 \% .$$

c : représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats.

S1 : représente le nombre d'espèces pour l'habitat 1.

S2 : représente le nombre d'espèces pour l'habitat 2.

Cet indice montre qu'environ la moitié des espèces se rencontre dans les deux écosystèmes et explique aussi l'existence d'une biodiversité spécifique importante.

### III.2.2. Spectres écologiques

#### III.2.2.1. Les types biologiques ou forme de vie

Le tableau 17 et figures 17 et 18, résument les résultats de l'analyse des formes de vie. L'importance des thérophytes est mise en évidence avec 55 %, viennent ensuite par ordre décroissant les hémicryptophytes, les chamaephytes et les géophytes avec respectivement 25 % ; 17 % et 4 %. La contribution à la richesse floristique suit le schéma suivant :

THE / HEM/ CHAM/GEO. Les 3 types biologiques à savoir les thérophytes, les hémicryptophytes et les chamaephytes totalisent à eux seuls 96 % que ce soit dans la région d'étude globale ou dans les 2 éco-complexes. Le taux le plus élevé revient toujours aux thérophytes qui dominent les autres formes, ce même taux a été donné par des auteurs comme Daget (1980) ; Aidoud-Aounis (1989a) ; Danin et *al.* (1990) ; Kadi Hanifi (1998) dans leurs travaux en zone méditerranéenne. Selon Kadi Hanifi (1998) qui a souligné une nette corrélation négative entre les thérophytes et les hémicryptophytes. Cependant, le type biologique n'est pas un caractère indissociable de l'espèce, selon Kaabeche (1990), le classement d'une plante dans un type que dans un autre n'est pas évident ; l'observation sur terrain a montré que les types biologique d'une même plante peut changer selon le climat. C'est souvent le cas de nombreuses hémicryptophytes qui, sous climat aride, se comportent en thérophytes (exp. *Crepis vesicaria*), Par ailleurs *Stipa tenacissima*, dans les hautes plaines et l'Atlas saharien en Algérie, se présente souvent comme une hémicryptophytes, en sous-bois de matorral et en géophyte en steppe aride (Aidoud, 2003). Selon Kazi Tani et *al.* (2010), les hémicryptophytes sont particulièrement présentes dans les milieux assez stables ; ce groupe charnière entre les thérophytes et les géophytes peut passer d'un type à un autre suivant les conditions de leur développement. Selon Barbero et *al.* (2001), ils signalent l'abondance des hémicryptophytes dans les pays du Maghreb, surtout dans les milieux humides. Notre flore qui est à vocation thérophytique peut être expliquée par l'exposition du site à des inondations brusques dans les saisons pluviales, qui vont permettre aux plantes annuelles qui ont une germination et croissance rapide à se développer, vu la capacité de ces dernières à coloniser des milieux nouvellement créés par dépôts de sables après être arrosées par les précipitations saisonnières (Chenchouni, 2012). De même, Khaderaoui (2007), a indiqué que les rigueurs climatiques et l'instabilité structurale du sol (texture sableuse, structure particulière, ... etc.),

favorise le développement des espèces à cycle de vie court, surtout les thérophytes. Or la position de la nappe phréatique salée près de l'horizon superficiel favorise le développement des halophytes dont la famille des Chénopodiacées est la mieux représentée en espèces chamaephytiques, thermophiles, ces dernières ont une bonne adaptation aux conditions du milieu, ce qui leur permet d'occuper des territoires plus ou moins étendus (Le Houérou, 1993).

Tab.17. Répartition des espèces par formes de vie de l'éco-complexe des hautes plaines constantinoises.

Type biologique	Thérophyte	Chaméphyte	Hémicryptophyte	Géophyte
Nombre d'espèces	74	23	33	04
Pourcentage %	55%	17%	25%	03%

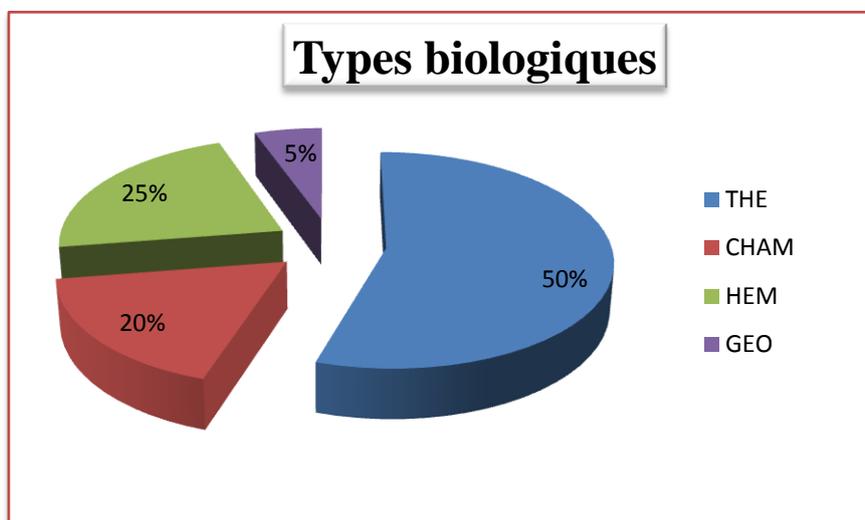
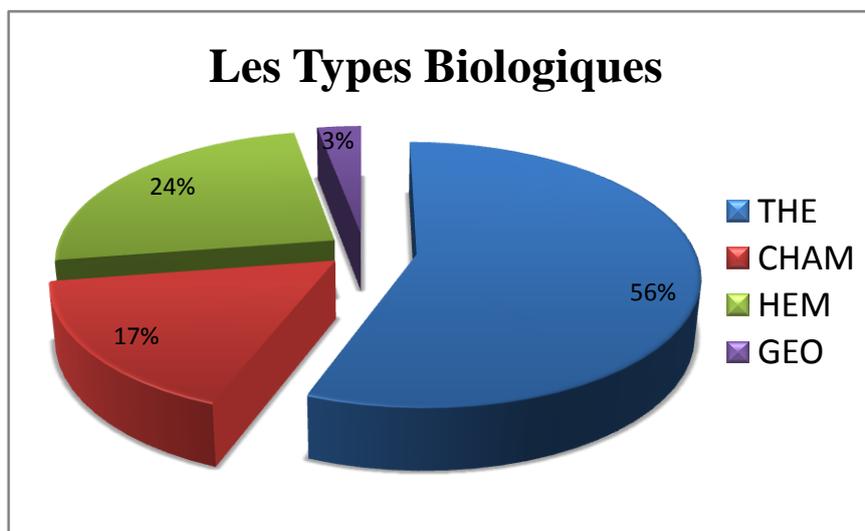


Fig.17. Répartition des types biologiques dans l'éco-complexe de Sétif.



**Fig.18.** Représentation des types biologiques dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.

III.2.2.2. Spectre morphologique

L'analyse floristique de la région d'étude permet de reconnaître (Figure 19) la prédominance des annuelles avec 55 % soit 74 espèces sur les vivaces 36 % soit 48 espèces et les biannuelles avec 9 % soit 12 espèces. Le même constat a été observé dans les 2 éco-complexes de Sétif et d'Oum Bouaghi (Tableaux 18 et 19).

Les annuelles sont des espèces à germination et croissance rapide. Elles colonisent facilement et rapidement les zones (Hammada, 2007). Ce qui nous permet de déduire que la présence de ces éphémères est variable d'une année à une autre, d'une zone à une autre, d'un transect à un autre, voire même d'un relevé à un autre en fonction des conditions édapho-climatiques et les facteurs anthropiques. La prédominance des annuelles est considérée comme stratégie adaptative des espèces à l'imprévisibilité des conditions environnementales (Grillas et al., 2004). Selon Ben El Mostafa et al. (2001), la présence des plantes annuelles exprime le moment et l'intensité des pluies qui définissent respectivement le nombre d'individu et l'appartenance biogéographique des espèces et seules les plantes pérennes (vivaces) sont le reflet permanent de la station.

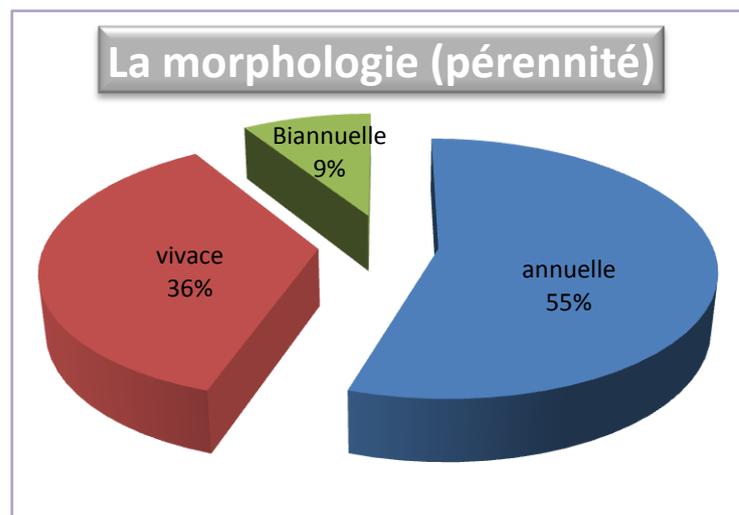


Fig.19. Répartition des types morphologiques dans la région d'étude.

Tab.18. Répartition des types morphologiques dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.

Morphologie	Annuelle	Vivace	Biannuelle
Pourcentage	56,86 %	35,29 %	7,83 %

Tab.19. Répartition des types morphologiques dans l'éco-complexe de Sétif.

Morphologie	Annuelle	Vivace	Biannuelle
Pourcentage	50 %	40 %	10 %

### III.2.2.3. Spectre phytocorologique (Biogéographie)

La région d'étude dans le présent travail appartient à l'empire holarctique, à la région méditerranéenne, au domaine maghrébinsteppique, au secteur des hautes plaines constantinoises et au sous-secteur des hauts plateaux constantinois (H2). Selon la participation de type phytocorologique à l'ensemble de la flore, le spectre phytocorologique a été dressé pour la région d'étude (Figure 20) ainsi que ses deux éco-complexes (Figure 21 et 22). De l'analyse de ce spectre, il ressort la prédominance de l'élément méditerranéen au sens large avec un taux de 41,04 % soit 55 espèces dont 08,20 % espèces endémiques (11 espèces) suivi de loin des autres éléments qui leur taux varie de 5 % à 1 %, ces éléments appartiennent à l'élément saharien et à l'ensemble de large répartition (Gharzouli, 2007 ; Bounar, 2014 ; Rebbes, 2014), comme Eurasie-méditerranéenne et aux éléments de liaison comme méditerranéo-irano-touranien, méditerranéo-saharo-rabique.

Le même schéma a été observé dans les 2 éco-complexes où l'élément méditerranéen est le mieux représenté avec un taux de 55,22 % dont 7,46 % espèces endémiques a niveau de l'éco-complexe d'Oum Bouaghi et un taux de 50,98 % dont 1,5 % espèces endémiques au niveau de l'éco-complexe de Sétif.

Il est à signaler que le taux d'endémisme est plus important dans la région d'Oum Bouaghi que la région de Sétif.

Le taux des espèces endémiques qui est de 08,20 % soit 11 espèces, représente un taux important à mettre en considération, il est de 01,82 % par rapport à la flore endémique totale du pays estimée à 549 espèces (Quezel, 1964) et 23,40 % par rapport au nombre d'espèces endémiques du sous-secteur H2 (Vela et Benhouhou, 2007). La famille des Astéracées est la mieux représentée avec 5 espèces et 5 genres, suivi par la famille des Fabacées avec 2 espèces et 2 genres puis les autres familles Caryophyllacées, Frankéniacées, Cistacées et Plumbaginacées avec une seule espèce (*Anacyclus cyrtolepidoides* P ; *Chrysanthemum fuscatum* D ; *Hertia cherifolia* L ; *Onopordon arenanarium* D ; *Scorzonera undulata* V ; *Herniaria mauritanica* M ; *Helianthemum apertum* B ; *Astragalus armatus* W ; *Hedysarum spinosissimum* L ; *Frankenia thymifolia* D ; *Limonium cymuliferum* B).

Les mêmes résultats concernant la dominance du type méditerranéen, ont été cités par (Kaabeche, 1990 ; Khaznadar et al., 2009 ; Berrached et al., 2013 ; Negadi et al., 2014 et Zedam, 2015).

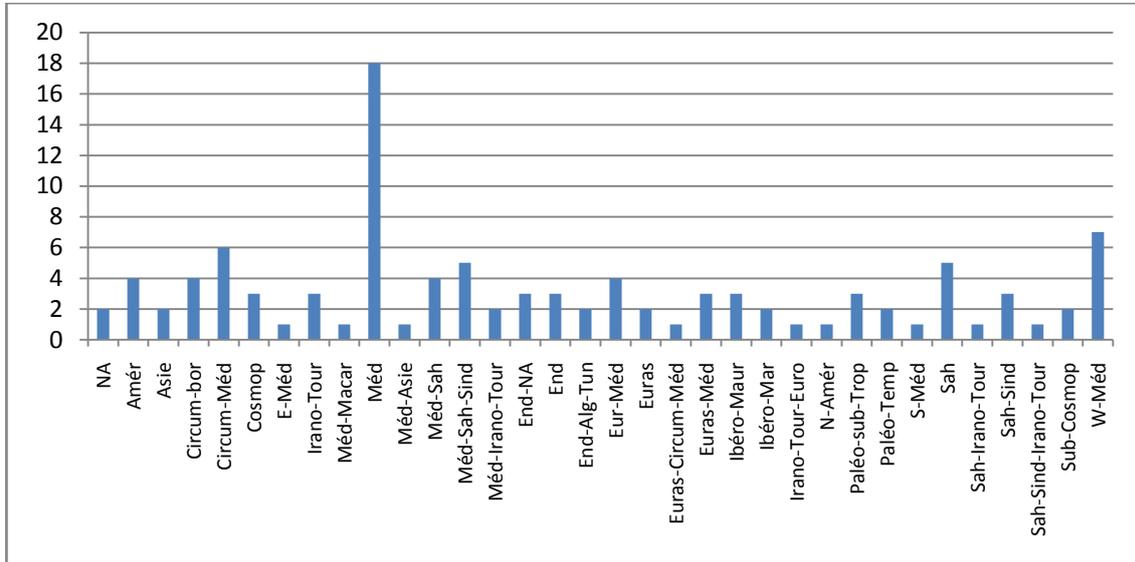


Fig.20. Répartition biogéographique des espèces dans la région d'étude.

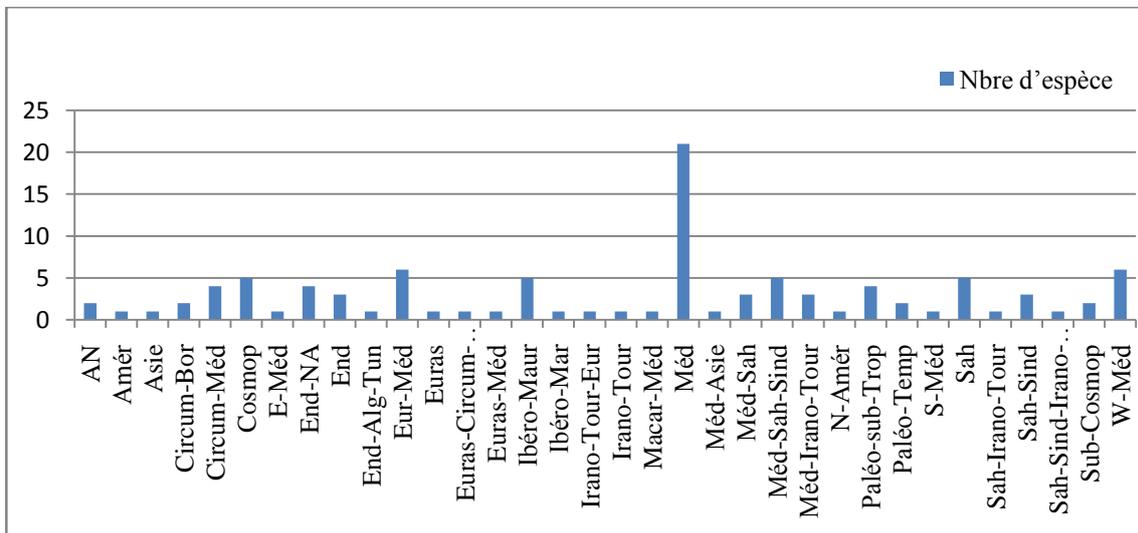


Fig.21. Répartition des types biogéographiques des espèces dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.

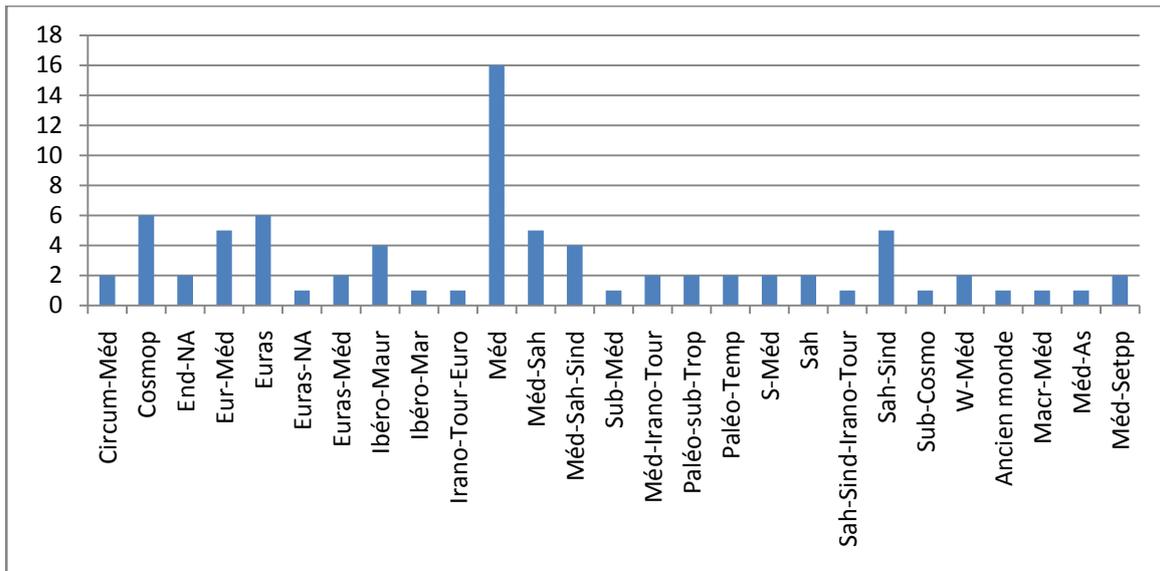


Fig. 22. Répartition des types biogéographiques des espèces dans l'éco-complexe de Sétif.

**III.2.2.4. Spectre d'abondance et de rareté**

Concernant l'abondance et la rareté des taxons recensés, la zone d'étude en recèle (Figure 23) 85 % soit 114 espèces réparties entre les communs, très communs, extrêmement commun et assez commun avec respectivement 31,34 % (42 espèces) ; 29,85 % (40 espèces) ; 5,97 % (08 espèces) et 17,91 % (24 espèces) et 15 % soit 20 espèces dont 03 espèces sont endémiques, réparties entre les espèces assez rare, rare et très rare avec respectivement 5,97 % (08 espèces) ; 7,46 % (10 espèces) et 1,49 % (02 espèces). Selon Bouldjedri (2012), la rareté est un processus complexe et dynamique qui se présente sous différentes formes et fait intervenir des processus variés. Il est très primordial et important d'inscrire ces espèces dans la liste rouge afin de les préserver et de les protégées mais sans oublié et négligé les autres types, les communs ou large répartition, ce sont aussi des espèces d'une grande importance vu leur capacités à peupler différents biotopes et s'adapter aux différents aléas édapho-climatiques et leur rôle et/ou leur place dans la chaine trophique ; ce qui nous permet de dire que les mesures de préservation et de conservation doivent viser toutes les espèces c'est-à-dire l'écosystème et ses composantes.

Les mêmes constats ont été notés dans les 2 éco-complexes d'Oum Bouaghi et Sétif avec des taux presque semblables (Tableaux 20 et 21) que la région d'étude (Figure 23).

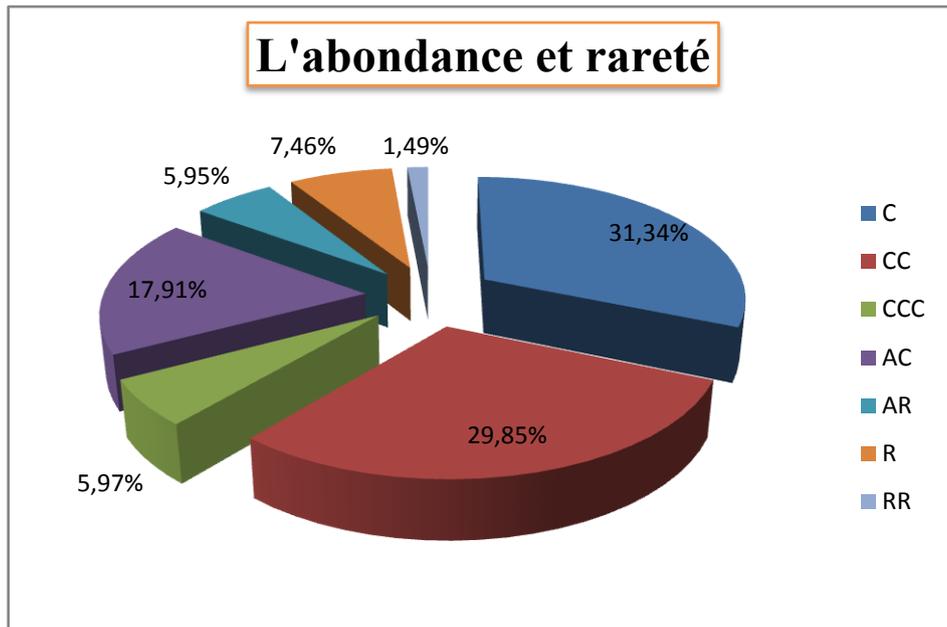


Fig.23. Représentation de l'abondance et de la rareté dans la région d'étude.

Tab.20. Répartition de l'abondance / rareté dans l'éco-complexe de Sétif.

Type	C	CC	CCC	AC	AR	R	RR
Pourcentage	47,5 %	23,75 %	2,5 %	12,5 %	6,25 %	3,75 %	1,25 %

Tab.21. Répartition de l'abondance/rareté dans l'éco-complexe d'Oum Boaghi

Type	C	CC	CCC	AC	AR	R	RR
Pourcentage	31,37 %	28,43 %	6,86 %	19,6 %	5,88 %	6,86 %	0,09 %

- **Les espèces assez rares (AR) :**

*Launaea aungustifolia ; Hallophyllum tuberculatum ; Reseda alba ; Thymelaea nitida; Chrysanthemum fuscatum ; Aegilops ventricosa ; Plantago lanceolata ; Limonium cymuliferum ; Salicornia arabica ; Eryngium ilicifolium.*

- **Les espèces rares (R) :**

*Hedypnois cretica ; Launaea residifolia ; Ranunculus scleratus ; launaea nudicaulis ; Agropyron orientale ; Plantago notata ; Teucrium polium ; Hydesarum spinosissimum.*

- **Les espèces très rares (RR) :**

*Scabiosa stellata ; Frankenia laevis.*

III.2.2.5. Spectre du mode de dissémination

Pour la première fois dans ce genre d'étude dans les écosystèmes humides continentaux des hautes plaines constantinoises, le mode de dissémination de la flore a été abordé.

Le tableau 22, résume les résultats de l'analyse dans la région d'étude et montre les différentes catégories selon la classification autoécologique.

Tab.22. Analyse de la flore en fonction du mode de dissémination de la région d'étude.

Mode de dissémination	Anémochore	Autochore	Barochore	Zoochore	Zoochore/Anémochore
Nombre d'espèce	58	24	14	29	09
%	43.28%	17.91%	10.44%	21.64%	6.71%

De cette analyse, la catégorie des anémochores est la plus représentée avec un taux de 43,28 % soit 58 espèces suivi par les zoochores avec un taux de 21,64 % soit 29 espèces, puis les autres catégories les autochores, Barochores et (zoochore-anémochores) avec respectivement 17,91 % (24 espèces) ; 10,44 % (14 espèces) et 06,71 % (09 espèces).

Tab.23. Analyse de la flore en fonction du mode de dissémination dans l'éco-complexe d'Oum Bouaghi.

Mode	anémochore	zoochore	anémochore / zoochore	Barochore	autochore
Pourcentage	48,03 %	18,62 %	06,86 %	10,78 %	15,68 %

Tab.24. Analyse de la flore en fonction du mode de dissémination dans l'éco-complexe de Sétif.

Mode	anémochore	zoochore	anémochore / zoochore	Barochore	autochore
Pourcentage	31 %	34 %	08 %	06 %	21 %

La zone d'étude est caractérisée par deux groupes (Masharabu et al., 2010), le premier c'est le groupe des hétérochories (anémochorie, zoochorie et anémochorie/zoochorie) qui est représenté à hauteur 71,64 % (96 espèces), est caractérisé par des espèces à graines ou diaspores munies d'appendices et extrêmement légères ou enveloppées de couches charnues. Elles peuvent être transportées à une longue distance soit par le vent, soit par l'animal (mammifères, fourmis, oiseaux, ..., etc.). Le deuxième groupe forme les autochores

(autochores et barochores), est représenté avec un taux de 28,35 % (38 espèces), leur diaspore ne présentant pas d'adaptations évidentes à un quelconque agent externe de dispersion donc de courte distance.

Il faut noter aussi que l'eau ainsi que l'homme peuvent jouer un rôle important dans la dispersion des graines, ils peuvent transporter de loin des diaspores, des fruits ou la plante toute entière (des crues, transport marchandises ou autres).

Les mêmes taux ont été observés dans les 2 éco-complexes (Tableaux 23 et 24) où les hétérochores dominent les autochores, sauf qu'au niveau de l'éco-complexe de Sétif, les zoochores sont légèrement supérieur aux anémochores. Selon Hammada (2007), de nombreuses espèces inféodées aux milieux forestiers et agricoles, peuvent coloniser ces surfaces ; elles y parviennent grâce au vent, au ruissellement et au transport par l'homme et le bétail. La codominance du type zoochorie se justifie par les interactions qui existent entre la plante et les animaux (mammifères, insectes, rongeurs, oiseaux, ..., etc.) soient des herbivores ou prédateurs, pollinisateurs.

En fonction des traits fonctionnels des espèces, ces zones sont considérées comme un gîte de reproduction, de repos, d'alimentation, d'hibernation. Selon Lazure (2006), les relations de dispersion et de prédation des graines impliquant plusieurs espèces végétales et mammaliennes, qui sont des sources de diversité et modèlent les communautés et les écosystèmes. Les oiseaux consomment les fruits riches en lipides (plus amers que sucrés), c'est une source d'énergie idéale car par unité de poids, ils génèrent deux fois plus d'énergie que les glucides par contre les fruits riches en glucides sont très attrayants pour les mammifères (Birnbaum, 2005).

Cette analyse nous permet d'expliquer en partie la diversité floristique de la région d'étude qui répond à celle des morphologies, des modes de vie, des adaptations, à la composition biochimique, aux traits fonctionnels (espèces généralistes ou spécialistes), mais aussi à la diversité animale dont la progression évolutive est indissociable de la diversification des plantes (diversité fonctionnelle). Selon Loucougaray (2003), l'hétérogénéité du pâturage provient largement de la sélection de la ressource par l'animal.

### III.2.3. Conclusion

L'interprétation des différents indices et spectres écologiques permet de nous déduire que la richesse biologique s'explique par la présence de conditions particulières comme les facteurs biotiques et abiotiques, la confluence des conditions climatiques, le biotope, l'adaptation de cette flore qui s'est produite à travers l'acquisition de caractéristiques morphologiques et physiologiques et à travers l'évolution et la sélection naturelle, ainsi que les actions anthropiques. La durée et l'intensité des conditions climatiques et les pressions anthropiques ont entraîné des processus d'adaptation et d'évolution (Debbalaw, 2010)

Le nombre d'espèces est variable dans le temps et dans l'espace, d'un écosystème à un autre ainsi qu'à l'intérieur de l'écosystème lui-même (la diversité intra-écosystème), ainsi que les conditions écologiques qui prédominent dans la région, ont permis le développement d'une flore diversifiée. Cette variabilité spatio-temporelle est l'une des principales caractéristiques des zones humides halophiles continentales.

### III.2.4. Analyse statistique

Après avoir déterminé la diversité et les affinités floristiques de la région d'étude ; il s'est avéré nécessaire de faire des comparaisons entre les 12 zones étudiées du point de vue composition floristique par une classification ascendante hiérarchique.

#### - Classification ascendante hiérarchique :

L'analyse a été effectuée en vue de connaître les similitudes entre les zones. La figure 24 a montré la formation de quatre groupes qui se différencient l'un de l'autre par leur composition floristique.

Le 1<sup>ier</sup> groupe forme la zone de Taref (OA), le 2<sup>ième</sup> groupe forme la zone d'Ank El Djemel (OB), le 3<sup>ième</sup> groupe forme la zone de chott El-Beida (SK) et le 4<sup>ième</sup> groupe est composé par les autres zones. Nous constatons que ce dernier groupe (le 4<sup>ième</sup>) est formé par des sous-groupes qui se ressemblent, le 1<sup>ier</sup> sous-groupe est composé de la zone de Guellif (OG), elle-même englobe les 3 autres zones à savoir la zone de Timerguanine (OD), Ezzemoul (OE) et Maghessel (OC). Le 2<sup>ième</sup> sous-groupe est formé par la zone de Tinsilt (OF), elle-même, englobe les 4 zones de Sétif à savoir Bazer (SB), Melloul (SM), Frain (ST) et Hamiet (SH). Cette distinction peut être expliquée par le nombre de famille et la richesse spécifique de chaque zone, la zone de Taref est la zone la plus riche en espèces et en famille botanique (68/23), suivi par chott El-Beida (56/23) puis Ank El Djemel (49/15), ce qui a

conduit à la formation de 3 groupes différents. Alors que les zones Guellif et Tinsilt sont caractérisées respectivement par (28/11) et (28/10), tandis que les autres zones, le nombre d'espèce et de familles botaniques varient de 14 à 23 espèces et 6 à 10 familles botaniques. Donc ce 4<sup>ième</sup> groupe est composé par un cortège floristique assez similaire.

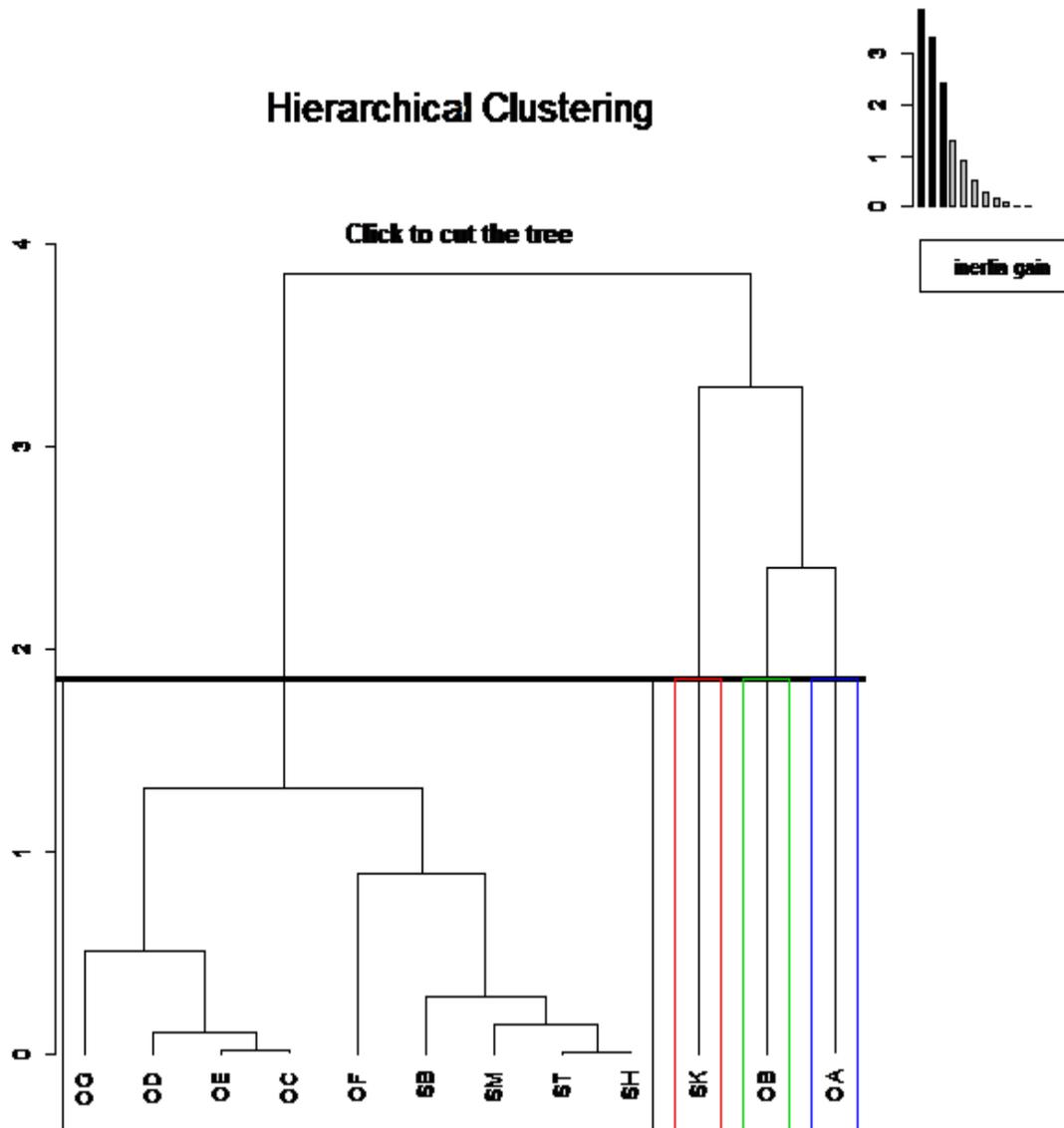


Fig.24. Classification hiérarchique des zones étudiées (CAH).

Comme elle peut être due aux conditions locales de l'écosystème, aux apports exogènes du milieu et aux pressions anthropiques exercées sur ces zones, le surpâturage, la conjonction du brout et du piétinement peut conduire à des modifications importantes du milieu (fonctionnement hydrique du sol) et des physionomies végétales (modification des rapports de dominance entre les espèces) (Floc'h, 2001), les labours, les déchets urbains et l'urbanisation. Selon Ghazeloui (2012), une forte pression peut menacer à moyen terme la

régénération des espèces. La répartition spatiale de la flore des zones humides salées n'est pas aléatoire ; elle résulte de l'interaction de plusieurs variables environnementales y compris les facteurs abiotiques, biotiques et anthropiques (Alvarez-Rogel et *al.*, 2007 ; Minggagud et Yang, 2013). D'une manière générale les zones les plus riches, le cas de la zone Taref et El Beida sont plus ou moins éloignées des riverains et sont protégées par les services des forêts surtout leur transect Nord ce qui explique le nombre de ceintures constatées lors des prélèvements.

### III.3. Relation sol-végétation

En étudiant les relations sol/végétation qui selon Labbardi et *al.* (2005), sont nécessaires à la compréhension du fonctionnement écologique.

Afin d'atteindre l'objectif tracé dans cette étude, une analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée sur l'ensemble des données édaphiques et floristiques de la région d'étude, suivi par une classification ascendante hiérarchique (CAH) pour déduire les similarités entre ces zones étudiées. Les codes utilisés :

- Les paramètres du sol : cal (calcaire total) ; gyp (gypse) ; CE (salinité) ; arg (argile) ; Lf (limon fin) ; lg (limon grossier) ; sf (sable fin) ; sg (sable grossier).
- Les zones : A (Taref), B (Ankdjmel), C (maghessel), D (Timerguanine), E (Ezzemoul), F (Tinsilt), G (Guellif), K (chott Beida), T (Frain ou Tella), M (Melloul), H (Hamiet).
- Les transects : N (Nord), E (Est), S (Sud), O (Ouest).
- Les ceintures : 1, 2, 3, 4, 5.
- Eco-complexe : O (Oum Bouaghi) ; S (Sétif).

Exemple d'interprétation : OBN2 : Oum Bouaghi Ankdjmel Nord 2<sup>ième</sup> ceinture.

SMS1 : Sétif Melloul Sud 1<sup>ière</sup> ceinture.

- Les plantes : X1, X2, X3, ..., Xn.

### III.3.1. Analyse en composantes principales (ACP)

Les figures 25 et 26 ont montré que les 4 axes (1-2 et 3-4) expliquent ensemble 73,62 % de la variance.

L'étude de la figure 25, qui montre le plan 1-2, fournit 46,84 % d'information de la variabilité.

Nous constatons que la majorité des espèces se localisent au centre du plan, ce qui nous permet de dire que ces espèces sont interdépendantes sauf quelques espèces s'individualisent et présentent une contribution élevée pour certains paramètres du sol. Dans ce cas de figure, l'interprétation doit d'être globale.

Le cas de l'axe 1 qui fournit 25,01 % de l'information, dans sa partie positive est caractérisé par des espèces comme (*Oryzopsis meliacea*, *Frankénia laevis*) ; elles sont liées au gypse et limon grossier. Donc ce sont des espèces gypsophiles à texture limoneuse.

L'axe 2 qui fournit aussi 21,83 % d'information, est caractérisé dans sa partie positive par un groupe d'espèces comme (*Anacyclus valentinus* ; *Bromus madritensis* ; *Halocnemum strobilaceum* ; *Athrocnemum indicum* ; *Ctenopsis pectinella* ; *Sphenopus divaricatus* ; *Schismus barbatus* ; *Rapistrum rugosum* ; *Sisymbrium coronopifolium* ; *Spergularia salina* ; *Glaucium flavium* ; *Glaucium corniculatum* et *Galium tricornitum*), il est lié à la salinité, le sable grossier et le pH. Donc ce sont des espèces halophiles à texture sableuse. Par contre dans sa partie négative, il est caractérisé par une seule espèce *Medicago turbinata* ; elle est liée à l'argile, le limon fin et le calcaire. Donc c'est une espèce qui préfère la texture fine et le calcaire.

La même constatation a été déduite, au niveau du plan 3-4 qui cumule 26,78 % de la variabilité, plusieurs espèces occupent le centre donc sont interdépendantes sauf que d'autres présentent une contribution élevée par rapport aux variables du sol (Figure 26).

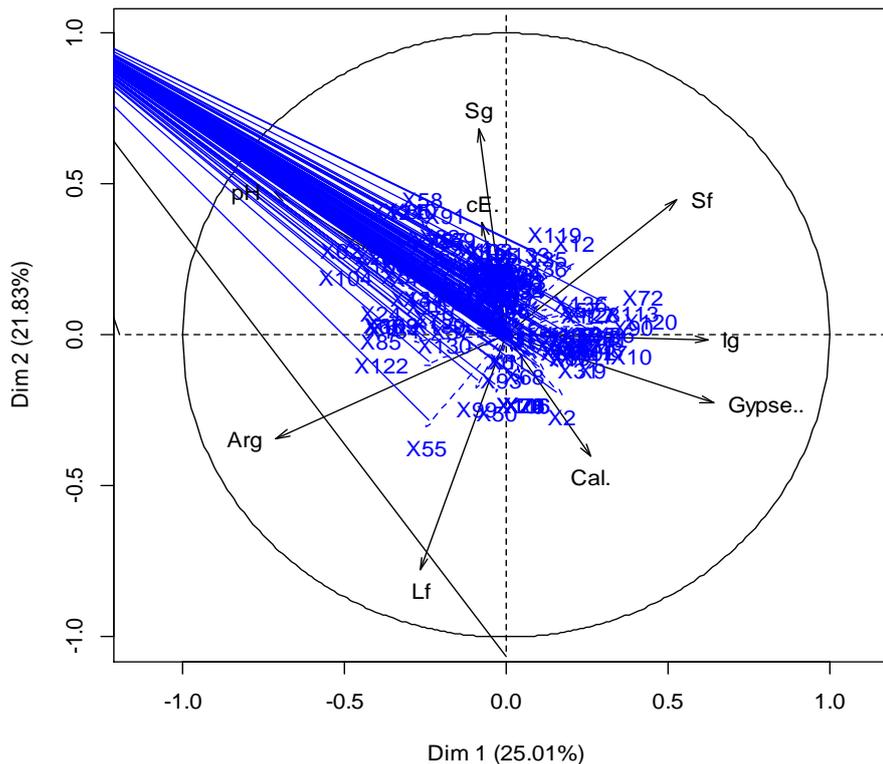


Fig.25. Représentation graphique des variables sol/plantes la région d'étude (plan 1-2).

L'axe 3 qui exprime 14,95 % d'information, est caractérisé dans sa partie positive par un groupe d'espèces comme *Salicornia arabica* ; *Frankenia thymifolia* et *Helianthemum virgatum*, il est lié à la salinité, le gypse et l'argile, donc ce sont des espèces gypsohalophile et à texture fine, sauf que la dernière espèce *Helianthemum* est plus attirée vers le limon grossier, donc c'est espèce qui préfère la texture moyenne ou argilo-limoneuse. Dans sa partie négative, on trouve des espèces qui s'opposent à ce dernier groupe et il est attiré par le sable (*Artemisia herba alba* ; *Atriplex glauca* ; *Launaea nudicaulis*). Donc ce sont des espèces de calcaire et une texture sableuse.

L'axe 4 qui exprime 11,83 % d'information, dans sa partie positive, est caractérisé par deux espèces *Sonebusoleraceus* et *S. maritimus* ; elles sont liées au sable grossier et limon grossier. Donc ce sont des espèces qui préfèrent la texture moyenne ou limono-sableuse. Par contre dans sa partie négative, on note un groupe d'espèces comme (*Atractylis carduus* ; *Atractylis serratuloides* ; *Silybum marianum* ; *Aegilops ventricosa* ; *Teucrium polium* ; *Stipa retorta* ; *Scabiosa stellata* ; *Helianthemum apertum*), il est lié au sable fin. Donc ce sont des espèces psammophiles ou à texture sableuse.

De cette analyse nous pouvons conclure que la distribution des espèces est régie par une multitude de facteurs à savoir la salinité, le gypse, le calcaire et la texture donc plusieurs affinités ont été décelées, les halophytes, les gypsohalophytes, les psammophytes, les espèces qui s'adaptent ou préfèrent le calcaire, la texture moyenne et limoneuse. En revanche les autres espèces sont interdépendantes soient des espèces indifférentes et/ou favorisées par la présence de l'un des paramètres édaphiques.

Certains auteurs comme Pouget (1980) et Le Houerou (1995), ont mis en évidence, l'existence des espèces liées particulièrement à de multiples facteurs édaphiques tels que la salinité, le gypse, la texture. Rogel et *al.* (2001), Jafari et *al.* (2003) et Chigani et *al.* (2012) ont souligné dans les habitats halomorphes, les principaux paramètres édaphiques contrôlant la distribution des plantes sont la salinité, le pH, le calcaire total, le gypse et l'humidité du sol.

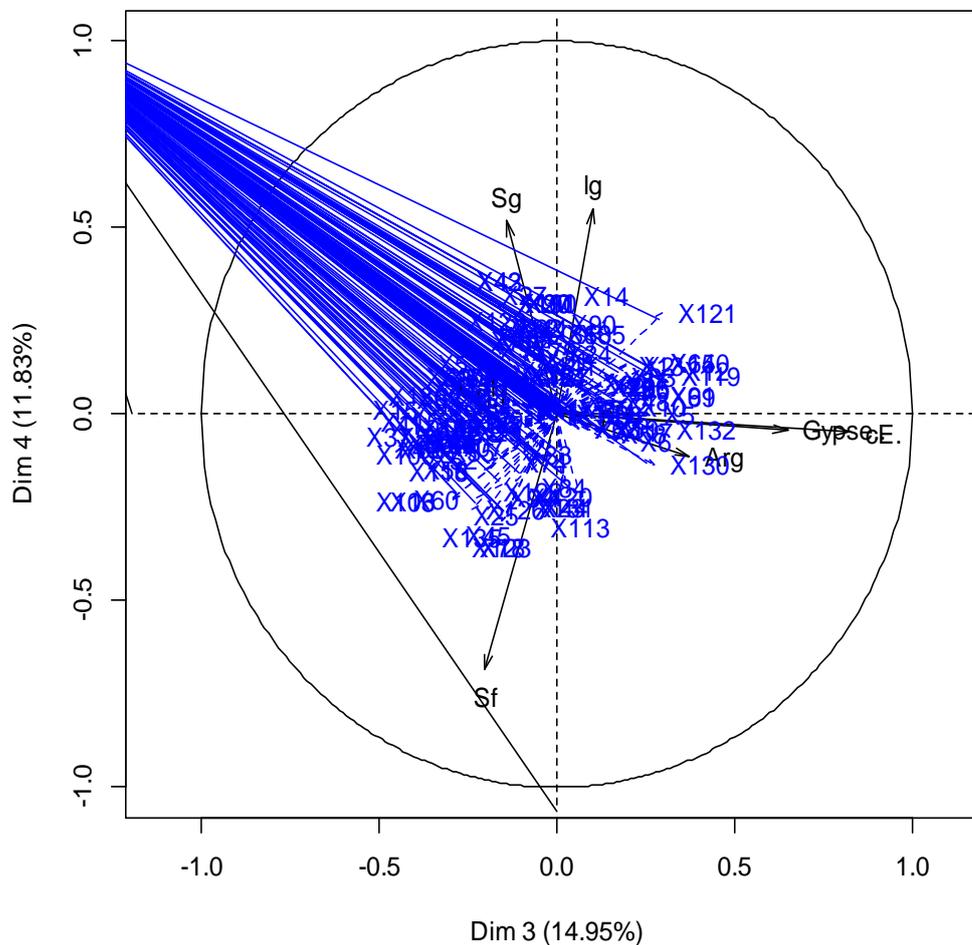


Fig.26. Représentation des variables sol/plantes de la région d'étude (le plan 3-4)

### III.3.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Après avoir effectué une caractérisation édaphique et floristique de la région d'étude ; une classification ascendante hiérarchique a été réalisée sur l'ensemble des zones, afin de faire une comparaison entre ces dernières et d'établir les similitudes par rapport à la composition floristique et les variables édaphiques. L'analyse de la figure 27 a permis de déceler les observations suivantes :

Six groupes de zones humides ont été formés avec quatre groupes distincts individuellement à savoir la zone de Taref (OA), la zone El-Beidha (SK) ; la zone d'Ank El-Djemel (OB) et la zone de Tinsilt (OF). Ce qui montre que ces zones présentent des caractéristiques physico-chimiques et floristiques différentes.

Le 5<sup>ème</sup> groupe est constitué par les zones de Bazer (SB) ; Melloul (SM) ; Frain (ST) et Hamiet (SH). Elles sont similaires et caractérisées par les mêmes paramètres édaphiques et composition floristique.

Le 6<sup>ème</sup> groupe est formé par les zones d'Ezzemoul (OE) ; Timerguanine (OD) ; Maghessel (OC) et Guellif (OG). Ces écosystèmes sont similaires et caractérisés par les mêmes variables édaphiques et floristiques.

De cette analyse, nous pouvons déduire que l'éco-complexe d'Oum Bouaghi est constitué de quatre sous-ensembles de zones humides, Garaet Taref ; Garaet Ank djemel ; Chott Tinsilt et le sous ensemble formé par Sabkhet Ezzemoul ; Garaet Timerguanine ; Garaet Maghessel et Garaet Guellif. De même l'éco-complexe de Sétif est subdivisé en deux sous-ensembles d'écosystèmes Chott El Beida et le sous ensemble formé par Sabkhet Bazer ; Chott frain ; Sabkhet Melloul et Sabkhet Hamiet.

Cette différenciation entre les groupes formés peut être expliquée par les conditions stationnelles propres à chaque zone, les apports exogènes du milieu, l'interaction biotope-biocénose et son évolution dans le temps, le degré de la pression anthropique exercée sur l'écosystème. La diversité végétale des zones humides est conditionnée par les interactions entre un pool d'espèce végétale d'écologies variées (ou de cycle de vie varié) et des contrastes d'habitats à des échelles spatiales très fines (Bonis, 2014), cependant dans la plupart des sols d'environnement extrêmes, il ya généralement de fortes variations spatiales et temporelles des facteurs de stress qui peuvent agir en concert pour influencer la croissance des organismes.

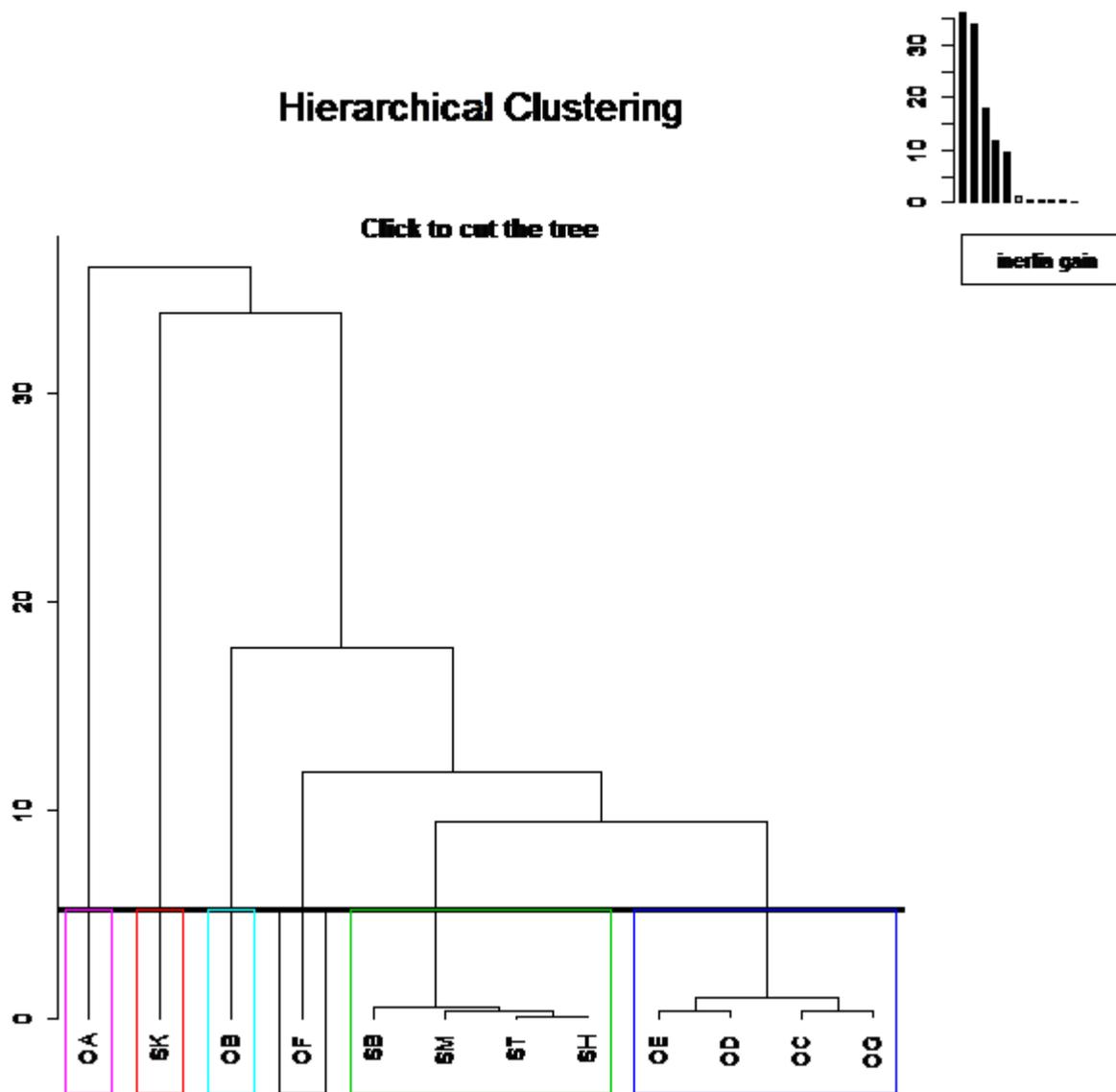


Fig.27. Représentation des groupes par la CAH de la région d'étude

Ces conditions extrêmes localement sont souvent le reflet des caractéristiques topographiques, géologiques, météorologique et de la végétation (Jeffery et *al.*, 2010). La distribution des communautés végétales de ces écosystèmes et en particulier les halophytes est liée à la salinité et l'humidité du sol (Gonzalez-Alcaraz et *al.*, 2014 ; Neffar et *al.*, 2015). Barbier et *al.* (1997) et Barbier (2006) expliquent que cette hétérogénéité est le fait des interactions multiples entre les éléments du système. Les processus responsables des hétérogénéités endogènes par opposition à ceux déterminants liés à l'habitat, peuvent être regroupés en deux catégories, soit processus neutralistes (variation purement aléatoire) soit processus biologiques (compétitrices, facilitatrices) ainsi que la présence des fourmis, des rongeurs qui peut favoriser cette hétérogénéité (Deblaw, 2010).

Pouget (1980), dans les milieux hydro-halomorphes et halomorphes, l'équilibre est généralement stable en accord avec les conditions édaphiques. Il peut être rompu par des variations d'ordre pédologique provoquées par des conditions climatiques saisonnières ou surtout exceptionnelles et par l'action de l'homme.

### III.3.3. Conclusion

De cette analyse globale (sol-végétation), nous pouvons déduire que les zones étudiées sont composées par des ceintures de végétation spontanées qui se développent en couronne autour de la sebkha et qui sont formées par des espèces d'affinités écologiques différentes, des hyper halophiles, des gypsohalophiles, des gypsophiles, des espèces liées et/ ou favorisées par la texture, par le calcaire et des espèces interdépendantes, ainsi nous pouvons schématiser d'une manière générale la 1<sup>ière</sup> ceinture qui est limitrophe à la sebkha est constituée par des hyper-halophiles et des gypsohalophiles, la 2<sup>ième</sup> ceinture par des espèces gypsophiles ou qui s'adaptent ou tolèrent ce paramètre et des espèces de texture moyenne à fine et la 3<sup>ième</sup> ceinture par des espèces qui sont liées ou favorisées par le calcaire et la texture grossière (les psammophiles) sauf à l'intérieur de ces ceintures il existe des espèces d'affinités écologiques différentes qui pourraient être dues à l'existence des chevauchements ou des zones de transition entre les ceintures et/ou la microtopographie qui par le vent (érosion éolienne) et le ruissellement (érosion hydrique), agit sur la répartition et le lessivage des éléments constitutifs du sol, des facteurs climatiques et des facteurs biotiques. Ce qui donne une explication à la structure en mosaïque des ceintures et à la diversité intra et inter-écosystèmes des hautes plaines constantinoises.

L'étude des modes d'occupation de cette flore dans ces zones doit être améliorée et perfectionnée par des études diachroniques (études dans le temps et dans l'espace) pour mettre en évidence les facteurs écologiques qui influencent le développement et la répartition de ces plantes. A cet égard des études détaillées sur les stratégies adaptatives de cette flore sont primordiales à les réaliser et les exploiter à d'autres fins, comme les programmes d'amélioration, plantation des sols salés et/ou gypseux, ..., etc.

Il est inutile d'acquiescer des données sur ces écosystèmes, si elles ne sont pas utilisées d'une manière stratégique, on ne cessera jamais de relever toute l'importance et la place qu'occupent ces biohydrosystèmes dans la biosphère.

Aujourd'hui, plus que jamais, il est clair que pour voir s'accomplir notre vision commune d'un monde où la nature sera appréciée et préservée, il faut augmenter notre action, pas seulement pour protéger ce qui reste mais aussi pour retrouver ce qui a été perdu (Keenleyside et *al.*, 2013).

# Chapitre IV

## Valorisation, Préservation et Gestion intégrée

## IV. Valorisation, Préservation et Gestion intégrée

### IV.1. Valorisation des écosystèmes de la région d'étude

#### IV.1.1. Valorisation floristique

##### IV.1.1.1. Introduction

Une des façons d'estimer la valeur de la biodiversité est de quantifier son apport à la nutrition, à la médecine et au développement économique de la société (Gonzalez-Herrera, 2009). La région d'étude est caractérisée par une diversité floristique remarquable, sur les 134 espèces inventoriées dont 11 espèces sont endémiques et 20 espèces rares. Nous avons tenté à travers une recherche bibliographique et des enquêtes préliminaires avec les riverains de connaître le profil de cette flore (type d'usage des plantes).

##### IV.1.1.2. Valorisation des espèces inventoriées

Le tableau 25, montre que 47 espèces sont considérées comme des plantes fourragères, 30 espèces médicinales, 18 espèces à usage mixte fourragère et médicinale, 12 ornementales et 27 espèces multi-usages soit industrielles ou autres.

**Tab. 25.** Représentation des espèces par type d'usage dans la région d'étude.

Usage \ Région	Globale	Oum bouaghi	Sétif
<b>Fourragère</b>	47	33	18
<b>Médicinale</b>	30	20	24
<b>Fourragère/ Médicinale</b>	18	17	06
<b>Ornementale</b>	12	07	07
<b>Autres</b>	27	25	25

En général, la flore méditerranéenne présente une richesse extraordinaire, les espèces pastorales originelles sont plus de 500 espèces (Talamucci et Chaulet, 1989 in Abdelguerfi et Abdelguerfi-Laouar, 2004). Un grand nombre d'espèces d'intérêt fourrager et/ou pastoral appartenant aux genres comme *Trifolium*, *Médicago*, *Astragalus*, *Hordeum*, *Lolium*, *Atriplex*, *Hedysarum*, ..., etc., sont largement répandus. Ces espèces spontanées qui caractérisent notre région d'étude, constituent un patrimoine végétal important et diversifié. Cette phytodiversité recensée peut être utilisée dans l'amélioration des parcours et/ou la récupération des terres

incultes ou salées (amélioration foncière) afin d'augmenter les superficies de pâturages et de subvenir besoins alimentaires de notre bétail. Selon Baatout (1982), l'espèce *Hedysarum spinosissimum*, a révélé un polymorphisme intra et inter population important ; ce polymorphisme offre de nombreuses potentialités de choix d'écotypes selon les régions pour la réhabilitation des parcours en zones semi-aride et aride. D'autres espèces comme les espèces de *Medicago laciniata* et *M. trunculata*) présentent d'énormes potentialités adaptatives aux faibles pluviométries et sols superficiels, *Plantago albicans* qui est l'une des espèces pastorales en zone aride et saharienne présente une forte capacité de multiplication végétative (Floret et Pontanier, 1982). Les légumineuses, groupe annuelle, en raison de leur qualité fourragère et en association avec les halophytes peuvent améliorer le budget azoté des sols salés (Abdelly et al., 1995). La valeur nutritive des espèces comme *Oryzopsis mileacea*, *Artemisia herba alba*, *Plantago albicans* et *Moricandia arevensis* est de 0,56 UF ; 0,50 UF ; 0,42 UF et 0,25 UF respectivement (Abdelguerfi et Abdelguerfi-Laouer, 2004). Les halophytes accumulatrices de sel sont en fait proposées selon Klein kopf et al. (1975), pour diminuer le taux de sel, dans les sols salés. Une culture dense de *Suaeda fruticosa*, peut accumuler environ 2,5 tonnes par hectare par an de sel (Sheikh et Mahmoud, 1986).

Les résultats de cette étude sont utiles et nous permettent, dans le cadre de la mise en valeur des sols salés (Bioremédiation) par la plantation de ces espèces locales et adaptées à ces milieux (halophiles ou gypsohalophiles) et/ou combinées avec des espèces fourragères afin d'améliorer la productivité de ces parcours, car la présence des halophytes contribue à maintenir un horizon peu salé et relativement fertile (Abdelly et al., 1995 ; Rabhi et al., 2008) et améliorant ainsi la disponibilité des nutriments et la production de biomasse (Rabhi et al., 2009) ; dans les deux cas, la plantation d'espèces tolérantes aux différents stress (salinité, sécheresse) peuvent produire, améliorer significativement la productivité des sols salins et/ou gypsifères dans les régions arides et semi-arides (Abdelly et al., 2011 ; Zorrig et al., 2012). Ainsi, lorsque le sol est périodiquement ou en permanence couvert par la végétation, l'érosion hydrique et éolienne seront considérablement réduite. Le climat qui est l'un des principaux facteurs influençant la dégradation des sols et la végétation (Mokhtari et al., 2014), les vents peuvent contaminer les sols limitrophes qui y transportent les cristaux des sels, des sables et des gypses. Selon Floret & Pontanier (1982), les vents peuvent déplacer 100 tonnes par hectare par an de sable.

Plusieurs espèces sont considérées comme plantes médicinales *Artemisia herba alba*, *Peganum harmala*, *Launaea nudicaulis*, *Teucrium polium*, ... etc. Selon Boulila et al. (2008)

l'espèce *Teucrium polium*, se caractérise par différent niveau de ploïdie qui détermine leur répartition géographique, en outre sa variation chimique ouvre des perspectives d'exploitation préférentielle.

L'utilisation des plantes médicinales est très accrue dans les pays en voie de développement par rapport aux autres pays industrialisés. La recherche de métabolites secondaires est très prononcée dans ces pays en cherchant d'autres principes actifs soit dans le domaine pharmacologique, alimentaire, cosmétique ou phytosanitaire.

La richesse de notre région d'étude en plantes médicinales constitue un autre apport économique pour la population donc une source de subsistance appréciable. De ce fait ce grand potentiel de plantes médicinales et aromatiques peut contribuer au développement socio-économique de la population riveraine, de la région et du pays en intensifiant leur mise en culture. En plus de leurs vertus médicales, ces espèces peuvent être utilisées comme base génétique dans les programmes d'amélioration. Il est primordial de relancer la recherche dans ce domaine en créant des centres spécialisés dans la valorisation et la préservation de ce patrimoine.

Ces écosystèmes dont les intérêts ne sont pas négligeables, sont peuplés par des espèces végétales capables d'accomplir leur cycle de vie dans des conditions extrêmement contraignantes. Elles permettent le peuplement des zones marginales offrant ainsi une appréciable ressource fourragère, diverses variétés de plantes médicinales, une possibilité d'identification des gènes de tolérance et leur transfert aux espèces cultivées sensibles grâce aux techniques de la génie génétique et de la biotechnologie.

Vu la situation actuelle, la désertification, changements climatiques et la mondialisation et vu la diversité de ses milieux et de ses systèmes d'exploitations agricoles, l'Algérie doit impérativement valoriser et préserver ces ressources phylogénétiques locales adaptées d'intérêt fourrager et/ou pastoral, médicinal ou autres in situ et ex situ, par la création d'une banque de semences (Abdelguerfi et Abdelguerfi-Laouer, 2004) et d'inciter les institutions spécialisées comme ITGC, INRA, ITDAS, universités et autres, à prendre en charge dans leurs programmes.

### **IV.1.2. Valorisation faunistique**

#### **IV.1.2.1. Introduction**

L'éco-complexe des zones humides des hauts plateaux de l'Est d'Algérie constitue une escale vitale pendant des moments cruciaux pour de nombreux oiseaux d'eau hivernant

dans le Sahara ou de retour vers les lieux habituels de nidification. La grande diversité des communautés végétales et des habitats qui caractérisent les zones humides leur confère une grande capacité d'accueil pour un grand nombre d'espèces animales (Yeann, 2006). Cette hétérogénéité (structure en mosaïque) particulière à été identifiée comme une composante essentielle de l'attractivité pour l'avifaune, au même titre que la présence des champs d'inondation (Blanchon et *al.*, 1989). Par ailleurs, elles sont des lieux d'une biodiversité riche et sont d'une importance majeure pour les oiseaux migrateurs et constituent un lieu d'hivernage pour des milliers de canards, de foulques, d'oies et de flamants roses (Kraiem, 2002).

En Algérie, peu d'articles démontrent le rôle écologique joué par les zones humides dans l'entretien des oiseaux d'eau migrateurs qui les fréquentent (Houhamedi, 2002 ; Houhamedi et Samroui, 2001-2003 et 2008 ; Mayache et *al.*, 2008 ; Mettalaoui et Houhamedi, 2008 ; Mettalaoui et *al.*, 2009). De plus, ils ne concernent que les régions surplombant le littoral septentrional du pays. Ainsi, le bio-monitoring, la reproduction et les stratégies d'hivernage de cette avifaune aquatique, surtout dans les hydro-systèmes continentaux (steppiques et sahariens) restent à enrichir et à documenter. Les seuls travaux réalisés dans ces régions concernent la région d'Oum El-Bouaghi et Sétif, dans les hauts plateaux de l'Est Algérien (Maazi, 2005 ; 2009 ; Seddik, 2005 ; Saheb et *al.*, 2006 ; Samraoui et *al.*, 2006 ; Boulekhssaim et *al.*, 2006 et 2009 ; Houhamdi et *al.*, 2008 ; Baaziz et *al.*, 2011).

En dépit de leur importance internationale, les zones humides dans le monde comme en Algérie sont constamment sous la menace des activités menées par l'homme telles que le surpâturage, le braconnage, l'urbanisation qui affecte la faune et la flore engendrant ainsi un déséquilibre irréversible de ces milieux. En effet, l'agriculture menée autour des zones humides est liée à l'augmentation de la population rurale et du bétail qui a pratiquement éliminé la végétation émergente sur les bords de ces dernières conduisant à une érosion sévère et une mauvaise régénération (Medail et Quezel, 1999 ; Green et *al.*, 2002). Le déboisement et le drainage ont abouti à la perte d'habitats humides donc de la biodiversité (Ayyad, 2003).

Chott El Beida, qui fait partie de la région d'étude (éco-complexe de Sétif) est un bon exemple de l'impact de tous ces facteurs sur la végétation naturelle, malgré sa désignation comme site Ramsar du fait qu'il constitue un lieu important pour la reproduction et l'hivernage de nombreuses populations d'oiseaux rares et menacés, il s'agit notamment du flamant rose, de la Grue cendrée et de plusieurs espèces d'Anatidés. Par conséquent, la

protection et la gestion future du site, dépendent de façon critique de l'établissement d'une bonne base de données floristiques et faunistique.

Compte-tenu de ces diverses observations et dans le but de valoriser ces zones humides, le présent travail a été entrepris en fonction d'un double objectif : Le premier objectif porte sur le recensement des oiseaux au niveau du Chott, dans le but de connaître, qualitativement en caractérisant la structure du peuplement avien (le statut bioécologique des espèces aviaires). Le second objectif a été tenté, à partir des données bibliographiques suscitées, afin d'établir une synthèse à l'échelle des hautes plaines constantinoises.

Cette modeste étude vise principalement à enrichir la recherche scientifique concernant la région d'étude et à contribuer principalement à l'élaboration ultérieure d'un plan de gestion des sites qui assure d'une façon ou d'une autre la préservation et la conservation durable non seulement des oiseaux mais de leurs habitats habituels en mettant en exergue les interactions qui peuvent exister entre l'écosystème et ses composantes.

#### **IV.1.2.3. Résultats et Discussion**

Les oiseaux se distribuent ou se répartissent dans l'espace lacustre selon des modalités qui leurs sont propres, rarement aléatoire, cette distribution répond à des critères biologiques et écologiques qui caractérisent à la fois l'espèce et le site (Houhamedi, 1998 ; Houhamedi et Samraoui, 2002).

La quiétude et le partage des ressources alimentaires conditionnent d'une manière apparente la répartition des groupes d'oiseaux dans un site (Piro, 1981 ; Piro *et al.*, 1984).

##### **a. Biodiversité avifaunistique**

L'inventaire que nous présentons dans le tableau 24 ci-dessous comprend les oiseaux d'eau ainsi d'autres oiseaux de bordure fréquentant le site.

Ces résultats sont obtenus par des recensements hivernaux des oiseaux d'eau durant la période de 9 ans (2003-2011) réalisés par la direction générale des forêts (Conservation des forêts de Sétif) et par les observations personnelles effectuées durant les deux mois de Mai et de Juin 2012. La liste systématique des oiseaux présentée en suivant l'Ordre établi par Darley (1985) et Heinzel *et al.* (1992).

Les 24 espèces recensées au niveau du Chott El Beida sont réparties sur 6 ordres, 13 familles, et 16 genres. L'ordre le mieux représenté est celui des Charadriiformes avec 3 familles et 7 espèces (29,2 %), suivi par l'ordre des Ansériformes avec une seule famille et 5

espèces (20,8 %) puis les ordres des Ciconiiformes et des Passériformes qui sont représentés par 3 familles et 4 espèces chacun soit 16,7 % de l'ensemble des oiseaux recensés. Il est à signaler que les Ciconiiformes présentent 4 genres, alors que les Passériformes sont représentés par 3 genres (Tableau 26).

**Tab.26.** Nombre et pourcentages des différents taxons (Ordres, Familles, Genres et Espèces) des oiseaux recensés à Chott El Beida.

Ordres	Familles		Genres		Espèces	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
<b>Ciconiiformes</b>	3	23,1	4	25	4	16,7
<b>Phoenicopteriformes</b>	1	7,7	1	6,3	1	4,2
<b>Ansériformes</b>	1	7,7	2	12,5	5	20,8
<b>Charadriiformes</b>	3	23,1	4	25	7	29,2
<b>Falconiformes</b>	2	15,4	2	12,5	3	12,5
<b>Passeriformes</b>	3	23,1	3	18,8	4	16,7
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>100</b>

Dans le Chott El Beida, l'avifaune recensée (24 espèces) représente presque un quart des ordres décrits en Algérie (Ledant et *al.*, 1981) ; réparti sur 13 familles, soit 23,6 % de l'ensemble des familles répertoriées à l'échelle nationale, 16 genres presque 9,3 % des genres signalés et 5,9 % d'espèces d'oiseaux d'Algérie (Isennann et Moali, 2000) (Tableau 27).

Il est à noter que nous avons recensé 06 espèces d'oiseaux d'eau dont deux non déterminées par rapport aux dénombrements hivernaux effectués entre 2003-2011 par la direction générale des forêts (Tableau 28). Cette différence peut être due à la période d'observation ; de ce fait, nous avons actualisé le nombre des espèces observées au niveau du site.

**Tab. 27.** La liste systématique des espèces aviaires recensées au Chott El Beida (Dénombrement hivernal de la DGF\* durant la période de 2003 à 2011 + Nos observations, 2012).

<b>Ordre</b>	<b>Famille</b>	<b>Nom scientifique</b>
<b>Ciconiiformes</b>	Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i> (Linne, 1758)
		<i>Ardeola ibis</i> (Linne, 1758)
	Threskiornithidae	<i>Plegadis falcinellus</i> (Linne, 1766)
	Ciconiidae	<i>Ciconia ciconia</i> (Linne, 1958)
<b>Phoenicopteriformes</b>	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus ruber</i> (Linne, 1758)
<b>Ansériformes</b>	Anatidae	<i>Anas platyrhynchos</i> (Linne, 1758)
		<i>Anas penelope</i> (Linne, 1758)
		<i>Anas clypeata</i> (Linne, 1758)
		<i>Tadorna tadorna</i> (Linne, 1758)
		<i>Tadorna ferruginea</i> (Allas, 1764)
		<i>Charadrius dubius</i> (Scopoli, 1786)
<b>Charadriiformes</b>	Charadriidae	<i>Charadrius sp.</i>
		<i>Vanellus vanellus</i> (Linne, 1758)
	Recurvirostridae	<i>Himantopus himantopus</i> (Linne, 1758)
	Scolopacidae	<i>Tringa ochropus</i> (Linne, 1758)
		<i>Tringa totanus</i> (Linne, 1758)
<b>Falconiformes</b>	Accipitridae	<i>Buteo rufinus</i> (Cretzschmar, 1829)
	Falconidae	<i>Falco tinnunculus</i> (Linne, 1758)
		<i>Falco columbarius</i> (Linne, 1758)
<b>Passeriformes</b>	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i> (Linne, 1758)
	Motacillidae	<i>Motacilla flava</i> (Linne, 1758)
	Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i> (Linne, 1758)
		<i>Sturnus unicolor</i> (TEMMENINK, 1820)

**Tab.28.** Nom scientifique, nom vernaculaire (français et anglais) des espèces d'oiseaux signalées dans le Chott El Beida.

Nom scientifique	Nom français	Nom anglais	Recensement DGF (2003-2011)	Nos observations (2012)
<i>Ardea cinerea</i>	Héron cendré	Grey Heron	+	-
<i>Ardeola ibis</i>	Héron garde-bœufs	Cattleegret	+	+
<i>Plegadis falcinellus</i>	Ibis falcinelle	Glossy ibis	+	-
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigogne blanche	White stork	+	+
<i>Phoenicopterus ruber</i>	Flamant rose	GreaterFlamingo	+	+
<i>Anas platyrhynchos</i>	Canard colvert	Mallard	+	+
<i>Anas penelope</i>	Canard siffleur	Eurasian Wigeon	+	-
<i>Anas clypeata</i>	Canard souchet	NorthernShoveler	+	-
<i>Tadorna tadorna</i>	Tadorne de belon	Common Shelduck	+	+
<i>Tadorna ferruginea</i>	Tadorne casarca	Ruddyshelduck	-	+
<i>Charadrius dubius</i>	Petit gravelot	Littleringedplover	+	-
<i>Charadrius sp</i>	Gravelot sp		-	+
<i>Vanellus vanellus</i>	Vanneau huppé	NorthernLapwing	+	-
<i>Himantopus himantopus</i>	Echasse blanche	Black-wingedstilt	-	+
<i>Tringa ochropus</i>	Chevalier cul-blanc	Green sandpiper	+	-
<i>Tringa totanus</i>	Chevalier gambette	Common Redshank	+	-
<i>Tringa sp</i>	Chevalier sp	Redshank	-	+
<i>Buteo rufinus</i>	Buse féroce	Long-leggedBuzzard	+	-
<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle	Common Kestrel	+	-
<i>Falco columbarius</i>	Faucon émerillon	Merlin	+	-
<i>Hirundo rustica</i>	Hirondelle de cheminée	Barn Swallow	-	+
<i>Motacilla flava</i>	Bergeronnette printanière	Yellow Wagtail	-	+
<i>Sturnus vulgaris</i>	Étourneau sansonnet	Common Starling	+	-
<i>Sturnus unicolor</i>	Étourneau unicolore	SpotlessStarling	+	-
<b>Nombre total des espèces recensées</b>			<b>18</b>	<b>11</b>

**DGF** : Direction Générale des Forêts. (+) : Présence de l'espèce ; (-) : Absence de l'espèce.

Vu la courte durée d'observation (2 mois), nous pouvons déduire que la zone d'étude est riche et diversifiée.

## b. Statuts bioécologiques

### b.1. Types fauniques

Les oiseaux inventoriés sont distribués sur 9 types faunistiques établis selon Voos (1960). Le type du paléarctique prédomine avec 10 espèces soit 45,5 %, suivi par le type holarctique par 4 espèces soit 18,2 % et le Méditerranéen par 2 espèces ou 9,1 %. Les autres types sont représentés par une espèce soit 4,5 % (Tableau 29).

**Tab.29.** Les types fauniques des espèces d'oiseaux du Chott El Beida selon VOOS (1960).

Type faunique	Oiseaux d'eau	Autres oiseaux	Total	%
<b>Arctique (A)</b>	0	1	1	4,5
<b>Cosmopolite (C)</b>	1	0	1	4,5
<b>Ethiopien (E)</b>	0	1	1	4,5
<b>Holarctique (H)</b>	2	2	4	18,2
<b>Indo-Africain (IA)</b>	1	0	1	4,5
<b>Méditerranéen (M)</b>	1	1	2	9,1
<b>Paléarctique (P)</b>	8	2	10	45,5
<b>Ancien monde (AM)</b>	1	0	1	4,5
<b>Paléo-xérique (PX)</b>	1	0	1	4,5
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>100</b>

L'Afrique du nord appartient à la grande région paléarctique, elle constitue la limite sud de cette dernière (Blonde, 1979). Ceci indique la dominance de type paléarctique. De ce fait, l'avifaune de notre site d'étude détient une aptitude biogéographique d'appartenance à la région du paléarctique. Selon Blondel (1986 ; 1990), l'avifaune actuelle de la région méditerranéenne en général, à quelques exceptions près est franchement paléarctique. Les types biogéographiques définis par Voos (1960) cités par Milla et al. (2012) montrent que dans la zone d'étude, l'importance relative des faunes boréale et particulièrement paléarctique est conforme aux conclusions de Blondel (1979). Le même auteur mentionne 37,2 % de l'ensemble des espèces d'oiseaux d'Algérie appartiennent au paléarctique. D'une manière générale, l'avifaune du Chott El Beida est une avifaune paléarctique (61,91 % de l'avifaune recensée) et plus précisément les Paléarctiques, Paléo-xériques, Arctiques et méditerranéens. Les autres types de distribution soit, holarctique, indo-africaine et espèces ubiquitaires sont peu représentés. Selon Bonter et al. (2010), la position biogéographique et la structure des paysages et des habitats sont quelques-unes des causes qui favorisent l'invasion de certaines espèces d'oiseaux. En effet, en élargissant la gamme de certaines espèces envahissantes telles que le Héron garde-bœufs (*Ardeola ibis*) (Si Bachir et al., 2011) est signalé dans toute l'Algérie.

## b.2. Types trophiques

5 types trophiques ont été identifiés dans la présente (Tableau 30). Le type consommateur d'invertébrés est le mieux représenté avec 10 espèces soit 46,3 % suivi par Les polyphagies avec 6 espèces soit 27,3 % puis Les carnivores avec 3 espèces soit 13,6 %. Les autres types piscivore et végétarien par 9,09 % et 4,54 % respectivement des oiseaux recensés.

**Tab. 30.** Répartition de l'avifaune inventoriée dans le Chott El Beida en fonction des catégories trophiques.

Catégories trophiques	Oiseaux d'eau	Autres oiseaux	Total	%
<b>Consommateurs d'invertébrés (I)</b>	6	4	10	46,3
<b>Polyphagie (Pp)</b>	6	0	6	27,3
<b>Carnivore (C)</b>	0	3	3	13,6
<b>Piscivore (P)</b>	2	0	2	9,09
<b>Végétarien (V)</b>	1	0	1	4,54
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>100</b>

La dominance de la catégorie consommateur d'invertébrés est expliquée logiquement par la présence en abondance des invertébrés aquatique et de l'entomofaune terrestre. Les espèces de l'ordre des charadriiformes et des passeriformes sont des consommatrices d'invertébrés représentées par 4 espèces et 5 espèces respectivement. En outre, des espèces considérées principalement des consommatrices d'invertébrés sont : le vanneau huppé (*Vanellus vanellus*), la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et le héron garde-bœufs (*Ardeola ibis*). La cigogne blanche est souvent observée dans les aires de gagnage en compagnie de hérons garde-bœufs (Boukhemza, 2000 et Si Bachir, 2007). La Cigogne blanche et le Héron garde-bœufs sont des oiseaux d'eau insectivores et ils présentent de ce fait un double intérêt agronomique et écologique, notamment par leur préférence alimentaire aux Orthoptères (Siegfried, 1971a ; Hafner, 1977 ; Bentamer, 1998 ; Boukhemza et *al.*, 2000 et 2004 ; Si Bachir, 2007). Plus récemment, ce Héron exerce une pression compétitive sur la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en milieux de gagnages (Boukheteche, 2010).

L'ordre des ansériformes est le mieux noté par les polyphagies soit 4 espèces et une seule espèce d'ordre des phoenicopteriformes, il s'agit de flamant rose (*Phoenicopus ruber*) qui s'alimente de graines de plantes aquatiques, d'invertébrés benthiques et aquatiques. Leur reproduction dépend de l'explosion estivale d'invertébrés aquatiques (Bechet et Samraoui, 2010).

La Catégorie des carnivores est représentée par 3 espèces. Ces trois rapaces appartiennent à l'ordre des falconiformes (Faucon émerillon, faucon crécerelle, Buse féroce).

Le faucon émerillon s'alimente principalement de petits oiseaux et des insectes, le faucon crécerelle se nourrit de souris, mulots, campagnols et jeunes rats et aussi des insectes et parfois des grenouilles et des vers (Natura, 2000 et 2010) donc ce dernier faucon participe à l'équilibre des populations arvicoles (rats, mérione, ..., etc.) considérées comme des animaux ravageurs.

La catégorie des piscivores renferme deux espèces d'échassiers *Ardea cinerea*, *Plegadis falcinellus*. Elles se nourrissent de poissons et d'autres animaux aquatiques (Ramade, 2008).

La catégorie des végétariens, une seule espèce végétarienne (*Anas penelope*), ce canard siffleur est principalement végétarien, il se nourrit de tiges, feuilles, graines et racines et parfois d'insectes aquatiques et terrestres (Natura, 2000 et 2010).

### b.3. Types phénologiques

La phénologie des espèces et leur statut de reproduction sont déterminés selon Heinzel et al. (1992) Baaziz et al. (2011).

- Estivant (E) : l'espèce observée en saison estivale.
- Hivernant (H) : l'espèce observée en saison d'hivernage.
- Migrateur de passage (MP) : oiseau en transit rapide vers autre lieu, il utilise le site d'une manière très brève (halte migratoire).
- Sédentaire nicheur (SN) : l'espèce est présente toute l'année et niche sur le site.
- Sédentaire non nicheur (SNN) : l'espèce est présente toute l'année mais niche sur d'autres sites.

Sur les 14 espèces migratrices, on note 6 espèces hivernantes (27 %), 5 espèces estivantes (23 %), et 3 espèces migratrices de passage (14 %) et sur les 8 espèces sédentaires, on observe 6 nicheuses et 2 non nicheuses (Tableau 31).

**Tab.31.** Répartition de l'avifaune du Chott El Beida sur les catégories phénologiques.

Catégories Phénologiques	Oiseaux d'eau		Autres oiseaux		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sédentaire nicheur (SN)	3	14	3	14	6	27
Sédentaire non nicheur (SNN)	2	9	0	0	2	9
Estivant (E)	3	14	2	9	5	23
Hivernant (H)	4	18	2	9	6	27
Migrateur de passage (MP)	3	14	0	0	3	14

La recherche de la nourriture, est la première cause des migrations de l'avifaune (Blondel, 1979). Dajoz (1975), affirme également que c'est le régime alimentaire de l'oiseau qui détermine notamment son caractère sédentaire ou migrateur. La tranquillité et la disponibilité alimentaire conditionnent la qualité de l'accueil (Frochot et Roché, 2000).

L'hivernage est pour les oiseaux d'eau une période de reconstitution des réserves énergétiques après les efforts investis dans la reproduction et souvent aussi dans la migration (Frochot et Roché, 2000). Le site qui offre des ressources trophiques en qualité et en quantité suffisantes forme un refuge propice et sécurisé au gagnage (Chenchouni, 2007).

La prédominance des migrateurs montre l'importance de notre site pour l'accueil d'une telle avifaune. En outre le Chott possède une richesse variée en nourriture pour les oiseaux sédentaires et les nicheurs.

#### **b.4. Catégories de protection**

Les oiseaux inventoriés dans la zone d'étude occupent une place importante (Tableau 32), selon la liste rouge de l'UICN des espèces menacées, la quasi-totalité des oiseaux recensés (95,5 %) sont de préoccupation mineure, alors qu'une seule espèce non évaluée, il s'agit du Héron garde bœufs *Ardeola ibis*. 72,7 % des oiseaux sont cités dans l'annexe 2 de la convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (59,1 % aquatiques et 13,6 % non aquatiques).

L'accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique Eurasie révèle 13 espèces protégées, soit 59,1 % et 36,4 % d'espèces sont mentionnés dans la convention d'Alger ou convention Africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles, dont 22,7 % sont aquatiques (classe A) et 13,6 % non aquatiques (classe B).

Le Flamant rose *Phoenicopterus ruber*, le seul oiseau d'eau qui est mentionné sur l'annexe 2 des espèces en danger ou menacées de la convention de Barcelone sur la protection de l'environnement marin et des régions côtières de la Méditerranée, il est noté, avec les trois rapaces, la buse féroce *Buteo rufinus*, le faucon crécerelle *Falco tinnunculus*, et le faucon émerillon *Falco columbarius* sur l'annexe 2 de la convention de Washington sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES).

En Algérie, 11 espèces dont sept sont des oiseaux d'eau, soit 50 % des oiseaux signalés dans le Chott El Beida sont inclus dans la liste des espèces animales non domestiques protégées par le décret exécutif N° 83-509 du 20 août 1983.

**Tab.32.** Importance de l'avifaune du Chott el Beida par catégories de protection à l'échelle nationale et internationale.

Traité de protection	Catégorie (Symbole)	Oiseaux d'eau		Autres oiseaux		Total	
		Nbr.	%	Nbr.	%	Nbr.	%
Liste rouge de l'UICN	Préoccupation mineure (LC)	14	63,6	7	31,8	21	95,5
	Non évaluée (NE)	1	4,5	0	0	1	4,5
Convention de Bonn	Annexe 2 (B2)	13	59,1	3	13,6	16	72,7
Convention de CITES	Annexe 2 (C2)	1	4,5	3	13,6	4	18,2
Accord d'AEWA	(W)	13	59,1	0	0	13	59,1
Convention de Barcelone	Annexe 2 (N2)	1	4,5	0	0	1	4,5
Convention d'Alger	Classe A (A1)	5	22,7	0	0	5	22,7
	Classe B (A2)	0	0	3	13,6	3	13,6
Décret Algérien	(D)	7	31,8	4	18,2	11	50

#### IV.1.2.3. Essai de synthèse sur l'avifaune des hautes plaines constantinoises

Comme il a été souligné en introduction, l'objectif de cette seconde étape concerne les espèces avifaunistiques recensées dans les hautes plaines constantinoises, basé sur les travaux réalisés afin d'avoir une appréciation globale de la bio écologie de cette avifaune et son importance.

##### d) Biodiversité avifaunistique

106 espèces ont été inventoriées et réparties en 32 familles différentes. La famille Scolopacidae est la plus représentée avec 19 espèces (18,09 %) suivi par la famille Anatidae avec 17 espèces (16,96 %) puis les familles Ardeidae ; Charadriidae ; Laridae avec 7,61 % ; 6,67 % et 5,71 % respectivement. Pour les autres familles leur taux varie de 3,81 % à 0,95% (Figure 28).

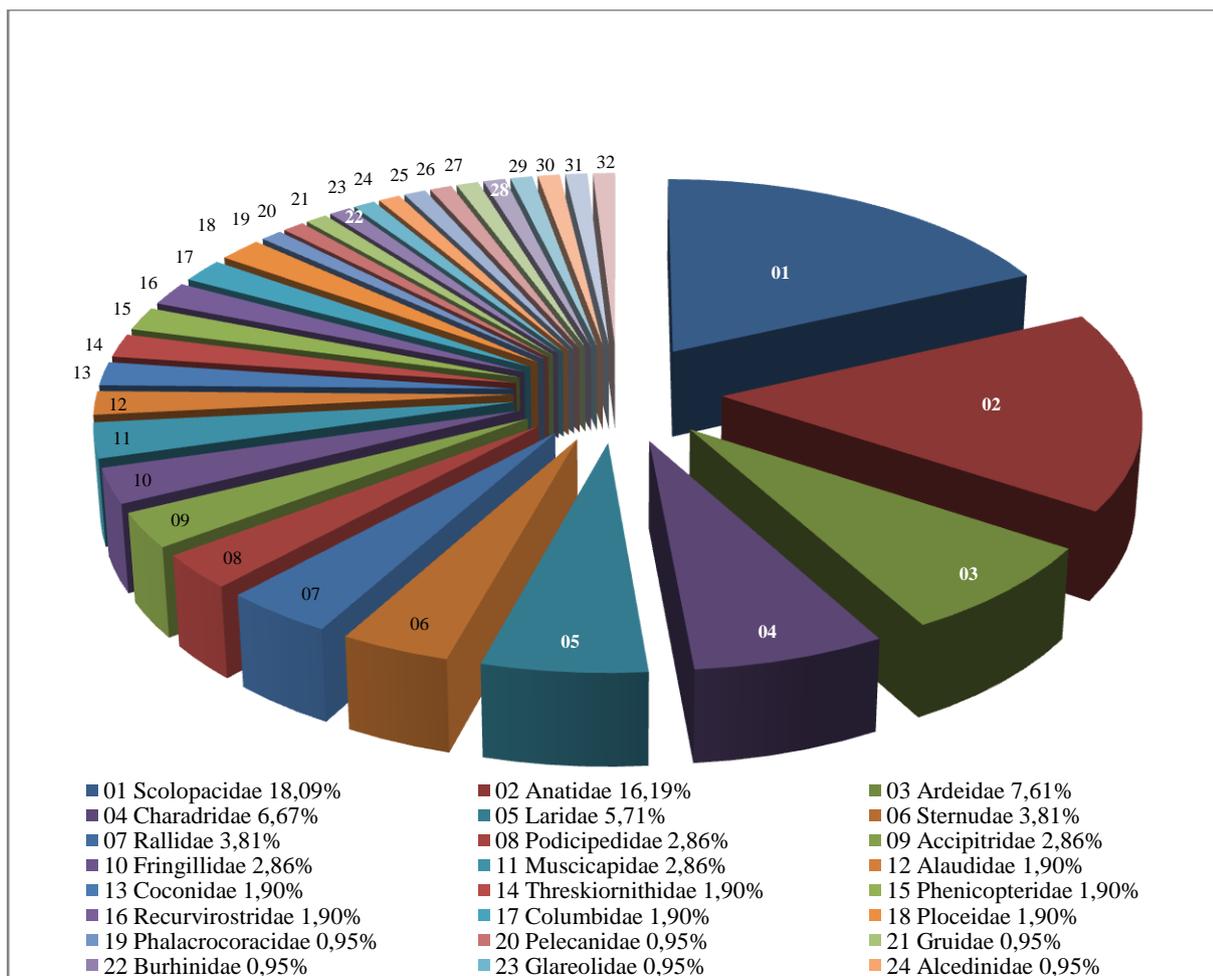


Fig. 28. Représentation des familles inventoriées dans la région d'étude.

**e) Catégorie Trophique**

Les espèces qui se nourrissent d'invertébrés comme les insectes, les crustacés, les mollusques ou les vers occupent la première place avec 31 espèces soit 29.24 % suivi par la Catégorie des polyphages avec 26 espèces d'oiseaux puis la Catégorie des piscivores avec 21 espèces, la catégorie des granivores avec 12 espèces et les catégories des végétariens et des carnivores avec seulement 6 espèces par catégorie (Tableau 33).

Tab.33. Pourcentage des oiseaux par catégories trophiques dans la région d'étude

Catégories trophiques	Nombre	Pourcentage
<b>Inv</b>	31	29,25%
<b>P</b>	21	19,81%
<b>Pp</b>	26	24,53%
<b>G</b>	12	11,32%
<b>V</b>	6	5,66%
<b>C</b>	6	5,66%
<b>Ins</b>	4	3,77%

#### f) Les espèces protégées

Les zones des hautes plaines constantinoises sont caractérisées par 16 espèces aviaires protégées par les lois internationales dont 13 espèces protégées, 01 espèce menacée et 02 espèces conservées (Tableau 34).

*Numenius tenuirostris*\*\*\*, *Marmaronetta angustirostris*\*, *Oxyura leucocephala*\*\*\*, *Anser anser*\*, *Tadorna tadorna*\*, *Tadorna ferruginea*\*, *Ehthaetus andoiunu*\*\*\*, *Circus aeruginosus*\*, *Ciconia ciconia*\*, *Platalea leucorodia*\*, *Phoenicopterus roseus*\*, *Himantopus himantopus*\*, *Recurvirostra avosetta*\*, *Phalacroco raxcarbo*\*, *Grus grus*\*, *Pandion haliaetus*\*.

\* : Espèces protégées par le décret N 83-509 du 20 août 1983 relative aux espèces animales non domestiques protégées en Algérie.

\*\* : Espèces menacées, signalées dans le livre rouge (Threatenedspecies) de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la nature).

\*\*\* : espèces conservées par les 2 statuts de protection cités plus haut.

**Tab.34.** Pourcentage des oiseaux protégés dans la région d'étude.

Espèces	Nombre	pourcentage
<b>Espèces protégées</b>	13	12.38%
<b>Espèces menacées</b>	1	0.95%
<b>Espèces conservées</b>	2	1.90%

La Liste rouge de l'UICN est considérée comme la source d'informations la plus complète sur le statut de conservation globale des espèces. Elle s'appuie sur un système objectif d'évaluation du risque d'extinction de chaque espèce (Joe, 2008). Mais pratiquement aucune évaluation régionale ni nationale ne s'est réalisée pour définir des statuts nationaux de conservation des espèces inventoriées (Chenchouni, 2010).

#### IV.1.2.4. Conclusion

106 espèces ont été inventoriées réparties en 32 familles différentes dont 16 espèces protégées par les lois nationales et internationales. Cet inventaire n'est pas encore exhaustif mais nous indique que la région d'étude est caractérisée par une richesse ornithologique très appréciable. Les oiseaux d'eau sont considérés comme des bio indicateurs sur l'instabilité des conditions écologiques et des descripteurs de l'organisation spatiale des habitats (niveau d'eau, structure de la végétation, ..., etc.), vu leurs exigences écologiques (habitat, alimentation, ..., etc.).

L'étude particulière du Flamant rose, des limicoles ainsi que des rapaces (Buse féroce, Faucon crécerelle et Faucon émerillon) serait intéressante à mener. L'exploitation des données de cette contribution constituerait un outil important pour la gestion et la conservation des zones humides continentales.

#### IV.1.3. Autres services rendus par ces écosystèmes

Ces écosystèmes abritent une entomofaune importante, plusieurs insectes ont été constatés dans les ceintures de végétation comme les Hyménoptères (abeilles) les Coléoptères (coccinelles) et autres espèces arthropodiennes comme les araignées, myriapodes et autres). Ce grand nombre d'espèces qui joue un rôle important soit comme des auxiliaires des cultures, des pollinisateurs et des prédateurs (entomophages), interagit pour un meilleur équilibre des écosystèmes et constitue une ressource alimentaire importante pour d'autres animaux (Cordeau, 2010). Ces zones de transitions ou écotones, représentent un refuge, un habitat de reproduction, d'alimentation ou une base arrière pour l'ensemble de la faune (sédentaire ou de passage), ce qui explique qu'au niveau du paysage, ces zones constituent des corridors biologiques qui permettent de diversifier ce paysage et de donner à cette faune des possibilités de déplacement supplémentaires (Cordeau, 2010). En effet, il a été démontré que la quantité et la qualité de l'habitat non cultivé adjacent au champ peut affecter la régulation « Top Down » des organismes nuisibles (Alson et Wackens, 2007 in Rouabeh, 2015). De ce fait un service économique non comptabilisé ni par les agriculteurs ni par les institutions dans le domaine de la protection des cultures (lutte biologique). En plus de l'avifaune, entomofaune, d'autres constations ont été faites sur :

La présence des truffes (El-Terfess) ou truffes de sable ou du désert, ce champignon est ramassé par les riverains durant la période, Janvier- Avril, il est caractérisé par sa richesse particulière en acide gras insaturé (acide linoléique), présente une valeur nutritionnelle incontestable et préfère un sol calcaire à texture sableuse (Khabar et *al.*, 2001). On lui attribue aussi par la population, en plus de sa valeur nutritionnelle, des vertus médicales et même aphrodisiaques. On déduit que c'est un trésor méconnu et un créneau porteur, son prix est estimé entre 500 à 1000 DA le Kilogramme voire plus.

Un autre créneau observé, l'extraction des sels d'une manière traditionnelle, par système de fosses au niveau de la zone de Frain commune de Tella. Ces sels sont vendus aux fabricants du cuir (Annexe).

#### IV.1.4. Conclusion

Par cette modeste contribution, en plus de l'identification et de la caractérisation des sols qui constituent un outil pertinent pour évaluer les risques et les vulnérabilités qui lient ces habitats (Zdruli, 2014), nous avons pu valoriser et démontrer d'une manière générale, les services méconnus et/ou sous-estimés offerts par ces écosystèmes et leur importance dans le développement socio économique locale, régionale et nationale, l'interaction écosystème naturelle, agrosystème-population ainsi que leur savoir faire et leur connaissance parfaite du milieu et ses composantes.

Selon Francois et *al.* (2012) la richesse patrimoniale et fonctionnelle de ces milieux ne doit pas faire oublier sur leur très grande fragilité ni leur réduction de surface. Leur préservation et leur restauration devient donc des défis majeurs pour favoriser l'équilibre et le développement durable des territoires.

A la lumière des services rendus par les zones humides, des menaces anthropiques et l'impact de dégradation, il est impératif d'élaborer des stratégies de préservation et de conservation en créant une interaction dynamique, fonctionnelle et durable entre les parties prenantes (le politique, les autorités locales, les institutions de recherche et la population).

## IV.2. Préservation et gestion intégrée des écosystèmes Humides

### IV.2.1. Introduction

Dans le contexte bioclimatique méditerranéen, les paysages ont été modelés et façonnés par l'homme depuis des millénaires (Jauffret, 2001). Selon Halitim (2011), en région méditerranéenne à cause des caractéristiques du milieu physique, les écosystèmes sont fragiles et sensibles aux facteurs de dégradation. Les zones humides sont parmi les plus menacées par plusieurs facteurs comme, les changements climatiques, la désertification, le surpâturage, la pollution. Elles sont affectées non seulement par les activités menées in situ, mais aussi par des activités ou des événements survenant dans leur bassin versant et à l'échelle mondiale (Vives, 1996). Nos écosystèmes étudiés n'échappent pas à cette règle, des constations ont été faites sur terrain comme le surpâturage ou le pâturage non contrôlé qui provoque une diminution du couvert végétal pérenne et de la phytomasse (Aidoud et Nedjraoui, 1992 ; Slimani, 1998 ; Miara et *al.*, 2016). La pollution par les eaux usées ménagères et industrielles déversées dans les écosystèmes (Bazer, Tinsilt et autres), des décharges publiques et débris de constructions, urbanisation (construction d'un lotissement à

la limite de la zone de Hamiet par exemple), déviation des cours d'eaux pour les besoins de la population, agriculture, par des labours dans la zone tampon ou des pratiques agricoles inadéquates (outils de travail et système d'exploitation). Ces activités anthropiques vont perturber et transformer le fonctionnement de l'écosystème au cours du temps jusqu'à la disparition. La perturbation et/ou de la dégradation des zones humides et des terres limitrophes, affectent les fonctions et les services des écosystèmes, ce qui conduit à un impact négatif sur les économies et le bien-être social des populations locales (Nabahungu et Visser, 2013 ; Alexander et *al.*, 2015 ; El-Shahway et *al.*, 2015). Des mesures appropriées sont nécessaires pour conserver durablement les milieux humides et donc de maintenir les produits et les services qu'ils fournissent (Brevik et Homburg, 2004).

Les orientations ou les directives adoptées par la conférence des nations unies sur la diversité biologique de Nagoya au Japon en 2010, comprennent une vision partagée et des buts stratégiques à réaliser qui se résument en objectifs d'AICHI (CDB, 2011) :

- Gérer les causes sous-jacentes de l'appauvrissement de la diversité biologique en intégrant la diversité biologique dans l'ensemble du gouvernement et de la société.
- Réduire les pressions directes exercées sur la diversité biologique et encourager l'utilisation durable.
- Améliorer l'état de la diversité biologique en sauvegardant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique.
- Renforcer les avantages retirés pour tous de la diversité et des services fournis par les écosystèmes.
- Renforcer la mise en œuvre au moyen d'une planification participative, de la gestion des communautés et du renforcement des capacités.

Il est à signaler que cette décennie (2011-2020) est déclarée la décennie de la Biodiversité. De ces orientations, on peut déduire que la préservation des écosystèmes humides est liée à des enjeux importants sur le plan économique et social que politique et environnemental, c'est-à-dire que la participation de l'homme ou la population est devenue primordiale pour toute réussite de préservation, déréhabilitation ou de conservation.

#### **IV.2.2. Approche terroir et gestion intégrée**

Dans notre cas, et avant d'y remédier aux menaces et d'apporter des solutions en appliquant les orientations élaborées par la conférence des nations unies, il est primordial d'établir une gestion intégrée et écologique au niveau du paysage (bassin versant ou sous

bassin) en fonction des spécificités de la zone. Il est essentiel d'examiner ce qui se passe dans le bassin versant pour tenter de comprendre ce qui arrive dans la zone (Vives, 1996) parce qu'elle est interdépendante du reste du bassin versant d'un point de vue spatial et écologique et connaît une multiplicité d'actions et d'usages (Bonnet et *al.*, 2005). Il est nécessaire de favoriser dans le paysage agricole des usages respectueux de la biodiversité associée (Sabatier, 2010).

Le plan que nous proposons, est basé selon des approches, soit une approche ascendante (bottom up) du bas vers le haut, soit une approche descendante (Top down) du haut vers le bas (Diamond, 2006 ; Lobligeois, 2014), soit une approche mixte ou hybride (Chamaret, 2007).

La démarche à entreprendre avant d'établir un plan d'action dans le but de préserver, il est très important de faire une bonne identification de la zone concernée par le projet de préservation. Il est à signaler que la réalisation d'un projet doit passer par des phases à savoir, Identification, Programmation, Prise de décision, Application et Evaluation.

Une bonne identification nous permettra de faire ressortir les atouts dont dispose la région pour une meilleure valorisation des potentialités existantes et cerner en même temps les contraintes rencontrées.

Ce diagnostic nous permettra de tirer ou proposer des actions individuelles à la charge des personnes (agriculteurs et/ou usagers) et des actions collectives à la charge de l'état ou les institutions de l'état (collectivités locales, conservation des forêts, Direction de l'environnement, ..., etc.). Cependant, afin d'atteindre l'objectif global, le plan d'action doit tenir compte des besoins des populations relatifs à l'utilisation des ressources naturelles parce que leur position dans l'environnement est déterminante.

Il est à noter que le chargé de mission doit convaincre tous les partenaires en essayant de rassembler ces derniers sur l'objectif global qui est la préservation et le bien être de l'humain. Une mission assez délicate vu les divergences et les problèmes réels du terrain (problèmes du foncier et finances). Pour toute réussite, la phase Prise de décision est essentielle ce qui explique l'engagement de tous les partenaires dans ce projet et surtout la participation et l'engagement de la population (agriculteurs et usagers).

Une fois la décision est prise, on passera à l'application en respectant l'échéancier ou la durée de réalisation et l'évaluation même à mi parcours pour améliorer ou régler des imprévus.

Selon Bonnet et *al.* (2005), la gestion des zones humides exigent des actions jouant sur les champs techniques de la conservation, les champs sociaux de la négociation que les champs politiques de l'aménagement de l'espace.

### IV.2.3. Synthèse des actions proposées

Vu les constations du terrain et les transformations économiques et sociales survenues, après la relance économique lancée par l'état depuis l'année 2000 (construction de logement, routes, le plan de développement national agricole, les projets de proximités de développement rural, ..., etc.) qui ont conduit à une évolution paysagère (un exemple concret de cette dynamique la commune de Hammam sokhna).

A la lueur de ces constations, nous essayons de proposer quelques actions d'une manière générale en se basant sur l'approche hybride (des actions individuelles et actions collectives), c'est-à-dire des actions au niveau de la zone humide, au niveau de l'exploitation agricole et au niveau du bassin versant (en amont et en aval du bassin versant).

- Cartographie et délimitation de la zone humide en se basant sur les caractéristiques floristiques et édaphiques (propriété domaniale du terrain).
- Plantation comme ceinture de protection pour délimiter la zone (plantation d'Atriplex par exemple, le cas de la zone humide du Chott El Beida transect Nord et Est et Chott Frain).
- Des mises en défens temporaire en fonction des conditions climatiques favorables (les années pluvieuses) c'est-à-dire réglementer et organiser le pâturage afin de maîtriser la charge, le nombre de têtes par hectare et la rotation).
- Application de la réglementation en vigueur concernant la chasse et la période des cueillettes.
- Faire des suivis réguliers dans les zones (suivi dans le temps et l'espace).
- Aider les agriculteurs dans les périodes défavorables (Disette) pour alimenter leur cheptel par acquisition de crédit d'achat ou des subventions).

- Inciter et sensibiliser les agriculteurs à faire leur labours par les outils à soc ou à dents pour réduire l'effet des érosions hydriques et éoliennes vu la nature du sol de la région d'étude.
- Inciter et sensibiliser les agriculteurs de changer leur mode d'exploitation par l'utilisation du semis direct qui a donné de bons résultats dans régions semi aride et aride afin d'augmenter leur production et préserver leur sol.
- Inciter, aider et sensibiliser les agriculteurs pour utilisation rationnelle des ressources naturelles (eau, sol) irrigation raisonnée, assolement rotation, création des bandes enherbées entre les parcelles, plantation des brise –vent, acquisition du matériel végétal et animal adapté ou local.
- Organiser des séances de sensibilisation et de démonstration au profit des agriculteurs, la population ou le grand public y compris les autorités locales.
- Libérer initiative, laisser la population de proposer les solutions (un savoir faire à ne pas négliger ni l'ignorer).
- Plantation des parcours dégradés hors la zone humide par des espèces pastorales adaptées.
- Régler le problème du foncier et/ou attribuer des arrêtés de concessions au profit des bénéficiaires avec un cahier de charge à respecter.
- Encourager les métiers traditionnels ou artisanaux et les mettre en valeur.
- Former et informer avec création des réseaux de communication (mouvement associatif, radio locale ou autres).
- Traiter les eaux usées ménagères ou industrielles par installation des stations d'épuration ou au moins des stations de lagunage, avec plantation de plantes dépolluantes dans les canaux déversoirs qui mènent vers la zone humide (le roseau).
- Utilisation des eaux traitées pour agriculture et si possible irriguer la végétation de la zone humide en créant des bassins d'accumulation.
- Utilisation des boues d'épuration comme fertilisant (matière organique) soit au niveau des exploitations agricoles ou la zone humide.
- Aménagement de la montagne soit le reboisement, soit le pâturage contrôlé ou plantation des parcours des sols dégradés.
- Protéger les cours d'eaux (lits et bordures) par plantation, excavation du lit, ..., etc.

- Aménagement des piemonts vu la topographie, par la réalisation des murettes, terrasses, ou banquettes pour lutter contre l'érosion hydrique ou l'écoulement diffus superficiel.
- Aménagement des descentes d'eaux par des seuils ou des gabions c'est-à-dire les corrections torrentielles pour lutter contre les inondations, érosion hydrique, défection des routes, ..., etc.
- Favoriser l'écotourisme par la création des espaces vert ou des accès vers la zone humide par des randonnées soit à vélo ou à cheval surtout à promouvoir le cheval le Barbe qui est une espèce locale en voie de disparition.
- Améliorer et/ou bâtir des infrastructures d'accueil pour les visiteurs, les étudiants, les chercheurs ou autres aux alentours de la zone humide (un observatoire).

**IV.2.4. Conclusion**

La gestion intégrée au niveau du bassin versant (le paysage) qui est basée sur une approche interactionniste, participative et multisectorielle, permet d'assurer l'intégrité écologique des écosystèmes et la biodiversité qui est y présente dans une perspective de développement durable (économiquement rentable, socialement acceptable et écologiquement durable).

# **Conclusion et perspectives**

Sans aucun doute, il est nécessaire de rappeler l'importance des zones humides pour l'environnement le bien être de l'humain partout dans le monde. Qu'ils soient côtiers ou continentaux, ces milieux rendent de très nombreux services, ils constituent un réservoir de biodiversité. Cette richesse est exploitée par la population riveraine et dans la plupart des cas par une population démunie vivant dans zones déshéritées. Dans un contexte mondial, défavorable pour la biodiversité, ces milieux sont les plus affectés et menacés par des facteurs d'ordre naturel et anthropique.

Notre travail s'inscrit dans cette optique, et a comme objectif global, d'identifier et de caractériser les écosystèmes humides des hautes plaines Constantinoises, l'un des plus vastes éco-complexe dans le bassin méditerranéen, afin de mieux comprendre leur fonctionnement, d'apprécier leur production et les multiples avantages ainsi que leur bénéfique contribution socio-économique.

12 modèles retenus ont été étudiés dont 10 zones sont classées Ramsar, selon une démarche synchronique. Cette étude est basée sur deux approches, l'une descriptive des composantes autotrophe et hétérotrophe en analysant quelques attributs vitaux de l'écosystème ; l'autre analytique du milieu physico-chimique en analysant les facteurs édaphiques déterminants.

L'interprétation des résultats nous a permis de déduire les conclusions suivantes :

- L'étude a révélé une grande hétérogénéité des sols des zones étudiées en raison de la variabilité de la salinité, le pH, la texture et la composition minérale qui interagissent les uns avec les autres et influencent les autres caractéristiques physico-chimiques, qui varie de manière significative en fonction des caractéristiques spatiales de chaque site. Ces zones sont globalement regroupées en trois groupes similaires avec des caractéristiques édaphiques homogènes, à savoir les sites de Timerguanine, Ank Djemel et Chott El Beida forment un groupe, la zone de Maghessel le 2 groupe et le reste (Frain, Bazer, Melloul, Hamiet, Guellif, Azzemoul, Taref et Tinsilt) forme le 3 groupes. Cette variabilité entre ces groupes est principalement due aux conditions spécifiques de chaque zone, y compris la nature géologique, les flux d'eau et leur nature chimique, la topographie, la géomorphologie, l'agrosystème limitrophe et les activités anthropiques.
- Les résultats de l'analyse de la flore ont abouti à 141 espèces dont 07 espèces non déterminées relevant de 92 genres et 30 familles botaniques. Les familles les plus

représentées en genres et espèces sont par ordre décroissant, les astéracées, les poacées et les chénopodiées. Le coefficient générique montre que la région d'étude est caractérisée par une flore appauvrie (68,65 %).

Le spectre biologique montre l'importance des thérophytes avec 55 %, viennent ensuite les hémicryptophyte, les chamaephytes et les géophytes avec respectivement 25 %, 17 % et 4 %.

Le spectre morphologique montre la prédominance des annuelles avec un taux 55 % suivi par les vivaces et les biannuelles avec respectivement 36 % et 9 %.

Le spectre phytochorologique montre que l'élément méditerranéen au sens large est bien représenté avec un taux de 41,04 % par rapport aux autres éléments biogéographiques avec des taux qui varient entre 1 % et 5 %. Ainsi que la région d'étude est caractérisé par un taux d'endémisme important soit 8,08 % (11 espèces) et un taux intéressant d'espèces rares au sens large (15 %).

Le spectre du mode dissémination montre une nette dominance du mode hétérochorie avec un taux de 71,64 % sur l'autochorie.

En étudiant les relations sol-végétation, l'étude a montré que les zones humides étudiées sont hétérogènes, six catégories ont été décelées, les zones de Taref, Tinsilt, El-Beida et Ank Djemel, présentent des caractéristiques édaphiques et floristiques différentes, l'une de l'autre chacune d'elle a formé un groupe toute seule ; la 5<sup>ème</sup> catégorie est formée par les zones de Bazer, Melloul, Hamiet et Frain, ces zones présentent des caractéristiques similaires et la 6<sup>ème</sup> catégorie englobe les zones d'Ezzemoul, Timerguanine, Maghessel et Guellif qui présentent des caractéristiques similaires.

Cette différenciation est peut être expliquée par les conditions stationnelles propres à chaque zone, les apports exogènes du milieu, l'interaction biotope/biocénose et son évolution dans le temps et les actions anthropiques exercées. En outre, chaque zone humide est composée par des ceintures de végétation qui se développe en couronne autour de la sebkha et qui sont formées par des espèces d'affinités différentes, des hyperhalophiles, des gypsohalophiles, des psammophiles, des calcicoles, des limonophiles. Ceci pourrait donner une explication à la structure en mosaïques des ceintures et qui témoigne l'influence des paramètres physico-chimique du sol (la texture, le calcaire, la salinité, le gypse). On peut

déduire que la richesse d'espèces est variable dans le temps et dans l'espace, d'un écosystème à un autre ainsi que la diversité intra-écosystème. Cette variabilité spatio-temporelle est l'une des caractéristiques principales des zones humides continentales.

L'inventaire de l'avifaune effectué au niveau du chott El-Beida a permis de mettre en évidence la richesse de cette zone en oiseaux hivernants et sédentaires nicheurs, toutes les catégories alimentaires y sont présentes. Ce qui reflète l'importance de ce site pour l'accueil des peuplements aviens, particulièrement aquatique, c'est un site de nidification, de reproduction et d'alimentation. La moitié des espèces recensées dans cette zone est protégée par la loi algérienne. Il est à signaler que nous avons enrichi la liste des inventaires établie par les services des forêts de Sétif par 6 espèces dont 2 non déterminées, à savoir, *Charadrius sp.* (Gravelot); *Tringa sp.* (*Chevalier sp.*) *Tadorna ferruginea*; *Himantopus himantopus*; *Hirundo rustica*; *Motacilla flava*.

Multitudes d'usages de cette flore recensée ont été déterminées au niveau de ces zones, 47 espèces fourragères, 30 espèces médicinales, 15 espèces à usage mixte (fourragère/médicinale), 12 espèces ornementales et 25 espèces multi-usages.

Ces écosystèmes dont les intérêts ne sont pas négligeables sont peuplés par des espèces végétales capables d'accomplir leur cycle de vie dans des conditions extrêmement contraignantes (salinité, sécheresse, ..., etc.). Ces espèces permettent le peuplement des zones marginales, salées, offrant ainsi une appréciable ressource fourragère, diverses variétés de plantes médicinales à valoriser, un lieu de refuge, de reproduction, de nidification et d'alimentation pour les oiseaux migrateurs et autres animaux, une possibilité d'identification des gènes de tolérance au sel, gypse, calcaire et leurs transfert aux espèces sensibles grâce aux techniques du génie génétique et de la biotechnologie, la mise en valeur des terres.

D'autres services offerts par ces écosystèmes qui ne sont pas comptabilisés ou négligés, en outre l'extraction de sel et la cueillette des truffes, le rôle d'un corridor écologique, interaction entomofaune/agrosystème (la lutte biologique).

Cette recherche s'achève par des résultats intéressants qui viennent alimenter les bases de données à l'échelle locale, régionale ou nationale et nous espérons avoir contribué à l'identification, la caractérisation et la valorisation de ces zones humides halophiles continentales et vulnérables.

La présente analyse qui se veut être avant tout scientifique a révélé des résultats très significatifs qui pourraient être utilisés par les gestionnaires dans leur mission de développement et de préservation.

Dans une optique de gestion intégrée, la prise en compte du paysage est primordiale qui permettra l'intégration des zones humides dans la société. La conservation et la valorisation de ces zones humides de leur flore et de leur faune ne devraient pas se limiter spécialement aux espèces protégées mais tout l'écosystème et ses composantes. Une éducation écologique et une meilleure sensibilisation de toutes les parties prenantes et en particulier les riverains gagneraient à une prise de conscience de l'intérêt que revêtent ces zones et à réduire le décalage observé entre les décideurs ou le pouvoir public et la société par rapport à ces zones et en plus d'une stricte application de la réglementation actuellement plus ou moins opérante car mal comprise et qu'entraînent les dérogations délivrées.

Une plus grande participation de tous les acteurs à la prise de décision conduit à la réussite du plan de développement avec une acceptabilité sociale, une rentabilité économique et une durabilité écologique.

Enfin, par ce modeste travail, nous espérons continuer et envisager de nouvelles orientations pour les futures recherches et nous proposons quelques perspectives et recommandations :

- Faire des recherches sur l'entomofaune et la pédofaune pour connaître les espèces inféodées à ce type d'écosystème.
- Inventaire et caractérisation des organismes recycleurs.
- Quelle est la relation réelle entre la population et l'écosystème ?
- Etude des facteurs de production (phytomasse) et les potentialités d'adaptations aux stress.
- Promouvoir les produits terroirs et l'écotourisme.
- Actualiser la liste des espèces protégées (flore, faune).
- Etude et valorisation des espèces à intérêt médicinal, fourrager ou autre.
- Etude sur l'intégration zones humides/agrosystème.
- Création d'un centre d'accueil ou d'un observatoire au niveau de l'éco-complexe pour les professionnels (chercheurs, étudiants, agent de suivi, ..., etc.
- Faire ou établir un catalogue/référentiel pour les zones humides.

- Encourager et/ou proposer des études botaniques avec constitution d'un herbier au niveau local, régional et national.
- Etablir de solides et durables liens entre les institutions-l'université-population.

On ne cessera jamais de relever toute l'importance et place qu'occupent les écosystèmes humides dans la biosphère.

La présente étude et les propositions soumises se veulent une modeste contribution en vue d'une réelle et efficace prise de conscience contre tous les facteurs exogènes dégradants dus en particulier à l'être humain.

Il est démontré à présent que leur préservation et leur protection sont vitales à l'équilibre et l'harmonie de toutes les espèces.

# Références Bibliographique

1. Abdelfattah MA and Shahid SA (2007). A comparative characterization and classification of soils in Abu Dhabi coastal area in relation to arid and semi-arid conditions using USDA and FAO soil classification systems. *Arid Land Research and Management*, **21**: 245–271.
2. Abdelguerfi A et Abdelguerfi-Laouar M (2004). Les ressources génétiques d'intérêt fourrager et/ou pastoral : Diversité, collète et valorisation au niveau méditerranéen in Ferchichi A (comp).
3. Abdelguerfi A et Abdelguerfi-Laouar M (2004). Les ressources génétiques d'intérêt fourrager et/ou pastoral : Diversité, colleté et valorisation au niveau méditerranéen in Ferchichi A (comp) Ferchichi A (collb). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. Saragoza *CIHEAM, cahiers options méditerranéennes* **62**, 29-41.
4. Abdelly C, Lachaal M, Grignon C, Soltani A, Hajji M (1995). Association épisodique d'halophyte strictes et glycophytes dans un écosystème hydromorphe salé en zone aride. *Agronomie, EDP Sciences*, **15(9-10)** : 557-568.
5. Abdelly C, Debez A, Smaoui A and Grignon C (2011). Halophyte-fodder species association may improve nutrient availability and biomass production of the Sabkha ecosystem. In: Öztürk M, Böer B, Barth H.-J, Breckle S-W, Clüsener-Godt M, Khan MA (eds). *Sabkha Ecosystems. Volume III: Africa and Southern Europe*. Springer, Netherlands.
6. Abid F (1995). Caractérisation des sels des sols de l'Oued Righ. Engineer Dissertation, University of Batna, Algeria.
7. Aboura R (2006). Comparaison phytoécologique des atriplexaies situées au nord et au sud de Tlemcen. Thèse Magister. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 160 p.
8. Aboura R, Benmansour D, Benabadji N (2006). Comparaison et phytoécologie des Atriplexaies en Oranie (Algérie). *Rev. Ecol. Med*, **32**, 73-84.
9. Agassi M, Shainberg I et Morni J (1981). Effet of electolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil sci. Soc. Am. j.* **45**, pp: 848-851.

10. Aidoud A (2003). Fonctionnement des écosystèmes Méditerranéens. 3<sup>ème</sup> conférence. Laboratoire d'Écologie végétale, Univ. Rennes 1. Complexe Scientifique de Beaulieu, 35042, Rennes. 11-13.
11. Aidoud A and Nedjeraoui D (1992). The steppes of alfa (*Stipa tenacissima*) and their utilisation by sheeps. In plant animal interaction in mediterrean-type ecosystems. *Medecos VI, Grece*, 62-67.
12. Aidoud-Lounis F. (1989a). Les groupements végétaux du bassin versant du chott Ech – chergui (Hauts plateaux du sud oranais), caractérisation phytocologique. *Biocenoses*, **4(1/2)**, 2-26.
13. Al Amoudi O. (1992). Studies on soil-foundation interaction in the sabkha environment of Eastern Province of Saudi Arabia. PhD Thesis, King Fahd University, Dhahran, Saudi Arabia.
14. Alexander P., Paustian K., Smith P. and Moran D. (2015). The economics of soil C sequestration and agricultural emissions abatement. *Soil*, **1**: 331-339.
15. Aliat T. (2007). Les relations sol-végétation dans le chott El-Beida «hammam sokhna» wilaya de Sétif. Thèse Magister. Université Hadj Lakhdar-Batna. 110 p.
16. Aliat T. et Kaabeche M. (2013). Caractérisation phytoécologique de la zone humide Chott El Beida (Sétif, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie-Vol 35* : 35-41.
17. Aliat T., Kaabeche M., Khomri H., Nouri L., Neffar S. and Chenchouni H. (2016). A pedological characterisation of some inland wetlands and ramsar sites in Algeria. *Land degradation & développement*, **27**: 693-705.
18. Al-Jaloud A. and Hussain G. (2006). Sabkha ecosystem and halophytes plant communities in Saudi Arabia. In: Khan MA, Böer B, Kust GS, Barth H-J. (eds.), Sabkha Ecosystems. Volume II: West and Central Asia. *Springer*. 1-7.
19. Allout I. (2013). Etude de la biodiversité floristique de la zone humide de BOUKHMIRA sidi salem- El Bouni-Annaba. Thèse Magister. Université Badji Mokhtar-Annaba. 140 p.

20. Álvarez-Rogel J., Carrasco L., Marín C.M. and Martínez-Sánchez J.J. (2007). Soils of a dune coastal salt marsh system in relation to groundwater level, micro-topography and vegetation under a semiarid Mediterranean climate in SE Spain. *Catena*, **69**: 111-121.
21. Annani F. (2013). Essai de biotypologie des zones humides du constantinois. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar d'Annaba. 150p.
22. Argaman E., Keesstra S.D. and Zeiliger A. (2012). Monitoring the impact of surface Albedo on a saline lake in SW Russia. *Land Degradation & Development*, **23**, 398-408.
23. Aubert G. (1983). Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou sals sodiques. *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie* **30**, 73-78.
24. Ayyad M.A. (2003). Case studies in the conservation of biodiversity: degradation and threats. *Journal of Arid Environments*. **54**: 165-182.
25. Baatout H. (1982). Analyse du polymorphisme dans le complexe *Hedysarum spinosissimum*. *Bull. Soc. Bot. France*, **129**, 155-165.
26. Baaziz N., Mayache B., Saheb M., Bensaci E., Ounissi M., Metallaoui S. et Houamdi M. (2011). Statut phénologique et reproduction des peuplements d'oiseaux d'eau dans l'éco-complexe de zones humides de Sétif (Hauts plateaux, Est de l'Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, **32(2)**, 77-87.
27. Bagnouls F. et Gaussen H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, 88, n° **41**, 193- 239.
28. Baize D. (2000). *Guide des analyses en pédologie*. 2<sup>ème</sup> édition. Ed. INRA, Paris. 275 p.
29. Baize D., Jabiol B. (1995). Guide pour la description des sols: techniques et pratiques. INRA, Paris. 375 p.
30. Balla A. (2012). Synthèse écologique sur les zones humides algériennes d'importance internationale "Sites Ramsar". *Engineer Dissertation*, University of Batna, Algeria.
31. Barbero M., Loisel R., Medail F. & Quezel P. (2001). Signification Biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen. *Bocconea* **13** : 11-25.

32. Barbier N (2006). Interaction spatiales et auto-organisation des végétations semi-arides. Thèse, Doctorat en sciences, Agronomie et Ingénierie biologique, université libre de Bruxelles, 146 p.
33. Barbier E.B., Acreman M.C. et Knoler D. (1997). Evaluation économique des zones humides : Guide à l'usage des décideurs et planificateurs. Bureau de la convention Ramsar, Gland, Suisse, 155 p.
34. Barzanji A.F. (1973). Gypsiferous soils of Iraq. Doctoral Thesis. Ghent University, Belgium. 199 p.
35. Bechet A et Samraoui B (2010). Plan d'action pour le Flamant rose *Phoenicopterus roseus* en Algérie. Centre de recherche de la Tour du Valat, Arles, France. 5-15.
36. Bechtel (1975). Développement des ressources en eau et de l'agriculture. Etude préliminaire et conditions de réalisations. BECHTEL. Incorporated, USA. 4 volumes.
37. Ben El Mostfa S., Maloui B., Berrichi A. (2001). Contribution à l'étude de la végétation steppique du Maroc oriental : Transect Jerrada-Feguig. *Acta botanica.Malacitana* **26**: 295-301.
38. Benaradj A. Boucherit H. et Mederdel K. (2013). Remontée biologique de la steppe à *stippa tenacissima* L. après une mise en défens dans la station de Noufikha (Naama-Algérie), *Annales de L'INRGREF*, **18**, numéro special, 107-121.
39. Benaradj A, Boucherit H, Hasnaoui O, Maderbal K and Sehli K (2013). Rehabilitation of steppe *Lygeum spartum* in region of Naama (Western Algeria).*Energy procedia*, **36**, 349-357.
40. Benazzouz M.T. (1986). Recherche géomorphologique dans les hautes plaines de L'Est Algérie : la Sebkhha Taref (Algérie). Thèse. Doctorat. 3° Cycle. Géomorphologie. Univ. Paris I. Sorbonne, Univ. Constantine. 261 p.
41. Benhassine-Gherzouli C. (2013). Anthropisation et dynamique de zones humides dans le N.E. Algérien : Apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire. Thèse doctorat, Géographie et aménagement, université de Toulouse, 208 p.

42. Bensaci E. (2011). Eco-éthologie du flamant rose *Phoenicopterus roseus* dans la Vallée de Oued Righ (Sahara oriental algérien). Université du 08 mai 1945, Guelma. 183 p.
43. Bentamer N. (1998). Disponibilités en ressources entomologiques et modalités de leur utilisation par deux échassiers : la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et le Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) dans la vallée du Sébaou (Kabylie, Algérie). Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 247 p.
44. Benyacoub S. & Chabbi Y. (2000). Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'ElKala, composition - statut - répartition. Synthèse, *Revue des sciences et technologie*. Publication de l'Université d'Annaba (Algérie). N° 7, 98 p.
45. Berrached R., Djerrad Z., Gueddouche N. et Kadik L. (2013). Contribution à l'étude de la diversité floristique et élaboration d'une base de données (cas de la wilaya de Djelfa). *Rev. Agro. Ecologie (Algérie)* **1(01)**: 5-11.
46. Biggs A.J.W., Bryant K. et Watling K.M. (2010). Soil chemistry and morphology transects to assist wetland delineation in four semi-arid saline lakes, *south-western Queensland. Soil Research*, **48**, 208-220.
47. Blanchon J.J., Dubois Ph-J. (1989). Importance des zones humides (Baie de l'Aiguillon et marais communaux) pour l'avifaune - rapport ligue pour la protection des oiseaux. 259 p.
48. Blondel J. (1975). Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Elément d'un diagnostic écologique : La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P). *La terre et vie* **29**: 533-589.
49. Blondel J. (1979). Biologie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173p.
50. Blondel J. (1986). Biogéographie évolutive. Ed. Masson, Paris, 221 p.
51. Blondel J. (1990). Biogéographie évolutive à différentes échelles : l'histoire des avifaunes méditerranéennes. *Congressus internationalisa ornithologici, Acta* **19 1** : 155-188.

52. Blondel J. (1995). Biogéographie : Approche écologique et évolutive. Ed. Masson, Paris. 297p.
53. Bonis A. (2014). Hydro période des zones humides : Un déterminant écologique fondamental de la dynamique de la biodiversité. *Ecologie des zones humides*, Lavoisier collection Tec & Doc 102-151.
54. Bonnet B., Aulong S., Goyet S., Lutz M. et Mathevet R. (2005). Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes. *Conservation des zones humides*, n°13, Tour du valat, Arles, 160 p.
55. Bonter D.N., Zuckerberg B., Dickinson J.L. (2010). Invasive birds in a novel landscape: habitat associations and effects on established species. *Ecography*, **33**: 494–502.
56. Botineau M. (2010). Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Edition TEC et DOC : Lavoisier. 236 p.
57. Boudoukha A.R. et Athamena M. (2012). Caractérisation des eaux thermales de l'ensemble sud setifien, Est Algérienne ; Revu des sciences de l'eau /*journal of water science*, **25 (02)**, 103-108.
58. Boudoukha A.R. et Messaid B. (2014). Caractérisation électrique des formations aquifères de l'Est algérienne. *Courrier du savoir*, **18**. 77-82.
59. Boudoukha A.R. (1998). Hydrologie des hautes plaines sétifiennes-qualité chimique des eaux souterraines. Thèse Doctorat. Univ. Besaçon et Univ. Annaba. 221p+ annexes.
60. Boukhemza M. (2000). Etude Bioécologique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L. 1775) et du Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis* L. 1775) en Kabylie : Analyse démographique, éthologique et essai d'interprétation des stratégies trophiques. Thèse doctorat, Inst. Nat. Agro., El Harrach. (Alger), 188 p.
61. Boukhemza M, Doumandji S, Voisin C et Voisin J.F (2000). Disponibilités des ressources alimentaires et leur utilisation par le Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis* en Kabylie, Algérie. *Terre et Vie (Rev. Ecol.)*, **55** : 361-381.

62. Boukhemza M, Doumandji S, Voisin C et Voisin J.F (2004). Comparative utilization pattern of trophic resources by White storks *Ciconiaciconia* and Cattle egrets *Bubulcus ibis* in Kabylia (Algérie). *Terre et Vie (Rev. Ecol.)*, **59**: 559-580.
63. Boukhetech N (2010). Etude de quelques éléments de la niche écologique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) et du Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) dans la région de Batna. Thèse Magister en Agronomie, Univ. Batna. 120p.
64. Boukli-Hacene S (2011). Bioécologie des coléoptères (Arthropodes-insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen). Thèse doctorat en sciences, écologie animale, SNV, université Tlemcen, 140p.
65. Bouldjedri M (2012). Contribution à l'étude écologique d'un hydro-système de la région de djijel Cas de la zone humide de Béni –Belaid (Algérie). Thèse doctorat en sciences, écologie végétale, Fac sciences, université Badji Mokhtar, Annaba, 152p.
66. Bouldjedri M, de Bélair G, Mayache B, Muller SD (2011). Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes Rendus Biologies*, **334**, 757–772.
67. Boulekhssaim M., Ouldjaoui A, Baaziz N, Zebsa R, Sekrane N, Ayaicha F, Bouriach M, Friha R., Habes A. et Samraoui B (2009). Mass reproduction of the Greater Flamingo at Ezzemoul, Algeria in 2009 the need to reassess the role of North African wetlands. *Flamingo*, **17**, 48-53.
68. Boulekhssaim M, Houhamdi M et Samraoui B (2006). Status and diurnal behaviour of the Shelduck *Tadorna Tadorn* in the Hauts Plateaux, Northeast Algeria. *Wildfowl*, **56**, 65-78.
69. Boulila A, Bejaoui A, Messoud C et Boussaid M (2008). Variation of volatiles in tunisian populations of *Teucrium polium* L. *Chemistry and biodiversity*, **vol 5**, 1389-1400.
70. Boumaraf B (2013). Caractéristiques et fonctionnement des sols dans la vallée d'Oued Righ, Sahara Nord oriental, Algérie. Doctoral thesis. University of Reims, France.

71. Bounar R (2014). Etude des potentialités biologiques, cartographie et aménagement de la chaîne des Babors dans la démarche du développement durable. Thèse doctorat en sciences, Fac SNV, écologie végétale, université Sétif 1, 141p.
72. Bouxin G (2004). Analyse statistique des données de végétation. Les techniques d'ordination. <http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV/ASDV.htm>. 44p.
73. Bouzillé J.B (2014). Ecologie des zones humides. Concepts, Méthodes et Démarches. Lavoisier, Paris, 264p.
74. Brander L M, Raymond J G, Florax M and Vermaat J E (2006). The empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and a meta-analysis of the literature. *Environmental Resource Economics*, **33**, 223–250.
75. Brevik EC, Calzolari C, Miller BA, Pereira P, Kabala C, Baumgarten A and Jordán A (2015b). Soil mapping, classification, and modeling: history and future directions. *Geoderma*. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.05.17.
76. Brevik EC, Cerdà A, Mataix-Solera J, Pereg L, Quinton JN, Six J and Van Oost K (2015a). The interdisciplinary nature of SOIL. *Soil*, **1**: 117-129.
77. Brevik EC, Homburg J (2004). A 5000 year record of carbon sequestration from a coastal lagoon and wetland complex, Southern California, USA. *Catena*, **57**, 221–232.
78. Britton RH and Crivelli AJ (1993). Wetlands of southern Europe and North Africa: Mediterranean wetlands. In: Whigham DF, Dykyjová D, Hejný S. (eds), Wetlands of the world: *Inventory, ecology and management* Volume I. Springer Netherlands, 129–194.
79. Chamaret A (2007). Une démarche Top-Down/ Bottom-up pour évaluation en termes multi critères et multi acteurs des projet miniers dans l'optique du développement durable. Application sur les miniers d'uranium d'Arlit (Niger). Thèse doctorat. Université de Versailles, 369p.
80. Chang W (2013). R graphics cookbook. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, USA.
81. Chehma A (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Ed : Dar Elhouda Ain M'Lila. Alger. p117.

82. Chenchouni H (2011). Diagnostic écologique et évolution du patrimoine biologique du lac Ayata (Vallée de l'Oued Righ : Sahara septentrional Algérien). Thèse Magister en Biologie, Univ. Ouargla. 125p.
83. Chenchouni H (2009). Place des argiles dans la caractérisation écopédologique du Chott de Djendli (Batna, Algérie) et mise en évidence de la relation salinité-répartition des halophytes. Proceedings of the 3rd Maghrebin Symposium on clays 'SMA III', 23–25 November 2009, University of Boumerdes, Algeria, pp. 1–6.
84. Chenchouni H (2007). Diagnostic écologique d'un site proposé Ramsar : Chott de Djendli (Batna-Algérie). Mém. Ing. Eco. Univ. Batna. 102p.
85. Chenchouni H (2012). Diversité floristique d'un lac du Bas-Sahara Algérien. Mémoire magistere. Univ Batna. 130p.
86. Chenchouni H, Menasria T, Neffar S, Chafaa S, Bradai L, Mekahlia MN, Chaibi R, Bendjoudi D and Si Bachir A (2015). Spatiotemporal diversity, structure and trophic guilds of insect assemblages in a semi-arid Sabkha ecosystem. *PeerJ*, **3**: e860. DOI:10.7717/peerj860.
87. Chennou S (2014). Contribution à une étude dynamique de *stipa tenacissima* L dans le sud-ouest de la région de Tlemcen. Thèse Magister Université Abbou Bekr Belkaid-Tlemcen. 120p.
88. Chermat S (2013). Etude phytosociologique et pastorale des djebels Youssef et Zdimm (Hautes plaines Sétifiennes) **83**,120-155.
89. Chevery C (1972). Exemple d'application des travaux de l'U.S.S.L (1963 – 1968) sur l'alcalinisation des sols soumis à l'action bicarbonatée. *Cah. ORSTOM. Sér. Pédo*, **10** (2), 193- 203.
90. Chigani HK, Khajeddin SJ and Karimzadeh HR (2012). Soil-vegetation relationships of three arid land plant species and their use in rehabilitating degraded sites. *Land Degradation & Development*, **23**, 92–101.

91. Cordeau S (2010). Conséquence de la mise en place des bandes enherbées sur l'évolution de la Flore adventices. Thèse doctorat, Agronomie et Ecologie, université de Bourgogne, INRA, 288p.
92. Core Team R (2015). R: A Language and Environment for Statistical Computing.R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at.
93. Daget P et Poissonet J (1991). Prairies et pâturages, méthode d'étude. Montpellier, France, Institut de Botanique. p354.
94. Daget Ph (1980). Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative ( cas des thérophytes) in *Recherches d'écologie théorique*, les stratégies adaptatives, Paris,89-114.
95. Dajoz R (2006).Précis d'écologie. 8è Edition, Ed. Dunod, Paris, 631p
96. Danin A and Orshan G (1990). The distribution of Raunkiaer life forms in Israel in relation to the environnement. *J Vegetation Sci*,**1**, 41-8.
97. Daoud Y (1993). Contribution à l'étude des sols des plaines de Cheliff, le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèses doctorat d'état.INA. Alger, 193 p.
98. De Belair G (2005). Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidieorientale, NE Algérie). *Ecologia Mediterranea*, **31(1)** : 83-100.
99. Debblauw V (2010). Modulations des structures de végétation auto-organisées en milieu aride. Thèse doctorat en science, fac. des sciences, université libre de Bruxelles Belgique ,194p.
- 100.Debello F, Leps J, Sebastia M.T ( 2007). Grazing effects on the species-are relationship : variation along a climatic gradient in the NE Spain. *Journal of vegetation science*, **18**: 25-34 .
- 101.Demdoum A (2010). Etude hydrogeochimique et impact de la pollution sur les eaux de la région d'El Eulma, Thèse de doctorat d'état. Université Mentouri. Constantine. 231p.

102. Demnati F, Allache F, Ernoul L and Samraoui B (2012). Socio-economic stakes and perceptions of wetland management in an arid region: a case study from Chott Merouane, Algeria. *Ambio*, **41**, 504–512.
103. Denaly S (2007). Guidelines for participants in the International Water bird Census (IWC). Wetlands International edition, Netherlands. 14p.
104. Diamond D (2006). Effondrement. Comment des sociétés décident de leur disparition ou de leur survie. Edition Gallimord, 896p.
105. Djerdali S (1995). Bioécologie faunistique de Sebket Bazer (région de Sétif). Mémoire Magister. Ecologie animale, univ. Sétif. 175p.
106. Djili K (2000). Influence des hauteurs des précipitations sur la répartition du calcaire et du pourcentage de sodium échangeable dans les sols du Nord de l'Algérie. *Sécheresse*, **11**, 37- 43.
107. Djili K (2000). Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse Doctorat. INA, Alger. 243p.
108. Dobignard A, Chalelain G, Fisher M Orso J et Eanmonod D (2010). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord : Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledoneae. Edition de la conservation et jardin botanique. *Genève*, **1**, 23-365.
109. Dobignard A, Chalelain G, Fisher M Orso J et Jeanmonod D (2011). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord - Dicotyledoneae : Acanthaceae - Asteraceae. Edition de la conservation et jardin botanique. *Genève*, **2**, 10-406.
110. Dobignard A, Chalelain G, Fisher M Orso J et Jeanmonod D (2011). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord-Dicotyledoneae : Blasaminaceae- Euphorbiaceae. Edition de la conservation et jardin botanique. *Genève*, **3**, 190-287.
111. Dobignard A, Chalelain G, Fisher M Orso J et Jeanmonod D (2013). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord-Dicotyledoneae : Oleaceae- Zygophyllaceae. Edition de la conservation et jardin botanique. *Genève*, **5**, 66-354.

112. Dobignard A, Chalelain G, Fisher M Orso J et Jeanmonod D. (2012). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord-Dicotyledoneae : Fabaceae- Nymphaeaceae. Edition de la conservation et jardin botanique. *Genève*, **4**, 2015-2019.
113. Domínguez-Beisiegel M, Herrero J and Castañeda C (2013). Saline wetlands' fate in inland deserts: an example of 80 years' decline in Monegros, Spain. *Land Degradation & Development*, **24**, 250–265. .
114. Duby C & Robin S (2006). Analyse en Composantes Principales. Institut National Agronomique Paris -Grignon. 3p.
115. Duchauffour PH (1977). Pédogénèse et classification. Ed. Masson & CIE, Paris, 477 p.
116. Durand J H (1983). Les sols Irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaire de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Edition Boudin, Paris. 385p.
117. El Hadji M , Thiaw B, et Lamizana- Diallo B ( 2006). Gestion des zones humides en milieux arides. Leçons d'expérience. UJCN, Gland , Suisse et Cambridge , Royaume-Uni. XVIII +86 pp.
118. El-Shahway AS, Mahmoud MMA and Udeigwe TK (2015). Alterations in soil chemical properties induced by continuous rice cultivation: a study on the arid Nile Delta soils of Egypt. *Land Degradation & Development*. DOI: 10.1002/ldr.2409.
119. Emberger L (1971). Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson. Paris. 520p.
120. Fadda M L (2011). Modélisation et diagnostique des systèmes non-linéaires : Une approche par Analyse en Composantes Principales et Carte Topologique de Kohonen. Thèse Magister. Université Badji Mokhtar-Annaba. 27p.
121. FAO (1990). Guidelines for soil description. 3<sup>rd</sup> edition (revised). FAO- Rome.
122. FAO. 1998. Guide to efficient plant nutrient management, land and water development division, FAO, Rome.
123. Ferchichi A ( collb). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. Saragoza *CIHEAM, cahiers options méditerranéennes* **62** :29-41.

124. Florea N and Al Joumaa K H (1998). Genesis and classification of gypsiferous soils of the middle Euphrates floodplain, Syria. *Geoderma*, **87**, Issue 1-2, 67-85p.
125. Floret Ch et Pontanier R (1982). L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement. Mémoire de thèse. *Travaux de l'OROSTOM*. Paris. 150-544.
126. Francois R, Pey T, Hauguel J.C, Catteau E, Faryacques C, Duhamel F, Nicolazo C, Mora F, Cornier T, Valet J.M (2012). Guide des végétations des zones humides de Picardie. Centre régional de Phytosociologie agréé, conservatoire botanique national de Bailleul, pp 1-17.
127. Frochet B et Roché J (2000). Les fonctions des zones humides pour les oiseaux in Fonctions et valeurs des zones humides. DUNOD, Paris, France. **13** : 268-276.
128. Géhu J.M, Kaâbeche M & Gherzouli R (1993). Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El-kala (Algérie). *Coll. Phytosociologiques*, **22** : 297–329.
129. Gharzouli R (2007). Flore et végétation de la Kabylie des Babors, étude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post-forestiers des Djebels Takouchit, Adrar Ou Mmellal, Tbabort et Babor. Doctorat d'état, fac des sciences, écologie végétale, université Sétif, 373p.
130. Ghezlaoui B E, Benabadji N, Benmansour D et Merzouk A (2011). Analyse des peuplements végétaux halophytes dans le Chott El-Gharbi (Oranie-Algérie). *Acta Botanica Malacitana*, **36**, 113-124.
131. Giggenbach, WF (1991). Chemical techniques in geothermal exploration. In: D'Amore F. (ed.), Application of geochemistry in geothermal reservoir development. UNITAR/UNDP publication, Rome, 119–144.
132. Girard J F, Legchenko A et Boucher M (2005). Stability of MRS signal and estimating data quality, *Near Surface Geophysics*, **3**, 187 -194.
133. Gonzalez Herrera M.A (2009). Etude de la diversité spécifique et phylogénétique des communautés de plantes ligneuses en forêts tropicales : Apport des séquences d'ADN

dans l'identification des espèces et l'étude des communautés. Thèse Doctorat, écologie, biodiversité et évolution, Université Toulouse, 227p.

134. González-Alcaraz M N, Jiménez-Cárceles F J, Álvarez Y and Álvarez-Rogel J (2014). Gradients of soil salinity and moisture, and plant distribution, in a Mediterranean semiarid saline watershed: a model of soil–plant relationships for contributing to the management. *Catena*, **115**, 150–158.
135. Gouga H (2014). Biodiversité faunistique à Sebkhet Bazer (Sud de Sétif), connaissance et conservation. Mémoire Magister. Biologie et physiologie animale. Univ. Sétif. 174p.
136. Gounot M (1969). Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. Mass&Cie. *Boulevard* .Paris. 520p.
137. Green A.J, El Hamzaoui M, El Agbani M.A, Franchimont J (2002). The conservation status of Moroccan wetlands with particular reference to water birds and to changes since 1978. *Biological Conservation* **104**. 71–82.
138. Grillas P, Gauthier P, Yavercovski N & Perennou C (2004). Les mares temporaires Méditerranéennes. Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Station Biologique de la Tour du Valat, vol **1**: 120p.
139. Guyot G (1999). Climatologie de l'environnement .éd. Dunod. Paris. 507p.
140. Hadjadj-Aoul S (1995). Les peuplements de Thuya de Berberie en Algérie. Phytosociologie, Syntaxonomie, Potentialités sylvoles. Thèse Doct.ès.sc.uni.Aix-Marseille III.159p.
141. Halitim A (1988). Sols des régions arides d'Algérie. Ed. OPU, Alger, p 384.
142. Halitim A(2011). Aridoculture et développement durable. *Algèrian journal of arid environment*, vol.**1**, 3-9.
143. Halitim A, Robert M, Tessier D et Prost R (1984). Influence des cations échangeables ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) et la concentration saline sur le comportement physique (rétention en eau, conductivité hydraulique de la montmorillonite. *Agronomie*, **4**, 451–459.

- 144.Hamdi-Aissa B, Valles V, Aventurier A, Ribolzi O (2004). Soils and brine geochemistry and mineralogy of hyperarid desert playa, Ouargla Basin, Algerian Sahara. *Arid Land Research and Management*, **18**, 103–126.
- 145.Hammada S (2007). Etudes sur la végétation des zones humides du Maroc, catalogue et analyse de la biodiversité floristique et identification des principaux groupements végétaux. Thèse Doct. ès-science, fac.sc. écologie végétale, uni. Rabat. 187p.
- 146.Harkat H (2008). Hétérocycles oxygénés et composés aromatiques de *Frankenia thymifolia* Desf. : Formation d'hétérocycles oxygénés et isolement de substances naturelles. Thèse Doctorat. Université Elhadj Lakhdar Batna. p31.
- 147.Hedde M (2006). Etude de la relation entre la diversité de la macro vertébrée et dynamique de la matière organique des sols limoneux de Hautes Normandie. Thèse doctorat, écologie, université de Rouen ,209p.
- 148.Heinzel H, Fitter R et Parslow J (2004). Oiseaux d'eau d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Adaptation française : MICHEL CUISIN. Société Ornithologique de France. Ed. Delachaux et Niestlé S.A., Neuchâtel, Paris. France, 387p.
- 149.Hendricks R C and Bushnell D M (2008). Halophytes energy feeds tocks: back to our roots. The 12th International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of 10Rotating Machinery, Honolulu, Hawaii, *February*, **20**, 17-22.
- 150.Hollis G.E. et Smart M (1986). Les zones humides Africaines : écologie, techniques d'étude et gestion. BIROE, Slimbridge, Gloucester, GK2 7DX, Angleterre. 85p.
- 151.Hooper D.U, Chapin F.S, Ewel J.J, Hector A, Inchausti P, Lavore SI, Lawton J.H, Lodge D, Loreau M, Naeem S, Schmid B, Setälä H, Symstad A.J, Vandermeer J, and Wardle D.A (2005) Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* **75**:3-35.
- 152.Houdet J (2010). Entreprises, Biodiversité et services écosystémiques. Quelles interactions et stratégies ? quelles comptabilités ?. Thèse doctorat. Sciences de gestion, Institut des sciences et industrie du vivant, Agro paris Tech, 356p.

- 153.Houhamdi M (1998). Ecologie du lac des oiseaux, cartographie, palynothèque et utilisation de l'espace par l'avifaune aquatique. Thèse Magister, Univ. Annaba. 198p.
- 154.Houhamdi M (2002). Ecologie des peuplements aviens du Lac des Oiseaux (Numidie orientale). Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Annaba, 138 p.
- 155.Houhamdi M and Samraoui B (2003). Diurnal behaviour of wintering Wigeon *Anas penelopea* Lac des Oiseaux, Northeast Algeria. *Wildfowl*, **54**, 51-62.
- 156.Houhamdi M et Samraoui B (2001). Diurnal time budget of wintering Teal *Anas crecca crecca* L. at Lac des Oiseaux, Northeast Algeria. *Wildfowl*, **52**, 87-96.
- 157.Houhamdi M et Samraoui B (2002). Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie). *Alauda*, **70**, **2**, 301-310.
- 158.Houhamdi M et Samraoui B (2008).Diurnal and nocturnal behaviour of Ferruginous Duck *Aythya nyroca* at Lac des Oiseaux, Northeast Algeria. *Ardeola*, **55**, **1**, 59-69.
- 159.Houhamdi M, Hafid H, Seddik S, Maazi M.C, Bouzegag A, Nouidjem Y, Bensaci T et Saheb M (2008). Hivernage des Grues cendrées *Grus grus* dans le complexe des zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. *Aves*. **45(2)** : 93-103.
- 160.Houhamdi M. et Samraoui B (2002). Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie). *Alauda*.**70(2)**: 301-310.
- 161.Houhamdi M. et Samraoui B (2008). Diurnal and nocturnal behaviour of Ferruginous Duck *Aythya nyroca* at Lac des Oiseaux, Northeast Algeria. *Ardeola*, **55 (1)** : 59-69.
- 162.Isenmann P et Moali A (2000). *The birds of Algeria-Les oiseaux d'Algérie*. Soc. Etudes Ornithol. France, Muséum Nat. Hist. Nat., Paris. 336p.
- 163.Jafari M, ZareChahouki M.A, Tavili A and Azarnivand H (2003). Soil-vegetation relationships in Hoz-e-Soltan region of Qom province, Iran. *Pakistan Journal of Nutrition***6**:329-334.
- 164.Jauffret S (2001). Validation et comparaison de divers, indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides : Application au suivi de la

désertification dans le sud Tunisien. Thèse doctorat, écologie, Fac droit, économie et sciences, d'Aix-Marseille, 371p.

165. Jeffery S, Gardi C, Jones A, Montanarella L, Marmo L, Miko L, Ritz K, Peres G, Römbke J et Van der Putten(eds.) (2010) Atlas européen de la biodiversité du sol Commission européenne, Bureau des publications de l'Union européenne, Luxembourg 130p.
166. Jellison R, Williams W.D, Timms B, Alcocer J, Aladin N.V (2008). Salt lakes: values, threats and future. In: *Aquatic Ecosystems*. Cambridge, UK: Cambridge University Press edition.
167. Joe Z (2008). La liste rouge de l'UICN des espèces menacées un outil fondamental pour la conservation. Commission de la sauvegarde des espèces (CSE), disponible sur [www.iucn.org/redlist/](http://www.iucn.org/redlist/). 01p.
168. Kaabeche M (1990). Les groupements végétaux de la région de Bou-Saada (Algérie). Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse Doct. En sci. , Univ. Paris Sud, centre d'Orsay, 104 p.
169. Kaabeche M, Gharzouli R et Gehu J M (1993) .Observations phytosociologique sur le Tell et Les Hautes Plaines de Sétif (Algérie). *Documents Phytosociologiques*. N.S. **XV**, 117-125. Camerino.
170. Kadi hanifi H (1998). L'alfa en Algérie. Thèse Doctorat, science. USTHB, Alger, 270P.
171. Kazi Tani Ch (2010). Contribution à l'étude des communautés d'adventices des cultures du secteur phytogéographique Oranais (Nord, Ouest algérien) : Aspects botanique, agronomique et phytoécologie. Thèse Doctorat. Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen. 300p.
172. Keenleyside K.N, Dudley N, Calnes S, Hall C.M et Stolon S (2013). Restauration écologique pour les aires protégées : Principes, lignes directrices et bonnes pratiques. Gland, Suisse : UICN.X ,120p.
173. Keesstra SD, Geissen V, van Schaik L, Mosse K and Piirainen S (2012a). Soil as a filter for groundwater quality. *Current Opinions in Environmental Sustainability*, **4**, 507-516.

174. Keesstra SD, Kondrlova E, Czajka A, Seeger M and Maroulis J (2012b). Assessing riparian zone impacts on water and sediment movement: a new approach. *Netherlands Journal of Geosciences*, **91**, 245-255.
175. Khabar L, Najimk L, Janex-Favre M.C, Parguey-Leduc H (2001). Contribution à l'étude de la flore mycologique du Maroc. *Bull.soc.myc.Fr.*, **117(3)** : 213-229.
176. Khademi H and Mermut AR (2003). Micromorphology and classification of Argids and associated gypsiferous Aridisols from central Iran. *Catena*, **54**, 439–455.
177. Khadraoui A (2007). Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes (Caractérisation, contraintes et propositions d'aménagement). Ed. Dar Houma, Alger. 317p.
178. Khammoudj K (2009). Dynamique des systèmes et stratégie d'aménagement et gestion de la source en eau en zone semi-aride, cas de la région d'el-Eulma, wilaya de Sétif. Thèse de doctorat en sciences. Université Badji Mokhtar, Annaba. 226p.
179. Khaznadar M, Vogiatzakis I N and Griffiths GH (2009). Land degradation and vegetation distribution in Chott el Beida Wetland, Algeria. *Journ of Arid Environ.* **73**, p369-377.
180. Kherraze M H, Lakhdari K, Kherfi Y, Benzaoui T, Berroussi S, Bouhanna M et Sebaa A (2010). Atlas floristique de la vallée de l'oued Righ par écosystème. Centre de recherche scientifique et technique sur les régions Arides Omar EL Bernaoui- Station Milieu biophysique- *Touggourt*. 94p.
181. Klein J C (1991). La végétation altitudinale du massif de l'Alboz central (IRAN): Essai de synthèse à l'échelle des régions Irano-Tourranienne et Euro-Siberienne.
182. Kleinkopf G.E, Wallace A & Cha J.W (1975). Sodium relation in desert plants : Some physiological responses of *Atriplex confertifolia* to different levels of sodium chloride. *Soil sci.* **120** : 45-48.
183. Köchy M, Hiederer R and Freibauer A (2015). Global distribution of soil organic carbon – Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. *Soil*, **1**, 351–365.

- 184.Koull N (2015). Etude phytoécologique spatio-temporelle des zones humides du Nord-Est du Sahara septentrional. Thèse doctorat en sciences, option, Sci. Agro. ,Fac. SNV, université Ouaragla, 169p.
- 185.Kraiem H (2002). Biophysical and Socio-economic Impacts of Climate Change on Wetlands in the Mediterranean. Mediterranean Roundtable. Athens. 33p.
- 186.Labbardi H, Ettahari O, Lazer S, Massik Z, El- Antri S ( 2005). Etude de la variation spatio-temporelle des paramètres physicochimiques caractérisant la qualité des eaux d'une lagune côtière et ses zonations écologiques : cas de Moulay Boussallam , Maroc. *CR.Géoscience* **337** : 505-514.
- 187.Lacoste A et Salanon R (2001).Eléments de biogéographie et d'écologie. Ed. Nathan Université. Paris.318p.
- 188.Lahondère C (1997). Initiation à la phytosociologie sigmatiste. *Bull.Soc.Bot.* Centre-Ouest, h.s, 16-47p.
- 189.Lamotte M et Bourliere F (1969). Problème d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Ed. Masson et Cie, Paris.151p.
- 190.Lazure L (2006). Impacts des mammifères néo tropicales sur les graines. *Neotropical Biology and conservation*.**1(2)** :51-61.
- 191.Le Floc'h E (2001).Biodiversité et gestion pastorale en zones arides et semi-arides Méditerranéennes du nord de l'Afrique. *Boccone* **13** :223-237.
- 192.Le Floc'h,E et Aronson,J (1995) Ecologie de la restauration. définition de quelques concepts de base. *Nature, sciences, sociétés* hors série,29-34.
- 193.Le Houerou H N (1993). Salt: tolerant plants for the arid region of the Mediterranean isoclimatique zone In: H. Leithet A Al Massoom (edits): *towards the rational use of high salinity tolerant plants*, **1**, 403- 422.
- 194.Le Houerou H N (1995).Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord del'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options méditerranéennes,série B* : études et recherches n° **10C.H.E.A.M.Montpellier. p81- 397.**

- 195.Ledant J.P, Jacobs P, Malher F, Ochando B et Roché J (1981). Mise à jour de l'avifaune Algérienne. *Le Gerfaut*, **71** : 295-398.
- 196.Legendre P & Legendre L (1998).Numerical Ecology. Amsterdam-Elsevier. 853p.
- 197.Lobligeois F (2014).Mieux connaitre la distribution spatiale des pluies, améliore-t-il la modélisation des crues. Thèse doctorat, hydrologie, Institut des sciences et industrie di vivant, Agro Paris Tech, 312p.
- 198.Loyer J Y (1991). Classification des sols salés : les *sols* salic. Vol **XXVI**, n° **1**, 51-61.
- 199.Lozet J et Mathieu C (1990).Dictionnaire de science du sol. 2<sup>ème</sup> édition. Lavoisier-Paris. **(33)** 266.
- 200.Maazi M.C (2005). Eco éthologie des Anatidés hivernants dans la Gareat de Timerganine (Wilaya d'Oum El Bouaghi). Mémoire Magister. Centre universitaire d'Oum El Bouaghi. 150p.
- 201.Maazi M.C (2009). Eco-éthologie des Anatidés hivernants dans l'étang de Timerganine (Ain Zitoune, Wilaya d'Oum El-Bouaghi). Thèse de Doctorat, Univ. Annaba. 138p.
- 202.MADRP (2015).Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural et de la Pêche « statistiques nationales ».
- 203.Marlet S et Job JO (2006). Processus et gestion de la salinité des sols. In Traité d'irrigation, 2nd Ed, Tiercelin JR (ed). Tec & Doc Lavoisier: Paris. 797–822.
- 204.Masharabu T, Noret N, Lejoly J, Bigendako M et Bogaert J (2010). Etude comparative des paramètres floristiques du parc national de la Ruvubu, Burundi. *Géo-Eco-Trop*.**34**:29-44 .
- 205.MATE ( 2014). Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. 5<sup>e</sup> Rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national. Algérie, 128p.
- 206.Mathieu C et Pieltain F (2003). Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc. Lavoisier, Paris, 292 p.

207. Matthieu L (2004). Méthodes de diagnostic et d'évaluation de performance pour la gestion de chaînes logistiques : application à la coopération maison-mère filiales internationales dans un groupe pharmaceutique et cosmétique. Thèse Doctorat. Centre de Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux. p76.
208. Mayache B, Houhamdi M et Samraoui B (2008). Ecologie des Sarcelles d'hiver hivernants dans l'éco-complexe de zones humides de Jijel (Algérie). *Eur. J. Sci. Res.* **21** (1) : 104-119.
209. MEA (2005). Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis. Millennium Ecosystem Assessment (MEA), World Resources Institute, Washington, DC. URL. [www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org).
210. Mebarki A (2005). Hydrologie des bassins de l'Est ligériens : Ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse. Doctorat. geo. Ameng. Territoire, option. Hydro. Univer. Mentouri. Constantine. 360p.
211. Medail F & Quezel P (1997). Hot-spot analysis for conservation of plant Biodiversity in the mediterranean basin. *Annals of the missouri botanical garden* **84** :112-127.
212. Medail F and Quezel P (1999). Biodiversity hotspots in the Mediterranean basin: setting global conservation priorities, *Conserv. Biol.* **13**, 1510-1513.
213. Medail F et Diadema K (2006). Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation: Approche macro et micro-régionales. *Annales de géographie*, **5 (651)**: 618-640.
214. Meddour R (1993). Analyse phytosociologique de la chênaie caducifoliée mixte de Tala kifane (Akkfadou-Algérie). *Eologia Méditerranée*, **19(3-4)**, 43-51.
215. Meddour R (2010). Bioclimatologie, photogéologie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et pré forestiers de la kabyle Djurdjurèenne. Thèse Doctorat. Science. FSBSA, Univer. Tiziouzou. 398p + Annexes.
216. Merzouk A (2010). Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologiques des peuplements halophiles dans la région occidentale de l'Oranie. Thèse doctorat, en sciences, université Tlemcen, 277p.

217. Metallaoui S, Atoussi S, Merzoug A et Houhamdi M (2009). Hivernage de l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) dans Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est de l'Algérie). *Aves*, **46**, **3**, 136-140.
218. Metallaoui, S et Houhamdi M (2008). Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est algérien). *Bull. ABC*, **15**, **1**, 71-76.
219. Miara S, Ait Hammou M, Hadjadj Aoul S, Dahmani W, Negadi M, Rebbas K, Bounar R & Smaili T (2016). Notes sur les thérophytes dans les monts de Tiaret (massifs de Guezoul, Algérie occidentale). *Rev. Ecologie-Environnement*, **12** :17-24 .
220. Miara S, Ait Hammoud M, Hadjadjoul Aoul S, Dahmani W, Negadi M, Rebbas K, Bounar R & Smaili T (2016). Notes sur les thérophytes dans les monts de Tiaret (massif de Guezoul, Algérie occidentale). *Rev. Ecologie-environnement*, **12** :17-24.
221. Milla A, Makhloufi A, Daoudi-Hacini S, Voisin J.F & Doumandji S (2012). Aperçu de l'avifaune du sahel algérois. *Algerian journal of arid environment* vol. **2(1)**: 3-15.
222. Minggagud H and Yang J (2013). Wetland plant species diversity in sandy land of a semi-arid inland region of China. *Plant Biosyst*, **147**: 25–32.
223. Mitsch W J, Gosselink J G, Anderson C J and Zhang L (2009). *Wetland's Ecosystems*. Ed. John Wiley and Sons. 304p.
224. Mitsch WJ, Gosselink JG (2015). *Wetlands*. 5th ed. John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey. 345p.
225. Mokhetari N, Mrabet R, Lebailly P et Bock L (2014). Spatialisation des Bioclimats, de l'aridité et des étages de végétations du Maroc. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vet* **2 (1)** : 50-66.
226. Mostephaoui Tet Bensaid R (2014). Caractérisation des sols gypseux dans les régions arides par télédétection « Cas du sous bassin versant d'oued Djedi- Biskra. *Lebanese Science Journal*, **15**, n°1, 99- 115
227. Myers N, Mittermeier R.A, Mittermeier C.G, Fonseca G.A & Kent J (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403** : 853-858.

- 228.Nabahungu NL, Visser SM (2013). Farmers's knowledge and perception of agricultural wetland management in Rwanda .*Land Degradation & Development*, **24**, 363–374.
- 229.Nature (2000). Fiches habitats, espèces et oiseaux validées. Document d'objectifs «Etang du Bagnas ». SIC FR 9101412 & ZPS FR 9110034. 87, 118, 119p.
- 230.Nedjimi B, Beladel B, Guit B (2012). Biodiversity of halophitic vgetation in chott Zehrez lake of Djelfa (Algérie). *American journal of plant sciences*, **3** :1527-1534.
- 231.Neffar S, Chenchouni H and Si Bachir (2015).Floristic composition and analysis of spontaneous vegetation of SabkhaDjendli in north-east Algeria. *Plant Biosystem*.DOI:10.1080/11263504.2013.810181.
- 232.Negadi M, Hassani A, Bounaceur F et Azzaoui M.E (2014). Etude de la diversité floristique de la région d'El-Bayadh (Algérie) :Flore rare et menacée. *Rev. Ecologie-Environnement*Tiaret **10** :50-55 .
- 233.Observatoire des zones humides méditerranéennes(OZHM) (2012). Biodiversité-Etat et tendances des espèces des zones humides méditerranéennes. Dossier thématique n°1, Tour du Valat, France ,52p.
- 234.Observatoire des zones humides méditerranéennes(OZHM) (2014). Occupation du sol- Dynamique spatiales de 1975 à2005. Dossier thématique n°2, Tour du Valat, France ,48p.
- 235.Observatoire des zones humides méditerranéennes(OZHM) (2015). Les zones humides méditerranéennes- Evolution du sol de 1975à 2005. Note thématique n°3, Tour du Valat, France, 4p.
- 236.Ochando B et Jacob P (1978). Recensement hivernal d'Anatidés, de foulques, limicoles, grues et flamants .Docu. Poly INA El Harrach.
- 237.ONM (2016). Office nationale météorologique.
- 238.Orch H, Zidane L et Douira A (2013).Contribution à la connaissance de la Flore vasculaire du massif d'Izarène (Nord-Ouest Maroc). *Journal of Animal & Plant Sciences*, **20**, 3098-3099.
- 239.Ozenda P (1977). Flore du Sahara. 2<sup>ème</sup> édition, C.N.R.S., Paris.

240. Paloma F (2012). Les plantes de la famille des Apiacees dans les troubles digestifs. Thèse Doctorat. Université Joseph Fourier. p18-24.
241. Panini G et Amandier L (2005). Climats pluviométriques et thermiques en région Provence- alpes- côté d'Azur. Analyse des données météorologiques 1961-1996 et cartographie par système d'information géographique. *Forêt Médit.* XXVI, 4, 299-308.
242. Pansu M and Gautheyrou J (2006). Handbook of soil analysis: mineralogical, organic and inorganic methods. *Springer-Verlag* Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-31211-6.
243. Pansu M et Sidi H (1987). Cinétique d'humification et de minéralisation des mélanges sols- résidus. *Sciences du sol*, 25, 247-265.
244. Pearce F et Crivelli A J (1994). Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Bouklet Med Wet / Tour de Valat, N 1, France, 88.
245. Picouet C (1999). Géodynamique d'un hydro système tropical peu anthropisé, le bassin supérieure de Niger et son delta intérieur. Thèse doctorat, sciences et techniques, université Montpellier II, 496p.
246. Pimm S.L, Jenkins C.N, Abell R, Brooks T.M , Gittleman J.L, Joppa L.N , Raven P.H , Roberts C.M , Sexton J.O ( 2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* 344,987-1004.
247. Ping CL, Jastrow JD, Jorgenson MT, Michaelson GJ, Shur YL (2015). Permafrost soils and carbon cycling. *Soil*, 1, 147–171. DOI: 10.5194/soil-1-147-2015.
248. Pirot J.V (1981). Partage alimentaire et spatial des zones humides Camarguaises par cinq espèces de canards de surface en hivernage et en transit. Univ. Pierre et Marie Curie. 135p.
249. Pirot J.V, Chessel D et Tamisier A (1984). Exploitation alimentaire des zones humides de Camargue par cinq espèces de canards de surface en hivernage et en transit : modélisation spatiotemporelle. *Rev. Ecol. Terre et Vie*, Vol. 39. 167-192.

- 250.Pitman M G and Lauchli A (2002).Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Salinity: Environment-Plants-Molecules. Eds. A. Lauchli, V. Luttge. Kluwer. The Netherlands. p 3–20.
- 251.Poch R M (1996). Proceeding of the international symposium on soils with *Gypsum catalonia*. Spain. *Inter soil. Sci. Society*. 52 p.
- 252.Poch RM, De Coster W and Stoops G (1998). Pore space characteristics as indicators of soil behaviour in gypsiferous soils. *Geoderma*, **87**, 87–109.
- 253.Polumin N (1967). Eléments de géographie botanique. Ed. GauthiersWillars. Paris. 30-35.
- 254.Pouget M (1980).Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-Algéroises. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M Paris. n° 116, 555p.
- 255.Qadir M and Schubert S (2002). Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degradation Development*, **13**, 275–294.
- 256.Quezel P et Santa S (1962). Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertique Méridionales. EdC.N.R.S. Paris-France-Tome I, p93-324.
- 257.Quezel P et Santa S (1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertique Méridionales. EdC.N.R.S. Paris-France-Tome II, 590-1085.
- 258.Quezel P (1964). L'endémisme dans la flore de l'Algérie. *Compt.Rend.Sommaire séances, soc.Biogéogr.* **361** :137-149.
- 259.Quezel P (1991). Structure de végétation et flore en Afrique du Nord, leurs incidences sur les problèmes de conservation. *Actes Editions*. 19-32.
- 260.Rabhi M, Hafsi C, Lakhdar A, Hajji S, Barhoumi Z, Hamrouni MH, et al. (2009). Evaluation of the capacity of three halophytes to desalinate their rhizosphere as grown on saline soils under nonleaching conditions.*African Journal of Ecology*, **47**, 463-468.
- 261.Rabhi M, Talbi O, Atia A, Abdelly C and Smaoui A (2008). Selection of a halophyte that could be used in the bioreclamation of salt-affected soils in arid and semi-arid regions. In:

- Abdelly C, Öztürk M, Ashraf M, Grignon C (Eds). *Biosaline agriculture and high salinity tolerance*. Birkhäuser, Basel. pp. 241-246.
- 262.Raju R.T, Jinno K and Wada S.I (1993). Exchange process at the land surface for a range of space and time scales proceedings of an international symposium held at Yokohama, Japan, 13-16.
- 263.Ramade F (1982).*Ecologie des ressources naturelles*. Edit. Masson, 322 p.
- 264.Ramade F (2005). *Eléments d'écologie. Ecologie appliquée*. Paris: Dunod édition.350p.
- 265.Ramade F (2008). *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. DUNOD, Paris, France, 647p.
- 266.Ramade F., 2009. *Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale*. (4<sup>e</sup> Edition). DUNOD, Paris. 689p.
- 267.Rebbas K (2014) . *Développement durable au sein des aires protégées algériennes Cas du parc national de Gouraya et des sites d'intéret biologique et écologique de la région de Bejaia*. Thèse doctorat en science, Fac SNV, écologie, université Sétif 1,192p.
- 268.Reddy KR and DeLaune RD (2008). *Biogeochemistry of Wetlands: Science and Applications*.CRC Press, Boca Raton, Florida.
- 269.Rengasamy P (2006). World salinization with emphasis on Australia.*Journal of Experimental Botany*, **57**, 1017-1023.
- 270.Rezeai S and Gilkes R (2005). The effects of landscape attributes and plant community on soil chemical properties in rangelands. *Geoderma*, **125**, 167–176.
- 271.Ricklefs R, Miller G.L (2005). *Ecologie*. Ed. De Boeck. Université. 822p.
- 272.Rivas-Martinez S (2004). *Global bioclimat (clasificacion bioclimatica de la tierra)*. Phytosociological lesearch Centre, [www.globalbioclimatics.org](http://www.globalbioclimatics.org).
- 273.Rogel J.Á, Silla R.O and Ariza F.A (2001). Edaphic characterization and soil ionic Composition influencing plant zonation in a semiarid Mediterranean salt marsh. *Geoderma*, **99**:81–98.

274. Roselt/Oss, DS4 (2004). Une première approche méthodologique pour la surveillance de la biodiversité et des changements environnementaux. Collections Roselt/Oss, document scientifique n°4, Montpellier ,50p+annexes.
275. Rouabeh A (2015). Effet de la gestion des bandes enherbées sur le contrôle biologique des ravageurs. Role de la diversité fonctionnelle des carabes (Coleoptera : carabidae) et de la structure végétale. Thèse Doctorat, sciences Agro. Uni.Lorraine, 159p.
276. Sabatier R (2010). Arbitrages multi-échelles entre production agricole et biodiversité dans un agrosystème prairial. Thèse doctorat, sci. animales, Inst.Sci.Ind. du vivant, AgroParisTec, 228p.
277. Saheb M (2003). Cartographie de la végétation des sebkhas de Guellif et Ougla Touila (Oum El Bouagui) et écologie de l'avifaune. Thèse de Magistère. Centre universitaire d'Oum El Bouagui. 120p.
278. Saheb M, Boukhssaim M, Ouldjaoui A, Houhamedi M. et Samraoui B (2006). Sur la nidification du Flamant rose *Phoenicopterus roseus* en 2003 et 2004 en Algérie. *Alauda*, **74 (3)** : 368-371.
279. Samraoui B, Ouldjaoui A, Boukhssaim M, Houhamedi M, Saheb M. et Bechet A (2006). The first recorded reproduction of the Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria, behavioural and ecological aspects. *Ostrich*, **77(3-4)**:153-159.
280. Samraoui B, Samraoui F(2008). An ornithological survey of the wetlands of Algeria: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, **58**: 71–98.
281. Schricke V (1985). Les méthodes des dénombrements hivernaux d'Anatidés et de Foulques de la théorie à la pratique. *La sauvagine et la chasse*(**253**) : 4-6.
282. Secrétariat de la convention de la diversité biologique(SCBD) (2011). Plan stratégique pour la Diversité Biologique 2011-2020 et les objectifs d'Aichi. SCBD, 2p.
283. Seddik S (2005). Occupation spatio-temporelle des peuplements Laro-Limicoles et Echassiers dans les zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. Mémoire de Magister, Université d'Oum El-Bouaghi, 78 p.

- 284.Servant J M (1970). Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur la perméabilité des sols, conséquences pédologiques. *Sci. Du sol*.2, pp : 87- 103.
- 285.Servant J.M (1975). Etude pédologique des sols halomorphes.Doctoral thesis. University of Montpellier, France.
- 286.Sheikh KM & Mahmoud K (1986). Some studies on field distribution and seed germination of *Suaeda fructicosa* and *Sporobolus arabicus* with reference to salinity and sodicity of the modium.*Plant soil***94** :333-340.
- 287.Si Bachir A (2007). Bio-écologie et facteurs d'expansion du Héron garde-bœufs, *Bubulcus ibis* (Linné, 1758), dans la région de la Kabylie de la Soummam et en Algérie. Thèse Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences, Dépt. Bio. Univ. Sétif. 243p.
- 288.Si Bahir A, Ferrah F, Barbraud C. et Cereghino R (2011). The recent expansion of an avian invasive species (the Cattle Egret *Ardea ibis*) in Algeria. *J. Arid Environ.* **75**: 1232–1236.
- 289.Sidi H et Pansu M (1990). Effet d'apports organique et de gypse sur la stabilité structurale de deux sols méditerranéens. *Sciences du sol*, **28** (3), 237-256.
- 290.Siegfried W. R (1971). The food of the Cattle egret. *Jour. Applic. Ecol.* **8**: 447-468.
- 291.Slimani H (1998). Effet du pâturage sur la végétation et le sol et désertification. Cas de la steppe à alfa de Rogasse des hauts plaines occidentales Algériennes. Thèse magister.USTHB, Alger,125p.
- 292.Soil Survey Division Staff (1993). Soil survey manual.Soil Conservation Service.U.S. Department of Agriculture Handbook 18 .Chapter 3.Examination and Description of Soils.
- 293.Stoops G, Ilaiwi M (1981).Gypsum in arid genesis proceeding third international soil classification workshop Damascus, pp 175- 185.
- 294.Tamisier A et Dehorter O (1999). Camargue, Canards et Foulques. Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver. Centre Ornithologique du Gard, Nîmes, France. 369p.
- 295.Tassin C (2012). Paysages des végétaux du domaine méditerranéen. IRD.edition, 975p.

296. USDA (1992). Keys to soil taxonomy. SMSS Technical Monograph n°19. 5<sup>th</sup> édition. 541p.
297. Véla E et Benhouhou S (2007). Evolution d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C.R.Biologie*, **330**, 589-605.
298. Viellefont J (1976). Inventaire critique des sols gypseux en Tunisie : étude préliminaire. Tunis: DRES, ORSTOM n° 98.
299. Vila J M (1977). Cartes géologiques, feuille n° 118 Bir El Arch, feuille 145 Boughzel, feuille n° 144 Ain Lahdjar. Edit. Sonatrach.
300. Vilain M (1999). Méthodes expérimentales en agronomie : Pratique et analyse. Ed. Technique et documentation-Paris. 337p.
301. Vives T.P (ed) (1996). Suivi des zones humides méditerranéennes : Guide méthodologique. publication Medwet : *wetlands international*, Slimbridge RU et ICN, Lisbonne Portugal ,150p.
302. Voos K.H (1960). Atlas of European birds. Ed Nelson. London.284p.
303. Williams M (1993). Wetlands a threatened landscape. Wiley-Blackwell, Oxford.
304. Yeann B (2006). Délimitation de l'espace fonctionnel par fonction et par type de zones humides du bassin Rhône-Méditerranée rapport annexe ; les fonctions des zones humides : synthèse bibliographique. Document du travail ECOSPHERE/Agence de l'eau RMC, Lyon, France.6p.
305. Zdruli P (2014). Land resources of the Mediterranean: status, pressures, trends and impacts on future regional development. *Land Degradation & Development*, **25**, 373–384.
306. Zedam A (2015). Etude de la flore endémique de la zone humide de chott El-Hodna. Inventaire- Préservation. Thèse doctorat en science, Fac SNV, biologie végétale, université Sétif1, 197p.
307. Zhao K, Song J, Feng G, Zhao M et Lim J (2011). Species, types, distribution and economic potentiel of halophytes in chine. *Plant soil* **342** :495-509 .

308.Zorrig W, Rabhi M, Ferchichi S, Smaoui A, Abdelly C(2012). Phytodesalination: a solution for salt-affected soils in arid and semi-arid regions.*Journal of Arid Land Studies*, **22**, 299-302.

### **309.SITES WEB**

310.Site Web 1: [www.ramsar.org](http://www.ramsar.org). (Date de consultation, le 16 Juin 2016).

311.Site Web 2: [www.iucn.redlist.org](http://www.iucn.redlist.org). (Date de consultation, le 20 Juillet 2012).

312.Site Web 3: [www.cms.int](http://www.cms.int). (Date de consultation, le 20 Juillet 2012).

313.Site Web 4: [www.cites.org](http://www.cites.org). (Date de consultation, le 01 Aout 2012);

314.Site Web 5: [www.unep-aewa.org](http://www.unep-aewa.org). (Date de consultation le 01 Aout 2012)

315.Site Web 6: [www.cms.int/species/aewa/aewa](http://www.cms.int/species/aewa/aewa). (Date de consultation le 05 Aout 2012).

316.Site Web 7: [www.africa-union.org](http://www.africa-union.org). (Date de consultation le 05 Aout 2012).

317.Site Web 8: [www.tela-botanica.org](http://www.tela-botanica.org). (Date de consultation 2010,2011,2012....2016).

# **Annexes**

	<b>Végétation</b>			
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4
X1	-0,009	-0,014	-0,330	-0,027
X2	0,173	-0,200	0,202	0,133
X3	-0,227	0,034	-0,120	0,101
X4	0,020	0,006	-0,033	-0,150
X5	-0,254	0,196	0,260	-0,001
X6	-0,286	0,029	0,193	-0,072
X7	-0,040	0,086	-0,169	-0,033
X8	-0,258	0,234	0,112	0,151
X9	0,182	-0,115	-0,095	0,028
X10	0,281	-0,068	0,192	0,018
X11	0,074	0,002	-0,133	0,073
X12	0,210	0,238	0,318	0,116
X13	0,019	0,078	0,190	0,129
X14	-0,107	0,225	0,137	0,252
X15	0,094	-0,004	-0,344	0,012
X16	-0,059	0,217	-0,296	-0,230
X17	0,092	-0,077	0,027	0,015
X18	-0,029	0,169	-0,153	-0,284
X19	-0,032	0,115	-0,182	-0,075
X20	-0,055	0,150	-0,026	0,232
X21	0,057	-0,161	0,108	0,074
X22	0,057	-0,161	0,108	0,074
X23	-0,296	0,260	0,016	-0,176
X24	-0,279	0,076	0,089	0,096
X25	0,016	0,054	-0,172	-0,199
X26	0,092	-0,043	-0,041	0,051
X27	-0,187	0,253	-0,091	0,254
X28	0,186	-0,007	-0,016	0,045
X29	-0,032	0,054	-0,053	-0,045
X30	-0,055	0,150	-0,026	0,232
X31	0,120	-0,118	0,026	0,085
X32	-0,040	0,086	-0,169	-0,033
X33	0,057	0,112	-0,211	-0,069
X34	0,074	-0,043	-0,222	0,044
X35	0,127	0,191	-0,131	-0,101
X36	0,125	0,152	-0,151	0,048
X37	-0,063	0,011	-0,364	-0,057
X38	0,066	-0,053	0,064	-0,039
X39	-0,051	0,143	-0,250	-0,077
X40	-0,022	0,072	-0,283	-0,091
X41	-0,032	0,115	-0,182	-0,075
X42	0,008	0,134	-0,162	0,292
X43	0,008	0,134	-0,162	0,292
X44	-0,146	0,121	0,022	-0,178
X45	-0,188	0,187	-0,194	-0,253
X46	0,011	0,016	-0,067	-0,025
X47	-0,032	0,115	-0,182	-0,075
X48	0,195	-0,046	0,150	0,038
X49	-0,040	0,086	-0,169	-0,033
X50	-0,031	-0,187	0,120	-0,037
X51	-0,032	0,115	-0,182	-0,075
X52	0,052	0,088	-0,178	-0,121
X53	0,125	-0,031	-0,163	0,133
X54	-0,027	0,051	-0,274	-0,061
X55	-0,245	-0,302	-0,080	-0,004
X56	-0,016	0,127	-0,206	-0,149
X57	0,123	0,087	-0,133	0,101
X58	-0,260	0,384	0,139	-0,050
X59	-0,023	0,059	-0,196	0,100
X60	-0,049	0,181	-0,230	-0,226
X61	0,001	-0,014	-0,216	-0,053
X62	-0,403	0,283	0,088	0,082
X63	0,086	-0,012	0,167	0,101
X64	-0,032	0,115	-0,182	-0,075

X65	-0,295	0,346	0,278	0,141
X66	-0,272	0,032	-0,092	0,154
X67	0,066	-0,053	0,064	-0,039
X68	0,055	-0,063	0,076	-0,002
X69	-0,156	0,252	0,278	0,047
X70	0,057	-0,161	0,108	0,074
X71	0,168	-0,034	-0,122	0,131
X72	0,315	0,126	0,016	0,014
X73	0,057	-0,161	0,108	0,074
X74	-0,331	0,308	-0,036	-0,059
X75	-0,231	0,246	0,092	-0,015
X76	0,121	0,003	-0,095	0,080
X77	-0,029	0,169	-0,153	-0,284
X78	0,057	-0,161	0,108	0,074
X79	-0,114	0,061	-0,006	0,104
X80	0,093	-0,072	-0,139	0,035
X81	0,208	-0,012	0,146	0,093
X82	-0,206	0,260	-0,061	0,167
X83	-0,261	0,259	-0,021	-0,036
X84	0,048	-0,032	0,018	-0,124
X85	-0,281	-0,021	0,150	0,069
X86	0,228	0,003	0,051	0,148
X87	-0,051	0,143	-0,250	-0,077
X88	-0,032	0,115	-0,182	-0,075
X89	-0,132	0,154	-0,270	-0,091
X90	0,284	0,023	0,101	0,177
X91	-0,190	0,331	0,276	0,050
X92	-0,053	0,123	-0,047	0,167
X93	-0,015	-0,076	-0,221	0,018
X94	0,053	0,089	-0,070	-0,150
X95	0,171	0,004	-0,115	0,142
X96	0,011	0,016	-0,067	-0,025
X97	-0,055	0,150	-0,026	0,232
X98	0,102	-0,046	-0,096	0,114
X99	-0,093	-0,174	-0,143	0,004
X100	0,000	0,137	-0,297	-0,106
X101	-0,055	0,150	-0,026	0,232
X102	0,131	-0,054	0,045	0,019
X103	-0,059	0,217	-0,296	-0,230
X104	-0,365	0,193	0,012	0,003
X105	-0,258	0,234	0,112	0,151
X106	0,057	-0,161	0,108	0,074
X107	-0,100	0,094	-0,101	-0,085
X108	-0,040	0,086	-0,169	-0,033
X109	-0,227	0,034	-0,120	0,101
X110	-0,055	0,150	-0,026	0,232
X111	-0,053	0,123	-0,047	0,167
X112	-0,032	0,115	-0,182	-0,075
X113	0,265	0,071	0,068	-0,230
X114	-0,040	0,086	-0,169	-0,033
X115	0,001	0,119	-0,284	-0,021
X116	0,057	-0,161	0,108	0,074
X117	0,168	-0,056	0,120	-0,047
X118	0,032	0,122	-0,204	-0,150
X119	0,150	0,269	0,310	0,104
X120	0,320	0,047	0,020	-0,147
X121	-0,336	0,344	0,300	0,271
X122	-0,255	-0,101	-0,064	-0,134
X123	-0,029	0,169	-0,153	-0,284
X124	0,028	0,141	0,001	0,037
X125	-0,032	0,115	-0,182	-0,075
X126	-0,128	0,168	-0,114	-0,181
X127	0,125	0,066	0,010	0,035
X128	0,146	0,068	-0,168	0,183
X129	-0,215	0,225	-0,049	-0,015
X130	-0,064	-0,032	0,277	-0,133

X131	-0,146	0,121	0,022	-0,178
X132	-0,043	0,145	0,297	-0,041
X133	0,053	0,202	-0,099	0,079
X134	-0,220	0,016	-0,079	0,023
X135	-0,044	0,202	-0,239	-0,256
X136	0,106	0,103	-0,264	0,053
X137	0,074	0,002	-0,133	0,073
X138	-0,040	0,086	-0,169	-0,033
X139	-0,079	0,035	-0,094	0,140
X140	-0,295	0,346	0,278	0,141
X141	0,123	-0,067	0,033	0,066

**Coordonnées de variables du Sol**

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4
cE.	-0,072	0,372	0,826	-0,048
Cal.	0,263	-0,401	-0,109	0,075
Gyp	0,643	-0,225	0,651	-0,044
pH	-0,716	0,476	0,081	0,003
Arg	-0,709	-0,342	0,374	-0,112
Lf	-0,263	-0,777	-0,097	0,047
lg	0,626	-0,017	0,103	0,551
Sf	0,529	0,449	-0,204	-0,685
Sg	-0,083	0,682	-0,142	0,517

Liste des espèces inventoriées

<i>Espèces</i>	<i>Espèces</i>	<i>Espèces</i>	<i>Espèces</i>
<i>Aizoon hispanicum</i>	<i>Filago spathulata</i>	<i>Sisymbrium coronopifolium</i>	<i>Medicago turbinata</i>
<i>Amaranthus albus</i>	<i>Hedypnois cretica</i>	<i>Sisymbrium irio</i>	<i>Frankenia hymifolia</i>
<i>Amaranthus deflexus</i>	<i>Hertia cheirifolia</i>	<i>Herniaria hirsuta</i>	<i>Frankenia leavis</i>
<i>Bupleurum semicompositum</i>	<i>Ifloga spicata</i>	<i>Herniaria mauritanica</i>	<i>Erodium laciniatum</i>
<i>Eryngium ilicifolium</i>	<i>Launaea aungustifolia</i>	<i>Minuartia campestris</i>	<i>Erodium moschatum</i>
<i>Anacyclus cyrtolepidoides</i>	<i>Launaea resedifolia</i>	<i>Minuartia tenuifolia</i>	<i>Erodium triangulare</i>
<i>Anacyclus valentinus</i>	<i>Launaea rudicaulis</i>	<i>Paronychia argentea</i>	<i>Juncus acutus</i>
<i>Andryala integrifolia</i>	<i>Leucanthenum sp</i>	<i>Spergularia diandra</i>	<i>Juncus maritimum</i>
<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Mantisalca salmantica</i>	<i>Spergularia marginata</i>	<i>Marrubium alysson</i>
<i>Asteriscus pygmaeus</i>	<i>Onopordon arenarium</i>	<i>Spergularia salina</i>	<i>Marrubium vulgare</i>
<i>Atractylis cancellata</i>	<i>Pollenis spinosa</i>	<i>Arthrocnemum indicum</i>	<i>Salvia aegyptiaca</i>
<i>Atractylis carduus</i>	<i>Scolymus hispanicus</i>	<i>Atriplex glauca</i>	<i>Teucrium polium</i>
<i>Atractylis humilis</i>	<i>Scorzonera undulata</i>	<i>Atriplex halimus</i>	<i>Allium cupanii</i>
<i>Atractylis serratuloides</i>	<i>Silybum marianum</i>	<i>Atriplex hastata</i>	<i>Malva aegyptiaca</i>
<i>Calendula arvensis</i>	<i>Sonebus maritimus</i>	<i>Atriplex portulacoides</i>	<i>Malva parviflora</i>
<i>carduus sp</i>	<i>Sonebus oleraceus</i>	<i>Atriplex sp</i>	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Carthamus lanatus</i>	<i>Urospermum dalechampii</i>	<i>Bassia muricata</i>	<i>Lolium temulentum</i>
<i>Centaurea sp</i>	<i>Xeranthemum inapertum</i>	<i>Beta vulgaris</i>	<i>Lygeum spartum</i>
<i>Centaurea sphaerocephala</i>	<i>Diplotaxis harra</i>	<i>Halocnemum strobilacum</i>	<i>Oryzopsis meliacea</i>
<i>Chrysanthemum fuscatum</i>	<i>Eruca vesicaria</i>	<i>Salicornia arabica</i>	<i>Polypogon monspeliensis</i>
<i>Crepis vesicaria</i>	<i>Morettia canescens</i>	<i>Salsola longifolia</i>	<i>Schismus barbatus</i>
<i>Aegilops ventricosa</i>	<i>Moricandia arvensis</i>	<i>Salsola tetragona</i>	<i>Sphenopus divaricatus</i>
<i>Aeluropus littoralis</i>	<i>Rapistrum rugosum</i>	<i>Salsola vermiculata</i>	<i>Stipa parviflora</i>
<i>Agropyron orientale</i>	<i>Hedysarum spinosissimum</i>	<i>Suaeda fruticosa</i>	<i>Stipa retorta</i>
<i>Bromus madritensis</i>	<i>Lotus creticus</i>	<i>Suaeda mollis</i>	<i>Adonis annua</i>
<i>Bromus rubens</i>	<i>Medicago laciniata</i>	<i>Helianthemum apartum</i>	<i>Ranunculus scleratus</i>
<i>Ctenopsis pectinella</i>	<i>Medicago minima</i>	<i>Helianthemum rubellum</i>	<i>reseda alba</i>
<i>Cutardia divaricata</i>	<i>Medicago sp</i>	<i>Helianthemum virgatum</i>	<i>Galium tricarnitum</i>
<i>Hordeum murinum</i>	<i>Medicago truncatula</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Haplophyllum tuberculatum</i>
<i>Koeleria pubescens</i>	<i>Plantago ciliata</i>	<i>Scabiosa stellata</i>	<i>Tamarix sp</i>
<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Plantago coronopus</i>	<i>Euphorbia dracunculoides</i>	<i>Thymelaea nitida</i>
<i>Orobanche cernue</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Euphorbia flacata</i>	<i>Peganum harmala</i>
<i>Glaucium corniculatum</i>	<i>Plantago notata</i>	<i>Anthyllis tetraphylla</i>	<i>Limonium cymuliferum</i>
<i>Glaucium flavium</i>	<i>Plantago ovata</i>	<i>Astragalus armatus</i>	<i>Limonium delicatulum</i>
<i>Papaver hybridum</i>	<i>Plantago sp</i>	<i>Astragalus crustiatus</i>	<i>Limonium thouinii</i>
<i>Plantago albicans</i>			