

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES HOUARI BOUMEDIENE

**Faculté des Sciences Biologiques**



**MEMOIRE**

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER

En : SCIENCES DE LA NATURE

Spécialité : Ecologie et Environnement

Par : BELHIMER Yassine

**Sujet :**

**Etude écologique et phytosociologique de la végétation halo-gypsophile  
dans la région de M'Ghair (Wilaya d'El Oued)**

Soutenu publiquement le 08 Octobre 2012, devant le jury composé de :

<b>Mme NEDJRAOUI D.</b>	<b>Professeur à l'USTHB.....Présidente</b>
<b>Mme BENHOUHOU S.S.</b>	<b>Professeur à l'ENSA (Ex INA)....Directrice de Mémoire</b>
<b>Mme KADIK L.</b>	<b>Professeur à l'USTHB.....Examinatrice</b>
<b>Mr HIRCHE A.</b>	<b>Maître de conférence à l'USTHB.....Examinateur</b>

## RESUME

Cette étude a pour objectif principal la description de la végétation halophile et halo-gypsophile de la région d'El M'Gair sur le plan écologique et phytosociologique. Durant le printemps 2008, le printemps 2009 et l'automne 2009 96 relevés ont été récoltés suivant un échantillonnage de type subjectif, puis soumis à un traitement numérique à l'aide d'une analyse des correspondances détendancés et d'une classification ascendante hiérarchique. Les résultats obtenus ont permis d'individualiser 4 ensembles floristiques correspondant à quatre associations végétales décrites par Quézel, 1965 pour l'ensemble du Sahara septentrional. L'analyse numérique a permis d'identifier l'altitude, la composition chimique du sol et la texture de substrat comme facteurs écologiques régissant la distribution de ces différents groupements. L'analyse phytosociologique de ces ensembles floristiques, a permis d'identifier quatre groupements lesquelles ont pu être rattachées à l'édifice syntaxonomique proposé pour le Sahara septentrional par Quézel (1965) à savoir :

L'alliance des *Thymelaeto-Herniarion*, l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia* et la classe des *Asterisceto-Forskhaletea* .

L'alliance *Limoniastrion guyoniani* (gypsophiles préférentielles), l'ordre des *Salsoleto-Nitrarietalia* (halo-gypsophiles) et la classe des *Salicornietea* (Halophiles)

Les unités végétales identifiées sont les suivantes :

- Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* (Quézel, 1965).
- Association à *Arthrocnemum indicum* (Quézel, 1965).
- Association à *Salsola foetida* et *Sueda vermiculata* (Quézel, 1965).
- Groupement à *Haloxylon scoparium* (Quézel, 1965).

**Mots clés** : Sahara septentrional, végétation halophile et halogypsophile, analyse numérique, gradients écologiques, syntaxonomie.

## REMERCIEMENTS

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes vifs remerciements et mon profond respect à ma promotrice, Madame BENHOUHOU S. professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, qui m'a soutenu, guidé et conseillé tout au long de ce travail.*

*Je tiens particulièrement à remercier Madame NEDJRAOUI D. professeur à l'USTHB, pour avoir accepté de présider ce jury.*

*Mes plus vifs remerciements vont également à Madame KADIK L. pour avoir accepté de faire partie de ce jury en tant qu'examinatrice et son soutien durant la réalisation de ce travail.*

*Que Monsieur HIRCHE A. l'USTHB, trouve ici l'expression de ma gratitude et mes respects pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Un grand merci à Monsieur ABBASSI Abdelaziz, Brigadier chef au district des forêts d'El M'Ghair pour son hospitalité, sa générosité et sa grande patience, sans qui le travail de terrain n'aurait pas été possible.*

*A la mémoire de "Ammi" BELOUED.*

## SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE I: DESCRIPTION GENERALE DE LA REGION D'ETUDE</b>	
1. Situation géographique et administrative.....	3
2. Pédologie.....	3
3. Géologie.....	4
4. Géomorphologie.....	7
5. Hydrogéologie.....	7
6. Cadre climatique.....	9
6.1. Les précipitations.....	10
6.2. Variations pluviométriques saisonniers.....	10
6.3. Humidité relative.....	11
6.4. Les températures.....	12
6.5. Variations du vent.....	14
6.6. Synthèse climatique.....	15
6.6.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	15
6.6.2 Climagramme pluviothermique d'Emberger (1955).....	16
6.6.3. Diagramme de continentalité.....	17
7. Flore et végétation du Sahara.....	19
7.1. Flore saharienne.....	19
7.2. Flore d'El M'Ghair.....	21
7.3. Végétation saharienne.....	21

7.4. Etudes effectuées dans la portion orientale du Sahara septentrional.....	21
8.conclusion.....	22

## **CHAPITRE II : METHODOLOGIE GENERALE**

1. Introduction.....	24
2. Définition, objectifs et concepts fondamentaux de la phytosociologie.....	24
2.1. Concept de l'association végétale et de l'individu d'association.....	25
3. Phase analytique.....	25
3.1. Echantillonnage.....	26
3.2. Période d'échantillonnage.....	28
3.3. Aire minimale.....	28
3.4. Réalisation du relevé.....	28
3.5. Identification des espèces.....	29
3.6. Analyses de sol.....	29
3.6.1. Analyse granulométrique.....	29
3.6.2. Analyses chimiques.....	30
4. Phase synthétique.....	30
4.1. Ordination.....	31
4.2. Classification hiérarchique ascendante.....	32

## CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATION

1. Introduction.....	33
2. Analyse des données.....	34
2.1 Analyse des relevés floristiques.....	34
2.2 Analyse des correspondances détendancées.....	34
2.3 Individualisation des groupes de relevés.....	35
2.4 Classification hiérarchique ascendante.....	38
2.5 Caractérisation écologique et floristique des ensembles identifiés.....	39
2.6 Mise en évidence des gradients écologiques.....	40
2.7 Analyse canonique des correspondances.....	45
2.8. Conclusion.....	50
3. Diagnose phytosociologique.....	50
3.1. Introduction.....	50
3.2. Classe des <i>Salicornietea</i> Quézel, 1965.....	51
3.3. Classe des <i>Asterisceto-Forskhaletea</i> Quézel, 1965.....	53
3.4. Syntaxonomie des groupements identifiés.....	55
3.4.1. Association à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Fagonia microphylla</i> (Quézel, 1965).....	56
3.4.2. Association à <i>Arthrocnemum indicum</i> (Quézel, 1965).....	60
3.4.3. Association à <i>Salsola foetida</i> et <i>Suaeda vermiculata</i> (Quézel, 1965).....	64
3.4.4. Groupement à <i>Haloxylon scoparium</i> (Quézel, 1965).....	68
3.5. Conclusion.....	72
4. Etude de la phytodiversité des associations décrites.....	73

4.1. Le spectre biologique brut global.....	73
4.1.1. Le spectre biologique brut de l'ensemble I.....	74
4.1.2. Le spectre biologique brut de l'ensemble II .....	75
4.1.3. Le spectre biologique brut de l'ensemble III .....	76
4.1.4. Le spectre biologique brut de l'ensemble IV .....	77
4.1.5. Conclusion .....	77
4.2. Spectre phytogéographique brut global.....	77
4.2.1. Le spectre phytogéographique brut de l'ensemble I .....	79
4.2.2. Le spectre phytogéographique brut de l'ensemble II .....	79
4.2.3. Le spectre phytogéographique brut de l'ensemble III .....	80
4.2.4. Le spectre phytogéographique brut de l'ensemble IV.....	81
4.2.5. Conclusion.....	81
4.3. Composition systématique globale.....	82
4.3.1. Composition systématique de l'ensemble I .....	82
4.3.2. Composition systématique de l'ensemble II .....	83
4.3.3. Composition systématique de l'ensemble III .....	84
4.3.4. Composition systématique de l'ensemble VI .....	84
4.3.5. Conclusion.....	85
CONCLUSION GENERALE.....	86
Bibliographie.....	88

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I :</b> Précipitations mensuelles et annuelles de la station El Arfiane (1980-2007).....	10
<b>Tableau II :</b> Moyenne des températures maximales et minimales de la région d'El Arfiane durant la période (1980-2007).....	13
<b>Tableau III :</b> Variations de la vitesse moyenne annuelle et mensuelle des vents dans la région d' El Arfiane (1980-2007).....	15
<b>Tableau IV:</b> Richesse floristique et endémisme des principales familles sahariennes (Quézel, 1978).....	20
<b>Tableau V :</b> Tableau récapitulatif des sites prospectés et des relevés réalisés.....	33
<b>Tableau VI :</b> Contribution relatives des relevés et des espèces par rapport à l'axe1.....	41
<b>Tableau VII :</b> Contribution relatives des relevés et des espèces par rapport à l'axe 2.....	43
<b>Tableau VIII :</b> Valeurs propres et taux d'inertie des trois axes de l'ACC.....	46
<b>Tableau IX :</b> Valeurs des corrélations entre les facteurs écologiques et les axes 1, 2 et 3 de l'ACC.....	46
<b>Tableau X :</b> Valeur des corrélations entre les facteurs écologiques.....	47
<b>Tableau XI:</b> Association à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Fagonia microphylla</i> subsp. <i>Fruticans</i> .....	58
<b>Tableau XII :</b> Résultats des analyses physico-chimiques du sol des stations de l'association à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Fagonia microphylla</i> .....	59
<b>Tableau XIII:</b> Association à <i>Arthrocnemum indicum</i> .....	62
<b>Tableau XIV:</b> Résultats des analyses physico-chimiques du sol des stations de l'association à <i>Arthrocnemum indicum</i> .....	63
<b>Tableau XV:</b> Association à <i>Salsola foetida</i> et <i>Sueda vermiculata</i> .....	66
<b>Tableau XVI:</b> Résultats des analyses physico-chimiques du sol des stations de l'association à <i>Salsola foetida</i> et <i>Suaeda vermiculata</i> .....	67
<b>Tableau XVII :</b> Groupement <i>Haloxylon scoparium</i> .....	70
<b>Tableau XVIII:</b> Résultats des analyses physico-chimiques du sol des stations du groupement à <i>Haloxylon scoparium</i> .....	71

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Localisation géographique et limites administratives de la région d'étude.....	3
<b>Figure 02</b> Coupe géologique du Sahara septentrional (UNESCO, 1972).....	6
<b>Figure 03</b> : Système aquifère profond du Sahara septentrional Algérien (OSS, 2005).....	9
<b>Figure 04</b> : Régime pluviométrique saisonnier (1980-2007) dans la zone d'étude.....	11
<b>Figure 05</b> : Histogrammes représentant les pourcentages de l'humidité moyenne annuelle de 1980 à 2007 dans la région d'El Arfiane.....	12
<b>Figure 06</b> : Caractéristiques thermiques mensuelles pour la période 1980 à 2007 (Source ITDAS d'El Arfiane).....	14
<b>Figure 07</b> : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région d'El Arfiane de 1980 à 2007.....	16
<b>Figure 08</b> : Position de la station d'El Arfiane sur le climagramme d'Emberger pour la période 1980-2007 considérée.....	17
<b>Figure 09</b> : Diagramme de l'expression synthétique de la continentalité de la région d'El Arfiane	19
<b>Figure 09b</b> : Localisation des sites échantillonnés.....	27
<b>Figure 10</b> : Carte factorielle des 93 relevés sur le plan factoriel ½ de la DCA.....	36
<b>Figure 10b</b> : Carte factorielle des espèces sur le plan ½ de la DCA.....	37
<b>Figure 11</b> : Classification hiérarchique ascendante des 93 relevés.....	38
<b>Figure 12</b> : Répartition des relevés et gradients écologiques identifiés sur le plan factoriel ½ de l'analyse canonique des correspondances.....	49
<b>Figure 13</b> : Schéma syntaxonomique de la classe des <i>Salicornietea</i> Quézel, 1965.....	52
<b>Figure 14</b> : Schéma syntaxonomique de la classe des <i>Asterisceto-Forskahletea</i> .....	55
<b>Figure 15</b> : <i>Fagonia microphylla</i> en fleur.....	59
<b>Figure 16</b> : Vue d'ensemble de l'association à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Fagonia microphylla</i> (oued Berramt Avril 2009).....	60
<b>Figure 17</b> : Vue d'ensemble de l'Association à <i>Arthrocnemum glaucum</i> à Oum Tyour (novembre 2009).....	63
<b>Figure 18</b> : Vue d'ensemble de l'association à <i>Salsola foetida</i> et <i>Suaeda vermiculata</i> à Marizou (avril 2009).....	68

<b>Figure 19</b> : Vue d'ensemble du groupement à <i>Haloxylon scoparium</i> à oued Lehdedj.....	71
<b>Figure 20</b> : Spectre biologique global des espèces répertoriées dans la zone d'étude.....	73
<b>Figure 21</b> : Spectre biologique brut de l'Association à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Fagonia</i> <i>microphylla</i> subsp. <i>fruticans</i> .....	74
<b>Figure 22</b> : Spectre biologique brut du groupement à <i>Haloxylon scoparium</i> .....	75
<b>Figure 23</b> : Spectre biologique brut de l'Association à <i>Salsola foetida</i> et <i>Sueda vermiculata</i> .....	76
<b>Figure 24</b> : Spectre biologique brut de l'association à <i>Arthrocnemum indicum</i> .....	77
<b>Figure 25</b> : Spectre phytogéographique brut des espèces répertoriées dans la zone d'étude.....	78
<b>Figure 26</b> : Spectre phytogéographique brut de l'Association à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Fagonia</i> <i>microphylla</i> subsp. <i>fruticans</i> .....	79
<b>Figure 27</b> : Spectre phytogéographique brut du groupement à <i>Haloxylon scoparium</i> .....	80
<b>Figure 28</b> : Spectre phytogéographique brut de l'Association à <i>Salsola foetida</i> et <i>Suaeda</i> <i>vermiculata</i> .....	80
<b>Figure 29</b> : Spectre phytogéographique brut de l'Association à <i>Arthrocnemum indicum</i> .....	81
<b>Figure 30</b> : Nombre d'espèces par famille répertoriées dans la zone d'étude.....	82
<b>Figure 31</b> : Nombre d'espèces par famille de l'association à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Fagonia</i> <i>microphylla</i> subsp. <i>Fruticans</i> .....	83
<b>Figure 32</b> : Nombre d'espèces par famille du groupement à <i>Haloxylon scoparium</i> .....	84
<b>Figure 33</b> : Nombre d'espèces par famille de l'association à Association à <i>Salsola foetida</i> et <i>Suaeda vermiculata</i> .....	85
<b>Figure 34</b> : Nombre d'espèces par famille de l'association à <i>Arthrocnemum indicum</i> .....	86

## LISTE DES ABREVIATIONS

Km : Kilomètre.

UNESCO : organisation des nations unies pour la science et la culture.

S.A.S.S. : Système Aquifère du Sahara Septentrional.

m<sup>3</sup> : mètre cube.

CT : Complexe terminal.

CI : Continental intercalaire.

ITDAS : Institut technique pour le développement de l'agriculture saharienne.

mm : millimètre.

% : pour cent.

M : température moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m : température moyenne des minima du mois le plus froid.

°C : degré Celsius.

m/s : mètre par seconde.

Q<sub>2</sub> : Quotient pluviothermique.

°K : degré kelvin

GPS : global positioning system (système de positionnement globale).

C.E.M : mesure de la conductivité électromagnétique

mmhos : millimo

CaCO<sub>3</sub> : carbonate de calcium

HCl : acide chlorhydrique

AFC : Analyse factorielle des correspondances

D.C.A : Analyse des Correspondances Détendancées

A.C.C : Analyse Canonique des Correspondances

CHA : Classification hiérarchique ascendante.

R : relevé

CTR : contribution relative

pH : potentiel hydrogène

CE : conductivité électrique

CP : classe de présence

N° : numéro

LS : limono-sableux

SL : sablo-limoneux



## INTRODUCTION GENERALE

Le Sahara est le plus vaste désert au monde. Avec ses 9 millions de km<sup>2</sup>, il sépare le monde méditerranéen du monde tropical. Parmi les régions qui caractérisent ce Sahara, la région d'El M'Ghair ou la région du plus grand bassin versant en Algérie, constitue sans aucun doute une partie remarquable.

Cette région recèle des richesses naturelles extrêmement intéressantes et possède une faune et flore parfaitement adaptée aux conditions extrêmes de ce milieu. Sur le plan botanique, la flore d'El M'Ghair doit son originalité à la diversité des éléments biogéographiques qui la composent et au taux d'endémisme particulièrement élevé. Elle est composée, outre les éléments endémiques, d'éléments de type méditerranéen et saharo-arabique.

Sur le plan socio-économique, l'importance de cette région est due aux grandes dépressions fermées dont l'extraction des sels constitue une activité de grande envergure (chott Merouane produit à lui seul 120 000 tonnes d'halite par an destinée en grande partie à l'exportation). Par ailleurs, c'est une zone de parcours, laquelle, comme toutes les zones pastorales du pays, est soumise à des actions anthropiques plus ou moins sévères susceptibles d'altérer cet écosystème déjà fragilisé par des conditions climatiques extrêmes. La préservation de ces ressources naturelles est donc une nécessité à travers la mise en œuvre de politiques adéquates de préservation de ces espaces. Pour ce faire, une connaissance approfondie de ces ressources, notamment végétales, constitue un préalable incontournable.

L'objectif du présent travail s'inscrit précisément dans une optique de caractérisation de la couverture végétale en vue d'apporter les premiers éléments floristiques et écologiques d'une région très peu connue. En effet, les études portant sur la végétation de la région d'El M'Ghair sont très rares. Hormis les travaux de quelques botanistes et phytosociologues (Quézel et Santa 1962-1963 ; Quézel, 1965 et Ozenda, 2004) qui ont étudié la végétation du Sahara septentrional dans un contexte régional, seule une étude descriptive de la végétation halophile de la vallée de l'oued Righ (El M'Ghair comprise) a été réalisée par Halis *et al.* 2012 dont notre région d'étude n'était couverte que par quatre stations.

Nous tenterons à travers notre étude d'apporter une contribution à la connaissance et la description des groupements végétaux de la région d'El M'Ghair. Pour ce faire, le plan de travail adopté s'articule autour de trois chapitres : le premier chapitre sera consacré à la description

générale de notre zone d'étude. La méthodologie générale adoptée pour cette étude sera présentée dans le deuxième chapitre. Le troisième chapitre, le plus important de notre travail, traitera des résultats obtenus et leur interprétation et enfin une conclusion résumera les points importants de ce travail et les perspectives de recherches.

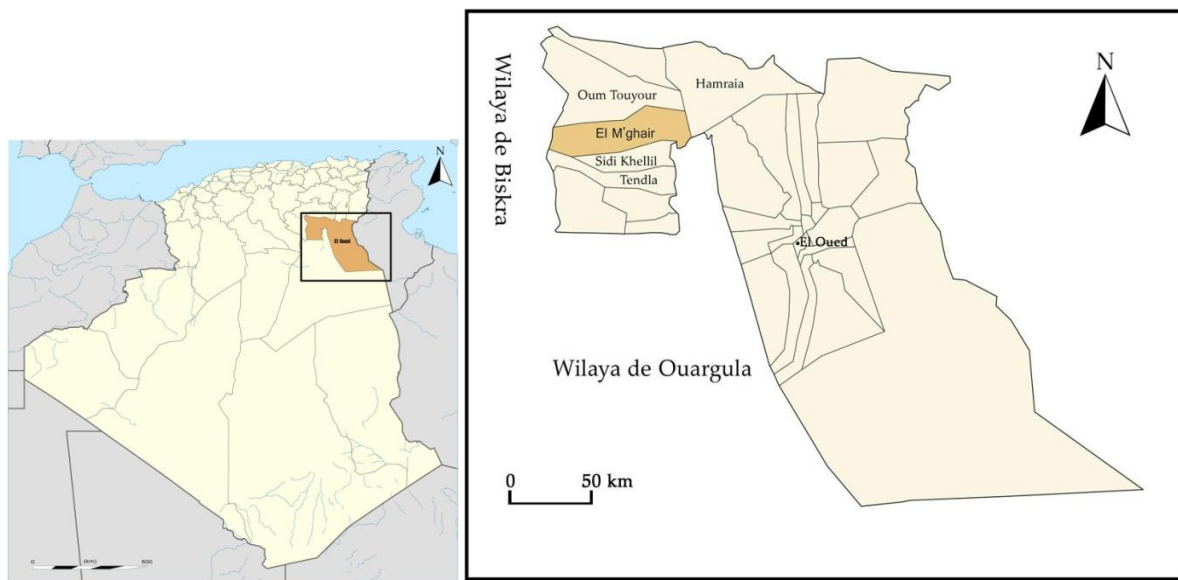
# CHAPITRE I : DESCRIPTION GENERALE DE LA REGION D'ETUDE

## 1. Situation géographique et administrative

Le territoire de la commune d'El M'Ghair est situé à 185 km au nord-ouest du chef lieu de la wilaya d'El Oued, il est composé de quatre localités:

- Dendouga
- El M'Ghair
- N'Sigha
- Zérig

Elle est limitée au nord par la commune d'Oum Tyour, à l'Est par les communes d'Oum Tyour et de Hamraia, au sud par la wilaya de Ouargla et les communes de Sidi Khellil et Tendla et à l'ouest par la wilaya de Biskra (Figure 01).



**Figure 01** : Localisation géographique et limites administratives de la région d'étude

## 2. Pédologie

Produit d'altération des roches par différents agents atmosphériques (pluie, gel, vent...) ou biologiques (racines, micro-organismes), le facteur de formation des sols au Sahara est essentiellement le vent, auquel s'ajoute l'ampleur des variations thermiques (amplitudes journalières et saisonnières). L'eau n'intervient qu'accessoirement par les phénomènes de ruissellement et d'évaporation (Ozenda, 1983).

Selon la classification française, les sols désertiques sont regroupés plusieurs classes (Dutil, 1971):

- *Sols minéraux bruts*, ils concernent la plus grande partie des sols du Sahara et résultent généralement de l'action du vent (phénomène d'ablation et d'accumulation ou apport).
- *Sols peu évolués*, le substrat perméable permet une infiltration rapide de l'eau. L'évolution pédologique reste faible.
- *Sols halomorphes*, le substrat peu perméable ne permet pas une infiltration rapide de l'eau, donc l'évolution pédologique est orientée obligatoirement vers les phénomènes de salures accentuées par suite des conditions d'évaporation intense.
- *Sols calcimagnésiques*, Ils regroupent les sols carbonatés parmi lesquels on retrouve :
  - les rendzines humifères sur les versants des djebels ;
  - les sols bruns calcaires à accumulation calcaire xérifiée qui sont très répandus sur les glacis polygéniques du Quaternaire ancien et moyen ;
  - les sols à encroûtement gypseux qui sont plus rares, représentés par des petites plages dans les zones de grès alternant avec les marnes et argiles versicolores.

Les sols carbonatés sont les plus répandus en Algérie, notamment dans les écosystèmes steppiques et présahariens où ils représentent de vastes étendues encroûtées.

### **3. Géologie**

Afin d'étudier la géologie de la zone de M'Ghair, nous étendrons le champ d'investigation à l'ensemble du Bas-Sahara, en raison de l'ampleur des structures géologiques, stratigraphiques et tectoniques, caractérisant cette région. Nous distinguons de bas en haut, trois ensembles:

- Les terrains Paléozoïques affleurent au sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinghert et le massif du Hoggar,
- Les terrains du Mésozoïque et Cénozoïque, constituent l'essentiel des affleurements des bordures du bas Sahara,

- Des dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaires, occupent le centre de la cuvette.

De nombreux travaux ont servi de base pour la description de la série stratigraphique dans la région d'étude (Busson 1972, Fabre 1976, Bel et Cuche 1969, Bel et Dermagne 1966). Les formations géologiques seront décrites du plus ancien au plus récent.

**L'Albien :** cet étage regroupe la masse des sables et argiles comprise entre la barre aptienne et l'horizon argileux sus-jacent attribué au Cénomaniens. On remarque que le changement de régime sédimentaire et l'arrivée en masse des sédiments détritiques s'est produit entre le Néocomien et le Barrémien et au cours de l'Albien (Fabre, 1976).

**Le Vraconien :** est le terme de passage entre l'Albien sableux (sommet du Continental Intercalaire) et le Cénomaniens argilo-carbonaté (base du Complexe Terminal).

**Le Cénomaniens :** constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, d'argiles et d'anhydrite. Le passage du Vraconien au Cénomaniens est net : un faciès sableux franc, rapporté à l'Albien, est suivi par des argiles et des évaporites, rapportées au Cénomaniens. La limite supérieure du Cénomaniens correspond à l'apparition des bancs calcaires ou dolomitiques massifs du Turonien ; elle est toujours nette.

**Le Turonien :** consiste en une épaisse barre de calcaire et de dolomie, qui tranche nettement avec les évaporites et les argiles du Cénomaniens au-dessous et du Sénonien au-dessus. Le Turonien, parmi toutes les formations géologiques du bassin oriental du Sahara algérien, est le mieux caractérisé dans la région d'étude avec une épaisseur allant de 25 à 70 m environ.

**Le Sénonien :** Il s'individualise en deux faciès:

*Le Sénonien inférieur* (Sénonien salifère et anhydritique) à sédimentation lagunaire caractérisée par des formations argileuses et salifères à anhydrite, il est très peu perméable (Busson, 1972).

*Le Sénonien supérieur* (Sénonien carbonaté) se présente par des formations carbonatées perméables.

**L'Eocène :** sont distingués : L'Eocène carbonaté est formé essentiellement par des dolomies et des calcaires dolomitiques avec quelques intercalations de marnes, d'argile et même

d'anhydrite et de sel. Son épaisseur atteint une centaine de mètres sous les chotts (Bel et Cuche, 1969).

### Le Mio-Plio-Quaternaire

Le Tertiaire continental du Sahara peut être relativement épais (150 m). Il se présente sous forme d'un faciès sableux et argileux avec du gypse. Dans le bas Sahara, la sédimentation lacustre se présente sous forme de séries sableuses et argileuses connues sous le nom du Continental Terminal (Mio-Pliocène) dont l'épaisseur peut atteindre dans la région des Chotts algéro-tunisiens quelques centaines de mètres. On y identifie, dans la région de Oued Righ deux niveaux aquifères au sein des sables qui sont séparés par une couche argileuse au milieu (première et deuxième nappe de l'Oued Righ). L'ensemble est surmonté par le Plio-Quaternaire argilo-sableux et gypseux qui résulte de la sédimentation en milieu lacustre durant la phase d'assèchement des lagunes et des chotts (Busson, 1972).

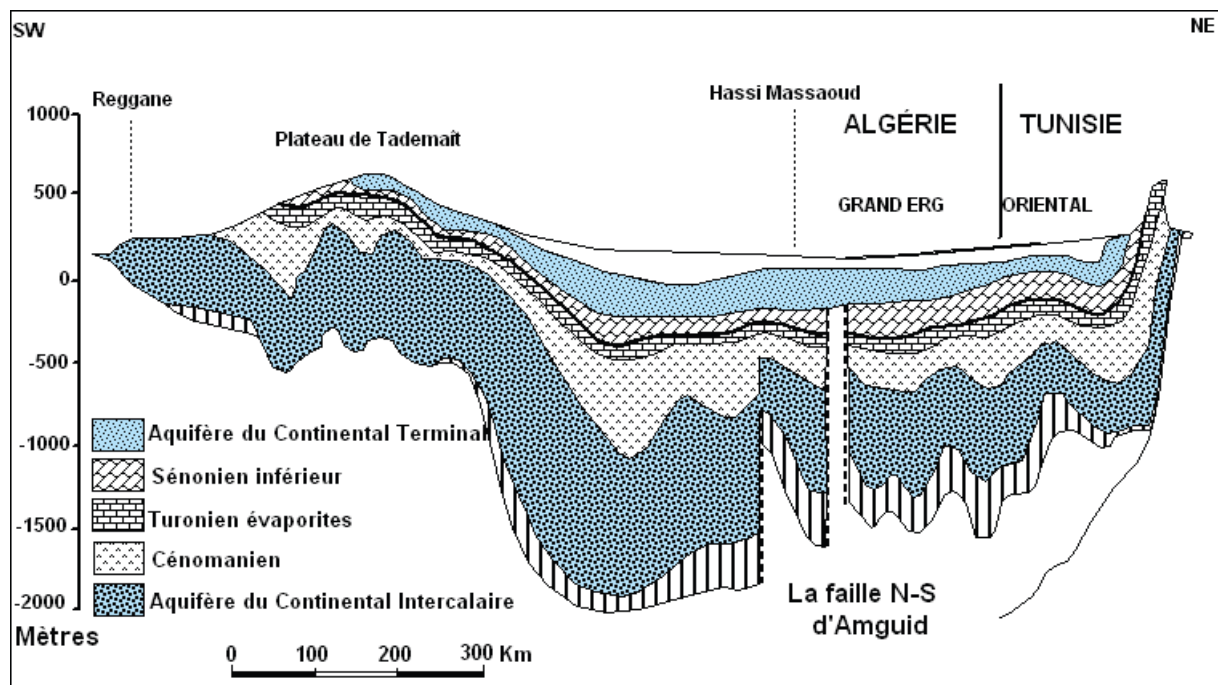


Figure 2 Coupe géologique du Sahara septentrional (UNESCO, 1972)

#### 4. Géomorphologie

Sur le plan géomorphologique, le Sahara possède plusieurs paysages caractéristiques. Les oueds descendant des reliefs se perdent souvent dans des dépressions, s'ennoient dans les ergs ou terminent leur course en mer. On peut aussi distinguer des plateaux sur lesquels s'érigent des reliefs (Hamdi Aissa, 2001). Ainsi, les principaux habitats géomorphologiques qui caractérisent notre zone d'étude sont les suivants :

**Les Hamadas :** ce sont des plateaux rocheux à topographie très monotone, souvent plate à perte de vue.

**Les Regs :** ce sont des plaines de graviers et de fragments rocheux. Au Sahara, ils occupent des surfaces très importantes.

**Les accumulations sableuses :** le sable est un élément essentiel du paysage saharien. Cependant, les dunes sont loin de recouvrir la totalité du Sahara, et se localisent généralement dans de vastes régions ensablées appelées les ergs.

**Les Sebkhha et les Chott :** ce sont des dépressions qui se forment lorsque les eaux s'évaporent sous l'effet de la chaleur, des plaques de sels divers se déposent en surface formant suivant l'origine de leurs eaux (phréatiques ou superficielles) les chotts et les sebkhas (Dubief, 1963).

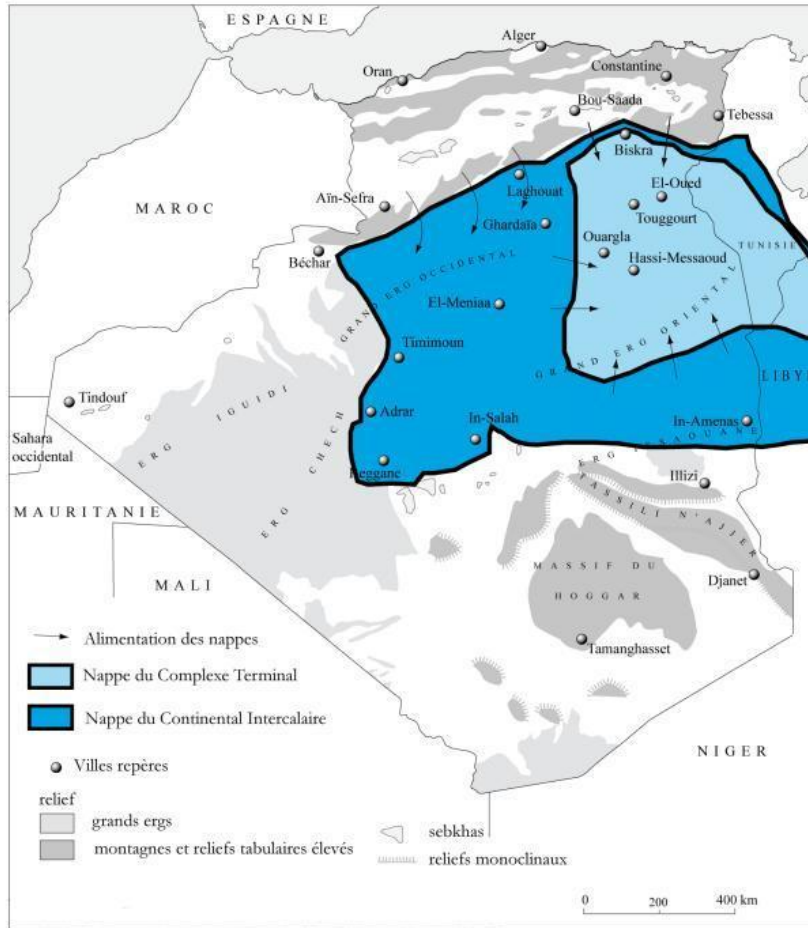
**L'Oued :** cours d'eau dont l'écoulement est périodique formant des vallées à écoulement temporaire. Dans notre zone d'étude, il s'agira du type géomorphologique dans lequel nous effectuerons l'ensemble de nos relevés.

#### 5. Hydrogéologie

Si l'aridité est une contrainte majeure au Sahara algérien, son sous-sol contient parmi les plus vastes réserves hydrauliques reconnues à l'échelle mondiale (Kouzmine, 2007). Leur existence est liée à la lithologie spécifique du bouclier saharien où alternent couches perméables et imperméables. Les séries sédimentaires qui recouvrent le socle ont permis de pérenniser ces ressources d'eau fossile, faiblement renouvelables. Deux aquifères majeurs furent découverts subséquentement au développement des forages liés aux activités pétrolières à partir des années 1950 (figure n°3) et forment conjointement le Système Aquifère du Sahara Septentrional (S.A.S.S.).

**Le Complexe Terminal :** c'est le plus anciennement utilisé et constitue les réserves hydrauliques sur lesquelles repose « l'irrigation de l'essentiel des palmeraies du Bas-Sahara » (Dubost, 1991). Cet ensemble est composé de plusieurs aquifères situés dans différentes formations géologiques, mais faisant partie du même ensemble hydraulique. Cet aquifère, dont le toit varie généralement entre 300 m et 400 m en dessous de la surface topographique, est présent dans tout le Sahara algérien septentrional. Il s'étend de l'accident sud-atlasique aux plateaux du Tademaït et de Tinrhert au sud, et se prolonge vers l'est dans le sud tunisien et le nord libyen, couvrant une superficie d'environ 665 000 km<sup>2</sup> (Dubost, 1991). Des estimations récentes proposent un bilan théorique de réserves évaluées à  $11\,000 \times 10^9$  m<sup>3</sup> pour l'ensemble du système (Algérie, Tunisie et Libye) (Ould Baba Sy, 2005).

**Le Continental Intercalaire** ou nappe albienne, recouvre une superficie d'environ 1 100 000 km<sup>2</sup> (Algérie, Tunisie et Libye) et fut progressivement reconnu et délimité entre 1940 et 1960 (Dubost, 1991). D'un point de vue spatial, cet aquifère couvre la totalité du Sahara algérien septentrional, limité à l'ouest par les oueds Saoura-Messaoud et au nord par la flexure sud-atlasique et au sud par une ligne d'affleurement passant par Adrar, Reggane, In-Salah et Bordj-Omar-Driss (Dubost, 1991). La profondeur du toit de l'aquifère varie entre -650 m et -1 000 m environ (Côte, 1996). Les réserves estimées récemment révèlent un potentiel théorique de  $20\,000 \times 10^9$  m<sup>3</sup>. Ainsi, les réserves théoriques appréciées pour l'ensemble du système S.A.S.S. s'élèvent à environ  $31\,000 \times 10^9$  m<sup>3</sup> (Kouzmine, 2007).



**Figure 03:** Système aquifère profond du Sahara septentrional Algérien (Selon Côte M. 1996 ; Observatoire du Sahara et du Sahel, 2005 *in* Kouzmine, 2007)

L'oued Righ fait partie d'une grande dépression piézométrique à axe subméri dien centré sur le point le plus bas à chott Melghigh. Cette dépression renferme dans son sous sol les deux systèmes aquifères du Sahara à savoir: le complexe terminal et le complexe intercalaire. Cependant, et à la faveur de l'activité humaine, il a eu le développement d'une nappe phréatique libre dont la profondeur varie entre 50 et 60m. Alimentée par les pluies et les infiltrations des systèmes d'irrigations, elle affleure à la surface du sol en plusieurs endroits de la vallée et ces eaux sont d'une salinité excessive (13g/l) (Durant et al., 1955).

## 6. Cadre climatique

Le climat revêt une importance majeure pour les êtres vivants et en particulier pour les végétaux (Ozenda, 2004). Parmi les facteurs climatiques, la pluviométrie et la température en sont les principaux. Leur combinaison constitue un élément décisif pour la caractérisation des

formations végétales car elle détermine leur distribution et leur développement (Quézel et Médail, 2003).

Pour l'étude de la partie climatique de la région d'**EL M'Ghair**, nous avons choisi la région d'El Arfiane, région la plus proche de la notre et qui possède les mêmes conditions stationnelles. Nous avons donc exploité les données provenant de la station météorologique de l'ITDAS d'El Arfiane et cela pour une période de 28 ans (**1980 à 2007**). Les deux paramètres considérés comme les plus pertinents, notamment en zone saharienne, sont la pluviométrie et la température. Ils seront de ce fait présentés et discutés ci-dessous.

### 6.1. Les précipitations

La pluviosité du point de vue quantitatif, est exprimée en général par la pluviosité annuelle. Elle peut être utilisée comme un élément caractéristique du climat (Le Houerou, 1969 ; Celles, 1975). La variation des paramètres climatiques, telles que l'évapotranspiration et la durée de la saison sèche, augmentent quand la pluviosité diminue (Le Houerou et Hoste 1977). Il est d'usage de s'intéresser aux variations des paramètres climatiques à travers les moyennes mensuelles et annuelles des quantités de pluie. Ces valeurs sont représentées dans le tableau suivant (Tableau I):

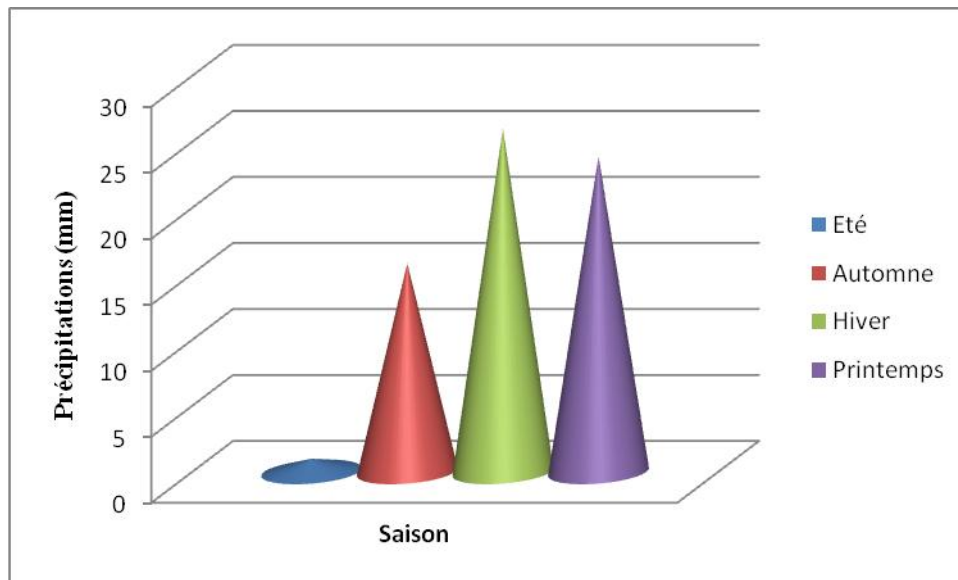
**Tableau I** : Précipitations mensuelles et annuelles de la station El Arfiane (1980-2007).

Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	P annuelle
El Arfiane	11,8	10,7	<b>13,3</b>	9,1	1,5	1,1	<u>0</u>	<u>0</u>	1	2,7	12,1	3,5	<b>66,8</b>

A partir des données récoltées sur la période de 1980 à 2007 dans la zone d'El Arfiane située à 20 m d'altitude, nous constatons que moyenne du total pluviométrique annuel sur 27 ans est de : **66.8 mm** à El Arfiane. Les mois de juillet et d'août représentent les mois les plus secs. Les précipitations atteignent leurs valeurs maximales au mois de mars avec **13.3 mm** suivies du mois de novembre avec **12.1 mm**.

### 6.2. Variations pluviométriques saisonnières

Le régime pluviométrique est également utilisé comme un élément caractéristique du climat. Pour le végétal, la répartition des pluies est plus importante que la quantité pluviométrique annuelle. La variation du régime pluviométrique saisonnier est illustrée par la figure 4.



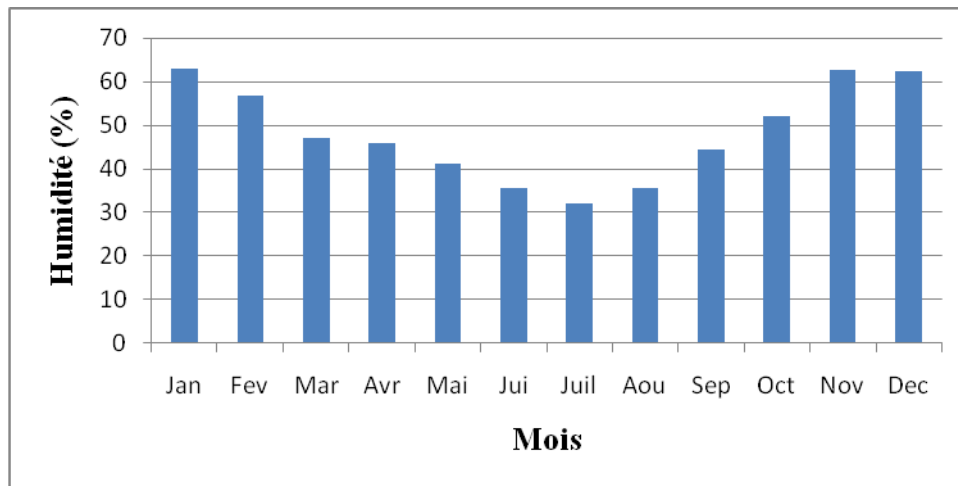
**Figure 04 :** Régime pluviométrique saisonnier (1980-2007) dans la zone d'étude.

L'analyse de la figure précédente montre que le régime saisonnier est marqué par la dominance des pluies d'hiver et de printemps. Le minimum est enregistré durant la saison estivale qui est également la plus chaude. Le régime saisonnier de la zone d'étude sur une période de 28 ans (1980 à 2007) est de type : **HPAE**.

Cette station représente un minimum estival, ce qui est une des caractéristiques essentielles du climat méditerranéen (Emberger, 1930 et Daget, 1977). Ainsi, malgré la faiblesse des pluies estivales, la période d'occurrence des pluies automnales et printanières favorisent les germinations et accélèrent le développement de la végétation (Amghar 2002).

### 6.3. Humidité relative

L'humidité moyenne mensuelle varie entre **32 % (juillet)** et **62,8% (janvier)** au cours de la période 1980 à 2007 (Figure 05).



**Figure 05:** Histogrammes représentant les pourcentages de l’humidité moyenne annuelle de 1980 à 2007 dans la région d’El Arfiane.

L’humidité relative moyenne annuelle est de **48.21 %** . Cette valeur moyenne divise l’année en deux périodes : une période humide qui s’étale d’octobre à avril et une période sèche qui s’étale de mai à septembre.

#### 6. 4. Les températures

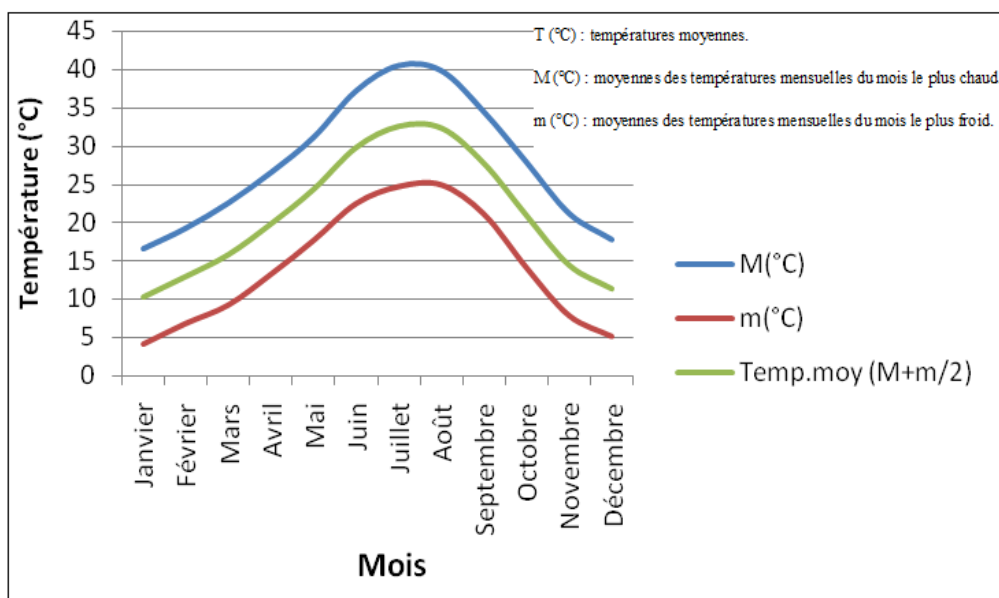
Les températures, tout comme la pluviosité, sont des éléments importants pour la vie des végétaux. La vie végétale se déroule entre des minima et maxima thermiques bien connus et demeurent encore favorables dans un climat de type saharien (Emberger, 1930, Ozenda, 1955, Aidoud , 1989 et Nedjraoui, 1990).

La moyenne des températures minimales du mois le plus froid « **m** » et la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « **M** » jouent un rôle essentiel sur la phénologie des espèces végétales (Aidoud, 1989 et Nedjraoui, 1990).

Les valeurs des températures minimales, maximales et moyennes de la station d’El Arfiane pour la période **1980-2007** sont présentées dans le tableau II et la figure 06 :

**Tableau II** : Moyenne des températures maximales et minimales de la région d'El Arfiame durant la période (1980-2007).

Mois	M(°C)	m(°C)	Températmoy.(M+m)/2
<b>Janvier</b>	16,5	<b>4,1</b>	<b>10,3</b>
<b>Février</b>	19,2	6,8	13
<b>Mars</b>	22,5	9,2	15,85
<b>Avril</b>	26,5	13,2	19,85
<b>Mai</b>	31,1	17,6	24,35
<b>Juin</b>	37,2	22,4	29,8
<b>Juillet</b>	<b>40,5</b>	24,6	<b>32,55</b>
<b>Août</b>	39,8	24,8	32,3
<b>Septembre</b>	34,4	21	27,7
<b>Octobre</b>	27,8	14	20,9
<b>Novembre</b>	21,1	7,8	14,45
<b>Décembre</b>	17,7	5,1	11,4
<b>Températ.Moyenne annuelle</b>	$(40,5 + 4,1) / 2 = 22,3$		
<b>Température maximale(Tmax).</b>	<b>33,65</b>		
<b>Température minimale(Tmin).</b>	<b>11,19</b>		
<b>Amplitude thermique moyenne (A)</b>	$T_{max} - T_{min} = 22,46 \text{ °C}$		



**Figure 06:** Caractéristiques thermiques mensuelles et annuelles pour la période 1980 à 2007 (Source ITDAS d'El Arfiane).

La station d'El Arfiane est dotée d'une température moyenne des minima du mois le plus froid de **4.1 °C** au mois de **janvier** et d'une moyenne des maxima du mois le plus chaud de **40.5 °C** au mois de **juillet**.

L'amplitude thermique annuelle de la température de l'air ou degré de continentalité au sens de Giacobbe (1949 *in* Djebaili, 1984) est définie par la différence entre les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid. Cette amplitude est relativement forte dans notre région, elle est de : **22.46 °C**.

### 6.5. Variations du vent

Le vent est un élément important à ne pas négliger, il est défini comme étant l'air qui se déplace des anticyclones (hautes pressions) vers les dépressions (basses pressions).

Il agit directement par son action mécanique sur la végétation et le sol, et soit indirectement en modifiant la température et l'humidité. Les valeurs de la vitesse moyenne annuelle et mensuelle des vents de la station d'El Arfiane (**1980-2007**) sont présentées dans le tableau III.

**Tableau III :** Variations de la vitesse moyenne annuelle et mensuelle des vents dans la région d' El Arfiane (1980-2007).

<b>Station El Arfiane</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jui</b>	<b>Juil</b>	<b>Aou</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Moy. annuelle</b>
<b>Vent (m/s)</b>	2,9	3,2	3,7	4,4	4,4	4,1	3,5	3,8	3,1	2,8	2,4	2,7	<b>3,42</b>

La vitesse moyenne du vent pour la période (1980-2007) varie de 2.4 à 4.4 m/s dans la région d'El Arfiane. Elle atteint son minimum au mois de novembre et son maximum au mois d'avril et mai. Pour ce qui est de la vitesse moyenne annuelle, elle est de : **3.42 m /s.**

## 6.6. Synthèse climatique

Pour la synthèse climatique, nous avons retenu le diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gaussen (1953)** et le climagramme **d'Emberger (1955)** Ces deux synthèses, généralement retenus pour caractériser le climat méditerranéen, sont également tout à fait appropriés pour une synthèse climatique d'une région saharienne où le même régime thermique est enregistré.

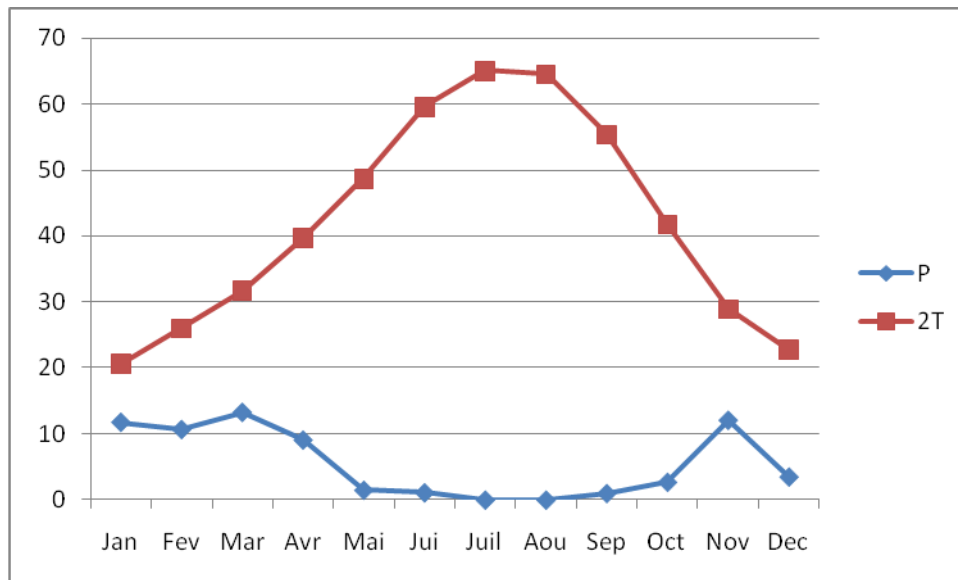
### 6.6.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).

Pour **Bagnouls et Gaussen (1953)**, un mois sec est celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est égale ou inférieur au double de la température mensuelle exprimé en degré Celsius ( $P \leq 2T$ ).

Cette relation permet de représenter sur un même graphique les précipitations et les températures moyennes mensuelles. Les intersections de la courbe thermique et de la courbe des précipitations déterminent la durée de la période sèche.

**P :** Précipitations en millimètre.

**T :** température moyenne mensuelle en degrés celsius.



**Figure 07:** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région d'El Arfiame de 1980 à 2007.

La période au cours de laquelle la courbe des températures est située au-dessus de celle des précipitations est la période sèche. Il ressort que la région est caractérisée par une **période sèche** qui s'étend sur toute l'année.

### 6.6.2 Climagramme pluviothermique d'Emberger (1955)

**Emberger (1955)** proposait un quotient pluviothermique qui nous renseigne sur le caractère xérique d'un biotope et qui prend en considération la température et la pluviosité. Ce quotient est spécifique du climat méditerranéen. Le quotient a été formulé de la façon suivante :

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

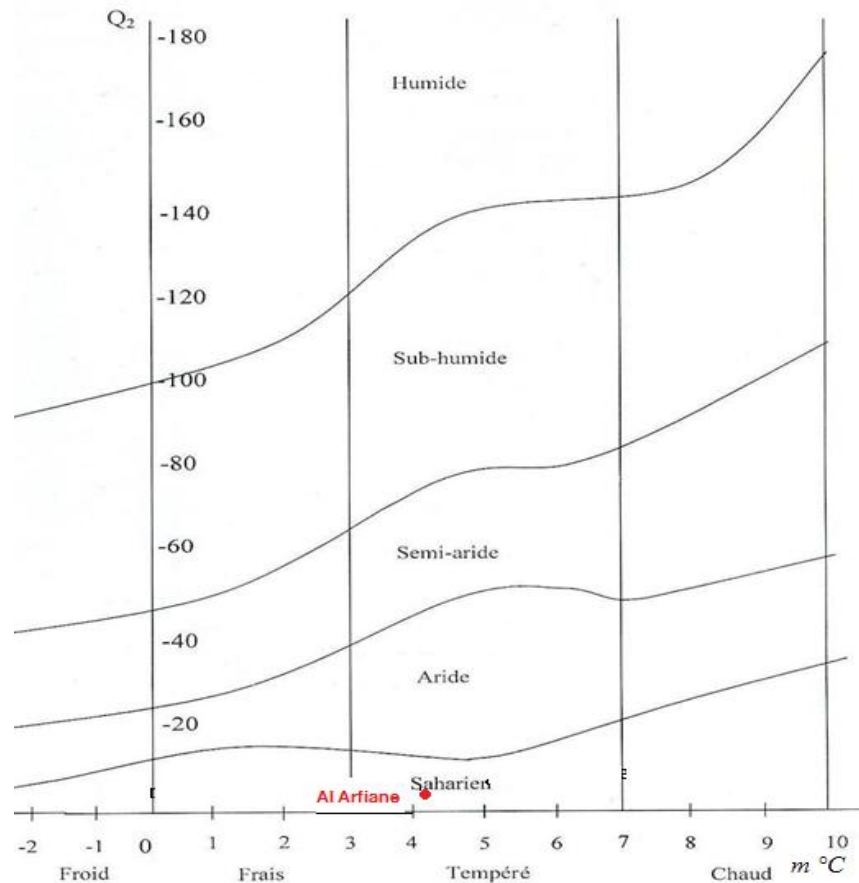
$$Q_2 = 6.32$$

**Q<sub>2</sub>** : le quotient pluviothermique.

**P** : la pluviosité moyenne annuelle en (mm).

**M** : la moyenne des maximums thermiques du mois le plus chaud en (°K).

**m** : la moyenne des minimums thermiques du mois le plus froid en (°K).



**Figure 08:** Position de la station d'El Arfiane sur le climagramme d'Emberger pour la période 1980-2007 considérée.

Les valeurs du quotient pluviométrique  $Q_2$  et de  $m$  reportées sur le Climagramme d'Emberger, permettent de positionner la station d'el Arfiane dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré (Figure 08).

### 6.6.3 Le diagramme de continentalité.

**La continentalité thermique ( $K'$ ):** Un coefficient ( $K$ ) pour mesurer la continentalité d'un lieu est proposé par Gorczynski (1920) en connaissant l'amplitude annuelle de la température et la latitude du lieu. Conrad *et al.*, 1962 in Daget, 1968 soulignent que l'altitude et la latitude réduisent l'amplitude. De ce fait, des modifications de l'indice  $K$  ont été proposées et un deuxième indice  $K'$  a été établi :

$$K' = \frac{1.7 A}{\text{Sin} (\phi + 9h + 10)} - 14$$

Où :

**A** : l'amplitude thermique moyenne annuelle qui est la différence des moyennes maximales et celles minimales de l'année.

**φ** : Latitude en degrés d'arc.

**h** : L'altitude en Km.

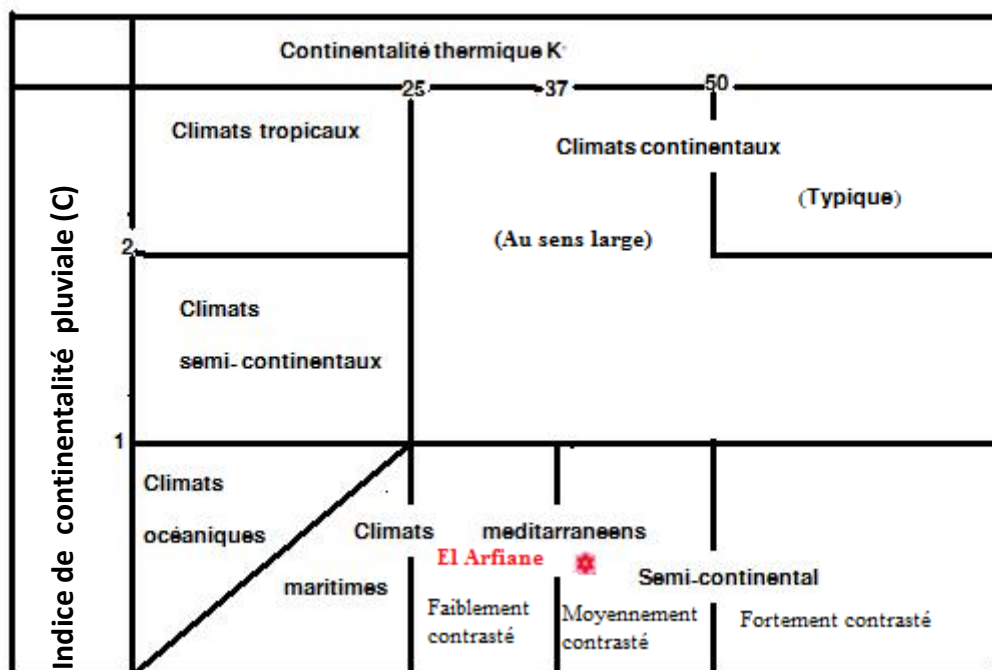
Ce coefficient qui varie de 0 à 100 mais dans notre région (El Arfiane) ; il est égale à **40.69** ( $37 < K' < 50$ ) donc elle appartient aux climats contrastés (semi- continentaux) de point de vue thermique (Conrad et al. 1962 in Daget, 1968).

**La continentalité pluviale (C)** : Elle est définie comme étant le rapport de la somme des précipitations des six mois les plus chaudes (P1) et de la somme des six mois les plus froids (P2).

$$C = P1 / P2$$

L'indice de continentalité pluviale de la région d'El Arfiane est égale à : **0.52** ( $< 1$ ) donc elle appartient aux climats méditerranéens ou océaniques ou équatoriaux.

La combinaison des **continentalités pluviales (C) et thermiques (K')** permet de caractériser le climat de notre station et il permet de rechercher la continentalité (Daget, 1977). Par la superposition des deux indices sur le diagramme de continentalité, on peut déduire que notre région El Arfiane appartient au climat **méditerranéen semi-continental moyennement contrasté** (Figure 09).



**Figure 09:** Diagramme de l'expression synthétique de la continentalité de la région d'El Arfiâne.

## 7. Flore et végétation du Sahara

### 7.1. Flore saharienne

La flore saharienne apparaît comme très pauvre si l'on compare le petit nombre d'espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre (Ozenda, 2004). En effet, sur une surface d'environ neuf millions de km<sup>2</sup>, elle ne compte que 1200 espèces, soit une richesse aréale ne dépassant guère les 150 espèces par 10.000 km<sup>2</sup>. Alors que pour la Méditerranée elle est de l'ordre de 1.000 à 2.000 espèces. Cette pauvreté floristique est la résultante de la conjonction de plusieurs facteurs défavorables dont une pluviosité faible et aléatoire, de longues périodes de sécheresse absolue, une forte évaporation due à de très fortes chaleurs dans les couches superficiels du sol et d'un substrat pédologique ingrat (Ozenda, 2004 ; Barry *et al.*, 1976; Mainguet, 1995). Malgré ces contraintes climatiques et pédologiques la composition systématique de la flore saharienne se caractérise par sa diversité. En effet, il y aurait presque autant de familles au Sahara que dans la flore européenne (Ozenda, 2004). Elle se répartie en 104 familles d'Angiospermes dont les principales sont les Asteracées, les Fabacées et les Poacées qui représentent à elles seules 35% à 40% de la flore saharienne (Tableau VI).

**Tableau IV** : Richesse floristique et endémisme des principales familles sahariennes  
(Quézel, 1978)

<b>Famille</b>	<b>Genre</b>	<b>Espèces</b>	<b>Nombre d'espèces endémiques</b>
Astéracées	80	<b>164</b>	13
Poacées	74	<b>203</b>	19
Brassicacées	44	73	12
Fabacées	30	154	21
Chénopodiacées	23	<b>64</b>	3
Caryophyllacées	22	73	13

Une famille seulement représente les Gymnosperme et 10 familles pour les Cryptogames (Quézel, 1978). L'endémisme quand à lui est particulièrement élevé au Sahara. En effet, les spécificités biologiques de ces vastes étendues constituent des barrières à la dissémination des espèces ; il en résulte un endémisme très développé.

Ozenda (2004) propose une liste d'espèces endémiques pour les trois grandes subdivisions phytogéographiques du Sahara. Ces listes contiennent 162 espèces pour le Sahara septentrionale, occidentale et centrale. L'auteur considère que le nombre total des espèces de ces trois subdivisions avoisine les 650 espèces, ce qui correspond à un endémisme spécifique qui atteint la valeur remarquable de 25%.

Du point de vue biogéographique, le Sahara constitue une large barrière séparant le monde méditerranéen au Nord et le monde tropicale au Sud. Ces deux faits fondamentaux tracent les cadres de sa biogéographie et les grandes lignes qui ont présidé son peuplement (Schnell, 1976) :

- Pénétration dans sa marge septentrionale de groupes holarctiques et dans ces régions méridionales de groupes tropicaux ;

- Existence de groupes xériques à large pénétration africano-asiatique traduisant des migrations plus au moins anciennes entre l’Afrique et l’Asie aride.

## **7.2. Flore d’El M’Ghair**

Hormis les travaux de quelques botanistes et phytosociologues (Quézel et Santa 1962-1963 ; Quézel, 1965 et Ozenda, 2004) qui ont étudié la végétation du Sahara septentrional dans un contexte régional, seule une étude descriptive de la végétation halophile de la vallée de l’oued Righ (El M’Ghair comprise) a été réalisée par Halis *et al.* 2012, à cet effet ils ont réalisé 67 relevés dans toute la vallée pour un total de 38 espèces halophiles recensées. Notre étude est une première description de la végétation d’une région remarquable et peu explorée d’une portion orientale du Sahara septentrional. Cette description porte sur la caractérisation sur le plan floristique et écologique des principaux groupements végétaux rencontrés dans la région.

## **7.3. Végétation saharienne**

Au Sahara, les groupements végétaux se retrouvent surtout confinés au niveau des habitats où les conditions topographiques sont favorables au maintien d’une vie végétale. Il s’agit principalement des dépressions, des lits d’oueds et à un degré moindre, des flancs de montagnes ou collines (djebels) et des régions dunaires (ergs). Ce type de distribution de la végétation a été défini par Monod (1954) comme étant un « mode contracté », par opposition au « mode diffus » des climats plus humides. Chaque habitat héberge ainsi un ou plusieurs groupements qui lui sont fidèles.

## **7.4. Etudes effectuées dans la portion orientale du Sahara septentrional**

Parmi les premiers travaux effectués au Sahara septentrional algérien et des régions limitrophes, les premiers jalons sont posés par Braun-Blanquet (1949) qui entreprit un premier aperçu phytosociologique dans le Sahara tunisien. Ce travail est suivi d’une importante contribution réalisée par Guinochet (1951) sur les divers groupements végétaux de la bordure saharienne.

Dubuis et Simonneau (1958) réalisent une étude descriptive de la flore et de la végétation de la région de Hassi-Messaoud. Le Houérou (1958 et 1959) décrit pour la première fois un

arbuste du Grand Erg oriental : *Calligonum arich*. Il entreprend également des recherches phytoécologiques sur la flore de la Tunisie méridionale.

Une étude phytosociologique est réalisée par Quézel (1962) concernant l'association à *Moricandia arvensis* et *Cymbopogon schoenanthus* de la chebka du M'zab.

Barry et Celles (1972) établissent une étude relative aux problèmes des subdivisions bioclimatiques et floristiques au Sahara. Cette synthèse fera l'objet de plusieurs publications dans différents secteurs du Sahara algérien (Barry et Celles, 1972 et 1973 ; Barry & al, 1976 et 1981 ; Barry & al, 1985).

Barry et Faurel (1973) réalisent une carte de la végétation de la région de Ghardaïa au 1/500.000.

Celles (1975) apporte une contribution majeure dans une étude synthétique de la végétation et de la flore du sud constantinois dans le Sahara oriental.

Grim (1991) réalise une étude biosystématique de quelques espèces algériennes du genre *Zygophyllum* dans la région d'El-Goléa, Ouargla et El-Oued.

Kaabèche et Gharzouli (1994) décrivent deux associations : *Ferula vesceritensis* et *Fagonia fruticans* d'une part et *Ziziphus lotus* et *Coronilla juncea* dans la chebka du M'Zab d'autre part.

Enfin, Barakat (1995) dans une étude anthracologique apporte une contribution archéobotanique à l'histoire de la végétation du Sahara oriental.

## **8. Conclusion**

Notre zone d'étude correspond à la région d'El M'Ghair qui se situe dans la partie Nord de la vallée de l'oued Righ. Il s'agit d'une région de basse altitude, d'ailleurs c'est la région la plus basse en Algérie (d'où le nom du bas Sahara). Sur le plan géomorphologique, les différents habitats rencontrés sont très variés : les oueds, les chotts et les sebkhat, les hamada, les regs et les accumulations sableuses. Les sols qu'on y trouve sont en général meubles, aérés en surface et en majorité salés. La salure est de type sulphato-calcique dans les sols les moins salés (C.E < 6 mmhos) et de type chlorurosodique pour les sols les plus salés (C.E > 6 mmhos). Sur le plan climatique, la région d'El M'Ghair est située dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré. Les espèces constituant la flore d'El M'Ghair sont de diverses

origines biogéographiques (saharo-arabique, méditerranéenne) avec cependant un taux d'endémisme remarquable. Devant l'insuffisance des études des groupements végétaux réalisées dans cette portion du Sahara septentrional algérien où on compte une seule étude descriptive de la végétation halophile de la vallée de l'oued Righ réalisée par Halis *et al.* 2012, notre étude s'inscrit donc comme pionnière et originale pour la région d'El M'Ghair.

## **CHAPITRE II : METHODOLOGIE GENERALE**

### **1. Introduction**

L'objectif de notre étude est la description de la végétation halo-gypsophile de la région d'El M'Ghair. Ce travail abordera donc les aspects écologiques, floristiques et phytosociologiques de la couverture végétale de la zone d'étude. Cette dernière se localise à l'extrême Nord Ouest de la wilaya d'El Oued et constitue la partie Nord de la fameuse vallée de l'Oued Righr. Cet oued prend naissance dans la région de Tougourt (El Goug) pour rejoindre oued Khrouf (classé site Ramsar 2003) dans la région d'El M'Ghair, et qui rejoint à son tour le Chott Merouane près de Dendouga.

Pour répondre à l'objectif de la présente étude, nous avons adopté la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1952) (Géhu et Rivas-Martinez, 1981). Cette méthode, largement appliquée pour la description des groupements végétaux du Nord de l'Algérie (Abdelkrim, 1984 ; Dahmani, 1997 et Kadi-Hanifi, 1998) et des régions sahariennes (Benhouhou, 1991 et Boucheneb, 2000), est sans nul doute la plus rigoureuse et la plus performante pour la description de la végétation (Lacoste et Salanon, 1999).

### **2. Définition, objectifs et concepts fondamentaux de la phytosociologie**

La phytosociologie est la science des groupements végétaux ou syntaxons ordonnés en un système hiérarchisé où l'association est l'unité fondamentale élémentaire (Géhu & Rivas-Martinez, 1981).

L'objectif de la phytosociologie réside en la description et la compréhension de la végétation, l'organisation dans l'espace et dans le temps, sur le plan qualitatif et quantitatif des espèces végétales qui la constitue (Meddour, 2011). Une connaissance de l'association est le moyen le plus efficace pour d'une part, diagnostiquer les habitats et d'autre part, prévoir comment peut évoluer la végétation en un lieu donné (Guinochet, 1973).

Pour ce faire, et dans un objectif de mieux comprendre les facteurs régissant la distribution de la végétation dans notre région d'étude, nous avons couplé la prise de relevés floristiques avec une autre prise des échantillons de sol pour chaque station étudiée. L'objectif de la seconde étape est d'ordonner les relevés de manière à mettre en évidence des assemblages d'espèces, de

composition homogène, pour un éventuel rattachement aux unités syntaxonomiques décrites pour la région.

## **2.1. Concept de l'association végétale et de l'individu d'association**

L'association végétale est un groupement végétal plus ou moins stable et en équilibre avec le milieu ambiant, caractérisé par une composition floristique déterminée, dans laquelle certains éléments exclusifs ou à peu près "espèces caractéristiques" révèlent, par leur présence, une écologie particulière et autonome (Braun-Blanquet *et al.*, 1952).

Comme en taxonomie où l'individu est la réalité concrète de l'espèce, "l'individu d'association" étudié par le relevé est le seul objet concret de la phytosociologie. L'individu d'association est donc une surface de végétation représentative sur le terrain d'une association végétale (Allorge, 1922 *in* Guinochet, 1973, Bouzillé, 2007 ; Meddour, 2011).

L'association végétale est donc un concept abstrait qui se dégage d'un ensemble d'individus d'association possédant en commun à peu près les mêmes caractères floristiques, statistiques, écologiques, dynamiques, chorologiques et historiques (Géhu, 1980). La réalisation des relevés selon une démarche rigoureuse est donc capitale pour pouvoir décrire des associations végétales qui reflètent fidèlement la réalité.

## **3. Phase analytique**

La méthode sigmatiste ou la méthode des tableaux comporte une étape analytique et une étape synthétique. La phase analytique est l'étape de la réalisation des relevés sur terrain. Le relevé phytosociologique est un inventaire complet des espèces présentes dans un individu d'association. Ce dernier doit être localisé avec le plus de précision possible pour permettre de le retrouver en vue d'éventuelles observations complémentaires et il peut, en outre, être utile de noter divers caractères relatifs à la station et à la physionomie et la structure de la végétation (Guinochet, 1973). Au sein du relevé, chaque espèce doit être accompagnée de coefficients qualitatifs et quantitatifs (abondance-dominance, sociabilité) (Géhu & Rivas-Martinez, 1981).

L'élaboration des relevés sur terrain doit répondre à deux exigences: le choix de l'emplacement en utilisant la technique d'échantillonnage appropriée, et la surface du relevé à laquelle répond l'aire minima de l'individu d'association.

### **3.1. Echantillonnage**

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui ont pour objet de relever dans une population des individus qui peuvent constituer l'échantillon (Gounot, 1969).

L'échantillonnage retenu pour notre étude est de type subjectif. Il est considéré comme le plus simple et le plus intuitif. La surface à échantillonner doit être plus ou moins homogène du point de vue floristique et géomorphologique afin d'être représentative du reste de la zone (Benhouhou *et al.*, 2003).

Il convient de faire le plus grand nombre de relevés floristiques même si, apparemment, les variations paraissent peu distinctes et noter constamment tout ce qui est observable (Barry *et al.*, 1985).

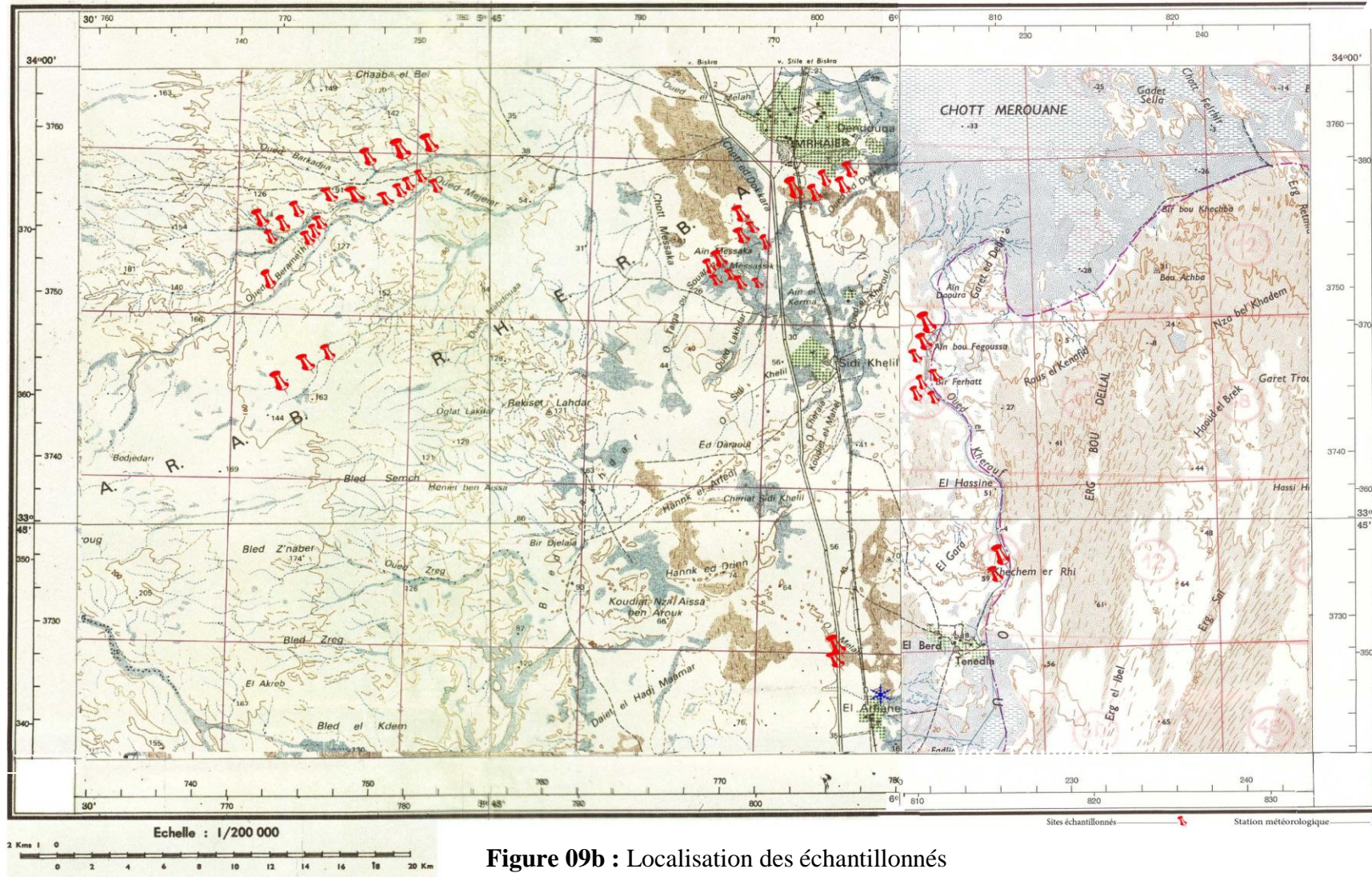


Figure 09b : Localisation des échantillonnés

(Extrait de la feuille NI-31-XII)

### **3.2. Période d'échantillonnage**

Pour la région saharienne, il n'est pas facile de connaître la composition floristique optimale du relevé car l'apparition des annuelles reste aléatoire (Barry *et al.*, 1976). En effet les relevés en mauvaise saison présentent une composition floristique similaire contenant essentiellement des espèces vivaces; par contre, en bonne saison les annuelles sont présentes.

Tenant compte de ces réalités nous avons effectué nos sorties au mois avril qui correspond à la période printanière où la pluviosité est généralement optimale. Le choix de la meilleure période d'échantillonnage reste néanmoins tributaire d'une pluviométrie variable au cours de la saison printanière elle-même. En effet nous avons réalisé deux sorties au printemps (avril 2008 et avril 2009) et une sortie en automne (novembre 2009), cette dernière avait pour objectifs de mieux couvrir la région d'étude et, surtout, de lever quelques ambiguïtés en matières d'identification de quelques espèces halophiles (Chénopodiacées) qui fleurissent en automne.

### **3.3. Aire minimale**

La surface du relevé est basée sur la notion de l'aire minimale. Cette notion est liée à l'augmentation du nombre d'espèces en fonction de la surface échantillonnée (relation aire-espèce) avec formation d'un plateau à partir d'une certaine surface (Guinochet, 1973). L'aire minimale représente donc la surface adéquate permettant d'avoir une idée complète et suffisante sur la végétation étudiée.

L'aire minimale est définie à partir de la courbe aire-espèces, conventionnellement sa surface admise est de l'ordre de 100 m<sup>2</sup> dans les zones arides (Kassas, 1953); cependant elle peut être portée à 200 m<sup>2</sup> au Sahara Central (Quézel, 1965). Dans notre étude, nous avons retenu 100 m<sup>2</sup> en se référant aux travaux de Djebaili, 1984 qui a retenu la même aire minimale pour une région limitrophe au Nord de la notre.

### **3.4. Réalisation du relevé**

Pour la réalisation des relevés sur terrain, deux critères fondamentaux doivent être respectés. Il s'agit du critère d'homogénéité floristique et géomorphologique. Ce dernier est particulièrement important à respecter dans les milieux arides (Kassas, 1953 ; Benhouhou *et al.*, 2003). Il comporte un inventaire floristique exhaustif des espèces présentes à l'intérieur d'un même individu d'association. De plus, le relevé doit être caractérisé par:

- sa position sur terrain, pour ce faire nous avons utilisé un GPS afin de définir avec précision ses coordonnées géographiques et son altitude;
- les facteurs généraux de la station à savoir: la pente, l'exposition, la morphologie, le sol et le recouvrement général de la végétation (en %);
- coefficient d'abondance-dominance des espèces composantes suivant l'échelle de Braun-Blanquet (1952):
  - 5:** recouvrement  $\geq 75\%$ , abondance quelconque;
  - 4:** recouvrement de **50** à **75%**, abondance quelconque;
  - 3:** recouvrement de **25** à **50%**, abondance quelconque;
  - 2:** recouvrement de **5** à **25%**, individus très abondants;
  - 1:** recouvrement faible moins de **5%**, individus assez abondants;
  - +**: simplement présent, recouvrement et abondance très faibles.

### **3.5. Identification des espèces**

La plupart des espèces ont été reconnues sur le terrain. Les espèces non identifiées ont été récoltées et séchées puis déterminées à l'aide des flores d'Ozenda (2004) et de Quézel et Santa (1962-1963). Pour ce qui est de la nomenclature des espèces, nous avons d'abord retenu celle de ces deux ouvrages puis fait une vérification de la mise à jour nomenclaturale grâce à la base de données pour l'Afrique du Nord selon Dobignard et Chatelain (2011).

### **3.6 Analyses de sol**

Chaque échantillon de sol, séché à l'aire libre et tamisé à 2 mm, a fait l'objet d'analyses granulométriques et chimiques.

#### **3.6.1 Analyse granulométrique**

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituant les agrégats (sables, limons et argiles) ce qui permet de définir la texture du sol (Aubert, 1978). La méthode utilisée est celle de Casagrande (1934) basée sur la vitesse de sédimentation des particules dont la vitesse de chute est régie par la loi de Stokes.

### **3.6.2 Analyses chimiques**

#### **a. Le pH**

Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre à électrode par lecture directe sur un extrait de solution (rapport sol/eau : 1/5).

#### **b. La conductivité électrique**

La capacité du sol à conduire le courant électrique est fonction de la concentration en électrolytes de la solution du sol (Rieu et Chevery, 1976) La mesure de la conductivité électromagnétique (C.E.M) des sols est une méthode qui petit à petit s'est imposée pour la mesure de la salinité des sols (De Jonc et al, 1979; Williams et Hoey, 1982).

Pour la mesure de la conductivité électrique nous avons opté pour la méthode de l'extrait dilué 1/5 à 25°C. Nous avons par la suite utilisé un conductimètre pour la lecture, les valeurs sont exprimées en mmhos/cm. L'interprétation des valeurs de la CE obtenues est faite selon l'échelle de l'U.S Salinity Laboratory de Riversides (voir Annexes).

#### **c. Le calcaire total**

Fondé sur la réaction caractérisée du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) avec l'acide chlorhydrique (HCl), le dosage du calcaire total est réalisé à l'aide du calcimètre de Bernard. L'échelle d'interprétation des carbonates (tableau en Annexes) permet de déterminer la quantité du  $\text{CaCO}_3$  comprise dans un échantillon du sol.

### **4. Phase synthétique**

Elle consiste essentiellement dans l'élaboration des tableaux phytosociologiques d'où se dégageront les caractères synthétiques des groupements, en particulier la présence et la fidélité des espèces (Géhu & Rivas-Martinez, 1981). Cette étape consiste en la comparaison analogique des relevés par la technique des tableaux décrite par Ellenberg (1956). A l'heure actuelle cette étape est le plus souvent réalisée par ordination grâce à l'avènement de l'outil informatique et à son continuel perfectionnement (Sarpota, 1990). Parmi de nombreuses méthodes d'ordination dites multivariées (ou méthode des variables multiples), deux grands types de méthodes sont retenus dans le cadre de la démarche phytosociologique: les méthodes de classification et les méthodes d'ordination (Bouzillé, 2007).

L'objectif des méthodes d'analyse multivariées est la simplification des données brutes avec le minimum de perte d'information. Elles permettent en effet de confronter un grand nombre de données, ce qui est infiniment plus riche et informatif que leur examen séparé (Escofier & Pagès, 1997). Ces méthodes s'avèrent être un outil de synthèse remarquable. Elles permettent d'obtenir des représentations très simplifiées et facilement interprétables en mettant en relief des structures cachées qu'une lecture dans de grands tableaux de données ne permettrait pas de déceler (Dray, 2003).

#### **4.1. Ordination**

Parmi de nombreuses techniques d'analyse multivariées actuellement utilisées, l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) est la méthode la plus largement utilisée et la mieux adaptée aux traitements des données phytoécologiques et phytosociologiques (Dervin, 1988 ; Kershaw et Loony, 1985 ; Gégout & Houllier, 1993 ; Abdelkrim, 2004; Bouxin, 2008).

En se basant sur la représentation graphique à partir d'un traitement numérique de la matrice globale, cette technique vise à trier, ordonner et classer les données de cette dernière. L'utilisation de l'AFC s'avère utile dans la résolution des problèmes phytosociologiques car elle est dotée d'une finesse remarquable qui la qualifie pour être la plus adaptée lors de l'analyse de ce type de données (Guinochet, 1973).

Au cours de cette analyse, les données sont représentées par un nuage de points relevés et par un nuage de points espèces parfaitement symétriques et superposables (Dufrêne, 1998).

Cependant l'AFC présente un inconvénient dans l'expression graphique des résultats qui se caractérise par la distorsion du nuage originel de point connu sous le nom d'effet « Guttman ». La résolution mathématique de ce problème s'est traduite par la mise au point d'une nouvelle technique : l'Analyse des Correspondances Détendancées (D.C.A) (Hill & Gauch, 1980).

L'analyse des correspondances détendancées permet de visualiser la carte factorielle, cette dernière est un nuage de point, soit de relevés soit d'espèces projetés sur une surface plane. Cette projection est faite selon les axes principaux d'inertie, c'est-à-dire les axes factoriels (Dervin, 1988). Les valeurs propres ainsi que les taux d'inertie contribuent à quantifier la part de l'information expliquée par les différents axes.

Par ailleurs, nous avons utilisé autre technique (l'Analyse Canonique des Correspondances A.C.C) pour coupler les résultats d'analyse des relevés floristique aux résultats d'analyse les pédologiques, ce qui permet une meilleure interprétation des gradients écologiques régissant la distribution de la végétation dans notre région d'étude. Cette technique numérique prend en compte de façon conjointe dans l'analyse, relevée de végétation et données écologiques. Le couplage entre données floristiques et environnementales est fait *a posteriori* afin de faire ressortir les corrélations existantes entre facteurs écologiques et distribution floristique. Elle permet ainsi d'identifier et ordonner sur des bases objectives les principaux facteurs écologiques impliqués dans la différenciation des ensembles floristiques (Mc Cune & Grace ; 2002).

#### **4.2. Classification hiérarchique ascendante**

C'est une technique couramment utilisée dans l'étude de la taxonomie végétale (Blaise *et al.*, 1973 *in* Boucheneb, 2000) et syntaxonomique (Roux, 1985). La CHA est un complément de l'AFC, elle permet de confirmer ses résultats et de faciliter l'identification des différents ensembles de relevés.

## CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATION

### 1. Introduction

Au cours de nos sorties sur terrain (avril 2008, avril 2009 et novembre 2009) nous avons réalisé 96 relevés floristiques et 35 relevés de sol dans onze stations de la région d'El M'Ghair. Les investigations ont porté sur quelques oueds et leurs alentours de la région d'El M'Ghair (Figure 09b et Tableau V). Il s'agit respectivement, du Nord au Sud et d'Ouest en Est, de : Still, oued Lehdedj, Kaf ennoune, El Beadj, Oum Tyour, Marizou, Berkadjia, oued Berramt, Messaka, oued Doukara, oued M'Djier, Chebket Aïssa, oued Khrouf et Tendla.

**Tableau V** : Tableau récapitulatif des sites prospectés et des relevés réalisés.

N° site	Nom du site	Nombre de relevés	N° des relevés réalisés
01	Oued Doukara	05	<i>R1, R2, R3, R4 et R5.</i>
02	Oued Berramt	13	<i>R6, R7, R17, R18, R19, R20, R21 et R22 R43, R44, R45, R46 et R47.</i>
03	Chabket Aïssa	13	<i>R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R48, R49, R50 et R51.</i>
04	Oued Khrouf	13	<i>R23, R24, R25, R26, R27, R28, R88, R89, R90, R91 et R92.</i>
05	Still	06	<i>R29, R30, R31, R32, R33 et R34.</i>
06	El Beadj	01	<i>R35.</i>
07	Oued M'Djier	07	<i>R36, R37, R38, R39, R40, R41 et R42.</i>
08	Berkadjia	05	<i>R52, R53, R54, R55, R56.</i>
09	Marizou	14	<i>R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69 R70.</i>
10	Messaka	10	<i>R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79 et R80</i>
11	Oued Lehdedj	03	<i>R81, R82 et R83.</i>
12	Kaf Ennoune	04	<i>R84, R85, R86 et R87.</i>
13	Tendla	01	<i>R93</i>
14	Oum Tyour	03	<i>R94, R95 et R96</i>

## **2. Analyse des données**

### **2.1 Analyse des relevés floristiques**

L'analyse des relevés floristiques a porté sur une matrice initiale constituée par un ensemble de 96 relevés et 117 espèces. Lors de cette analyse, trois relevés (R13, R14 et R19) ont été éliminés suite à leur position excentrée au sein du nuage de points. La matrice finale, sur la quelle nous avons effectué les traitements numériques, est donc composée de 93 relevés et 114 espèces. Cette matrice a été soumise à trois types de traitements numériques à savoir :

- L'analyse des correspondances détendancées (ACD) ;
- La classification hiérarchique ascendante (CHA) ;
- L'analyse canonique des correspondances (ACC).

Le logiciel utilisé pour ces analyses est le PC-ORD (Mc Cune et Mefford, 1999).

### **2.2 Analyse des correspondances détendancées**

L'application de cette technique d'ordination sur notre matrice nous a permis d'obtenir pour les trois axes calculés les valeurs propres relatives suivantes :

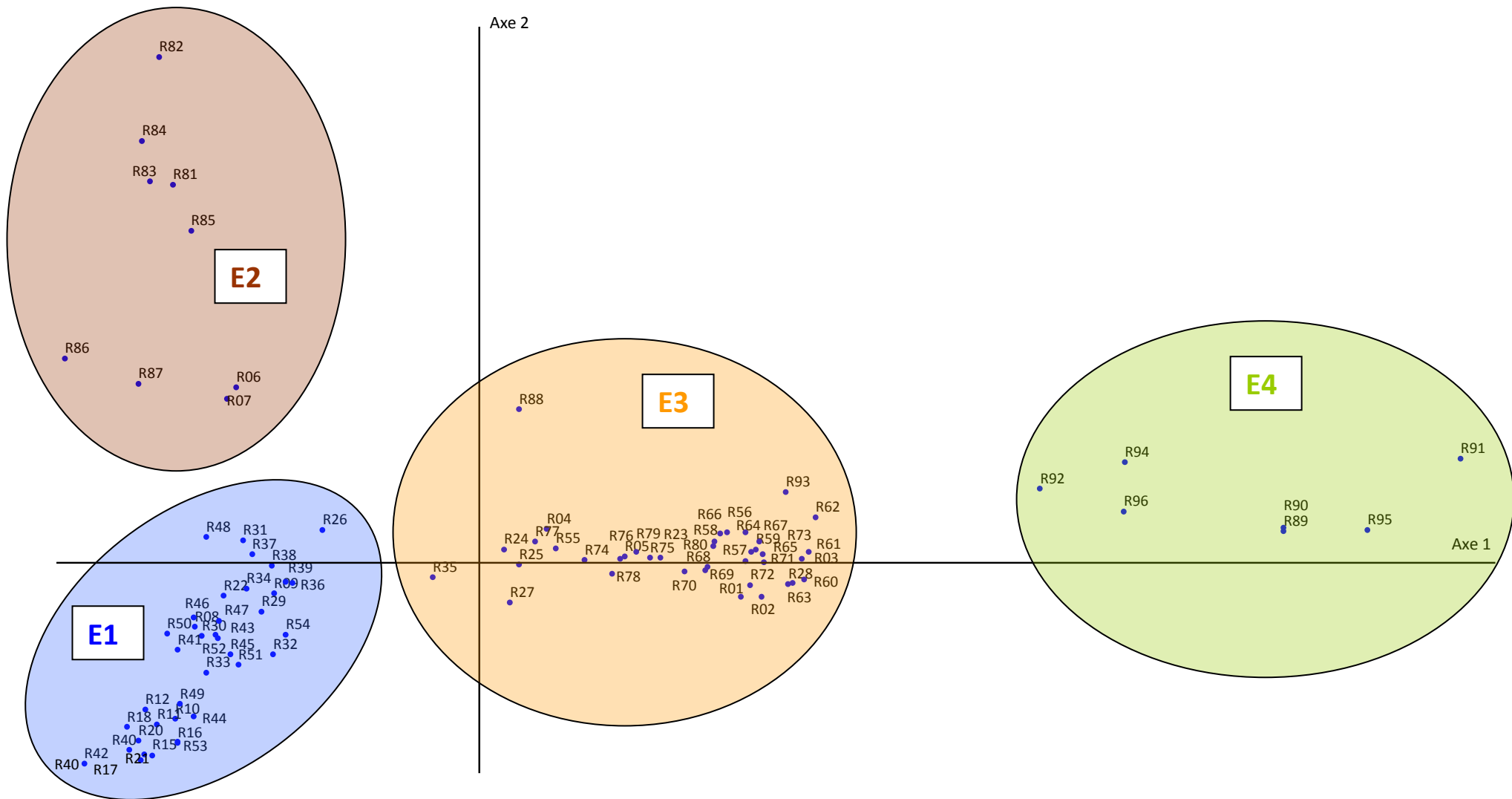
- Axe 1: 0.571;
- Axe 2: 0.225;
- Axe 3: 0.115.

Nous notons que les deux premiers axes ont les valeurs propres les plus élevées. En effet, ce sont ces deux axes qui fournissent le maximum d'information contenu dans le nuage de points (Cibois, 1987). De plus, nous remarquons une diminution importante des valeurs propres entre l'axe 1 et 3. Cela peut être expliqué par l'importance du facteur écologique que représente l'axe 1 par rapport aux facteurs représentés par les autres axes. Pour cette raison nous ne retiendrons que l'axe 1 et 2 pour l'interprétation de l'allongement du nuage de points le long des axes factoriels.

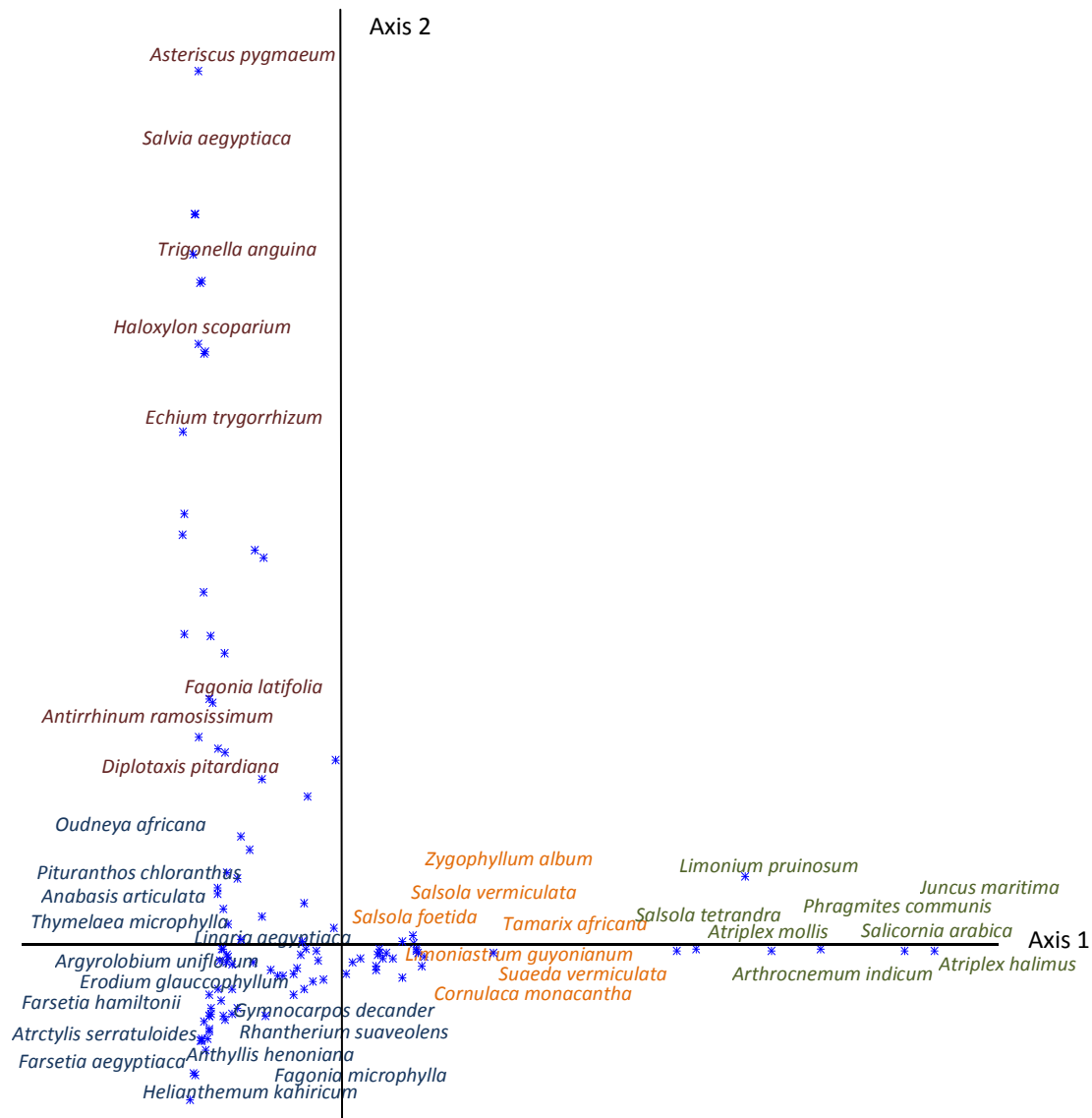
### 2.3 Individualisation des groupes de relevés

L'analyse de la carte factorielle des relevés répartis selon les axes 1 et 2 (Figure) nous a permis de mettre en évidence quatre groupes de relevés, il s'agit de:

- L'ensemble **E1**: se situe dans le quadrant (-1, -1) et renferme, dans un nuage compact, 38 relevés. Il s'agit de: R8, R9, R10, R11, R12, R15, R16, R17, R18, R20, R21, R22, R26, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53 et R54.
- L'ensemble **E2**: situé dans le quadrant (-1, +2) est composé de 09 relevés: R6, R7, R81, R82, R83, R84, R85, R86 et R87
- L'ensemble **E3**: s'étale de l'origine des axes vers la partie positive de l'axe 1. Il est composé de 39 relevés: R1, R2, R3, R4, R5, R23, R24, R25, R27, R28, R35, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R88 et R93.
- L'ensemble **E4**: localisé dans le quadrant (+1, +2) est constitué de 07 relevés: R89, R90, R91, R92, R94, R95 et R96.



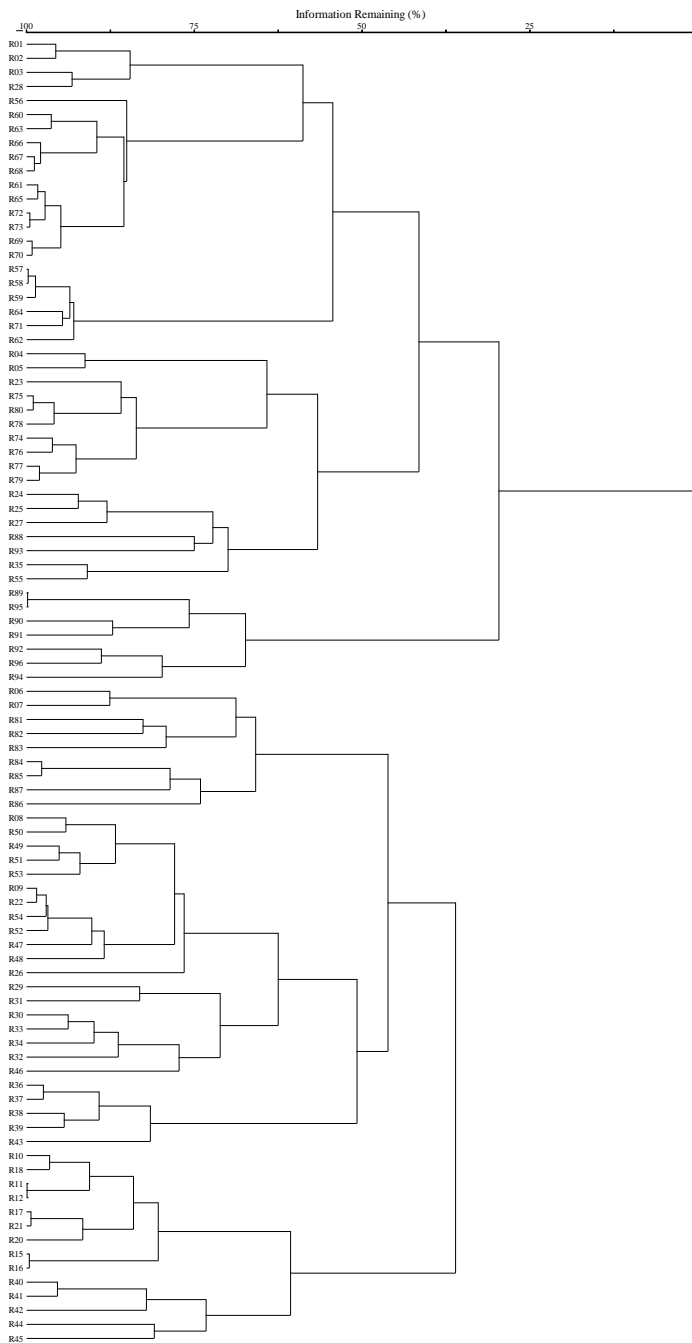
**Figure 10:** Carte factorielle des 93 relevés sur le plan factoriel 1/2 de la DCA.



**Figure 10b :** Carte factorielle des espèces sur le plan factoriel 1/2 de la DCA.

## 2.4 Classification hiérarchique ascendante

Cette technique, encore appelée "cluster analysis", permet l'élaboration du dendrogramme (Figure 11). Ce dernier regroupe les relevés selon leurs similitudes. En effet il permet de confirmer et de faciliter la délimitation des différents groupes de relevés visualisés sur la carte factorielle.



**Figure 11:** Classification hiérarchique ascendante des 93 relevés.

## 2.5 Caractérisation écologique et floristique des ensembles identifiés

La superposition de la carte factorielle des relevés (Figure 10) et celle des espèces (Figure 10b) ainsi que l'exploitation des données écologiques récoltées sur le terrain a permis la description et la caractérisation écologique des différents ensembles rapportés sur la carte factorielle des relevés.

- **Ensemble E1**

Il regroupe 38 relevés. Ces derniers ont été effectués à une altitude moyenne de 116 m sur différentes textures. Le recouvrement général moyen est de l'ordre de 35%.

Il s'agit d'une formation à *Anabasis articulata* qui domine physionomiquement. La plasticité de cette espèce, lui permet de s'installer sur plusieurs types de sol. La fréquence élevée de cette espèce au niveau des relevés de cet ensemble est à l'origine d'un nuage de point très condensé. Parmi les espèces qui participent à la physionomie de cet ensemble nous distinguons deux groupes différents : des gypso-saxicoles telles que *Gymnocarpos decander*, *Argyrolobium uniflorum*, *Anthyllis henoniana*, *Helianthemum lipii*, et des psammophiles telles que *Retama retam*, *Ephedra alata* et *Calligonum commosum*.

- **Ensemble E2**

Il est composé de 07 relevés réalisés à une altitude moyenne de 130 m sur un substrat caillouteux. Le recouvrement est faible, il est de l'ordre de 20 %.

Sur terrain, cet ensemble représente la continuité de l'ensemble précédent. En effet *Anabasis articulata* tend à diminuer en fréquence au profit de d'une installation progressive d'*Haloxylon scoparium*. Il s'agit d'une formation appauvrie, essentiellement représentée par des espèces vivaces, et caractérisée par un taux de recouvrement relativement faible (20%). Par contre nous assistons à un développement, parfois appréciable de thérophytes, entre autres : *Euphorbia calyptrata*, *Tourneuxia variifolia*, *Diploaxis pitardiana*, *Bromus rubens*, *Neurada procumbens*...etc.

- **Ensemble E3**

Cet ensemble est constitué de 39 relevés. Ces relevés ont été effectués à une altitude moyenne de 20 m sur un substrat gypseux; le recouvrement général est de l'ordre de 35 %.

Physionomiquement il s'agit d'une formation à *Limoniastrum guyonianum*. Elle est caractérisée par la présence d'espèces gypso-halophiles, tels que: *Salsola foetida*, *Limonium pruinosum*, *Atriplex mollis*, *Zygophyllum album* et *Suaeda mollis*. De plus, cet ensemble présente plusieurs espèces psammophiles: *Retama retam*, *Neurada procumbens*, *Plantago ciliata* et *Ifloga spicata*.

- **Ensemble E4**

Cet ensemble regroupe 07 relevés réalisés à une altitude moyenne de -12 m, aux alentours immédiats des chotts sur des sols à texture sableuse et parfois sablo-limoneuse. Le recouvrement général est de l'ordre de 25 %.

Physionomiquement cet ensemble est caractérisé par une dominance d'espèces halophiles: *Salicornia arabica*, *Limonium pruinosum*, *Atriplex mollis*, *Atriplex halimus*, *Arthrocnemum indicum*, *Salsola tetrandra* et *Suaeda mollis*. De plus, nous notons la présence d'espèces hygrophiles qui indiquent l'affleurement de la nappe phréatique durant la période pluvieuse de l'année, il s'agit de: *Juncus maritima* et *Phragmites communis*.

## **2.6 Mise en évidence des gradients écologiques**

La détermination des gradients écologiques qui régissent la répartition des espèces est souvent délicate en raison de la complexité du milieu biologique saharien et de la plasticité remarquable de certaines espèces sahariennes.

### **Signification écologique de l'axe 1**

Afin de mettre en relief le ou les gradients écologiques relatifs à l'axe 1, nous avons retenu les contributions relatives les plus élevées des relevés et des espèces (Tableau VI).

**Tableau VI :** Contribution relatives des relevés et des espèces par rapport à l'axe 1.

PARTIE POSITIVE DE L'AXE 1		PARTIE NEGATIVE DE L'AXE 1	
N° du relevé	CTR	N° du relevé	CTR
R91	759	R86	123
R95	592	R42	119
R89	494	R18	107
R90	453	R40	106
R96	367	R84	105
R94	347	R87	104
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Atriplex halimus</i>	1329	<i>Lotus roudairi</i>	197
<i>Juncus maritima</i>	1126	<i>Echium trygorrhizum</i>	195
<i>Salicornia arabica</i>	1071	<i>Aristida obtusa</i>	193
<i>Phragmites communis</i>	923	<i>Urginea noctiflora</i>	192
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	837	<i>Helianthemum ellipticum</i>	184
<i>Limonium pruinatum</i>	791	<i>Paronychia sp</i>	178
<i>Atriplex mollis</i>	706	<i>Atractylis serratuloides</i>	178
<i>Salsola tetrandra</i>	672	<i>Salvia aegyptiaca</i>	175
<i>Suaeda mollis</i>	346	<i>Medicago laciniata</i>	175
<i>Cyperus conglomeratus</i>	228	<i>Telephium sp</i>	175
<i>Cornulaca monacantha</i>	221	<i>Anthyllis henoniana</i>	174

En se référant aux cartes factorielles des relevés et des espèces, après avoir analysé les contenus floristiques des relevés et selon les notes prises sur terrain concernant les caractères généraux des stations en question, nous distinguons que l'axe 1 présente:

- Les relevés projetés dans la partie positive de l'axe ont été réalisés à des altitudes basses allant de -33 m à 20 m. De plus, l'analyse de l'écologie des espèces projetées dans la partie négative sont des halophiles bien connues telles que: *Salicornia arabica*, *Limonium pruinosum*, *Atriplex mollis*, *Atriplex halimus*, *Arthrocnemum indicum*, *Salsola tetrandra* et *Suaeda mollis*. A ce lot d'espèces halophiles, émergent également deux espèces hygrophiles telles que: *Juncus maritimus* et *Phragmites communis*.
- Les relevés projetés dans la partie négative de ce même axe ont été réalisés à des altitudes variant entre 116 m et 130 m et pouvant aller jusqu'à 174 m. De plus, les espèces évoluent sur des lits d'oueds à texture grossière présentent des sols qui varient de substrats caillouteux avec affleurements gypseux et calcaires fréquents à substrats sablonneux. Ceci explique l'installation d'espèces affectant les sols qui présentent des textures grossières telles que : *Atractylis serratuloides*, *Anthyllis henoniana*, *Haloxylon scoparium*, *Gymnocarpos decander*, *Anabasis articulata* et *Thymelaea microphylla* ou encore des espèces psammophiles avec des fréquences élevées entre autres: *Calligonum comosum*, *Ephedra alata*, *Retama Retam*, *Danthonia fragilis*, *Asphodelus tenuifolius*, et *Euphorbia calyptrata*.

A partir de la distribution des relevés et des espèces tout au long de l'axe 1, il ressort clairement l'influence d'un gradient écologique complexe: l'**altitude** et la **texture du sol**.

### **Signification écologique de l'axe 2**

Le tableau VII résume les contributions relatives les plus élevées des relevés et des espèces relatifs à l'axe 2.

**Tableau VII :** Contribution relatives des relevés et des espèces par rapport à l'axe 2.

PARTIE POSITIVE DE L'AXE 2		PARTIE NEGATIVE DE L'AXE 2	
N° du relevé	CTR	N° du relevé	CTR
R82	375	R42	62
R83	268	R15	58
R84	222	R17	57
Espèce	CTR	Espèce	CTR
<i>Paronychia arabica</i>	1650	<i>Helianthemum ellipticum</i>	246
<i>Asteriscus pygmaeum</i>	1420	<i>Anthyllis henoniana</i>	204
<i>Medicago laciniata</i>	1189	<i>Atractylis serratuloides</i>	197
<i>Salvia aegyptiaca</i>	1189	<i>Hordeum murinum</i>	162
<i>Telephium sp</i>	1189	<i>Rhantherium suaveolens</i>	143
<i>Paronychia sp</i>	1124	<i>Orobanche muteli</i>	143
<i>Arnebia decumbens</i>	1082	<i>Avena sp</i>	141
<i>Trigonella anguina</i>	1077	<i>Fagonia microphylla</i>	140
<i>Tourneuxia variifolia</i>	980	<i>Atractylis sp</i>	129
<i>Calendula aegyptiaca</i>	966	<i>Savignya longistyla</i>	129
<i>Haloxylon scoparium</i>	964	<i>Farsetia aegyptiaca</i>	114
<i>Echium trygorrhizum</i>	837	<i>Ammodaucus leucotrichus</i>	109

L'analyse du tableau précédent fait ressortir que les contributions relatives des relevés et des espèces qui se localisent dans la partie négative de l'axe 2 sont faibles car ces derniers sont nombreux ; alors que les relevés et les espèces situés dans la partie positive sont peu nombreux ce qui entraîne des valeurs plus élevées.

Une analyse fine du contenu floristique ainsi que la nature des relevés portés dans le tableau VII nous a permis de faire ressortir que l'axe 2 réunit:

- Dans sa partie négative des espèces issues de relevés réalisés sur des sols sablonneux avec des affleurements calcaires très fréquents. Les espèces les plus fréquentes sont saxicoles, calcicoles strictes et gypso-saxicoles tolérantes (Quézel, 1965). Il s'agit de : *Fagonia microphylla*, *Rhantherium suaveolens* et *Farsetia aegyptiaca*.
- Dans sa partie positive les espèces sont issues de relevés réalisés sur des sols rocaillieux. Le paysage est constitué par des « chebkat » à *Haloxylon scoparium*. Par ailleurs, les espèces à fréquence élevée sont en grande partie thérophytes qui se développent sur des voiles sableux ou placage de sable telles que: *Paronychia arabica*, *Asteriscus pygmaeum*, *Arnebia decumbens*, *Trigonella anguina* et *Tourneuxia variifolia*.

L'allongement obtenu le long de l'axe 2 fait encore une fois ressortir l'influence d'un gradient édaphique et donc le gradient écologique le plus remarquable qui régit la répartition des espèces tout au long de l'axe 2 est la **nature du substrat**.

Le lien entre l'individualisation des quatre ensembles de relevés et leur répartition le long de l'axe 1 et de l'axe 2, et leur répartition spatiale, ainsi que la caractérisation de ces ensembles sur le plan écologique et floristique correspond à la phase d'interprétation de nos données. Cette dernière s'est avérée délicate en raison de l'homogénéité physiographique de notre zone d'étude. En effet, elle est représentée par de vastes plateaux monotones entaillés par des oueds géomorphologiquement similaires. Parmi les deux gradients identifiés, l'altitude et le gradient édaphique, une exploration plus approfondie a été entreprise. Ainsi, une analyse fine a été réalisée pour le gradient édaphique à travers une caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol des oueds échantillonnés.

Des analyses de paramètres jugés pertinents ont porté sur des échantillons de sol au niveau des sites prospectés dans la zone d'étude. Le choix des paramètres a été fait en relation avec l'écologie connue de certains taxons dominants et considérés comme de fidèles indicateurs des

conditions édaphiques du milieu. Ainsi quatre paramètres ont été retenus : la conductivité électrique pour apprécier la salinité du sol, le pH qui est fortement lié à salinité, le calcaire total dont les affleurements sont très fréquents dans la région (test d'effervescence positive) et enfin la granulométrie qui détermine la texture du sol. Les résultats obtenus pour tous les échantillons du sol sont donnés en annexes.

## **2.7 Analyse canonique des correspondances**

Une corrélation entre les paramètres édaphiques retenus et les données floristiques des relevés a été réalisée grâce à l'analyse canonique des correspondances (ACC). L'objectif étant de confirmer la pertinence des paramètres édaphiques retenus et qui régissent la distribution des principaux groupements identifiés.

Pour ce faire, nous avons retenu les paramètres de sol suivants :

- La conductivité électrique (CE)
- Le calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ )
- Le pH,
- La texture du sol :
  - Argile (A)
  - Limon (L)
  - Sable (S)

Le paramètre altitude a également été pris en considération dans l'analyse des données en raison d'une variation observable sur le terrain entre l'altitude la plus basse de -33 à l'altitude la plus élevée 174 m.

La corrélation a été effectuée en analysant conjointement la matrice floristique (93 relevés  $\times$  114 espèces) et celle des paramètres du sol et de l'altitude (93 relevés  $\times$  7 paramètres).

Les résultats numériques de l'ACC sont présentés dans les tableaux VIII, IX et X.

**Tableau VIII** : Valeurs propres et taux d'inertie des trois axes de l'ACC

	Valeurs propres	Taux d'inertie (% de la variance)
<b>Axe 1</b>	0.499	10.0
<b>Axe 2</b>	0.243	4.9
<b>Axe 3</b>	0.119	2.4

Le tableau VIII nous montre que l'axe 1 fournit 10 % de l'information totale, suivi par l'axe 2 avec 4.9 % et 2,4% pour l'axe 3. La valeur propre de l'axe 1 est suffisamment élevée pour confirmer l'existence d'un gradient dominant et complexe. Les liens écologiques, exprimés mathématiquement par les corrélations entre les facteurs écologiques et issus des analyses statistiques de l'ACC sont présentés dans les tableaux IX et X.

**Tableau IX** : Valeurs des corrélations entre les facteurs écologiques et les axes 1, 2 et 3 de l'ACC

	Axe 1	Axe 2	Axe 3
<b>pH</b>	<b>-0.453</b>	0.324	0.278
<b>CE</b>	<b>0.850</b>	0.006	-0.065
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>-0.701</b>	0.323	0.132
<b>Argile</b>	0.393	<b>-0.471</b>	0.089
<b>Limon</b>	-0.019	0.067	0.062
<b>Sable</b>	-0.257	0.276	-0.105
<b>Altitude</b>	<b>-0.758</b>	0.273	-0.212

Une première lecture des valeurs de corrélation des différents facteurs avec les trois axes factoriels 1, 2 et 3 montre que le facteur C.E du sol est le facteur le mieux représenté en terme de corrélation avec l'axe 1. Les facteurs altitude et teneur en calcaire total  $\text{CaCO}_3$  sont également fortement corrélés au premier axe. Le pH est moyennement corrélé à l'axe 1 alors que la texture, à travers les teneurs du sol en argile, limon et sable ont des valeurs de corrélations faibles. Pour l'axe 2, le facteur le mieux représenté est le facteur teneur du sol en argile suivi du facteur  $\text{CaCO}_3$  (carbonate de calcium). L'axe 3 présente des valeurs de corrélations faibles avec tous les paramètres. Ce résultat indique clairement qu'aucun autre facteur écologique ne joue un rôle déterminant dans l'explication de la répartition des ensembles floristiques identifiés pour la zone d'étude et qui s'exprime par une réalité écologique probablement mineure sur le terrain.

**Tableau X :** Valeur des corrélations entre les facteurs écologiques

Variable	pH	CE	$\text{CaCO}_3$	Argile	Limon	Sable	Altitude
pH	1,000	<b>-0.663</b>	<b>0.632</b>	-0.371	-0.169	0.382	<b>0.627</b>
CE	<b>-0.663</b>	1,000	<b>-0.663</b>	0.416	0.053	-0.326	<b>-0.834</b>
$\text{CaCO}_3$	<b>0.632</b>	<b>-0.663</b>	1,000	-0.531	0.034	0.344	<b>0.747</b>
Argile	-0.371	0.416	-0.531	1,000	-0.011	<b>-0.671</b>	<b>-0.654</b>
Limon	-0.169	0.053	0.034	-0.011	1,000	<b>-0.734</b>	-0.012
Sable	0.382	-0.326	0.344	<b>-0.671</b>	<b>-0.734</b>	1,000	0.462
Altitude	<b>0.627</b>	<b>-0.834</b>	<b>0.747</b>	<b>-0.654</b>	-0.012	0.458	1,000

Le tableau X montre de fortes corrélations entre la plupart des facteurs retenus à l'exception des facteurs de la teneur du sol en argile, en limon et en sable. Ces trois paramètres sont fortement auto-corrélés alors qu'ils présentent des corrélations faibles avec les autres facteurs. L'altitude est fortement corrélée au  $\text{CaCO}_3$  et au pH alors que les corrélations sont négatives avec la CE. Il en ressort deux ensembles de facteurs à savoir l'altitude, la  $\text{CaCO}_3$  et le pH d'une part et la CE d'autre part. L'action de ces deux ensembles de facteurs (altitude- $\text{CaCO}_3$ -pH et CE) illustre

l'influence de l'altitude qui s'exprime en parallèle de celle du gradient édaphique à travers la variabilité des paramètres retenus comme ayant de fortes corrélations avec les axes et entre eux.

La corrélation entre les facteurs et leur influence sur la répartition des relevés est illustrée sur le premier plan factoriel représenté par les axes 1 et 2 (Figure 12).



**Figure 12:** Répartition des relevés et gradients écologiques identifiés sur le plan factoriel  $\frac{1}{2}$  de l'analyse canonique des correspondances

La lecture de ce graphe permet de confirmer que l'axe 1 reflète un gradient écologique complexe où interviennent l'altitude, le pH et le  $\text{CaCO}_3$  d'une part (partie négative de l'axe 1) et la CE d'autre part (partie positive de l'axe 1). Les trois paramètres concernant la chimie du sol sont étroitement liés et dépendants les uns des autres. Deux facteurs, le pH et le  $\text{CaCO}_3$  sont positivement corrélés car les fortes teneurs du sol en carbonate de calcium provoquent une augmentation du pH. L'action de l'altitude se superpose à celle des facteurs positivement corrélés (pH et le  $\text{CaCO}_3$ ). La CE montre une corrélation négative avec les facteurs pH,  $\text{CaCO}_3$  et altitude. Cela peut s'expliquer par le fait qu'en basse altitude, l'affleurement (ou le rapprochement à la surface du sol) de la nappe phréatique engendre une remontée des sels au niveau des couches superficielles du sol avec pour conséquence une forte salinité exprimée au laboratoire par une grande conductivité du substrat (des valeurs de CE élevées). Ainsi en basse altitude la CE est élevée et elle tend à diminuer à des altitudes supérieures. De ces résultats émerge l'influence prépondérante d'un gradient édaphique complexe où la composition chimique du substrat joue un rôle prépondérant, dans la répartition des relevés. Ce gradient édapho-chimique est couplé au facteur altitude exprimé pour le premier axe de l'analyse canonique. En ce qui concerne l'axe 2, le gradient édaphique est exprimé à travers la texture du sol comme le montre la forte corrélation de l'argile avec l'axe 2. Ainsi, la texture du substrat apparaît comme un facteur, de moindre importance, dans l'explication de la distribution de la végétation le long de l'axe 2.

## **2.8 Conclusion**

La DCA et la ACC ont permis de mettre en évidence les principaux facteurs régissant la répartition de la végétation dans notre zone d'étude. L'axe 1 révèle l'influence de **la composition chimique du substrat**, tandis que l'axe 2 illustre l'influence de **la texture du sol**. Les résultats de la DCA, confirmés par la CHA, ont également permis de distinguer 4 ensembles floristiques qui seront décrits sur le plan syntaxonomique dans le chapitre suivant.

## **3. Diagnose phytosociologique**

### **3.1 Introduction**

Afin de pouvoir rattacher les groupements végétaux identifiés par l'ACD et confirmés par la CHA, nous nous sommes basés sur la synthèse syntaxonomique proposé par Quézel (1965).

Concernant notre zone d'étude, nous notons que deux classes décrites par Quézel (1965) sont représentées. Il s'agit de la classe des *Salicornietea* et la classe des *Asterisceto-Forskhaletea*.

### 3.2 Classe des *Salicornietea* Quézel, 1965

Cette classe réunit tous les groupements halophiles du Sahara. Elle est caractérisée par les espèces suivantes:

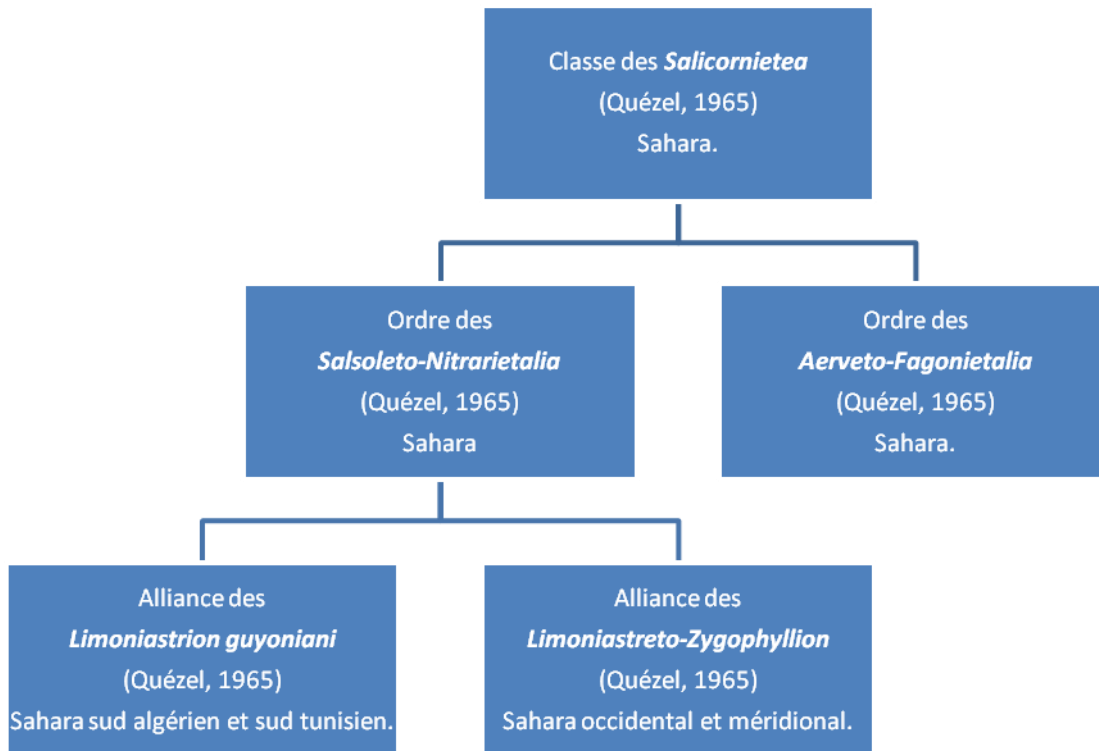
*Salicornia Arabica*  
*Arthrocnemum indicum*  
*Aeluropus littoralis*  
*Spergularia salina*  
*Atriplex halimus*  
*Frankenia pulverulenta*  
*Cistanche lutea*  
*Limonium delicatulum*

Au sein de cette classe nous distinguons un seul ordre pour l'ensemble du Sahara. Il s'agit de l'ordre des *Salsoleto-Nitrarietalia* (Quézel, 1965) (Figure). Si les espèces caractéristiques de cette classe sont des halophytes strictes, les espèces retenues pour définir cet ordre sont des gypsophiles plus au moins tolérants des salants (Quézel, 1965). Ce sont:

*Salsola tetragona*  
*Salsola tetrandra*  
*Nitraria retusa*  
*Suaeda mollis*  
*Cistanche lutea*  
*Cistanche violacea*  
*Tamarix boveana*

Deux alliances se rattachent à l'ordre des *Salsoleto-Nitrarietalia*. Il s'agit de l'alliance *Limoniastrion guyoniani* pour le Sahara Septentrional et de l'alliance *Limoniastreto-Zygophyllion* qui est de répartition plus occidentale et plus méridionale. C'est l'alliance *Limoniastrion guyoniani* que l'on rencontre dans notre zone d'étude. Elle est caractérisée par des halo-gypsophiles, entre autre :

*Limoniastrum guyonianum*  
*Zygophyllum album* subsp. *album*  
*Zygophyllum album* subsp. *geslini*  
*Limonium pruinosum*  
*Salsola sieberi* var. *zygophylla*



**Figure 13** : Schéma syntaxonomique de la classe des *Salicornietea* Quézel, 1965.

### 3.3 Classe des *Asterisceto-Forskhaletea* Quézel, 1965

Cette classe réunit tous les groupements de rocailles du Sahara septentrional, nord occidental et central. Elle est caractérisée par les espèces suivantes:

*Forskhaletia tenacissima*  
*Asteriscus graveolens*  
*Salvia aegyptiaca*  
*Farsetia aegyptiaca*  
*Farsetia hamiltonii*  
*Picris coronopifolia* subsp. *saharae*  
*Reseda villosa*  
*Lotus roudairei*  
*Fagonia latifolia*  
*Enneapogon scaber*  
*Enneapogon brachystachyum*  
*Anastatica hierochuntica*

Au sein de cette classe, nous distinguons trois ordres (Figure 17) dont deux sont définis dans le Sahara septentrional, à savoir l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia* qui est caractérisé par les espèces suivantes:

*Gymnocarpos decander*  
*Atractylis serratuloides*  
*Helianthemum ellipticum*  
*Helianthemum lippii*,  
*Linaria aegyptiaca* subsp. *suffruticosa*  
*Aristida obtusa*  
*Aristida coerulescens*  
*Asteriscus pygmaeus*  
*Digitaria nodosa* subsp. *commutata*  
*Diploaxis pitardiana*  
*Gymnarrhena micrantha*  
*Euphorbia dracunculoides* subsp. *inconspicua*

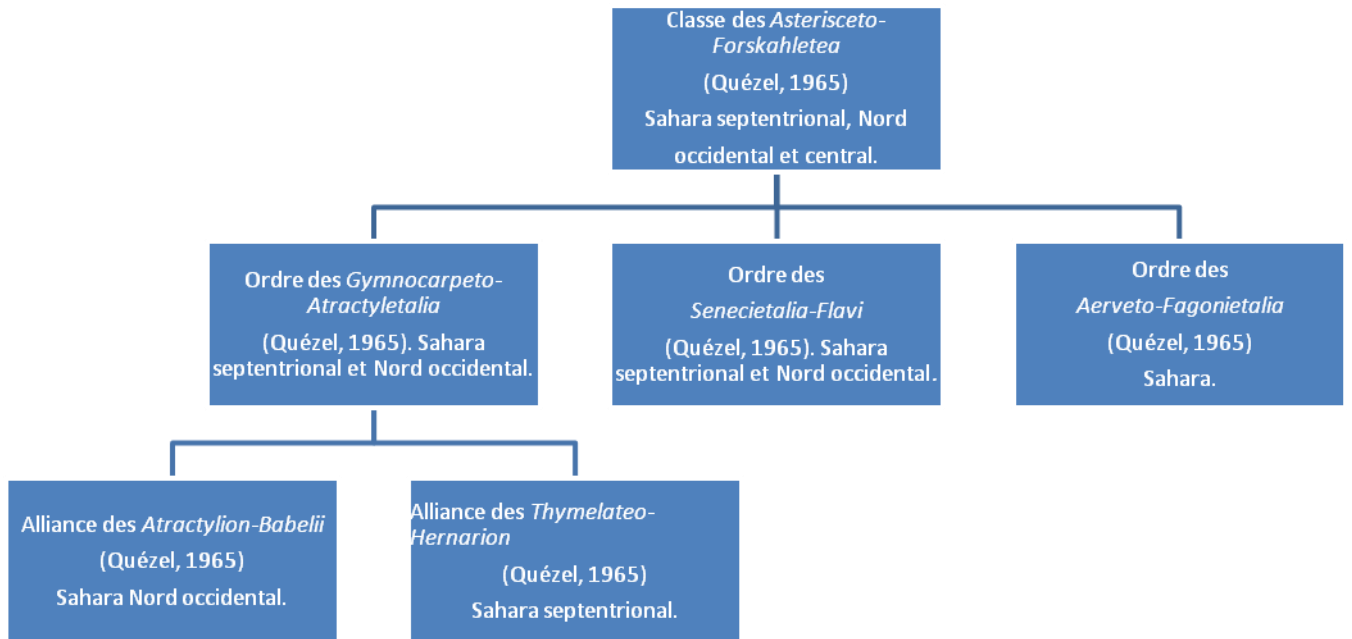
L'ordre des *Senecietalia-Flavi* qui est caractérisé par les espèces suivantes:

*Senecio flavus*  
*Senecio coronopifolius*  
*Amberboa leucantha*  
*Trichodesma calcaratum*  
*Chrysanthemum macrocarpum*  
*Eruca sativa* subsp. *aurea*

Deux alliances se rattachent à l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia*. Il s'agit de l'alliance des *Atractylion-Babelii* pour le Sahara Nord occidental et de l'alliance des *Thymelateo-Hernarion* pour le Sahara septentrional. C'est cette dernière que l'on rencontre dans notre zone d'étude.

Elle est caractérisée par les espèces suivantes :

*Herniaria fontanesii*  
*Helianthemum kahirinum*  
*Thymelaea microphylla*  
*Pithuranthos chloranthus* ssp. *cossonianus*  
*Fagonia kahirina*



**Figure 14** : Schéma syntaxonomique de la classe des *Asterisceto-Forskahletea* (Quézel, 1965).

### 3.4 Syntaxonomie des groupements identifiés

Nous tenterons, dans ce qui suit de rattacher nos groupements mis en évidence par la DCA et la CHA, aux unités supérieures et de les comparer aux différentes associations déjà décrites pour le Sahara septentrional. De plus, nous essayerons de donner plus d'informations sur l'écologie des groupements identifiés dans la zone d'étude, à travers l'exploitation des données écologiques notés lors de la réalisation des relevés floristiques et les résultats des analyses physico-chimiques des sols de la région.

### 3.4.1 Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* (Quézel, 1965)

Cette association correspond à l'ensemble E1 identifié par l'ACD. L'ensemble des relevés de ce groupement a été réalisé à une altitude comprise entre -5 m et 170 m (altitude moyenne : 105 m) sur des terrains rocailloux où les affleurements calcaires sont fréquents. Les placages de sable sont assez remarquables. Quézel (1965) précise que ce groupement occupe les rocailles qui bordent vers l'Ouest la dépression de l'Oued Rhir (lieu de la présente étude). Il présente un recouvrement qui varie entre 25% et 50% (36% en moyenne).

Sur le plan floristique, cette association est extrêmement homogène et bien individualisée. Elle est essentiellement constituée des espèces strictement liées à ce type de formation, essentiellement des saxicoles calcicoles strictes et des gypso-saxicoles tolérantes (Quézel, 1965). Par ailleurs l'analyse du tableau XI illustre l'appartenance de cette association aux différentes unités de la classe des *Asterisceto-Forskhaletea* (Quézel, 1965).

Elle fait ressortir six espèces caractéristiques de l'association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* (Figure 15 et 16). Il s'agit de :

*Anthyllis henoniana*  
*Fagonia microphylla*  
*Anabasis articulata*  
*Erodium glaucophyllum*  
*Rhantherium suaveolens*  
*Helianthemum kahiricum*

Quatre espèces parmi elles ont des fréquences assez élevées : *Anthyllis henoniana*, *Fagonia microphylla*, *Anabasis articulate* et *Erodium glaucophyllum*.

D'autre part, les caractéristiques des unités supérieures sont:

- Espèces caractéristiques de la classe des *Asterisceto-Forskhaletea* :

*Farsetia aegyptiaca*

*Farsetia hamiltonii*

- Espèces caractéristiques de l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia*:

*Gymnocarpos decander*  
*Helianthemum lipii*  
*Atractylis serratuloides*  
*Argyrolobium uniflorum*  
*Linaria aegyptiaca*  
*Helianthemum ellipticum*  
*Diplotaxis pitardiana*

- Espèces caractéristiques de l'Alliance de *Thymelaeto-Herniarion*:

*Thymelaea microphylla*  
*Pithuranthos chloranthus*  
*Herniaria fontanesii*

L'analyse de l'ensemble du cortège floristique nous permet de distinguer deux groupes d'espèces selon leurs affinités lithologiques.

Le premier lot est constitué d'espèces halo-gypsophiles préférentielles, lesquelles ont généralement une faible fréquence, il s'agit de :

*Oudneya africana*, *Salsola foetida* et *Zygophyllum album*.

Le second lot est représenté par des espèces psammophiles, de fréquence parfois assez élevée.

Citons :

*Plantago ciliata*  
*Asphodelus refractus*  
*Ephedra alata*  
*Calligonum comosum*  
*Schismus barbatus*  
*Euphorbia guyoniana*

A l'exception de *Calligonum comosum*, *Ephedra alata* et *Retama retam*, ce groupe est à peu près exclusivement constitué par des éphémérophytes de petite taille, strictement liés aux horizons sablonneux superficiels (Quézel, 1965).



Sur le plan pédologique, sept échantillons de sol, pris dans cette formation, ont été analysés, les résultats sont mentionnés dans le tableau XII.

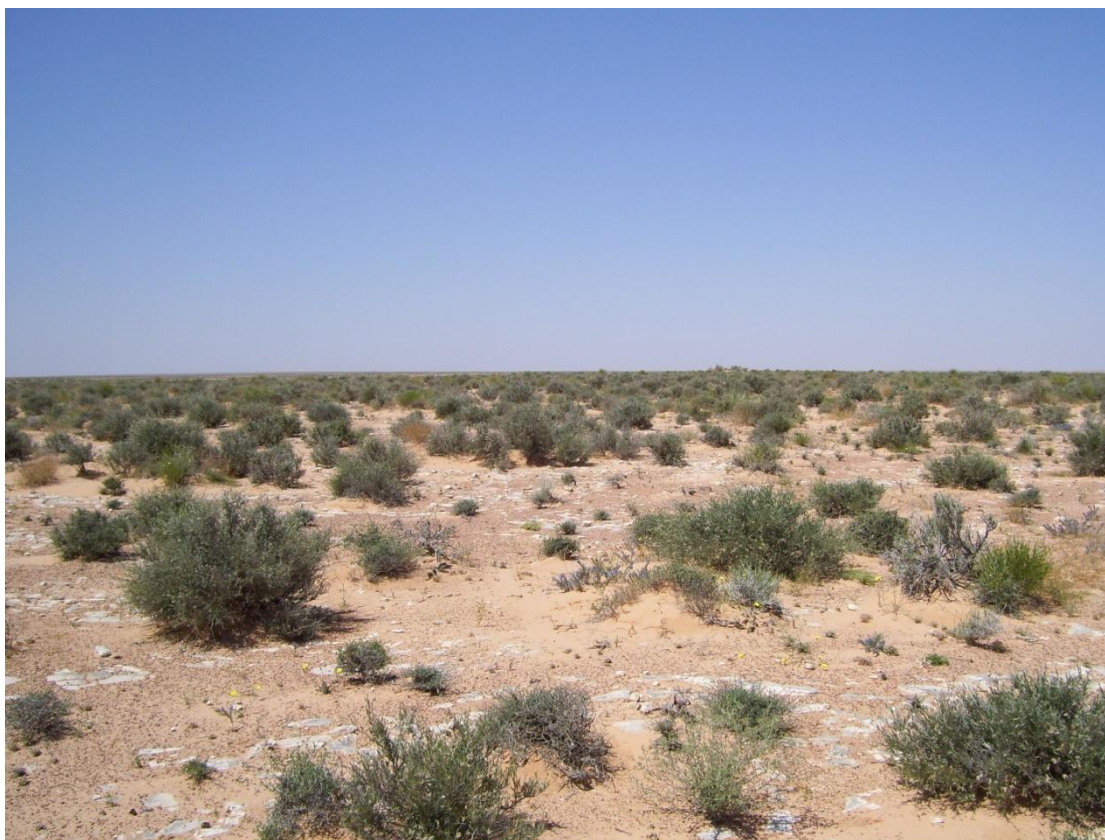
**Tableau XII** : Résultats des analyses physico-chimiques du sol des stations de l'association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla*.

Relevé	Site	pH	Appréciation pH	CE (mmhos /cm)	Estimation salinité	CaCO <sub>3</sub> (%)	Quantité CaCO <sub>3</sub>	Argile (%)	Limon total (%)	Sable total (%)	Texture
P1	oued M'jaïer	7,89	Basique	0,12	Non salé	32,00	forte	6,75	<b>23,6</b>	69,6	LS
P9	Chabket Aïssa	7,78	Basique	0,32	Faiblement salé	<b>39,07</b>	forte	3,4	18,4	78,26	SL
P10	Chabket Aïssa	8,04	Basique	0,11	Non salé	33,33	forte	4,11	18,0	77,81	SL
P11	oued Berramt	7,92	Basique	0,20	Faiblement salé	<b>40,54</b>	forte	7,45	<b>27,8</b>	64,87	LS
P12	Zaïdi	7,61	Basique	0,57	Faiblement salé	37,78	forte	2,31	<b>19,6</b>	78,13	SL
P13	Still	7,35	Basique	0,3	Faiblement salé	41,73	forte	<b>10,53</b>	15,5	74,0	LS
P16	El Berkadjia	7,53	Basique	0,3	Non salé	<b>40,00</b>	forte	<b>15,41</b>	17,4	66,5	LS

La lecture du tableau XII montre que l'association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla*, se développe dans notre zone d'étude sur des sol alcalins, non salé à faiblement salés, fortement chargés de CaCO<sub>3</sub>, les argiles et les limons sont largement représentés et la texture est majoritairement limono-sableuse.



**Figure 15** : *Fagonia microphylla* en fleur  
Les affleurements gypso-calcaires sont bien visibles



**Photo 16** : Vue d'ensemble de l'association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* (oued Berramt Avril 2009)

### **3.4.2 Association à *Arthrocnemum indicum* (Quézel, 1965)**

Cette association correspond à l'ensemble E4 identifié par l'ACD dont les relevés ont été réalisés à une altitude nettement au dessous du 0 m (entre 0 m et -33 m), sur des terrains sableux limoneux parfois gorgés d'eau. L'accumulation des sels à la surface est assez fréquente et visible à l'oeil nu. Sur le plan floristique, les espèces strictement liées à ce type de formation ne sont pas très nombreuses (Figure 17).

Précisons que le nom valide d'*Arthrocnemum indicum* est *Arthrocnemum macrostachyum*. Pour des raisons de traçabilité de l'information nous avons gardé l'ancien nom donné par Quézel (1965).

L'analyse du cortège floristique de cette association illustrée par le tableau XIII nous permet aisément de la rattacher aux unités supérieures décrites par Quézel (1965), à savoir :

- Caractéristiques de l'association : *Arthrocnemum indicum*
- Caractéristiques de l'alliance *Limoniastrion guyoniani* (gypsophiles préférentielles) :

*Limoniastrum guyonianum, Limonium pruinosum, Atriplex mollis et Zygophyllum album.*

- Caractéristiques de l'ordre des *Salsoletto-Nitrarietalia* (halo-gypsophiles) (Quézel, 1965):

*Suaeda mollis, Salsola tetrandra, Salsola foetida et Salsola vermiculata.*

- Caractéristiques de la classe des *Salicornietea* (Halophiles) :

*Salicornia arabica, Juncus maritima, Phragmites communis et Atriplex halimus.*

Selon Quézel (1965), l'association à *Arthrocnemum indicum* est extrêmement rare au Sahara septentrional et n'apparaît qu'en de rares zones de l'oued Righ et la vallée de la Saoura (Quézel, 1965). Dans notre zone d'étude cette association se trouve aux alentours immédiats du chott proche d'Oum Tyour et à oued Khrouf. Cette partie de la zone d'étude correspond à la partie septentrionale de la vallée de l'oued Righ. Elle colonise les marges du chott qui est plein d'eau en hiver et asséché en été, à teneur élevée en salant.

**Tableau XIII:** Association à *Arthrocnemum indicum*

N° du relevé	R87	R88	R89	R90	R91	R92	R93	
N° du relevé sur le terrain	R89	R95	R90	R91	R92	R96	R94	
Recouvrement (%)	20	20	20	30	35	30	20	
Altitude (m)	-33	-11	-15	-11	0	-8	-6	
								CP
Caractéristiques de l'association								
<i>Arthrocnemum indicum</i>	3	3	3	3	1	+	+	V
Caractéristiques de l'alliance (Gypsophiles préférentielles)								
<i>Limoniastrum guyonianum</i>	.	.	2	+	3	2	.	IV
<i>Limonium pruinosum</i>	.	.	.	2	.	+	1	II
<i>Atriplex mollis</i>	.	.	.	+	.	.	1	II
<i>Zygophyllum album</i>	.	.	.	.	2	.	2	II
Caractéristiques de l'ordre (Halo-gypsophiles)								
<i>Suaeda mollis</i>	2	2	1	.	2	1	2	V
<i>Salsola tetrandra</i>	.	+	.	.	.	+	1	III
<i>Salsola foetida</i>	+	.	.	.	2	2	.	II
<i>Salsola vermiculata</i>	.	.	.	.	.	.	1	I
Caractéristiques de la classe (Halophiles)								
<i>Salicornia arabica</i>	.	1	2	1	.	.	.	II
<i>Juncus maritima</i>	.	.	2	2	.	.	.	II
<i>Phragmites australis</i>	.	.	1	.	.	.	.	I
<i>Atriplex halimus</i>	.	.	.	1	.	.	.	I
Espèces psammophiles								
<i>Neurada procumbens</i>	.	.	.	.	1	1	.	II
<i>Plantago ciliata</i>	.	.	.	.	.	1	.	I
<i>Retma retam</i>	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Ifloga spicata</i>	.	.	.	.	+	.	.	I
Autres espèces								
<i>Cotula cinerea</i>	.	.	.	.	1	+	.	II
<i>Diploaxis pitardiana</i>	.	.	.	.	+	1	.	II
<i>Erodium glaucophyllum</i>	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Matricaria pubescens</i>	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Atractylis aristata</i>	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Launea glomerata</i>	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Helianthemum lipii</i>	.	.	.	.	.	+	.	I

L'analyse de quelques échantillons de sol pris dans la région (tableau XIV) montre que l'association à *Arthrocnemum indicum* se développe sur un sol à pH neutre (pH = 7,4), fortement salé (CE  $\geq$  4,1 mmhos/cm), moyennement à fortement chargé de CaCO<sub>3</sub> et de texture sablo-limoneuse avec un taux assez élevé de limon.

**Tableau XIV:** Résultats des analyses physico-chimiques du sol des stations de l'association à *Arthrocnemum indicum*.

Relevé	Site	pH	Appréciation pH	CE (mmhos/cm)	Estimation de la salinité	CaCO <sub>3</sub> (%)	Quantité CaCO <sub>3</sub>	Argile (%)	Limon total (%)	Sable total (%)	Texture
P25	O. Khrouf	7,44	Basique	<b>4,9</b>	Fortement salé	22,85	Moyenne	4,37	<b>22,46</b>	73,17	SL
P26	O. Khrouf	7,43	Basique	<b>4,1</b>	Fortement salé	32	forte	5,39	<b>23,18</b>	71,43	SL
P27	Oum Tyour	7,45	Basique	<b>4,1</b>	Fortement salé	40	forte	6,42	<b>20,64</b>	72,94	SL
P28	Oum Tyour	7,43	Basique	<b>4,1</b>	Fortement salé	22,32	Moyenne	5,14	<b>22,25</b>	72,61	SL



**Figure 17:** Vue d'ensemble de l'Association à *Arthrocnemum indicum* à Oum Tyour (novembre 2009)

### 3.4.3 Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata* (Quézel, 1965)

Cette association correspond à l'ensemble E3 identifié par l'ACD, dont les relevés, réalisés à une altitude comprise entre -16 m et 18 m, présentent une diversité floristique assez appréciable et un taux de recouvrement le plus important de la zone d'étude (36% en moyenne). Les sols sont majoritairement limoneux-sablonneux, et où la texture grossière peut parfois dominer.

Floristiquement cette association est dominée par les buttes de *Limoniastrum guyonianum* et *Suaeda mollis* (Figure 18). L'analyse du cortège floristique du tableau XV montre que cette association s'intègre aisément aux entités supérieures décrites par Quézel, (1965). Nous donnons les espèces caractéristiques des principaux rangs phytosociologiques en partant de l'association vers les unités supérieures :

- Caractéristiques de l'association *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata* :

*Salsola foetida* et *Suaeda mollis*

- Caractéristiques des *Limoniastrum guyoniani*, *Salsoleto-Nitrarietalia* et *Salicornietea* (espèces halophiles et halo-gypsophiles):

*Limoniastrum guyonianum*, *Lotus halophilus*, *Salsola vermiculata*, *Zygophyllum album*,  
*Traganum nudatum*, *Atriplex halimus*, *Cistanche tinctoria* et *Halocnemum strobilaceum*.

L'analyse de l'ensemble du cortège floristique nous permet de distinguer deux groupes d'espèces selon leurs affinités lithologiques :

Un premier lot d'espèces psammophiles de fréquence parfois importante, mais majoritairement constitué de thérophytes. Citons: *Ifloga spicata*, *Schismus barbatus*, *Plantago ciliata*, *Neurada procumbens*. Un second lot d'espèces saxicole transgressives de l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia* et l'alliance des *Thymelaeto-Herniarion*, il s'agit de :

*Anabasis articulata*

*Erodium glaucophyllum*

*Helianthemum lipii*

*Thymelea microphylla*

*Gymnocarpos decander*

*Diplotaxis pitardiana*

Ce lot d'espèces saxicoles présentant une faible fréquence, illustre la complexité lithologique des sols sahariens où très souvent un fond caillouteux à graveleux est couvert par une couche plus ou moins épaisse de sable.

Notre association s'intègre aisément aux unités supérieures décrites par Quézel, 1965 et occupe de grands étendus dans la région. Cependant nous relevons certaines ambiguïtés en comparant nos relevés floristiques avec ceux réalisés par ce même auteur dans une zone très proche à la notre. En effet, Quézel, (1965) précise que ce groupement n'est pas très fréquent au Sahara septentrional ; il est cantonné aux sables gypseux relativement chargé en argile, et précise que *Suaeda vermiculata* peut être retenue comme caractéristique de l'association tandis que *Suaeda mollis* est caractéristique des unités supérieures. Or une recherche sur l'identification de ces deux espèces sur les flores de Quézel et Santa, (1962-1963) et Ozenda (2004) a permis de confirmer qu'il s'agit en fait de la même espèce. Par conséquent l'espèce ne peut être retenue comme caractéristique que d'une unité phytosociologique, soit celle d'association soit un des rangs des unités supérieures. Par ailleurs, nous confirmons que cette association occupe de grandes étendues dans la région et que *Suaeda mollis*, avec *Salsola foetida* et *Limoniastrum guyonianum*, jouent un rôle important dans la physionomie de l'association. Il serait utile d'étendre les investigations de terrain pour confirmer que cette association occupe un territoire plus important que celui annoncé par Quézel (1965) et permettre de proposer de nouvelles espèces caractéristiques des différentes unités auxquelles elle se rattache.



Les analyses pédologiques effectuées sur des échantillons de sol de la région ont permis de caractériser un sol alcalin, salé, d'une teneur en CaCO<sub>3</sub> moyenne et d'une texture majoritairement limono-sableuse (Tableau XVI).

**Tableau XVI:** Résultats des analyses physico-chimiques du sol des stations de l'association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata*.

Relevé	Site	pH	Appréciation pH	CE (mmhos/cm)	Estimation de la salinité	CaCO <sub>3</sub> (%)	Quantité CaCO <sub>3</sub>	Argile (%)	Limon total (%)	Sable total (%)	Texture
P2	Tandla	7,54	Basique	1,43	salé	20,56	Moyenne	<b>9,24</b>	16,63	74,13	LS
P5	Oued Khrouf	7,25	Basique	2,20	salé	12,96	Moyenne	8,22	18,56	73,22	LS
P6	Oued Doukara	7,71	Basique	1,30	Moyennement sa	23,52	Moyenne	6,68	13,93	79,39	SL
P7	Marizou	7,41	Basique	<b>2,03</b>	salé	15,53	Moyenne	4,88	<b>37,92</b>	57,2	LS
P8	Marizou	7,63	Basique	<b>2,24</b>	salé	20,49	Moyenne	4,62	22,85	72,53	LS
P15	Beadj	7,41	Basique	<b>2,2</b>	salé	21,73	Moyenne	7,71	23,22	69,07	LS
P17	Berkadjia	7,37	Basique	<b>2</b>	salé	28,40	forte	7,19	19,6	73,21	LS
P18	Marizou	7,40	Basique	<b>2,02</b>	salé	24,07	forte	<b>12,33</b>	19,41	68,26	LS
P19	Messaka	7,53	Basique	<b>2,03</b>	salé	13,52	Moyenne	6,36	<b>27,73</b>	65,34	LS
P20	Messaka	7,31	Basique	1,93	salé	10,99	Moyenne	8,99	<b>27,42</b>	63,59	LS
P24	Oued Khrouf	7,40	Basique	1,7	salé	20	Moyenne	5,91	22,99	71,1	SL



**Figure 18:** Vue d'ensemble de l'association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata* à Marizou (avril 2009)

#### **3.4.4 Groupement à *Haloxylon scoparium* (Quézel, 1965)**

Ce groupement correspond à l'ensemble E2 individualisé par l'ACD et confirmé par la CHA. Les relevés appartenant à cet ensemble ont été réalisés à une altitude qui varie entre 82 m et 174 m, sur des sols caillouteux. La diversité floristique au sein de ce groupement est appauvrie et le recouvrement global est de l'ordre de 25% (Figure 19).

Quézel, 1965 confirme : « le cortège floristique est extrêmement réduit, il s'agit de peuplements purs, parfois quelques rares espèces s'y adjoignent. Nous citons : *Fagonia glutinosa*, *Asteriscus pygmaeum*, *Plantago ciliata* et *Traganum nudatum* ».

Pour ce qui est de notre groupement, il s'intègre facilement aux unités phytosociologiques décrites pour la région et reprises avec plus de détails par Kaabeche (1990). Notons que Quézel (1965) a rattaché ce groupement à la classe des *Asterisceto-Forskhaletea*, l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia* et l'alliance de *Thymelaeto-Herniarion* sans toutefois définir une association précise.

L'analyse du tableau XVII permet de retenir les espèces caractéristiques suivantes :

- Espèce caractéristique du groupement : *Haloxylon scoparium*  
Espèces caractéristiques de la classe des *Asterisceto-Forskhaletia* (Quézel, 1965):  
*Fagonia latifolia*, *Farsetia aegyptiaca* et *Salvia aegyptiaca*.
- Espèces caractéristiques de l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia* (Quézel, 1965):  
*Gymnocarpus decander*, *Helianthemum lipii*, *Atractylis serratuloides* et *Asteriscus pygmaeum*. Ces espèces présentent des fréquences par fois assez élevées.
- Espèces caractéristiques de l'alliance de *Thymelaeto-Herniarion* (Quézel, 1965):  
*Herniaria fontanesii*, *Thymelaea microphylla* et *Pithuranthus chloranthus*. Ces espèces possèdent de faibles fréquences.

Une remarque s'impose sur la hiérarchisation de ce groupement au niveau de la classe. Sur les 12 taxons caractéristiques de cette classe, Kaabèche, 1990 ne retrouve que six espèces caractéristiques et avec de faibles fréquences. Pour ce qui est de notre zone d'étude, nous retrouvons encore moins d'espèces et où seule *Fagonia latifolia* présente une fréquence élevée.

**Tableau n° 4:** Groupement à *Haloxylon scoparium*

N° du relevé	R39	R40	R41	R42	R43	R44	R45	R46	R47	
N° du relevé sur le terrain	R06	R07	R81	R82	R83	R84	R85	R86	R87	
Recouvrement (%)	30	35	25	15	25	25	15	30	28	
Altitude (m)	174	173	136	137	119	97	85	87	82	
										<b>CP</b>
Caractéristique du groupement										
<i>Haloxylon scoparium</i>	2	2	2	2	2	.	.	.	.	III
Caractéristiques de l'Alliance de <i>Thymelaeto-Herniarion</i> :										
<i>Herniaria fontanesii</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	+	II
<i>Thymelaea microphylla</i>	.	.	.	.	.	.	.	2	1	II
<i>Pituranthos chloranthus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	I
Caractéristiques de l'Ordre des <i>Gymnocarpeto-Atractyletalia</i> :										
<i>Helianthemum lipii</i>	.	+	1	.	1	1	1	+	1	IV
<i>Gymnocarpos decander</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	1	II
<i>Diploaxis pitardiana</i>	2	+	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Echium trygorrhizum</i>	+	+	.	+	.	.	.	.	.	II
<i>Asteriscus pygmaeum</i>	.	.	.	+	+	.	.	.	.	II
<i>Atractylis serratuloides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	II
<i>Antirrhinum ramosissimum</i>	.	.	.	.	1	.	.	.	.	I
<i>Linaria aegyptiaca</i>	.	+	.	.	.	+	.	.	.	I
<i>Aristida obtusa</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	I
Caractéristiques de la Classe des <i>Asterisceto-Forskhaletea</i> :										
<i>Fagonia latifolia</i>	1	.	+	+	1	1	1	1	1	V
<i>Salvia aegyptiaca</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I
<i>Farsetia aegyptiaca</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I
Espèces halo-gypsophiles										
<i>Anabasis articulata</i>	1	2	2	.	2	2	2	2	2	V
<i>Erodium glaucophyllum</i>	.	.	.	.	.	1	1	.	.	II
<i>Rhantherium suaveolens</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	II
<i>Argyrolobium uniflorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I
Espèces psammophiles										
<i>Ifloga spicata</i>	+	+	+	.	+	.	+	.	.	III
<i>Neurada procumbens</i>	.	.	1	+	.	.	.	+	1	III
<i>Euphorbia calyprata</i>	.	.	+	.	+	.	+	1	.	III
<i>Schismus barbatus</i>	+	.	.	.	.	.	+	.	.	II
<i>Arnebia decumbens</i>	+	.	.	+	+	.	.	.	.	II
Autres espèces										
<i>Plantago albicans</i>	.	+	1	1	1	1	1	.	1	IV
<i>Oudneya africana</i>	+	2	.	.	.	+	+	2	.	III
<i>Aristida plumosa</i>	.	.	1	1	1	+	+	.	.	III
<i>Erodium triangulare</i>	+	1	.	.	+	.	.	.	.	II
<i>Lotus halophilus</i>	.	+	.	.	+	.	.	.	+	II
<i>Onopordon arenarium</i>	.	.	+	.	.	.	+	.	+	II
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	+	+	.	.	.	.	.	+	.	II
<i>Urginea noctiflora</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	+	II
<i>Echium humile</i>	.	.	.	.	.	1	.	+	.	II
<i>Bromus rubens</i>	+	1	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Astragalus cruciatus</i>	.	+	.	.	1	.	.	.	.	II
<i>Paronychia arabica</i>	.	.	.	.	1	+	.	.	.	II
<i>Stipa retorta</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	1	II
<i>Matricaria pubescens</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Launea glomerata</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Zizyphus lotus</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Aristida ciliata</i>	.	.	.	.	.	+	.	+	.	II
<i>Tourneuxia variifolia</i>	.	.	+	.	.	+	.	.	.	II
<i>Trigonella anguina</i>	.	.	+	.	+	.	.	.	.	II

**Espèces à fréquences faibles:** *Androcymbium punctatum* 1(41), *Plantago ciliata* 1 (39), *Erodium triangulare* +(41), *Carduncellus eriocephalus* +(40), *Medicago littoralis*+(40), *Medicago laciniata* +(43), *Cleome arabica* +(47), *Morettia canescens* +(42), *Calendula aegyptiaca* +(41).

Les analyses pédologiques effectuées sur des échantillons de sol de la région illustrent que ce dernier est alcalin, faiblement salé, sa teneur en  $\text{CaCO}_3$  est forte, et la texture est majoritairement sablo-limoneuse (Tableau XVIII).

**Tableau XVIII:** Résultats des analyses physico-chimiques du sol des stations du groupement à *Haloxylon scoparium*.

Relevé	Site	pH	Appréciation pH	CE (mmhos/cm)	Estimation de salinité	$\text{CaCO}_3$ (%)	Quantité $\text{CaCO}_3$	Argile (%)	Limon total(%)	Sable total (%)	Texture
P21	Oued Lehdedj	7,44	Basique	0,4	Faiblement salé	36,66	forte	5,25	<b>20,35</b>	74,4	LS
P22	Kaf ennoune	7,31	Basique	0,4	Faiblement salé	39,09	forte	6,16	18,19	75,65	SL
P23	Kaf ennoune	7,47	Basique	0,4	Faiblement salé	34,28	forte	6,35	<b>21,16</b>	72,49	LS



**Figure 19:** Vue d'ensemble du groupement à *Haloxylon scoparium* à oued Lehdedj (Ph. : Lellouchi M.)

### 3.5 Conclusion

Les analyses numériques (DCA et CAH) ont permis de mettre en évidence quatre ensembles floristiques. L'individualisation de ces ensembles est expliquée par les facteurs écologiques identifiés lors de l'interprétation de résultats obtenus à partir de l'analyse des correspondances détendancée. Il s'agit des facteurs : composition chimique du sol, la texture du substrat, et l'altitude. L'analyse canonique des correspondances a également permis de mettre en évidence les corrélations élevées existantes entre les différents facteurs identifiés. Ainsi, c'est l'existence d'un gradient complexe qui explique la mise en place des quatre groupements identifiés.

L'analyse phytosociologique de ces ensembles floristiques, a permis d'identifier quatre groupements lesquelles ont pu être rattachées à l'édifice syntaxonomique proposé pour le Sahara septentrional par Quézel (1965). Les unités végétales identifiées sont les suivantes :

- Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* (Quézel, 1965) évoluant à une altitude moyenne de 105 m, sur des terrains rocailloux où les affleurements sont très fréquents, le sol est fortement calcaire et très peu salé voire non salé.
- Association à *Arthrocnemum indicum* (Quézel, 1965) occupant les alentours immédiats du chott dont l'altitude est nettement inférieure à celle du niveau de la mer (-12 m en moyenne) sur des sols gorgés d'eau durant une bonne partie de l'année, fortement salé et de texture limono-sableuse.
- Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata* (Quézel, 1965) se développant sur des terrains de faibles altitudes (3 m en moyenne) dont le sol est salé et majoritairement sablo-limoneux.
- Groupement à *Haloxylon scoparium* (Quézel, 1965) évoluant dans une altitude moyenne de 120 m sur des sols caillouteux fortement calcaire et très peu salé.

Ces associations sont rattachées aux unités syntaxonomiques supérieures qui sont :

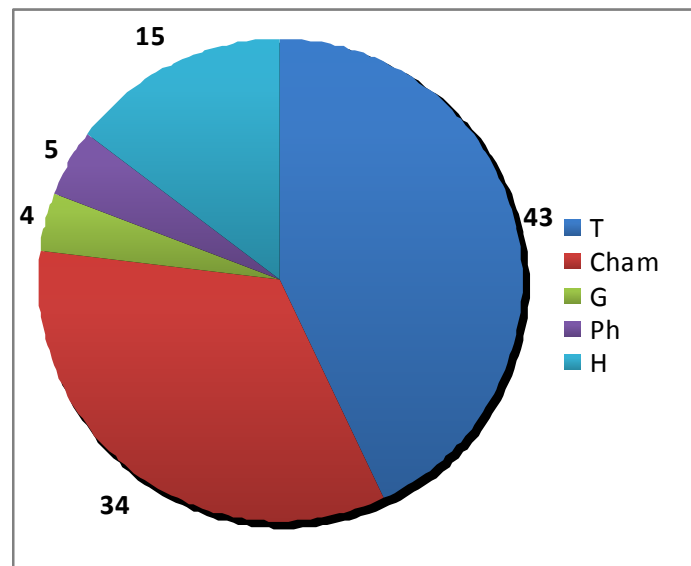
- L'alliance des *Thymelaeto-Herniarion*, l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia* et la classe des *Asterisceto-Forskhaletea* pour la première et quatrième association.
- L'alliance *Limoniastrion guyoniani* (gypsophiles préférentielles), l'ordre des *Salsoleto-Nitrarietalia* (halo-gypsophiles) et la classe des *Salicornietea* (Halophiles) pour la seconde et troisième association.

#### 4. Etude de la phytodiversité des associations décrites

Suite à l'étude écologique et phytosociologique, nous tenterons ici de faire ressortir l'importance de la phytodiversité des groupements identifiés. Ce volet est abordé à travers l'analyse du spectre biologique, du spectre phytogéographique et de la composition systématique.

##### 4.1. Le spectre biologique brut global

Nos relevés ont permis de recenser 114 espèces dont 05 n'ont pas été renseignées pour leurs types biologiques car non identifiées (échantillons incomplets). Sur les 109 espèces renseignées, nous avons 47 thérophytes (43,11%), 37 chamaephytes (33,94%), 16 hémicryptophytes (14,67%), 5 phanérophytes (4,58%) et 4 géophytes (3,66%) (Figure 20).



**Figure 20** : Spectre biologique global des espèces répertoriées dans la zone d'étude.

Le pourcentage important obtenu pour les thérophytes confirme l'appartenance de ces formations à un climat saharien. En effet, les annuelles, qui sont des espèces à cycle court, et dont l'apparition dépend des épisodes pluvieux, est un signe d'aridité du milieu (Nègre, 1966; Danin, 1983). Cette thérophytisation est une caractéristique des zones arides (Daget, 1980 ; Barbero et al, 1990). Selon Negre, (1966) et Daget, (1980), la thérophytie est une stratégie d'adaptation vis à vis des conditions défavorables et une forme de résistance aux rigueurs climatiques.

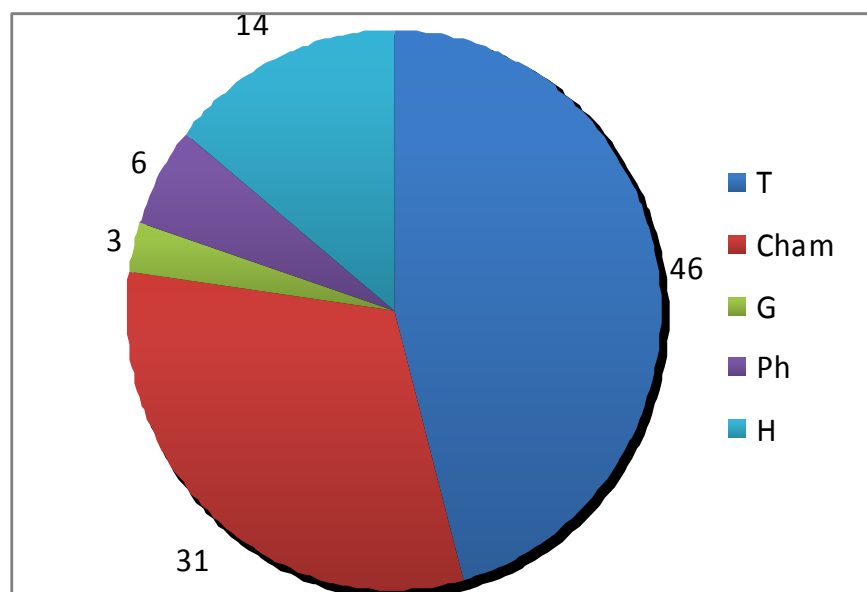
Les chamaephytes et les hémicryptophytes sont relativement bien représentés, car elles possèdent la capacité de développer des formes d'adaptation vis-à-vis des conditions pédo-climatiques sévères de la région.

Les phanérophytes sont très faiblement représentés à cause des faibles précipitations caractérisant le climat saharien et ne permettant pas le développement des arbres dans ces régions.

Enfin, les géophytes possèdent une stratégie d'adaptation qui ne se rencontre que très rarement en milieu saharien, ce qui explique leur faible pourcentage. Ceci rejoint les propos de Barbero et al (1989) selon lesquels les géophytes régressent et disparaissent dans les régions arides.

#### 4.1.1. Le spectre biologique brut de l'ensemble I : Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* subsp. *fruticans*

Cette association à elle seule compte 64% (soit 70 espèces) des espèces recensées pour la zone d'étude. La figure 21 montre la dominance très nette des thérophytes (46%) suivis des chamaephytes (31%) et des hémicryptophytes. Les phanérophytes (6%) et les géophytes (3%) sont très peu représentés.

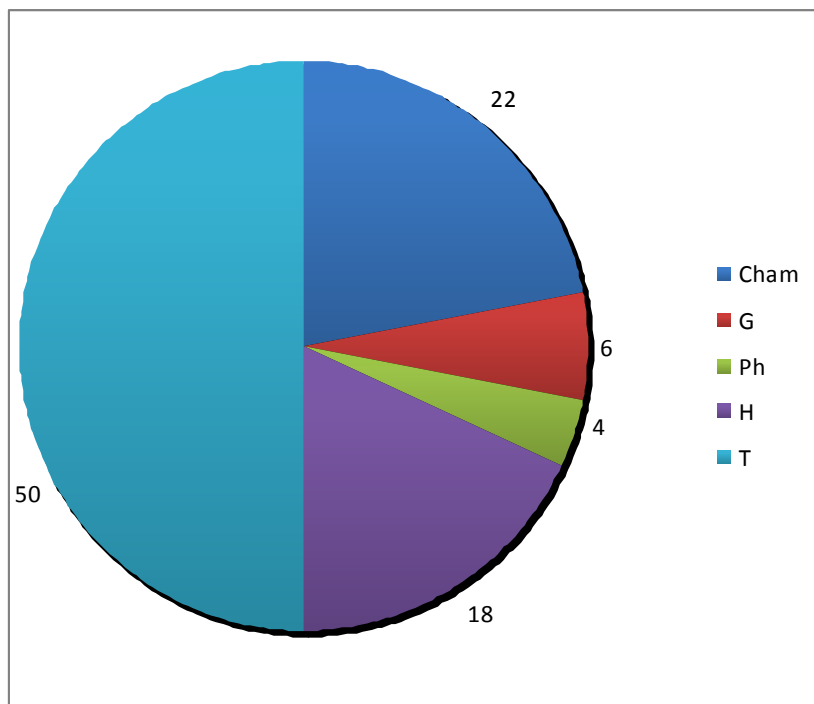


**Figure 21** : Spectre biologique brut de l'Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* subsp. *fruticans*.

#### 4.1.2. Le spectre biologique brut de l'ensemble II : groupement à *Haloxylon scoparium*

Ce groupement compte moins d'espèces que le précédent (50 espèces soit 45,87% des espèces totales recensées pour toute la zone d'étude). D'après la figure 22 nous assistons à une thérophytisation dont la cause principale est l'aridité du climat dans notre zone d'étude (Sauvage, 1961 ; Gaussen, 1963 ; Dahmani, 1997 et Kadi-Hanifi, 1998). Quézel (1965) confirme que ce groupement disparaît progressivement au sud « la végétation se distend de plus en plus pour se localiser électivement dans des cuvettes ou des bas-fonds, elle n'est plus guère représentée que par des peuplements très diffus d'*Haloxylon scoparium* ».

Les chamaephytes (22%) et les hémicryptophytes (18%) sont nettement moins importants par rapport au groupement précédant. Les phanérophytes (4%) et les géophytes (6%) restent faiblement représentés.



**Figure 22** : Spectre biologique brut du groupement à *Haloxylon scoparium*.

#### 4.1.3. Le spectre biologique brut de l'ensemble III : Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata*

Cette association compte 59,63% de l'ensemble des espèces de la zone d'étude (soit 65 espèces). La figure 23 montre que les thérophytes dominent avec 46%, suivi des chamaephytes (34%) et des hémicryptophytes (14%). Les phanérophytes (3%) et des géophytes (3%) restent les types les moins bien représentés avec des pourcentages très faibles.

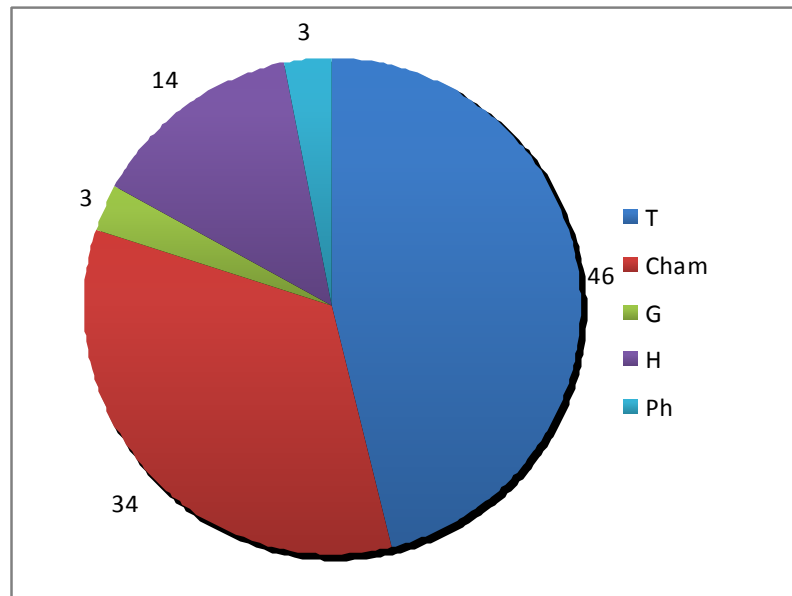
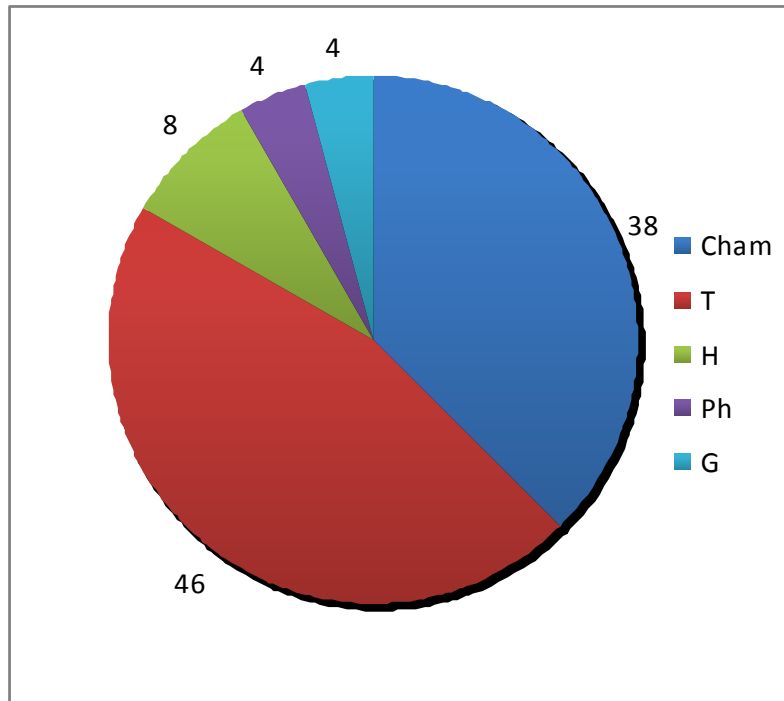


Figure 23 : Spectre biologique brut de l'Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata*.

#### 4.1.4. Le spectre biologique brut de l'ensemble IV : Association à *Arthrocnemum indicum*

Si les thérophtes gardent une forte présence (46%), nous assistons à une forte représentation des chamaephyte (38%) et une diminution des hémicryptophytes (8%). Cela peut être expliqué par les conditions pédologiques extrêmes (forte salinité) des stations où se développe cette association et où les chamaephytes montrent une meilleure capacité à coloniser ce type de substrat. Comme pour les trois groupements précédents, géophytes (3%) et phanérophytes (3%) sont très peu représentées.



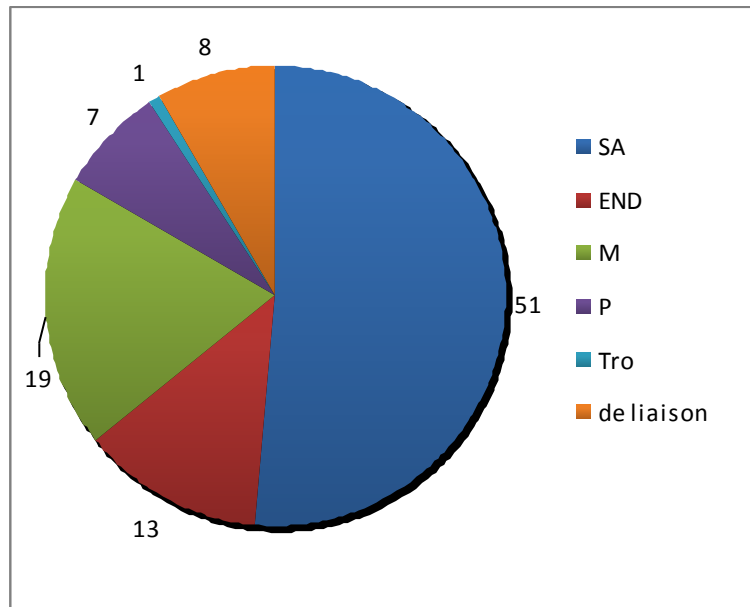
**Figure 24** : Spectre biologique brut de l'association à *Arthrocnemum indicum*.

#### 4.1.5. Conclusion

L'analyse des spectres biologiques indique une même tendance dans la représentativité des différents types biologiques pour les quatre associations décrites. Le schéma général est donc de type : Th > Ch > He > Ph > Ge.

#### 4.2. Spectre phytogéographique brut global

Le spectre phytogéographique permet d'apprécier la diversité chorologique des espèces de notre région d'étude. Il est obtenu en calculant le nombre de taxons pour chaque élément floristique considéré. Les résultats obtenus apparaissent sur la figure 25.



**Figure 25 :** Spectre phytogéographique brut des espèces répertoriées dans la zone d'étude.

La figure 24 indique une dominance de l'élément saharo-arabique avec 51% de taxons présents dans notre zone d'étude. Cela s'explique par la situation phytogéographique de la zone d'étude et correspond aux pourcentages donnés dans les travaux antérieurs (Quézel, 1965 et Ozenda, 2004). L'élément saharo-arabique étant dominant pour l'ensemble du territoire saharien.

L'élément méditerranéen arrive en seconde position avec un pourcentage bien plus faible que celui obtenu pour l'élément saharo-arabique. Un aperçu de la liste floristique permet de noter que l'élément méditerranéen est représenté majoritairement par des thérophytes.

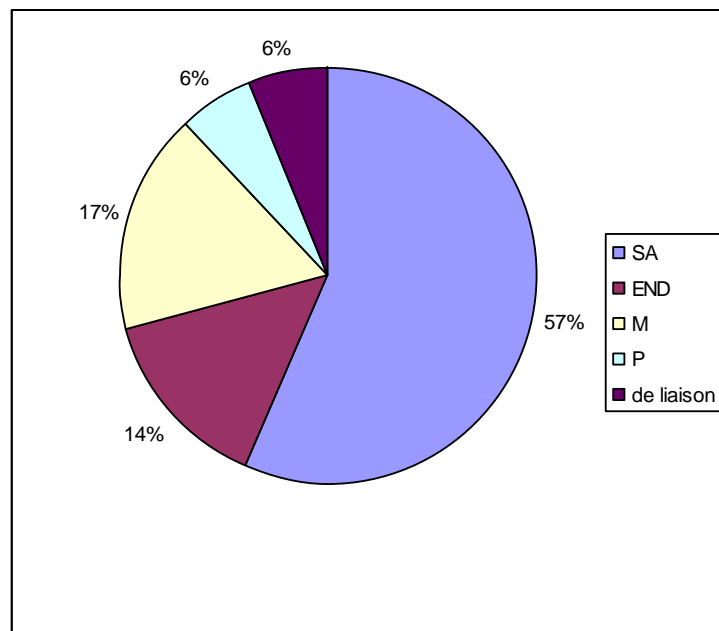
L'élément endémique, représenté par 13%, indique un taux d'endémisme remarquable compte tenu du nombre total d'espèces et de la superficie de notre zone d'étude.

L'élément de liaison, qui rassemble les espèces dont l'aire de distribution chevauche sur deux régions floristiques contiguës est représenté avec 8%. Il s'agit essentiellement d'espèces de liaison saharo-méditerranéenne.

Les éléments tropicaux et pluri-régionaux sont représentés par de faibles pourcentages, avec respectivement 1% et 7%.

#### 4.2.1. Le spectre phytogéographique brut de l'ensemble I : Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* subsp. *fruticans*.

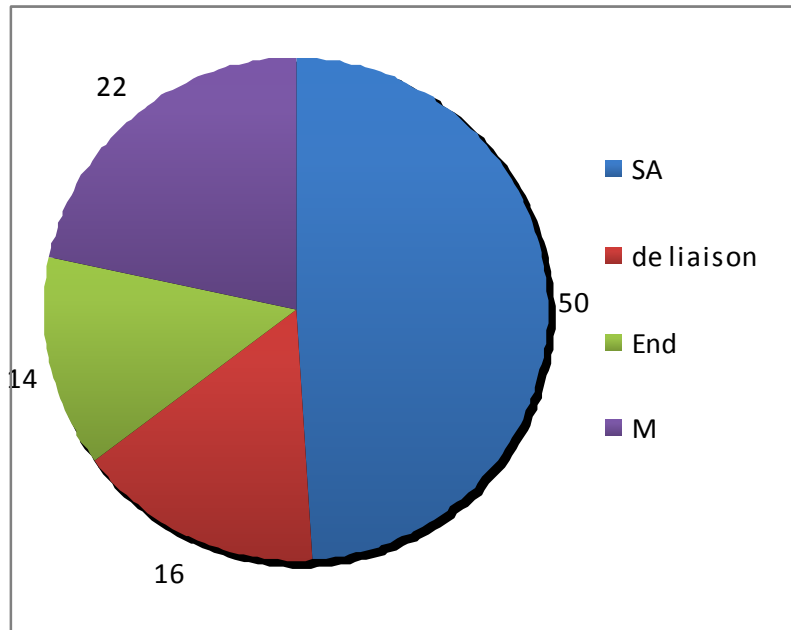
L'élément saharo-arabique domine avec 57% des taxons de l'ensemble I, suivi de l'élément méditerranéen (17%). L'élément endémique est remarquable avec 14%. Enfin l'élément de liaison est faible (6%), la même fréquence est enregistrée pour l'élément plurirégional.



**Figure 26 :** Spectre phytogéographique brut de l'Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* subsp. *fruticans*.

#### 4.2.2. Le spectre phytogéographique brut de l'ensemble II : groupement à *Haloxylon scoparium*

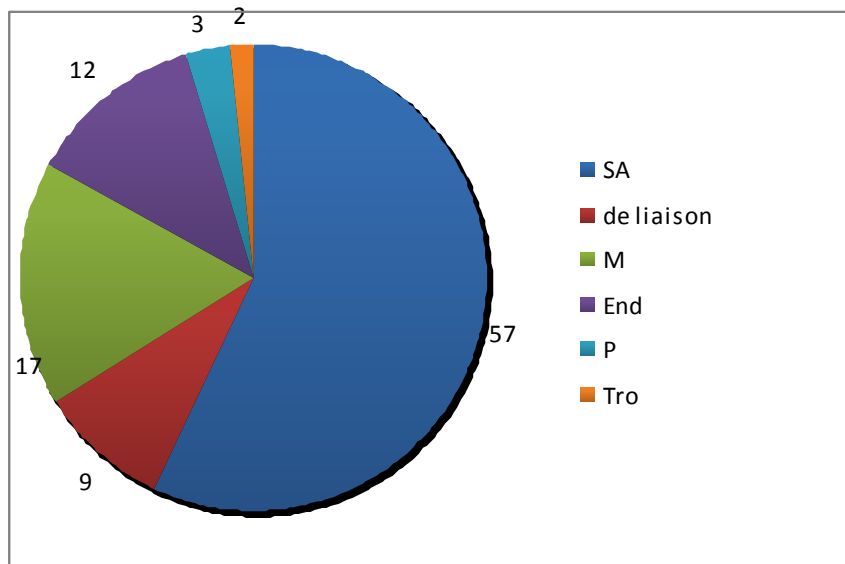
La figure 27 montre une diminution de l'élément saharo-arabique qui domine toujours (50%), contre une augmentation de l'élément méditerranéen (22%) majoritairement composé de thérophytes et de l'élément de liaison (16%). L'élément endémique garde un taux remarquable (14%). Notons que les éléments tropicaux et pluri-régionaux sont totalement absents.



**Figure 27 :** Spectre phytogéographique brut du groupement à *Haloxylon scoparium*.

#### 4.2.3. Le spectre phytogéographique brut de l'ensemble III : Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata*

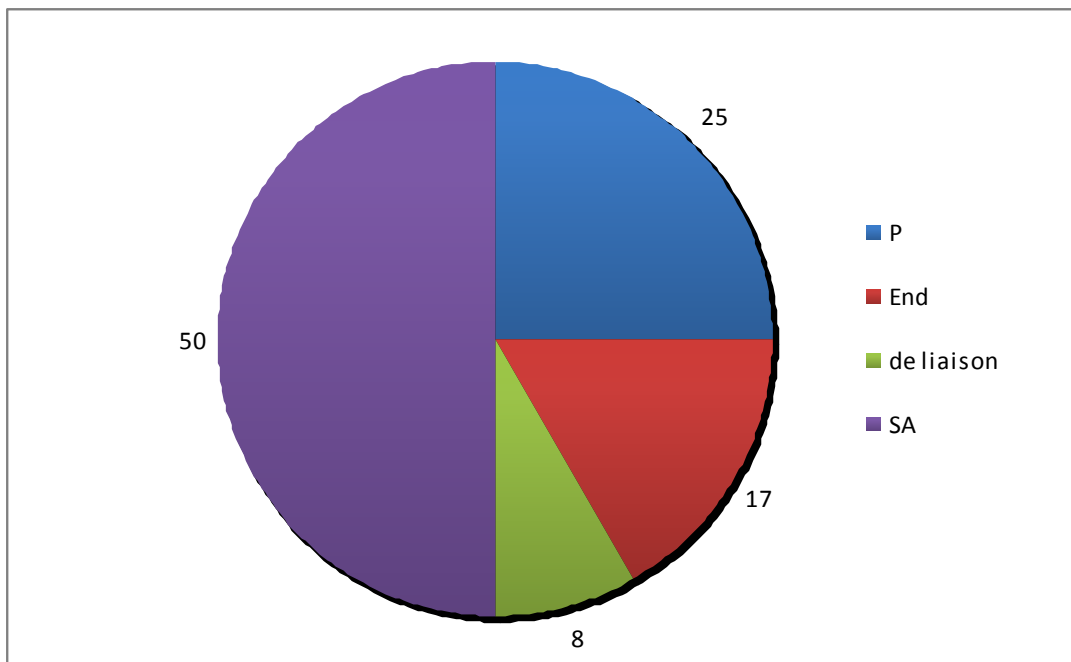
L'élément saharo-arabique domine (57%), suivi de l'élément méditerranéen (12%). Le taux de l'élément endémique est élevé (12%), tandis que les éléments de liaison (9%), pluri-régionaux (3%) et tropicaux (2%) sont faibles.



**Figure 28 :** Spectre phytogéographique brut de l' Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata*.

#### 4.2.4. Le spectre phytogéographique brut de l'ensemble IV : Association à *Arthrocnemum indicum*

La figure 29 montre, outre l'élément saharo-arabique qui domine (50%), que l'élément pluri-régional est particulièrement bien développé pour ce type de groupement (25%). Cela peut être expliqué par le fait que la végétation halophile est en grande partie une végétation de type azonale. L'élément endémique demeure appréciable (12%) alors que l'élément méditerranéen est absent.



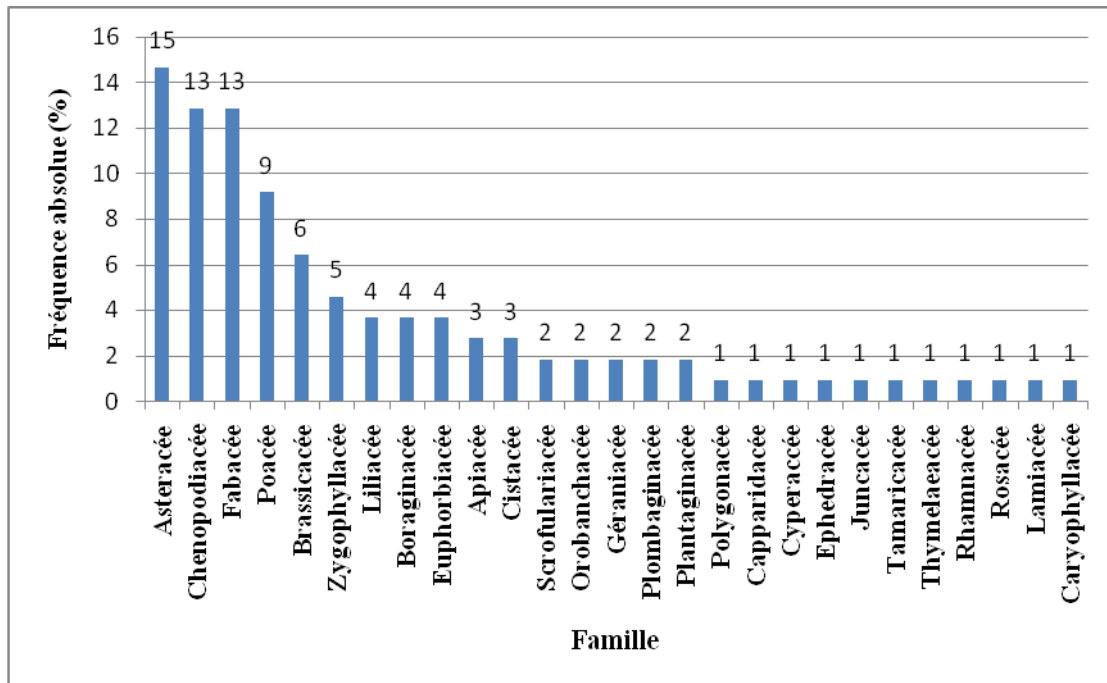
**Figure 29** : Spectre phytogéographique brut de l'Association à *Arthrocnemum indicum*.

#### 4.2.5. Conclusion

L'analyse du spectre phytogéographique des quatre associations montre une parfaite dominance des éléments saharo-arabiques ce qui témoigne de l'aridité du climat dans notre région d'étude. L'ensemble I et III présentent un taux plus élevé pour ce même élément phytogéographique tandis qu'il est légèrement moins important dans l'ensemble II et IV, à premier regard cela peut être expliqué par le fait que les stations des deux premiers ensembles sont plus arides que ceux des deux derniers ensemble, mais l'analyse fine de l'ensemble II montre une réalité différente : l'élément méditerranéen qu'occupe la deuxième position est essentiellement composé de thérophytes ce qui témoigne des conditions encore sévères des stations de ce groupement.

### 4.3. Composition systématique globale

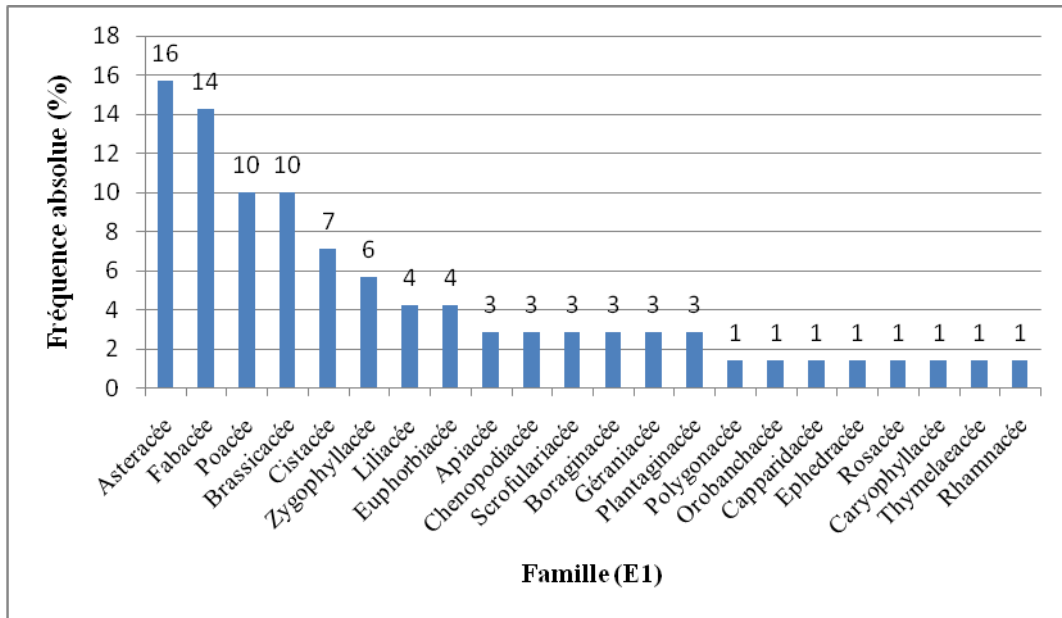
Nous avons étudié la flore de notre zone d'étude en l'intégrant dans un groupe systématique qui est la famille. Les 109 taxons considérés par la présente étude se répartissent en 27 familles dont les Astéracées sont les plus nombreuses (15%), suivi des Chénopodiacées (13%), des Fabacées (13%) et des Poacées (9%). (Figure 30). Notons le développement particulier des Chénopodiacées particulièrement bien adaptés aux sols salés de notre région d'étude.



**Figure 30 :** Nombre d'espèces par famille répertoriées dans la zone d'étude.

#### 4.3.1. Composition systématique de l'ensemble I : Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* subsp. *fruticans*

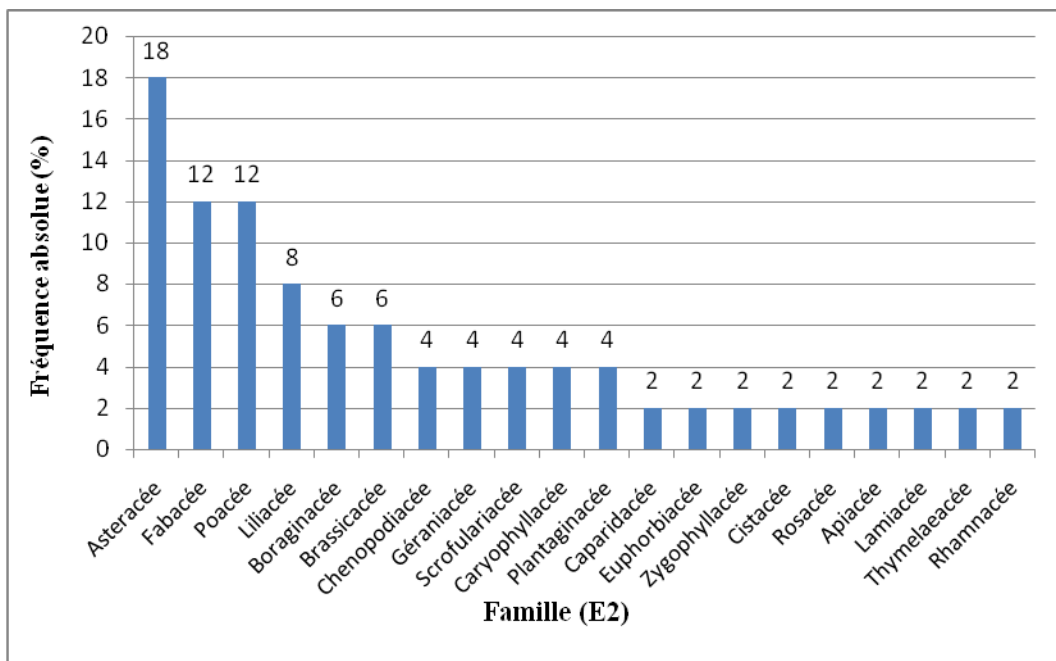
Les Astéracées dominent avec 16% suivi des Fabacées (14%) puis les Poacées (10%) et les Brassicacées (10%) (Figure 31).



**Figure 31 :** Nombre d'espèces par famille de l'association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* subsp. *fruticans*

#### 4.3.2. Composition systématique de l'ensemble II : groupement à *Haloxylon scoparium*

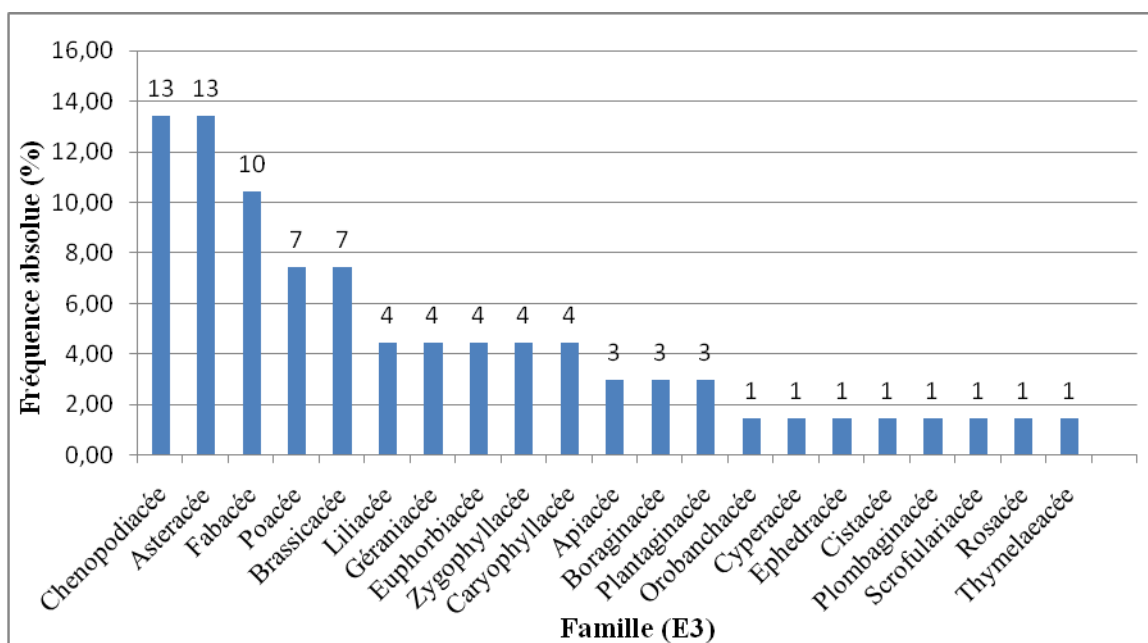
Les Astéragées dominent avec 18% suivi des Poacées (12%) et des Fabacées (12%), puis des Liliacées (8%). Notons que le reste des familles présentent des fréquences comprises entre 6% et 2% (Figure 32).



**Figure 32 :** Nombre d'espèces par famille du groupement à *Haloxylon scoparium*

#### 4.3.3. Composition systématique de l'ensemble III : Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata*

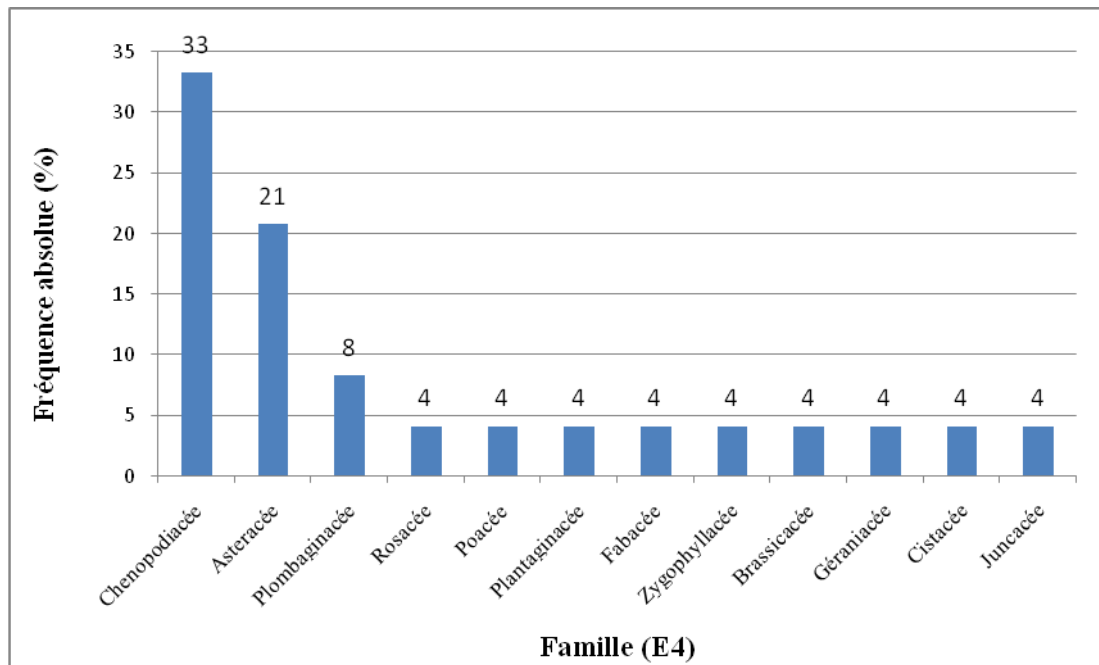
Nous notons la codominance des Chenopodiacees et des Astéracées avec un pourcentage de 13 % pour chaque famille, suivies des Fabacées avec 10 % puis des Brassicacées et des Poacées avec 7% (Figure 33).



**Figure 33 :** Nombre d'espèces par famille de l'association à Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata*.

#### 4.3.4. Composition systématique de l'ensemble VI : Association à *Arthrocnemum indicum*

Nous constatons la dominance des Chenopodiacees (33%) suivies des Astéracées (21%) et des plombaginacées (8%), tandis que le reste des familles représente des fréquences inférieures ou égales à 4 % (Figure 34). Notons que cette association se développe sur un sol gorgé d'eau durant une bonne partie de l'année et présente un taux très fort de salinité, ce qui explique la dominance des Chenopodiacees qui sont connues pour leurs parfaite adaptation à ces conditions extrêmes.



**Figure 34 :** Nombre d'espèces par famille de l'association à *Arthrocnemum indicum*

#### 4.3.5. Conclusion

L'analyse de la composition systématique des 109 taxons recensés pour notre zone d'étude monte la dominance des Asteracées, Chénopodiacées, Fabacées, Poacées et Brassicacées. Si nous ne pouvons pas comparer nos résultats aux références, pour manque des travaux antérieurs dans la région, nous les avons néant moins comparé aux travaux réalisés dans les zones steppiques limitrophes. Quézel (1978), Bouzenoune (1984), Aime (1991), Boughani (1995), Le Houerou (1995), Aidoud-Lounis (1997) et Amghar (2002) remarquent que les Asteracées dominant, suivi des Fabacées, Poacées et Brassicacées. Ce qui est de notre cas nous remarquons que cet ordre est plus au moins respecté avec cependant une très forte représentation des Chénopodiacées ce qui est expliqué par l'adaptation des ces derniers aux conditions particulières de notre zone d'étude, essentiellement la teneur des sols en sels.

## CONCLUSION GENERALE

Cette étude a pour objectif principal la description de la végétation halophile et halo-gypsophile de la région d'El M'Ghair (W. d'El Oued) sur le plan écologique et phytosociologique. La description détaillée de ce type de végétation doit permettre une meilleure compréhension de sa distribution en fonction des gradients écologiques prépondérants. Notre étude a pour cadre les principaux oueds et leurs alentours de la région d'El M'Ghair, caractérisés par une diversité biologique appréciable, ainsi que par une originalité de sa végétation parfaitement adaptée aux conditions pédoclimatiques extrêmes.

Pour répondre à notre objectif, nous avons mené trois campagnes d'échantillonnage (avril 2008, avril 2009 et novembre 2009) avec au final 96 relevés floristiques et 35 échantillons de sol lesquels ont été soumis à un traitement numérique à l'aide d'une analyse des correspondances détendancés, d'une classification ascendante hiérarchique et d'une analyse canoniques des correspondances. Les résultats obtenus ont permis d'individualiser 4 ensembles floristiques correspondant à quatre associations végétales se répartissant entre -33 m et 174 m d'altitude dans la région d'El Oued. L'analyse numérique a également permis d'identifier les facteurs écologiques régissant la distribution de ces différents groupements. Il s'agit de l'altitude, des paramètres physico-chimiques du sol et la texture du substrat.

L'analyse phytosociologique de ces ensembles floristiques, a permis d'identifier quatre groupements lesquelles ont pu être rattachées à l'édifice syntaxonomique proposé pour le Sahara septentrional par Quézel (1965) à savoir :

- L'alliance des *Thymelaeto-Herniarion*, l'ordre des *Gymnocarpeto-Atractyletalia* et la classe des *Asterisceto-Forskhaletea*.
- L'alliance *Limoniastrion guyoniani* (gypsophiles préférentielles), l'ordre des *Salsoleto-Nitrarietalia* (halo-gypsophiles) et la classe des *Salicornietea* (Halophiles)

Les unités végétales identifiées sont les suivantes :

- Association à *Anthyllis henoniana* et *Fagonia microphylla* (Quézel, 1965).
- Association à *Arthrocnemum indicum* (Quézel, 1965).
- Association à *Salsola foetida* et *Suaeda vermiculata* (Quézel, 1965).
- Groupement à *Haloxylon scoparium* (Quézel, 1965).

Ce travail constitue donc une étape importante dans la connaissance de la végétation halophile et gypso-halophile de la région d'El M'Ghair. Cette étude est originale car les zones ont été parcourues en détail pour la première fois et les résultats obtenus ont permis de conforter l'édifice phytosociologique proposé par Quézel (1965).

Les perspectives de recherche sur la végétation de cette région peuvent être orientées d'une part vers une cartographie précise des principales associations identifiées et d'autre part une caractérisation floristique et écologique de ces dernières permettant ainsi une meilleure gestion des parcours de la région.

## BIBLIOGRAPHIE

**Abdelkrim, H., 1984** – Approche phytoécologique et phytosociologique de quelques nappes alfatières de la région de Djelfa et e Tébessa. Thèse de Magister. Inst. Nat. Agron., El Harrach. Alger, 128 p + ann.

**Abdelkrim H., 2004** - Contribution à l'étude écologique et phytosociologique des adventices des cultures et des jachères dans le secteur phytogéographique de l'Algérois(Algérie). *Phytocoenologia*. 34 (2) : 287-326.

**Aidoud A., 1989** - Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud oranais : phytomasse, productivité primaire et application pastorales. *Doct. 3<sup>ème</sup> cycle*. USTHB. Alger. 245p + annexes.

**Aidoud-Lounis F., 1997** – Le complexe à alfa-armoise-sparte (*Stipa tenacissima L., Artemisia herba-alba Asso., Lygeum spartum L.*) des steppes arides d'Algérie ; structure et dynamique des communautés végétales. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille III, France, 214p. + annexes.

**Aime S., 1991**- Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub-humide,semi-aride dans l'étage thermo-méditerranéen du Tell oranais (Algérie occidentale). Thèse Doct.es-Sci. Univ. Aix-Marseille III : 190 p+ann.

**Amghar F., 2002** - Contribution à l'étude de la biodiversité de quelques formations de dégradation en Algérie. *Thèse Mag. Ecolo. USTHB*. Alger. 188p. + ann.

**Angot A., 1928**. Traité élémentaire de météorologie. Quatrième édition, revue et complétée par C.-E. Brazier avec une préface de M. Marcel Brillouin, Paris: Gauthier-Villars, 1928. In-8°. x-420 pages (121 figures).

**Aubert G., 1978** – Méthodes d'analyses du sol. 2<sup>ème</sup> Edition. C.N.D.P. Marseille. 199p.

**Bagnouls F. & Gaussen, H., 1953** - Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse , pp : 193 - 239.

**Barakat, H.N., 1995** – Contribution archéobotanique à l'histoire de la végétation dans le Sahara oriental et Soudan central, thèse Université d'Aix-Marseille III, 166 p.

**Barbero M., Bonin G., Loisel R. et Quezel P., 1989** – Sclerophyllus Quercus forests of the mediterranean area. Ecological and ethological significance Bielefelder Okol. Beiter 4. pp : 1-23

**Barbero M., Loisel R. et Quezel P., 1990** – Les essences arborées des îles méditerranéennes : leur rôle écologique et paysages. *Rev. Ecol. Med.* XXI (1/2).

**Barry JP, Celles J.C. 1972**-Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. *Naturalia Monspeliensia, Série Bot. Fasc. 23-24*, pp : 5-48.

**Barry JP, Celles J.C. 1973**- Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. *Naturalia Monspeliensia, Série Bot. Fasc. 23-24*, pp : 5-48.

**Barry J.P., Celles, J.C. & Manière, R., 1976** - Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara. Note II : le Sahara Central et le Sahara Méridional. *Naturalia monspeliensis, Sér. Bot.*, Fasc. 26, pp. 211-242.

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

**Barry J.P.,Celles J.C.& Musso, J., 1985** - Le problème des divisions biogéographiques et floristiques au Sahara. Note IV : le plateau du Tadmaït et ses alentours (carte de Ouragla).*Ecologia mediterranea, Tome XI, Fasc. 2/3*, pp. 123-181.

**Barry J.P.& Faurel L., 1973** – Notice de la carte de la végétation de l'Algérie au 1/500.000.Feuille de Ghardaïa. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. N.*, 11, 125p.

**Bel F. & Cuche D., 1969** - Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal, ERESS, Ouargla, Algérie, 20p.

**Bel F. & Dermagne F. ,1966** - Etude géologique du Continental Terminal, ANRH Alger, Algérie, 22p.

**Benhouhou S. S., 1991** - Vegetation studies in algerian sahara. Ph. D. Univ. of Sheffield, 271p.

**Benhouhou S.S., Boucheneb N., Kerzabi Q. & Sassi O., 2003** - Plant communities of several wadi types in the Tassili N'Ajjer, Central Sahara, Algeria. *Phytocoenologia* 33 (1), pp : 49-69.

**Boucheneb N., 2000** - Contribution à l'étude de la végétation de la région de Tamanrasset (Ahaggar). *Th. Magister. U.S.T.H.B., I.S.N.*, Alger, 107 p.

- Boughani A., 1995-** Contribution à l'étude de la flore et des formations végétales au Sud des monts de Zab (ouled Djellal, wilaya de Biskra) : Phytomasse, application cartographiques et aménagement. Thèse Magister. Univ. H. BOUMEDIENE, 214 p.
- Bouzenoune A., 1984-** Etude phytoécologique et phytosociologique des groupements végétaux du Sud oranais (Wilaya de Saida). Thèse Doct. 3ème cycle. Univ. USTHB, Alger, 225 p. +annexes.
- Bouzillé J-B., 2007-** Gestion des habitats naturels et biodiversité: concepts, méthodes et démarches. *Tec & Doc*. Paris, 356 p.
- Braun-Blanquet J., 1949 -** Premier aperçu phytosociologique du sahara Tunisien. (Travaux dédiés à René Maire). *Mém. Hors-série S. Hist. Nat. Afr. N.*, p.39.
- Braun-Blanquet J., 1952 –** Groupements végétaux de la France méditerranéenne. *CNRS, Paris*, 298 p.
- Busson G., 1972-** Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse Paris, 464p.
- Casagrande A., 1934 –** Die oraemeter methodzûr bestimmung der koruverbeilung von boden. Berlin. 66p.
- Celles J.C., 1975 –** Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois(Algérie). Thèse de Doct, Univ, de Nice, 364 p + ann.
- Cibois Ph., 1987-** L'analyse factorielle, analyses en composantes principales et analyse des correspondances. *Collection "Que sais-je?"*, pp. 1-27.
- Daget Ph., 1968-** Etude du climat local en région de moyenne montagne. Thèse Doct. Ing. Univ. Sci. Techn. Languedoc, Montpellier, 186p
- Daget Ph., 1977 –** Le bioclimat méditerranéen : Caractères généraux, mode de caractérisation. *Vegetatio*, 34, 1,1-20.
- Daget Ph., 1980 –** Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen : Le climat. Com. 1er Coll. Emberger. Montpellier. Nat Monspp, HS. pp : 101-126
- Dahmani-Megrerouche M., 1997 –** Le chêne vert en Algérie : Syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements.Thèse,Doct, Es. Sciences. USTHB, Alger. 383 p.
- Danin, A., 1983 –** Desert vegetation of Israel and Sinai. Cana, Jerusalem, 148p.

- De Jong E., Ballantyne A.K., Cameron D.R. et Read D.W.L., 1979** – Measurement of apparent electrical conductivity of soils by an electromagnetic induction probe to aid salinity surveys. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43. pp : 810-812.
- Dervin, C., 1988** - Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances. *STATICF, INRA - INA. Paris*, 75p.
- Djebaili S., 1984** – Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des Hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien. OPU Alger, 177p+Ann.
- Dobignard A. & Chatelain C., 2010-2011** - Index synonymique de la Flore d'Afrique du Nord. Edit. Conservatoire et Jardin botanique de la ville de Genève. Publ. hors série, n° 11. Vol. 1 (2010), Vol. 2 & 3 (2011). Consultable sur le site Internet du Conservatoire et jardin botanique de la ville de Genève : <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa>.
- Dray S., Pettorelli N. & Chessel D., 2002** - Matching data sets from two different spatial samples. *Journal of Vegetation Science* 13: 867-874.
- Dubief J., 1959** - le climat du Sahara. *Inst. Rech. Sah.*, Alger, T I, 312 p.
- Dubief J., 1963** - Le climat du Sahara. Mém. Hors série. *Ins. Rech. Sahar*, 2275p.
- Dubost D., 1991** - Écologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Thèse. Doct. Univ. Géo et Amén. Univ François Rablais. Tours. 290p.
- Dubuis, A. & Simonneau, P., 1958** – Contribution à l'étude de la flore et de la végétation de la région de Hassi-Messaoud. *Trav. Sect. Pédo. et Agrologie*, n°4, Alger.
- Dufrêne M., 1998**-Cours de Phytosociologie. Partie « analyse de données ». version β. 1 – 1/12/98. Adresse : <http://www.biol.ucl.ac.be/ecol/cours/phytosocio/home.html>
- Durand J. H. & Guyot J. 1955**- Irrigation des cultures dans l'Oued Righ. Travaux de l'IRS. Tome 13. Univ. D'Alger.
- Dutil P., 1971** - Contribution à l'étude des sols et des paléosols sahariens. *Th. Doc. d'Etat ès-Sciences*, Toulouse.
- Emberger L., 1930** – La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, 42, pp 641-662 et 705-721.
- Emberger L., 1955** - Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot. Geo. Zool* ; Fac. Sci. Univ. Montpellier, Fasc. 7, pp : 1 - 43.

- Escoffier, B. & Pagès J., 1997** – Initiation aux traitements statistiques, méthodes, méthodologie. *Dida stat, Pur, Rennes*.
- Fabre J., 1976** - Introduction à la géologie du Sahara Algérien. SNED, Alger Algérie, 422p.
- Gégout J.C. & Houllier F., 1993** - Apport de l'analyse factorielle des correspondances sur variables instrumentales en typologie des stations : illustration sur la plaine de la lanterne. *Rev. For Fr.* 45: 539-447.
- Géhu J. M., 1980** - La phytosociologie d'aujourd'hui. Méthodes et orientations. *Notiziario della società italiana di Fitosociologia*. Pavia, pp : 1-16.
- Géhu J. M., Kaabèche M. & Gharzouli, R., 1994** - observations phytosociologiques dans le Nord-Est de l'Algérie. *Phytocoenologia* pp. 369-382.
- Géhu J.M. & Rivas-Martinez, S., 1981** - Notions fondamentales de la phytosociologie. *Ber. Int. Symp. Syntaxonomie*. p: 1-33.
- Géhu J. M., Kaabèche M. & Gharzouli R., 1994**- observations phytosociologiques dans le Nord-Est de l'Algérie. *Phytocoenologia* pp. 369-382.
- Gounot M., 1969** - Méthodes d'études quantitatives de la végétation. *Masson*. Paris, 314p.
- Grim F., 1991** – Etude chimiotaxique du genre *Zygophyllum*. 5 espèces d'Algérie. Thèse de Magister. Univ.Sci.Technol.H.Boumédiène, Alger.
- Guinochet M., 1951** – Contribution à l'étude phytosociologique du Sud-Tunisien. *Bull. Soc.Hist. Nat. Afr. du N.*, t.42, p 131-153.
- Guinochet M., 1973** – Phytosociologie. *Masson et Cie*, Paris, 227 p.
- Hamdi-Aissa B., 2001**- Le fonctionnement actuel et passé de sol du Nord Sahara (Cuvette de Ouargla). Thèse de Doctorat en pédologie. I.N.A Paris Grignon, 275p.
- Halis Y., Benhaddya M. L., Bensaha H., Mayouf R., Lahcini A. & Belhamra M., 2012**- Diversity of halophyte desert vegetation of the different saline habitats in the valley of Oued Righ, Low Sahara basin, Algeria. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 4(3): 308-315.
- Hill M. D. & Gauch H. G., 1980** - Detrended correspondance Analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*, n° 42, pp.: 47-58.
- Kaabèche M., 1990**- Les groupements végétaux de la région de Bou Saada (Algérie) : Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse.Doc.Uni.Paris-Sud. Centre d'Orsay.102p+ann.

**Kaabèche M. & Gharzouli R., 1994** - Observations phytosociologiques dans le Nord Est de l'Algérie. – *Phytocoenologia* Gerbrüder Borntraeger. Verlag von Cramer, Berlin-Stuttgart, Germany.

**Kadi-Hanifi, H., 1998** - L'alfa en Algérie : Syntaxonomie, relation : milieu-végétation, dynamique et perspectives d'avenirs. Thèse. Doc. Uni. Sci. Technol. H. Boumediene. 267 p.

**Kassas M., 1953** - Habitat and plant communities in Egyptian desert: II. The features of desert community. *Journal Ecol.*, 41, pp. 248-256.

**Kershaw A.K. & Looney, H.H.J., 1985** – Quantitative and dynamic plant ecology. Edward Arnold Ed. 3 rd Edition. 282 p.

**Kouzmine Y., 2007**- dynamiques et mutations territoriales du sahara algerien vers de nouvelles approches fondées sur l'observation, (1<sup>ère</sup> partie). Thèse Doc. Univ. Franche-Comté. pp: 1-146.

**Lacoste A. et Salanon R., 1999** - Elément de biogéographie et d'écologie. *Ed. Nathan*, Paris, 318 p.

**Laffitte R., 1939** - Etude géologique de l'Aures. Bull. Serv. Carte Géol. Algérie 2<sup>ème</sup> Série, Stratigr. Descript. Régio., n°15, 451 p.

**Le Houérou, H-N., 1958** – Note sur un arbre du Grand Erg Oriental, *Calligonum arich.*, *Bull.Soc. Hist. Nat. Afr.*, t.49, p 297-301.

**Le Houérou, H-N., 1959** – Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. I : les milieux naturels, la végétation. II : La flore. III : Photos, cartes et tableaux. *Mém. Inst. Rech. Sah.*, n°6, Alger.

**Le Houérou H-N., 1969** - La végétation de la Tunisie steppique. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie*, 42, 5,624 p.

**Le Houerou H.N. et Hoste S. H., 1977** - Rangeland production and animal ranniffal relations in the mediterranean bassin and in African Sahelo-Sudanian zone. *J. Range Manage*, 30(3), 181-189.

**Le Houerou H.N., 1995**- Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, diversité biologique, développement durable et désertification, *Options méditerranéennes, sér. B : recherches et études* : 1-396 p.

**Mainguet M., 1995** - L'Homme Et La Sécheresse. *Ed. Masson*, Paris, 127 p.

**Mc Cune, B. & Grace J.B., 2002** – Analysis of ecological communities. *MjM Software Design*, Oregon, 300 p.

**McCune B. & Mefford M.J.M., 1999** - PC-ORD version 4. Multivariate Analysis Ecological Data. MjM Software Design, Glenden Beach, Oregon, USA.

**Meddour R., 2011** - La méthode phytosociologique sigmatiste ou braun-branqueto-tuxüenne. 40 p. Disponible sur Internet à l'adresse suivante : [http://www.telabotanica.org/sites/botanique/fr/documents/phytosocio/m%C3%A9thode\\_phyto\\_sociologique\\_Braun-Blanqueto-T%C3%BCxenienne\\_2011.pdf](http://www.telabotanica.org/sites/botanique/fr/documents/phytosocio/m%C3%A9thode_phyto_sociologique_Braun-Blanqueto-T%C3%BCxenienne_2011.pdf).

**Merrouchi L., 2009** – Caractérisation d'un agrosystème oasien, évolution et perspectives de développement. Cas de la vallée de l'Oued-Righ. *Mém. Magister*, Univ. Ouargla, 83p. + Annexes.

**Monod T., 1954** - Modes « contracté » et « diffus » de la végétation saharienne. In Cloudsly Thompson, J. L. (Ed.), *Biology of deserts*, London, pp: 35-44.

**Nedjraoui D., 1990** - Adaptation de l'Alfa (*Stipa tenacissima* L) aux conditions stationnelles. Contribution à l'étude du fonctionnement de l'écosystème steppique. Thèse Doct. Uni. H. Boumedienne. Alger, 240 p.

**Nègre R., 1966** - Les thérophytes. *Mem.Soc.Bot.Fr.* : 92-108.

**Ould baba Sy M., 2005** - Recharge et paléorecharge du Système Aquifère du Sahara Septentrional. Thèse de Doctorat, Université de Tunis El Manar, 261p.

**Ozenda, P. 1955**- La température, facteur de répartition de la végétation en montagne. – *Ann. Biol.* 31: 295-312.

**Ozenda P., 2004** – Flore et végétation du Sahara. CNRS éditions. 3ème édition. 662.

**Quézel P., 1962** - Contribution à l'étude phytosociologique du Sahara à propos de l'association à *Moricandia arvensis ssp. spinosa* et *Cymbopogon schonenanthus* de la « chebka » du M'zab. - *Bull. Soc. Hist. Afr. Nord.* Tome 53, pp. 119-132.

**Quézel P. 1965** - La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 333 p.

**Quézel P., 1978** – Analysis of the flora of mediterranean and saharian Africa. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, pp. 479-534.

**Quézel P et Medail F., 2003** - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin Méditerranéen. Ed. *ELSEVIER*, Lavoisier, Paris, 571 p.

**Quézel P. & Santa, S., 1962 et 1963** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Paris, C.N.R.S, 2 tomes, 1170 p.

**Rieu M. et Chevery C., 1976** – Mise au point bibliographique sur quelques recherches récentes en matière de sols salés. Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Pédologie. XIV. N°1, 1976. pp : 39-61.

**Roux M., 1985**- Algorithmes de classification. Masson, Paris, 151 p.

**Sarpota G., 1990** – Probabilités, analyse des données et statistique. Ed, Dunod, Paris.

**Sauvage Ch., 1961**- Recherches botaniques sur les subéraies marocaines. *Trav. Inst. Sci. Cherifien Bot.* 21 : 1-462.

**Schnell R., 1976** – La flore et la végétation de l'Afrique tropicale. Vol.III : 459p. Vol IV: 378 p. Gauthier-villars, Paris.

**UNESCO, 1972** - Projet ERESS; Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional, et rapport sur les résultats du Projet REG-100, UNESCO, Paris (1972).

**Williams B.G. et Hoey D., 1982** – An electromagnetic induction technique for reconnaissance surveys of soil salinity hazards. *Austr. J. Soil Res*, 20. pp : 107-118



**Annexes I : Localisation géographique des relevés.**

<b>Relevé n°</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>	<b>Date</b>	<b>Région</b>
01	N 33°54,928'	E 05°56,24'	-6,5	22/04/2009	Doukara
02	N 33°54,922'	E05°56,312'	-4,5	22/04/2009	Doukara
03	N 33°54,888'	E05°56,476'	-4	22/04/2009	Doukara
04	N 33°54,864'	E05°56,916'	-10	22/04/2009	Doukara
05	N 33°54,918'	E05°57,089'	-7	22/04/2009	Doukara
06	N 33°47,737'	E05°30,798'	173,8	23/04/2009	oued Beremt
07	N 33°47,900'	E05°31,000'	173	23/04/2009	oued Beremt
08	N 33°53,872'	E05°39,439'	99	24/04/2009	Chebket Aissa
09	N 33°52,825'	E05°38,581'	110	24/04/2009	Chebket Aissa
10	N 33°49,610'	E05°37,813'	142	24/04/2009	Boumerkhoufa
11	N 33°49,088'	E05°37,280'	147	24/04/2009	Boumerkhoufa
12	N 33°49,043'	E05°36,985'	152	24/04/2009	Boumerkhoufa
13	N 33°47,662'	E05°31,918'	176	25/04/2009	Chebket Aissa
14	N 33°47,694'	E05°32,324'	172	25/04/2009	Chebket Aissa
15	N 33°47,867'	E05°32,722'	170	25/04/2009	Chebket Aissa
16	N 33°48,018'	E05°33,019'	166,5	25/04/2009	Chebket Aissa
17	N33°51,416'	E05°35,213'	145,3	25/04/2009	oued Beremt
18	N33°46,179'	E05°35,770'	164,2	25/04/2009	oued Beremt
19	N33°45,340'	E05°34,423'	164	25/04/2009	oued Chames
20	N33°50,276'	E 05°36,261'	157	25/04/2009	oued Beremt
21	N33°50,702'	E05°37,096'	148,5	25/04/2009	oued Beremt
22	N33°52,361'	E05°37,267'	128	25/04/2009	oued Beremt
23	N33°49,897'	E06°00,673'	-7,5	26/04/2009	oued Khrouf
24	N33°49,785'	E06°00,516'	-5	26/04/2009	oued Khrouf
25	N33°49,577'	E06°00,340'	1,8	26/04/2009	oued Khrouf
26	N33°48,846'	E06°00,241'	-5,4	26/04/2009	oued Khrouf
27	N33°49,119'	E06°00,587'	1.5	26/04/2009	oued Khrouf
28	N33°49,345'	E06°00,977'	-9,5	26/04/2009	oued Khrouf
29	N34°13,818'	E05°52,987'	10.4	28/04/2009	Still
30	N34°13,697'	E05°52,481'	6,6	28/04/2009	Still
31	N34°13,595'	E05°51,769'	11.8	28/04/2009	Still
32	N34°12,807'	E05°50,951'	18	28/04/2009	Still
33	N 34°12,650'	E05°50,655'	13.5	28/04/2009	Still
34	N34°12,432'	E05°50,337'	12.1	28/04/2009	Still
35	N34°09,558'	E05°48,309'	18.3	29/04/2009	Beadj
36	N33°52,587'	E05°33,928'	126	30/04/2009	oued Mejjier
37	N33°52,586'	E05°33,731'	128	30/04/2009	oued Mejjier
38	N33°52,600'	E05°33,352'	128,5	30/04/2009	oued Mejjier
39	N33°52,660'	E05°33,044'	132,5	30/04/2009	oued Mejjier
40	N33°52,295'	E05°33,351'	141	30/04/2009	oued Mejjier
41	N33°52,374'	E05°33,431'	137	30/04/2009	oued Mejjier
42	N33°51,925'	E05°33,743'	151	30/04/2009	oued Mejjier
43	N33°51,573'	E05°34,661'	134.6	30/04/2009	oued Beremt
44	N33°51,982'	E05°35,170'	131,5	30/04/2009	oued Beremt
45	N33°52,332'	E05°36,372'	118	30/04/2009	oued Beremt
46	N33°53,044'	E05°36,428'	118	30/04/2009	oued Beremt
47	N33°53,195'	E05°38,515'	104	30/04/2009	oued Beremt
48	N33°53,797'	E05°39,284'	100,2	30/04/2009	Chebket Aissa
49	N 33°54,153'	E05°39,627'	99,5	30/04/2009	Chebket Aissa
50	N33°54,247'	E05°40,396'	86	30/04/2009	Chebket Aissa
51	N33°55,006'	E05°41,919'	73,5	30/04/2009	Chebket Aissa

52	N33°56,697'	E05°43,755'	62,4	30/04/2009	Berkajia
53	N33°55,959'	E05°44,693'	39	30/04/2009	Berkajia
54	N33°56,066'	E05°45,466'	33,5	30/04/2009	Berkajia
55	N33°56,562'	E05°48,990'	14,5	30/04/2009	Berkajia
56	N33°56,640'	E05°50,438'	12	30/04/2009	Berkajia
57	N33°58,143'	E05°52,602'	2,5	01/05/2009	Marizou
58	N33°58,146'	E05°52,788'	0,2	01/05/2009	Marizou
59	N33°57,973'	E05°52,915'	3,5	01/05/2009	Marizou
60	N33°57,844'	E05°53,052'	0,5	01/05/2009	Marizou
61	N33°57,650'	E05°52,911'	0,5	01/05/2009	Marizou
62	N33°57,583'	E05°52,835'	3	01/05/2009	Marizou
63	N33°57,568'	E05°52,902'	-0,5	01/05/2009	Marizou
64	N33°57,506'	E05°52,585'	3,2	01/05/2009	Marizou
65	N33°57,490'	E05°52,288'	1,8	01/05/2009	Marizou
66	N33°57,532'	E05°52,114'	0,8	01/05/2009	Marizou
67	N33°57,590'	E05°52,003'	3	01/05/2009	Marizou
68	N33°57,640'	E05°51,863'	3,2	01/05/2009	Marizou
69	N33°57,637'	E05°51,749'	5,5	01/05/2009	Marizou
70	N33°57,533'	E05°51,808'	5,5	01/05/2009	Marizou
71	N33°55,145'	E05°52,308'	11,5	01/05/2009	Messaka
72	N33°55,097'	E05°52,305'	7,5	01/05/2009	Messaka
73	N33°55,079'	E05°52,550'	4,4	01/05/2009	Messaka
74	N33°55,238'	E05°52,700'	5,6	01/05/2009	Messaka
75	N33°55,314'	E05°52,373'	12	01/05/2009	Messaka
76	N33°55,429'	E05°52,648'	10,6	01/05/2009	Messaka
77	N33°55,508'	E05°52,517'	12	01/05/2009	Messaka
78	N33°55,663'	E05°52,378'	13,8	01/05/2009	Messaka
79	N33°55,804'	E05°52,211'	12,2	01/05/2009	Messaka
80	N33°56,088'	E05°52,178'	11,3	01/05/2009	Messaka
81	N34°07,524'	E05°26,176'	136	08/12/2009	oued Lahdej
82	N34°07,414'	E05°26,357'	137	08/12/2009	oued Lahdej
83	N34°06,467'	E05°29,944'	119	08/12/2009	oued Lahdej
84	N34°07,564'	E05°33,666'	97	08/12/2009	Kaf Ennounce
85	N34°08,320'	E05°36,164'	85	08/12/2009	Kaf Ennounce
86	N34°08,823'	E05°37,961'	87	08/12/2009	Kaf Ennounce
87	N34°09,497'	E05°40,180'	82	08/12/2009	Kaf Ennounce
88	N33°52,018'	E06°00,553'	-16	10/12/2009	oued Khrouf
89	N33°53,184'	E06°01,944'	-33	10/12/2009	oued Khrouf
90	N33°51,435'	E06°01,718'	-15	10/12/2009	oued Khrouf
91	N33°51,357'	E06°01,638'	-11	10/12/2009	oued Khrouf
92	N33°43,496'	E06°04,075'	10	10/12/2009	oued Khrouf
93	N33°40,444'	E05°57,736'	18,2	10/12/2009	Tendla
94	N34°07,181'	E05°49,142'	-6	11/12/2009	oum Tyour
95	N34°06,958'	E05°49,242'	-11	11/12/2009	oum Tyour
96	N34°05,810'	E05°49,872'	-8	11/12/2009	oum Tyour

**Annexes II: Liste des taxons rencontrés sur terrain.**

<b>Famille</b>	<b>Genre et espèce</b> <i>Selon Ozenda (2004) et Quézel &amp; Santa (1962-1963)</i>	<b>Genre et espèce</b> <i>Selon Dobignard et Chatelin (2011)</i>	<b>Type biologique</b>	<b>Type phytogéographique</b>
<b>Apiacée</b>	<i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss. & Durieu <sup>(*)</sup>	<i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss. & Durieu	Ther	SA
	<i>Pituranthos chloranthus</i> (Coss. et Dur) Benth. et Hook. <sup>(*)</sup>	<i>Deverra chlorantha</i> Coss. & Durieu	Cham	End
	<i>Pituranthos scoparius</i> (Coss. et Dur) Benth. et Hook. <sup>(*)</sup>	<i>Deverra scoparia</i> subsp. <i>scoparia</i> Coss. & Durieu	Cham	SA
<b>Chenopodiacée</b>	<i>Anabasis articulata</i> (Forsk.) Moq. <sup>(*)</sup>	<i>Anabasis articulata</i> (Forssk.) Moq.	Cham	SA
	<i>Arthrocnemum indicum</i> (Willd.) Moq. <sup>(*)</sup>	<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> (Moric.) K.Koch	Cham	P
	<i>Atriplex halimus</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Atriplex halimus</i> L.	Cham	P
	<i>Atriplex mollis</i> Desf. <sup>(*)</sup>	<i>Atriplex mollis</i> Desf.	Cham	End
	<i>Bassia muricata</i> (L.) Asch. <sup>(*)</sup>	<i>Bassia muricata</i> (L.) Asch.	Ther	SA
	<i>Cornulaca monacantha</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Cornulaca monacantha</i> Delile	Cham	SA
	<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M.B. <sup>(*)</sup>	<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M.Bieb.	Cham	M
	<i>Haloxylon articulatum</i> Bonn. et Barr. <sup>(*)</sup>	<i>Hammada articulata</i> (Moq.) O.Bolòs & Vigo	Cham	M
	<i>Salicornia arabica</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott (sensu Maire)	Géo	P
	<i>Salsola foetida</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Salsola baryosma</i> (Schult. ex Roem. & Schult.) Dandy	Cham	SA
	<i>Salsola tetrandra</i> Forsk. <sup>(*)</sup>	<i>Caroxylon tetrandrum</i> (Forssk.) Akhani & Roalson	Cham	SA
	<i>Salsola vermiculata</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Caroxylon vermiculatum</i> (L.) Akhani & Roalson	Cham	MSA
	<i>Suaeda mollis</i> (Desf.) Del. <sup>(*)</sup>	<i>Suaeda vermiculata</i> Forssk. ex J.F.Gmel.	Cham	SA
<i>Traganum nudatum</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Traganum nudatum</i> Delile	Cham	SA	
<b>Liliacée</b>	<i>Androcymbium punctatum</i> (Cav.) Baker <sup>(*)</sup>	<i>Colchicum gramineum</i> (Cav.) J.C.Manning & Vinn.	Géo	SahM
	<i>Asphodelus refractus</i> Boiss. <sup>(*)</sup>	<i>Asphodelus refractus</i> Boiss.	Ther	Sah
	<i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav. <sup>(*)</sup>	<i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav.	Géo	M
	<i>Urginea noctiflora</i> Batt. et Trab. <sup>(*)</sup>	<i>Drimia noctiflora</i> (Batt. & Trab.) Stearn	Géo	SA
<b>Fabacée</b>	<i>Anthyllis henoniana</i> Cosson. <sup>(*)</sup>	<i>Anthyllis henoniana</i> Coss. ex Batt.	Cham	End
	<i>Argyrolobium uniflorum</i> (Desc.) Jaub. et Spach. <sup>(*)</sup>	<i>Argyrolobium uniflorum</i> (Decne.) Jaub. & Spach	Hémicr	SA
	<i>Astragalus armatus</i> Willd. <sup>(*)</sup>	<i>Astragalus armatus</i> Willd.	Cham	End
	<i>Astragalus corrugatus</i> Bertol. <sup>(*)</sup>	<i>Astragalus crenatus</i> Schult.	Ther	SA
	<i>Astragalus cruciatus</i> Link. <sup>(*)</sup>	<i>Astragalus corrugatus</i> Bertol.	Ther	SA
	<i>Astragalus gombo</i> Coss. et Dur. <sup>(*)</sup>	<i>Astragalus gombo</i> Bunge	Hémicr	End
	<i>Astragalus mareoticus</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Astragalus mareoticus</i> Delile	Ther	SA
	<i>Astragalus vogelii</i> (Webb.) Borm. <sup>(*)</sup>	<i>Astragalus vogelii</i> (Webb) Bormn.	Ther	End
	<i>Lotus halophilus</i> Boiss. et Spr. <sup>(*)</sup>	<i>Lotus halophilus</i> Boiss. & Spruner	Ther	MIT
	<i>Medicago laciniata</i> (L.) All. <sup>(*)</sup>	<i>Medicago laciniata</i> (L.) Mill.	Ther	MSA
	<i>Medicago litoralis</i> Rhode <sup>(*)</sup>	<i>Medicago littoralis</i> Loisel.	Ther	M
<i>Retama retam</i> Webb <sup>(*)</sup>	<i>Retama raetam</i> (Forssk.) Webb	Phan	SA	

	<i>Trigonella anguina</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Trigonella anguina</i> Delile	Ther	SA
<b>Scrofulariacée</b>	<i>Antirrhinum ramosissimum</i> Coss. et DR. <sup>(*)</sup>	<i>Acanthorrhinum ramosissimum</i> (Coss. & Durieu) Rothm.	Phan	End
	<i>Linaria aegyptiaca</i> (L.) Dum. Cours. <sup>(*)</sup>	<i>Kickxia aegyptiaca</i> (L.) Nábelek	Cham	SA
<b>Boraginacée</b>	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. et Kral. <sup>(*)</sup>	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. & Kralik	Ther	MSA
	<i>Echium pycnanthum</i> ssp. <i>humile</i> (Desf.) Jah. et Maire <sup>(*)</sup>	<i>Echium humile</i> Desf.	Ther	MSA
	<i>Echium trygorrhizum</i> Pomel <sup>(*)</sup>	<i>Echium trygorrhizum</i> Pomel	Hémicr	SA
	<i>Heliotropium undulatum</i> Vahl. <sup>(*)</sup>	<i>Heliotropium bacciferum</i> Forssk.	Ther	SA
<b>Polygonacée</b>	<i>Calligonum comosum</i> L'Her. <sup>(*)</sup>	<i>Calligonum polygonoides</i> subsp. <i>comosum</i> (L'Hér.) Soskov	Phan	SA
<b>Orobanchacée</b>	<i>Cistanche phelipaea</i> (L.) P. Cout. <sup>(**)</sup> (= <i>Cistanche tinctoria</i> (Desf.) Beck. <sup>(***)</sup> )	<i>Cistanche phelypaea</i> (L.) Cout.	Ther	SA
	<i>Orobanche cernua</i> Loefl. <sup>(*)</sup>	<i>Orobanche cernua</i> Loefl.	Ther	MSA
<b>Capparidacée</b>	<i>Cleome arabica</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Cleome arabica</i> L.	Ther	SA
<b>Cyperacée</b>	<i>Cyperus conglomeratus</i> Rottb. <sup>(*)</sup>	<i>Cyperus conglomeratus</i> Rottb.	Cham	Tro
<b>Brassicacée</b>	<i>Diplotaxis pitardiana</i> Maire <sup>(*)</sup>	<i>Diplotaxis pitardiana</i> Maire	Ther	End
	<i>Farsetia aegyptiaca</i> Turra <sup>(*)</sup>	<i>Farsetia aegyptiaca</i> Turra	Cham	SA
	<i>Farsetia hamiltonii</i> Royle <sup>(*)</sup>	<i>Farsetia occidentalis</i> B.L.Burt	Cham	SA
	<i>Matthiola longipetala</i> ssp. <i>livida</i> (Del. <sup>(**)</sup> ) Maire (= <i>Matthiola livida</i> DC. <sup>(***)</sup> )	<i>Matthiola longipetala</i> subsp. <i>livida</i> (Delile) Maire	Ther	SA
	<i>Morettia canescens</i> Boiss. <sup>(*)</sup>	<i>Morettia canescens</i> Boiss.	Hémicr	SA
	<i>Oudneya africana</i> R. Br. <sup>(*)</sup>	<i>Henophyton deserti</i> (Coss. & Durieu) Coss. & Durieu	Cham	End
	<i>Savignya parviflora</i> ssp. <i>longistyla</i> (Boiss. & Reut.) Maire <sup>(**)</sup> (= <i>Savignya longistyla</i> Boiss. & Reut. <sup>(***)</sup> )	<i>Savignya parviflora</i> subsp. <i>longistyla</i> (Boiss. & Reut.) Maire	Ther	SA
<b>Ephedracée</b>	<i>Ephedra alata</i> DC. <sup>(*)</sup>	<i>Ephedra alata</i> Decne.	Cham	SA
<b>Rosacée</b>	<i>Neurada procumbens</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Neurada procumbens</i> L.	Ther	SA
<b>Plantaginacée</b>	<i>Plantago albicans</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Plantago albicans</i> L.	Hémicr	M
	<i>Plantago ciliata</i> Desf. <sup>(*)</sup>	<i>Plantago ciliata</i> Desf	Ther	SA
<b>Zygophyllacée</b>	<i>Zygophyllum album</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Tetraena alba</i> (L.f.) Beier & Thulin	Cham	SA
	<i>Peganum harmala</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Peganum harmala</i> L.	Cham	IT
	<i>Fagonia glutinosa</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Fagonia glutinosa</i> Del.	Ther	SA
	<i>Fagonia latifolia</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Fagonia latifolia</i> Delile	Ther	SA
	<i>Fagonia microphylla</i> ssp. <i>Fruticans</i> Pomel <sup>(*)</sup>	<i>Fagonia microphylla</i> Pomel	Cham	SA
<b>Géraniacée</b>	<i>Erodium glaucophyllum</i> L'Hér. <sup>(*)</sup>	<i>Erodium glaucophyllum</i> (L.) L'Hér.	Ther	MSA
	<i>Erodium guttatum</i> (Desf.) Willd. <sup>(*)</sup>	<i>Erodium guttatum</i> (Desf.) Willd.	Hémicr	M
	<i>Erodium triangulare</i> (Forsk.) Musch. <sup>(*)</sup>	<i>Erodium laciniatum</i> (Cav.) Willd.	Ther	M
<b>Euphorbiacée</b>	<i>Euphorbia calyptata</i> Coss. et Dur. <sup>(*)</sup>	<i>Euphorbia calyptata</i> Coss. & Kralik	Ther	End
	<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. et Reut. <sup>(*)</sup>	<i>Euphorbia guyoniana</i> B. et R.	Hémicr	End
	<i>Euphorbia retusa</i> Forsk. <sup>(**)</sup>	<i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	Ther	M
<b>Paronychioideae</b>	<i>Gymnocarpos decander</i> Forsk. <sup>(*)</sup>	<i>Gymnocarpos decandrus</i> Forssk.	Cham	SA
	<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC. <sup>(*)</sup>	<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	Hémicr	M
	<i>Herniaria fontanesii</i> J. Gay <sup>(***)</sup> (= <i>Herniaria mauritanica</i> Murb <sup>(**)</sup> ).	<i>Herniaria fontanesii</i> J. Gay	Cham	M

<b>Cistacée</b>	<i>Helianthemum ellipticum</i> (Desf.) Pers. <sup>(*)</sup>	<i>Helianthemum ellipticum</i> (Desf.) Pers.	Cham	SA
	<i>Helianthemum kahiricum</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Helianthemum kahiricum</i> Del.	Cham	SA
	<i>Helianthemum lipii</i> (L.) Pers. <sup>(*)</sup>	/	Cham	SA
<b>Juncacée</b>	<i>Juncus maritimus</i> Lamk. <sup>(*)</sup>	<i>Juncus maritimus</i> Lamk.	Ther	P
<b>Pedaliacée</b>	<i>Phragmites communis</i> Trin. <sup>(*)</sup>	<i>Phragmites australis</i> subsp. <i>australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Hémicr	P
<b>Plumbaginacée</b>	<i>Limoniastrum guyonianum</i> Dur. <sup>(*)</sup>	<i>Limoniastrum guyonianum</i> Dur.	Hémicr	SA
	<i>Limonium pruinatum</i> (L.) Kuntze <sup>(*)</sup>	<i>Limonium pruinatum</i> (L.) Chaz.	Ther	End
<b>Lamiacée</b>	<i>Salvia aegyptiaca</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Salvia aegyptiaca</i> L.	Cham	SA
<b>Caryophyllacée</b>	<i>Silene villosa</i> Forsk. <sup>(*)</sup>	<i>Silene villosa</i> Forssk.	Ther	SA
<b>Rhamnacée</b>	<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Desf. <sup>(**)</sup> (= <i>Zizyphus lotus</i> (L.) Desf. <sup>(***)</sup> )	<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.	Phan	M
<b>Tamaricacée</b>	<i>Tamarix africana</i> Poiret <sup>(*)</sup>	<i>Tamarix africana</i> Poiret	Phan	M
<b>Thymelaeacée</b>	<i>Thymelaea microphylla</i> Coss. et Dur. <sup>(**)</sup> (= <i>Thymelea microphylla</i> Coss. et Dur. <sup>(***)</sup> )	<i>Thymelaea microphylla</i> Coss. & Durieu ex Meisn.	Cham	MSA
<b>Asteracée</b>	<i>Asteriscus pygmaeus</i> Coss. et Kral. <sup>(**)</sup> (= <i>Odontospermum pygmaeum</i> O. Hoffm. <sup>(***)</sup> )	<i>Pallenis hierichuntica</i> (Michon) Greuter	Ther	SA
	<i>Atractylis aristata</i> Batt. <sup>(*)</sup>	<i>Atractylis aristata</i> Batt.	Ther	End
	<i>Atractylis Carduus</i> (Forsk.) Christ. <sup>(**)</sup> (= <i>Atractylis flava</i> L. <sup>(***)</sup> )	<i>Atractylis carduus</i> (Forssk.) Christ	Cham	SA
	<i>Atractylis serratuloides</i> Sieb. <sup>(*)</sup>	<i>Atractylis serratuloides</i> Sieb.	Cham	SA
	<i>Calendula aegyptiaca</i> Desf. <sup>(*)</sup>	<i>Calendula arvensis</i> (Vaill.) L.	Ther	SA
	<i>Carduncellus eriocephalus</i> Boiss. <sup>(*)</sup>	<i>Carthamus eriocephalus</i> (Boiss.) Greuter	Cham	SA
	<i>Brocchia cinerea</i> (Del.) Vis. <sup>(**)</sup> (= <i>Cotula cinerea</i> Del. <sup>(***)</sup> )	<i>Brocchia cinerea</i> (Delile) Vis.	Ther	P
	<i>Echinops spinosus</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Echinops spinosus</i> L.	Cham	M
	<i>Ifloga spicata</i> (Forsk.) Sch. Bip. <sup>(*)</sup>	<i>Ifloga spicata</i> Forsk. Sch. Bip	Ther	SA
	<i>Koelpinia linearis</i> Pallas <sup>(*)</sup>	<i>Koelpinia linearis</i> Pallas	Ther	M
	<i>Launaea glomerata</i> (Cass.) Hook. F. <sup>(*)</sup>	<i>Launaea capitata</i> (Spreng.) Dandy	Ther	SA
	<i>Matricaria pubescens</i> (Desf.) Sch. Bip. <sup>(*)</sup>	<i>Otoglyphis pubescens</i> (Desf.) Pomel	Ther	SA
	<i>Onopordon arenarium</i> (Desf.) Pomel <sup>(**)</sup>	<i>Onopordum arenarium</i> (Desf.) Pomel	Hémicr	SA
	<i>Reichardia tingitana</i> (L.) Roth ssp. <i>discolor</i> (Pomel) Batt. <sup>(**)</sup> (= <i>Picridium orientale</i> Desf. <sup>(***)</sup> )	<i>Reichardia tingitana</i> (L.) Roth	Ther	M
	<i>Rhantherium suaveolens</i> Desf. <sup>(*)</sup>	<i>Rhantherium suaveolens</i> Desf.	Cham	End
	<i>Picris coronopifolia</i> (Desf.) DC. ssp. <i>albida</i> (Ball) M. <sup>(**)</sup> (= <i>Spitzelia coronopifolia</i> Desf. <sup>(***)</sup> )	<i>Picris asplenoides</i> L.	Ther	End
<i>Tourneuxia variifolia</i> Coss. <sup>(*)</sup>	<i>Tourneuxia variifolia</i> Coss.	Ther	M	
<b>Poacée</b>	<i>Aristida ciliata</i> Desf. <sup>(*)</sup>	<i>Stipagrostis ciliata</i> (Desf.) De Winter	Hémicr	SA
	<i>Aristida obtusa</i> Del. <sup>(*)</sup>	<i>Stipagrostis obtusa</i> (Delile) Nees	Hémicr	SA
	<i>Aristida plumosa</i> L. <sup>(***)</sup>	<i>Stipagrostis plumosa</i> (L.) Munro ex T.Anderson	Hémicr	SA
	<i>Aristida pungens</i> Desf. <sup>(*)</sup>	<i>Stipagrostis pungens</i> (Desf.) De Winter subsp. <i>pungens</i>	Hémicr	SA
	<i>Bromus rubens</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski	Ther	M
	<i>Cutandia dichotoma</i> (Forsk.) Trab <sup>(*)</sup>	<i>Cutandia dichotoma</i> (Forssk.) Trab	Ther	M
	<i>Danthonia forskalii</i> (Vahl) R.Br. <sup>(**)</sup> (= <i>Danthonia forskalii</i> (Vahl) R. Br. <sup>(***)</sup> )	<i>Centropodia forskalii</i> (Vahl) Cope	Hémicr	SA

	<i>Hordeum murinum</i> L. <sup>(*)</sup>	<i>Hordeum murinum</i> L.	Ther	P
	<i>Schismus barbatus</i> (L.) Thell. <sup>(*)</sup>	<i>Schismus barbatus</i> (Loefl. ex L.) Thell.	Ther	M
	<i>Stipa retorta</i> Cav. <sup>(*)</sup>	<i>Stipa capensis</i> Thunb.	Ther	M

(\*) : Selon Ozenda (2004) et Quézel & Santa (1962-1963)

(\*\*) : Selon Quézel & Santa (1962-1963)

(\*\*\*) : Selon Ozenda (2004)

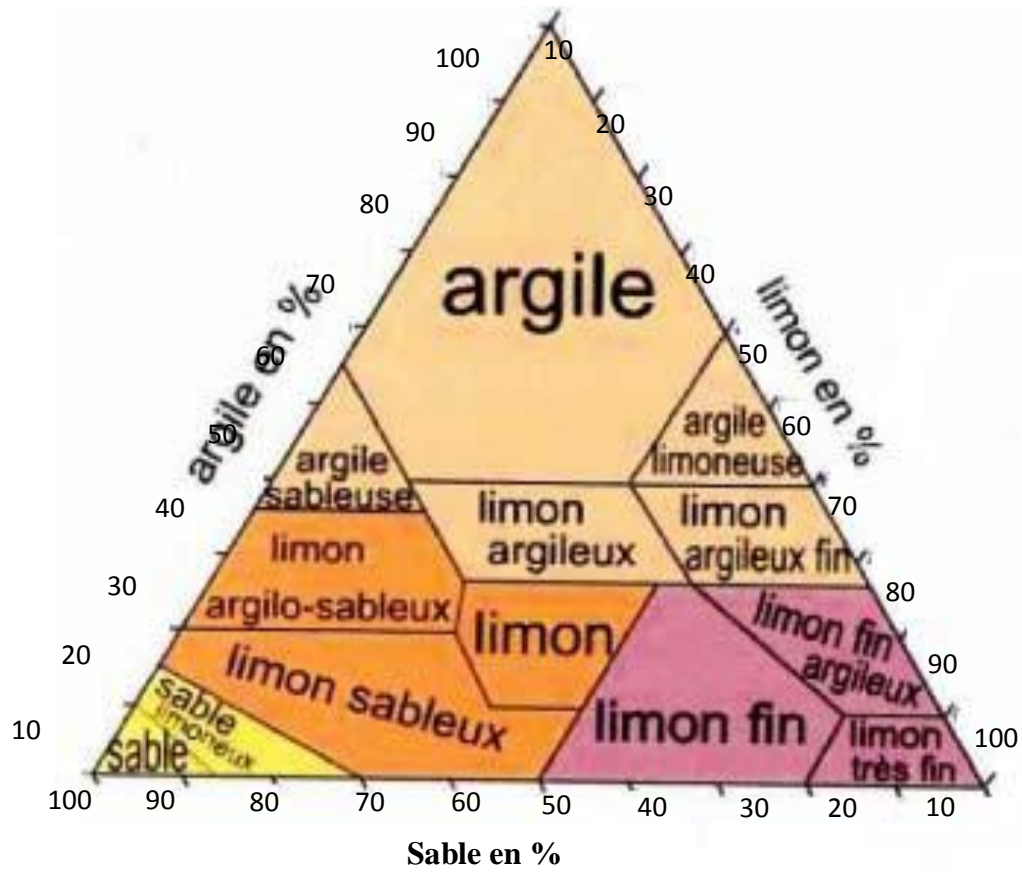
- **Type biologique** : Ther (Thérophyte) / Hémicr (Hémicryptophyte) / Cham (Chamaéphyte) / Phan (Phanérophyte) / Géo (Géophyte).
- **Type phytogéographique** : M (Méditerranéen) / P(Pluri-régional) / SA (Saharo-arabique) / End (Endémique) / MSA (Méditerranéo-Saharo-arabique) / IT (Irano-Touranéen) / Tro (Tropical) / MIT (Méditerranéo- Irano-Touranéen) / SahM (Saharo- Méditerranéen).

### Annexe III : Echelle de la salinité pour l'extrait aqueux au 1/5.

Classe	Catégorie	Conductivité en mmhos / cm de l'extrait au 1/5
1	Faiblement salé	0.20 à 0.65
2	Moyennement salé	0.65 à 1.40
3	Salé	1.40 à 2.20
4	Fortement salé	2.20 à 3.75
5	Très fortement salé	3.75 à 6.00
6	Hyper-salé	> 6

### Annexe VI: Echelle d'interprétation de carbonates

% Carbonates	Charge en calcaire
< 0.3	Très faible
0.3-3	Faible
3-25	Moyenne
25-60	Forte
>60	Très forte



**Annexe V:** Classification américaine des textures pédologiques.

## Annexe IV : Résultats des analyses de sol

	n° relevé	lieu	pH	CE (mmhos/cm)	CaCO <sub>3</sub> (%)	argile (%)	limon total (%)	sable total (%)	Texture
1	P1	O. M'jaïer	7,89	0,12	32,00	6,75	23,62	69,63	LS
2	P9	Chabket A.	7,78	0,32	39,07	3,4	18,4	78,26	SL
3	P10	Chabket A.	8,04	0,11	33,33	4,11	18,08	77,81	SL
4	P11	O. Berramt	7,92	0,20	40,54	7,45	27,68	64,87	LS
5	P12	Zaïdi	7,61	0,57	37,78	2,31	19,56	78,13	SL
6	P13	Still	7,35	0,3	41,73	10,53	15,45	74,02	LS
7	P16	Berkadjia	7,53	0,3	40,00	15,41	17,94	66,65	LS
8	P21	O. Lehdedj	7,44	0,4	36,66	5,25	20,35	74,4	LS
9	P22	Kaf ennoune	7,31	0,4	39,09	6,16	18,19	75,65	SL
10	P23	Kaf ennoune	7,47	0,4	34,28	6,35	21,16	72,49	LS
11	P2	Tandla	7,55	1,43	20,56	9,24	16,63	74,13	LS
12	P5	O. Khrouf	7,25	2,20	12,96	8,22	18,56	73,22	LS
13	P6	O. Doukara	7,71	1,30	23,52	6,68	13,93	79,39	SL
14	P7	Marizou	7,41	2,03	15,53	4,88	37,92	57,2	LS
15	P8	Marizou	7,63	2,24	20,49	4,62	22,85	72,53	LS
16	P15	Beadj	7,41	2,2	21,73	7,71	23,22	69,07	LS
17	P17	Berkadjia	7,37	2	28,40	7,19	19,6	73,21	LS
18	P18	Marizou	7,41	2,02	24,07	12,33	19,41	68,26	LS
19	P19	Messaka	7,54	2,03	13,52	6,36	27,73	65,34	LS
20	P20	Messaka	7,32	1,93	10,99	8,99	27,42	63,59	LS
21	P24	O. Khrouf	7,4	1,7	20	5,91	22,99	71,1	SL
22	P25	O. Khrouf	7,44	4,9	8,85	4,37	22,46	73,17	SL
23	P26	O. Khrouf	7,43	4,1	13,2	5,39	23,18	71,43	SL
24	P27	Oum Tyour	7,45	4,1	14	6,42	20,64	72,94	SL
25	P28	Oum Tyour	7,43	4,1	7,32	5,14	22,25	72,61	SL

## ملخص

الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو وصف النباتات الملحية و الجبسية لمنطقة المغرب من الجانب الايكولوجي والفيتوسوسيولوجي. خلال ربيع عام 2008، ربيع 2009 وخريف عام 2009 تم جمع 96 كشف و إخضاعها لصفن من المعالجة الرقمية باستخدام التحليل التوافقي وتحليل الكتلة الهرمية. النتائج التي حصل عليها سمحت لنا بعزل أربع مجموعات لأربعة من المجتمعات النباتية التي وصفها Quézel، 1965 في الصحراء الشمالية بأكملها. وقد سمح لنا هذا التحليل من إعتبار الارتفاع، الخصائص الكيميائية و قوام التربة كعوامل بيئية متحكممة في توزيع هذه المجموعات المختلفة. حدد تحليل الفيتوسوسيولوجي، أربع مجموعات التي تم ربطها كلها ب التي اقترحها الصحراء الوسطى ( Quézel 1965 ) وهي: تحالف *Thymelaeto-Herniarion*، ترتيب *Atractyletalia-Gymnocarpeto* وقسم *Asterisceto Forskhaleta*. و تحالف *Limoniastrion guyoniana*، ترتيب *Salicornietea* و قسم *Salsoleto Nitrarietalia*

الوحدات النباتية التي تم تحديدها هي:

• جمعية *Fagonia microphylla* و *Anthyllis henoniana*

• جمعية *Halocnemum strobilaceum*.

• جمعية *Salsola foetida et Sueda vermiculata*.

• المجموعة *Arthrophytum scoparium*

**كلمات المفتاح:** شمال الصحراء، النباتات الملحية والتحليل العددي، التدرجات البيئية، السانتاكسونوميا

## Abstract

The main objective of this study's is the description of the halophilic vegetation and halo-gypsophila the region of El M'Gair ecological and phytosociological. During spring 2008, spring 2009 and autumn 2009 96 records were collected following a sampling of subjective type and then subjected to digital processing using a correspondence analysis detendanced and a hierarchical cluster analysis. The results obtained allow us to isolate four sets corresponding to four floristic plant communities described by Quézel, 1965 for the entire northern Sahara. The numerical analysis has identified the altitude, the chemical parameters and the texture of soil as ecological factors governing the distribution of these different groups. The phytosociological analysis of floristic sets, identified four groups which have been attached to the building syntaxonomical proposed by Quézel, (1965): The alliance of *Thymelaeto-Herniarion*, the order of *Gymnocarpeto-Atractyletalia* and the class of *Asterisceto-Forskhaletea*. The alliance *Limoniastrion guyoniani* (gypsophila preferred), the order of *Salsoleto-Nitrarietalia* (halogypsum) and the class of *Salicornietea* (halophytic) Vegetation units identified are:

- Association of *Anthyllis henoniana* and *Fagonia microphylla* (Quézel, 1965).
- Association of *Halocnemum strobilaceum* (Quézel, 1965).
- Association of *Salsola foetida and Sueda vermiculata* (Quézel, 1965).
- Group of *Arthrophytum scoparium* (Quézel, 1965).

**Keywords:** northern Sahara, and halophytic vegetation halogypsophile, numerical analysis, ecological gradients, syntaxonomy.