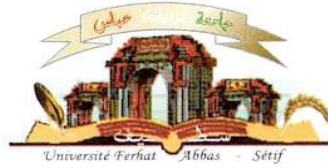


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET D'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE

N° ...../SNV/2015

## THÈSE

Présentée par

**ZEDAM Abdelghani**

Pour l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT EN SCIENCES**

**Filière: BIOLOGIE**

**Spécialité: BIOLOGIE VÉGÉTALE**

## THÈME

**Etude de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna  
Inventaire - Préservation**

Soutenue publiquement le **05 Novembre 2015**

### DEVANT LE JURY

Président	<b>GHARZOULI Rachid</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
Directeur	<b>FENNI Mohamed</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
Examineurs	<b>ABDELKRIM Hacène</b>	<b>Pr. ENSA, El Harrach, Alger</b>
	<b>ALATOU Djamel</b>	<b>Pr. U. des Frères Mentouri, Constantine 1</b>
	<b>SARRI Madani</b>	<b>MCA U. Mohamed Boudiaf - M'Sila</b>

## Remerciements

Ma première reconnaissance va tout naturellement à mon directeur de thèse, monsieur Mohamed FENNI, Professeur à l'Université Ferhat Abbas, Sétif 1. Je serai toujours reconnaissant envers lui. Il qui m'a donné l'occasion de faire ce travail avec toute la confiance qu'il m'a prodiguée. Son écoute et ses conseils avisés, qui m'ont à de multiples reprises redonnées 'le bon moral'. Je le remercie pour son encadrement et son soutien où grâce à lui, les moments de découragement connus furent éphémères. Qu'il soit vivement remercié.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont bien voulu accepter de lire et juger ce travail :

- Monsieur Rachid GHARZOULI, Professeur à l'Université Ferhat Abbas, Sétif 1, en qualité de président du jury,
- Hacène ABDELKRIM, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA), en qualité d'examineur,
- Monsieur Djamel ALATOU, Professeur à l'Université des Frères Mentouri, Constantine 1, en qualité d'examineur,
- Monsieur Madani SARRI, Maître de conférences – Classe A, à l'Université Mohamed Boudiaf de M'Sila, en qualité d'examineur,

leurs remarques, suggestions et conseils sont les biens venus et qu'ils soient vivement remerciés.

Je ne saurai remercier mon ami et collègue de travail de l'Université Mohamed Boudiaf de M'Sila, Fateh MIMECHE, Maître de conférences – Classe B, pour son aide, ses soutiens et ses encouragements dans l'accomplissement de ce travail. Qu'il soit remercié du fond du cœur pour tout ce qu'il m'a fait.

Je remercie également mon collègue de travail et frère Djamel SARRI de l'Université Mohamed Boudiaf de M'Sila, pour son aide botanique, ses disputes scientifiques fructueuses et pour les moments inoubliables dans lesquels la détermination des taxons y a été agréable. Qu'il soit remercié du fond du cœur.

../...

Je tiens à remercier la personne qui m'a aidé dans mon travail et laquelle j'ai usé de son temps et de ses responsabilités familiales, Abdelkarim MOUSSAI de M'Sila, qu'il soit vivement et chaleureusement remercié.

Je ne saurais oublier Mustapha BENKHRIF de Djebel Messaad et Salah BELFAR de Bordj Bou Arréridj, pour toutes leurs aides.

La personne qui m'a orienté, pour l'accès au terrain de Chott El Hodna et a mis à ma disposition une documentation c'est Monsieur Abdellatif CHICOUCHE, actuellement Conservateur des Forêts dans la wilaya de Biskra, qu'il soit remercié.

J'adresse des vifs remerciements à mes collègues de travail au département des sciences agronomiques à l'Université Mohamed Boudiaf de M'Sila monsieur et madame KHALDI ainsi que messieurs Slimane TELLACHE, Nouredine CHERIEF, Karim MIMOUNE, Omar GUENDOUZEN, Hocine GUERMAH, Adel KADRI et Nadir TORCHIT.

Je remercie également monsieur Kamel CHERIF du département des sciences de la nature et de la vie à l'Université Mohamed Boudiaf de M'Sila pour son encouragement

Parmi tous mes collègues, il m'est difficile de les citer tous. Je tiens à leur rendre hommage et à les remercier. Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin dans mon travail et dont j'ai oublié leur citation, qu'ils soient remerciés.

*Abdelghani ZEDAM*

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents.

Ma très chère épouse.

Mes enfants : Anfal, Ahmad, Abdelali et Maria.

*Abdelghani ZEDAM*

# Sommaire

	<b>Page</b>
Liste des abréviations .....	i
Liste des figures.....	ii
Liste des tableaux .....	iv
Résumé en arabe .....	vi
Résumé en français .....	vii
Résumé en anglais .....	viii
<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Partie I Synthèse Bibliographique</b>	
<b>Chapitre I Biodiversité, spéciation et endémisme</b>	
<b>Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>1- Biodiversité .....</b>	<b>5</b>
<b>1-1- Définition de la biodiversité .....</b>	<b>5</b>
<b>1-2- Origine de la biodiversité .....</b>	<b>5</b>
<b>1-2-1- Créationnisme .....</b>	<b>6</b>
<b>1-2-2- Génération spontanée (Abiogenèse) .....</b>	<b>6</b>
<b>1-2-3- Lamarckisme (Transformisme) .....</b>	<b>6</b>
<b>1-2-4- Sélection naturelle (Persistance du plus apte) .....</b>	<b>6</b>
<b>1-2-5- Biochimie .....</b>	<b>6</b>
<b>1-2-6- Potentiels abiotique et biotique .....</b>	<b>7</b>
<b>1-2-7- Apparition des espèces .....</b>	<b>7</b>
<b>1-3- Concept de biodiversité .....</b>	<b>7</b>
<b>1-4- Niveaux de la biodiversité .....</b>	<b>7</b>
<b>1-4-1- Diversité génétique .....</b>	<b>8</b>
<b>1-4-2- Diversité spécifique .....</b>	<b>8</b>
<b>1-4-3- Diversité écologique ou systémique (des écosystèmes) .....</b>	<b>8</b>

<b>1-5- Répartition géographique de la biodiversité .....</b>	<b>9</b>
<b>1-5-1- Biodiversité dans le monde .....</b>	<b>9</b>
<b>1-5-2- Biodiversité dans le bassin méditerranéen .....</b>	<b>9</b>
<b>1-5-3- Biodiversité en Algérie .....</b>	<b>10</b>
<b>1-6- Diversité floristique .....</b>	<b>10</b>
<b>1-7- Importance et valeur de la biodiversité .....</b>	<b>10</b>
<b>1-7-1- Productivité, stabilité et fonctionnement des écosystèmes .....</b>	<b>11</b>
<b>1-7-2- Services fournis par les écosystèmes .....</b>	<b>11</b>
<b>1-7-3- Importance économique .....</b>	<b>11</b>
<b>1-7-4- Valeur non commerciale .....</b>	<b>12</b>
<b>1-8- Mesure de la biodiversité .....</b>	<b>12</b>
<b>1-9- Menaces sur la biodiversité .....</b>	<b>13</b>
<b>1-10- Conservation de la biodiversité .....</b>	<b>14</b>
<b>1-10-1- Conservation d'espaces : Aires protégées .....</b>	<b>15</b>
<b>1-10-2- Conservation d'espèces.....</b>	<b>17</b>
<b>1-10-2- 1- Conservation <i>in situ</i> .....</b>	<b>17</b>
<b>1-10-2- 2- Conservation <i>ex situ</i> .....</b>	<b>17</b>
<b>2 - Spéciation et endémisme .....</b>	<b>18</b>
<b>2-1- Définitions .....</b>	<b>18</b>
<b>2-2- Spéciation .....</b>	<b>19</b>
<b>2-3- Endémisme .....</b>	<b>20</b>
<b>2-3-1- Origine de l'endémisme.....</b>	<b>21</b>
<b>2-3-2- Ensembles et catégories d'endémisme.....</b>	<b>22</b>
<b>2-3-3- Importance et distribution spatiale des espèces endémiques ...</b>	<b>23</b>
<b>2-3-4- Quelques significations biogéographiques de l'endémisme .....</b>	<b>24</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>25</b>

## Chapitre II Les zones humides : Richesses entre terre et eau

<b>Introduction .....</b>	<b>26</b>
<b>1- Définitions et reconnaissance pratique des zones humides de zone humide...</b>	<b>26</b>
<b>1- 1- Définitions .....</b>	<b>26</b>
<b>1- 12- Reconnaissance pratique .....</b>	<b>27</b>
<b>2- La convention de RAMSAR sur les zones humides .....</b>	<b>28</b>
<b>3- Système Ramsar de classification des types de zones humides .....</b>	<b>30</b>
<b>4- Critères d'identification des zones humides d'importance internationale ....</b>	<b>33</b>
<b>5- Fonctions et valeurs des zones humides .....</b>	<b>34</b>
<b>5-1 Fonctions des zones humides .....</b>	<b>35</b>
<b>5-1-1 La fonction hydrologique .....</b>	<b>35</b>
<b>5-1-2 La fonction biogéochimique .....</b>	<b>36</b>
<b>5-1-3 La fonction diversité d'habitats floristique et faunistique .....</b>	<b>36</b>
<b>5-1-4 Les fonctions d'activités anthropogéniques .....</b>	<b>36</b>
<b>5-2 Valeurs des zones humides .....</b>	<b>36</b>
<b>5-2-1 Valeur économique .....</b>	<b>37</b>
<b>5-2-2 Valeur biologique .....</b>	<b>37</b>
<b>5-2-3 Valeur esthétique .....</b>	<b>37</b>
<b>5-2-4 Valeur socioculturelle .....</b>	<b>37</b>
<b>6- Menaces sur les zones humides .....</b>	<b>37</b>
<b>7- Les zones humides d'importance internationale en Algérie .....</b>	<b>38</b>
<b>8- La zone humide de Chott EL Hodna.....</b>	<b>40</b>
<b>8-1- Présentation .....</b>	<b>40</b>
<b>8-2- Date d'inscription .....</b>	<b>40</b>
<b>8-3- Critères de RAMSAR appliqués à la zone humide de Chott El Hodna .</b>	<b>41</b>
<b>8-4- Justification des critères de RAMSAR .....</b>	<b>41</b>
<b>8-5- Type de zone humide .....</b>	<b>42</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>42</b>

## Partie II Méthodologie

### Chapitre III Présentation du milieu d'étude

<b>Introduction .....</b>	<b>44</b>
<b>1- Situation de la zone d'étude .....</b>	<b>44</b>
<b>1-1- Situation géographique et appartenance foncière .....</b>	<b>44</b>
<b>1-2- Superficie et limites .....</b>	<b>44</b>
<b>2- Milieu abiotique.....</b>	<b>46</b>
<b>2-1- Géologie et géomorphologie.....</b>	<b>46</b>
<b>2-2- Pédologie .....</b>	<b>48</b>
<b>2-3- Hydrologie .....</b>	<b>50</b>
<b>2-4- Climat .....</b>	<b>51</b>
<b>2-4-1-Origine des données .....</b>	<b>51</b>
<b>2-4-2- La pluviométrie.....</b>	<b>53</b>
<b>2-4-2-1- Les précipitations mensuelles et annuelles .....</b>	<b>53</b>
<b>2-4-2-2- Le régime saisonnier .....</b>	<b>56</b>
<b>2-4-2-3- Variations interannuelles des précipitations .....</b>	<b>58</b>
<b>2-4-3- Les températures .....</b>	<b>62</b>
<b>2-4-3-1- Températures moyennes mensuelles .....</b>	<b>62</b>
<b>2-4-3-2- Températures extrêmes.....</b>	<b>64</b>
<b>2-4-4-Vents.....</b>	<b>65</b>
<b>2-4-5-Evapotranspiration potentielle (E.T.P.).....</b>	<b>67</b>
<b>2-4-6-Evapotranspiration réel (E.T.R.) .....</b>	<b>68</b>
<b>2-5- La synthèse climatique.....</b>	<b>69</b>
<b>2-5-1- La saison sèche .....</b>	<b>69</b>
<b>2-5-2-1- Diagramme ombrothermique .....</b>	<b>69</b>
<b>2-5-3-2- Indice pluviométrique de MORAL .....</b>	<b>71</b>
<b>2-5-4-3- Indice d'aridité .....</b>	<b>71</b>
<b>2-6- Climagramme d'EMBERGER .....</b>	<b>72</b>



<b>3- Milieu biotique.....</b>	<b>74</b>
<b>3-1- La végétation.....</b>	<b>74</b>
<b>3-2- Phytogéographie .....</b>	<b>74</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>74</b>

#### **Chapitre IV Matériel et méthodes**

<b>1- Objectifs de notre étude .....</b>	<b>76</b>
<b>2- Echantillonnage .....</b>	<b>76</b>
<b>3- Nombre de relevés floristiques .....</b>	<b>79</b>
<b>4- Réalisation des relevés floristiques .....</b>	<b>80</b>
<b>5- Surface du relevé floristique .....</b>	<b>81</b>
<b>6- Récolte, détermination et nomenclature des taxons.....</b>	<b>81</b>
<b>7- Manipulation des relevés et des taxons.....</b>	<b>82</b>
<b>8- Analyse numérique de la flore .....</b>	<b>83</b>

#### **Partie III Résultats et Perspectives de Préservation**

##### **Chapitre V Résultats et discussions**

<b>Introduction .....</b>	<b>85</b>
<b>1- Diversité botanique de la flore recensée .....</b>	<b>85</b>
<b>1-1- Flore globale .....</b>	<b>85</b>
<b>1-1-1- Richesse générique .....</b>	<b>88</b>
<b>1-1-2- Richesse spécifique .....</b>	<b>88</b>
<b>1-2- Flore endémique .....</b>	<b>88</b>
<b>1-2-1- Richesse générique .....</b>	<b>90</b>
<b>1-2- 2- Richesse spécifique .....</b>	<b>91</b>
<b>2- Formes biologiques de la flore recensée .....</b>	<b>91</b>
<b>2-1- Type biologique .....</b>	<b>91</b>
<b>2-1-1- Flore globale .....</b>	<b>91</b>
<b>2-2-2- Flore endémique .....</b>	<b>93</b>

2-2- Type morphologique .....	95
2-2-1- Flore globale .....	95
2-2-2- Flore endémique .....	96
2-3- Territoires phytogéographiques : Chorologie.....	96
2-3-1- Flore globale .....	97
2-3-2- Flore endémique .....	98
3- Rareté et espèces protégées.....	99
4- Etat sanitaire, plantes invasives et plantes toxiques.....	101
5- Classification phylogénétique des taxons endémiques de la zone humide ...	103
6- Zonage territorial ou analyse de la végétation selon les sites d'étude .....	110
7- Etude d'un cas particulier : Analyse de la flore d'une partie sud dans la zone humide de Chott El Hodna.....	111
7-1- Botanique et chorologie.....	112
7-1-1- Aperçu taxonomique.....	112
7-1-2- Chorologie.....	114
7-1-3- Endémisme et rareté.....	115
7-1-4- Types biologiques.....	116
7-2-Analyse numérique de la flore.....	118
7-2-1-Similarité.....	118
7-2-2-Analyse des correspondances redressée (DCA).....	119

## **Chapitre VI Préservation de la flore**

<b>Introduction .....</b>	<b>124</b>
<b>1- Préserver quoi et contre qui ? .....</b>	<b>124</b>
<b>2- Niveaux d'intervention pour la préservation.....</b>	<b>125</b>
<b>2-1- Niveau spécifique ou taxonomique.....</b>	<b>125</b>
<b>2-2- Niveau milieu de vie ou biotope.....</b>	<b>126</b>
<b>2-3- Niveau comportemental des habitants.....</b>	<b>128</b>

<b>3- Durabilité de la biodiversité .....</b>	<b>129</b>
<b>3-1- Gestion de la biodiversité .....</b>	<b>129</b>
<b>3-2- Gestion des pratiques agricoles.....</b>	<b>131</b>
<b>3-3- Gestion du milieu .....</b>	<b>131</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>133</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>134</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>138</b>
<b>Annexes</b>	

## Liste des abréviations

- g.l<sup>-1</sup> : gramme par litre.
- NaCl : Chlorure de sodium
- Km : Kilomètre.
- Km<sup>2</sup> : Kilomètre carré.
- ha: Hectare.
- ONM : Office National de Météorologie.
- Lat.: Latitude.
- Long. : Longitude.
- Alt.: Altitude.
- °C : degré Celsius
- K : Kelvin
- M : Moyenne des températures maximales.
- m : Moyenne des températures minimales.
- (M+m)/2 : Moyenne des températures.
- T : température
- P : précipitations.
- min : minimale
- moy: moyenne
- max : maximale
- GPS : Global Positioning System.
- APHE : Automne- Hiver- Printemps-Eté
- ETP : évapotranspiration potentielle
- ETR : Evapotranspiration réelle
- COP : Conférence des Parties contractantes.
- HCDS : Haut Commissariat au Développement de la Steppe
- BNEDER : Bureau National d'Etudes pour le DEveloppement Rural
- Th : thérophytes
- Ch : chamaephytes
- He : hémicryptophytes
- Ge : géophytes
- Ph : phanérophytes
- AR : assez rare
- R : rare
- RR : très rare
- N : Nord
- S : Sud
- APG : Angiosperm Phylogeny Group
- APG II : Angiosperm Phylogeny Group 2003
- APG III : Angiosperm Phylogeny Group 2009
- ATP : l'Adénosine Triphosphate Phosphore
- ARN : Acide Ribo Nucleique
- ADN : Acide Désoxyribo Nucleique
- rbcL : gène chloroplastique qui code l'enzyme photosynthétique ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygénase (RuBisCo)
- atpB : gène qui code l'Adénosine Triphosphate Phosphore synthétase.
- ADNr : gène qui code l'Acide Désoxyribo Nucleique.
- Q<sub>2</sub>: quotient pluviométrique d'Emberger.
- S. M. : station météorologique.
- St : station.
- Fig. : Figure
- Tab. : Tableau

## Liste des figures

Figure 1 : Relations entre les quatre types de diversité .....	13
Figure 2 : Iceberg de la conservation.....	18
Figure 3 : Les types de délimitation d'une zone humide.....	32
Figure 4 : Fonctions des zones humides, effets et perceptions.....	35
Figure 5 : Situation administrative de Chott El Hodna.....	45
Figure 6 : La géologie du Hodna.....	47
Figure 7 : Carte pédologique du Hodna .....	50
Figure 8 : Carte pluviométrique du Hodna .....	52
Figure 9 : Variation des précipitations moyennes mensuelles des stations météorologiques et des localités d'étude .....	55
Figure 10 : Variation du régime saisonnier des stations météorologiques et des localités d'étude.....	57
Figure 11 : Variations interannuelles des précipitations de la Station de M'sila et de la localité de Saida pour la période 1988-2013 .....	59
Figure 12 : Variations interannuelles des précipitations de la Station de Bousaada et de la localité de Khobana pour la période 1994-2013.....	61
Figure 13 : Variation des moyennes mensuelles et annuelles des températures des stations météorologiques et des localités d'étude .....	64
Figure 14 : Variation des moyennes mensuelles minimale, moyenne et maximale des températures des stations météorologiques et des localités d'étude .....	65
Figure 15 : Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent des stations météorologiques .....	66
Figure 16 : Diagrammes ombrothermiques des stations météorologiques et des localités d'étude .....	70
Figure 17 : Positionnement des stations météorologiques et les localités d'étude dans le climagramme d'EMBERGER.....	73
Figure 18 : Carte des sous-secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord .....	75
Figure 19 : Répartition des stations d'étude selon les sites dans la zone humide de Chott El Hodna .....	77

## Liste des figures (suite)

Figure 20 : Répartition des genres et des taxons dans les familles botaniques les plus représentées dans notre zone d'étude .....	87
Figure 21 : Distribution des familles par genre et par taxon endémique dans notre zone d'étude .....	90
Figure 22 : Spectre biologique de la flore globale de la zone d'étude de Chott El Hodna...	92
Figure 23 : Spectre biologique de la flore endémique de Chott El Hodna .....	94
Figure 24 : Carte de répartition de l'endémisme dans les stations d'étude dans la zone humide de Chott El Hodna .....	108
Figure 25 : Zonage territorial selon les endémismes total et stationnel des stations d'étude dans la zone humide de Chott El Hodna .....	109
Figure 26 : Spectre biologique de la flore dans une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna .....	117
Figure 27 : Similarité de Sørensen-Dice des relevés floristiques.....	118
Figure 28 : DCA ordination des 79 relevés floristiques et des taxons suivant les axes DCA1 et DCA2 : Localisation des relevés dans une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna .....	121
Figure 29 : DCA ordination des 79 relevés floristiques et des taxons suivant les axes DCA1 et DCA2 : Positionnement des 116 taxons trouvés dans les relevés dans une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna .....	122
Figure 30 : Ensablement et végétation halophile autour de Chott El Hodna .....	127
Figure 31 : Zonage selon la richesse floristique et l'endémisme de la flore de la zone humide de Chott El Hodna .....	130

## Liste des tableaux

Tableau 1 :	Critères d'identification des zones humides .....	33
Tableau 2 :	Liste des 50 zones humides classées RAMSAR en Algérie .....	39
Tableau 3 :	Précipitations moyennes mensuelles et cumul annuel (mm) des stations météorologiques et des localités d'étude.....	54
Tableau 4 :	Le régime saisonnier des stations météorologiques et des localités d'étude.....	56
Tableau 5 :	Variations interannuelles des précipitations de la Station de M'sila pour la période 1988-2013 .....	58
Tableau 6 :	Variations interannuelles des précipitations et la localité de Saida pour la période 1988-2013 .....	58
Tableau 7 :	Variations interannuelles des précipitations de la Station de Bousaada pour la période 1994-2013.....	60
Tableau 8 :	Variations interannuelles des précipitations de la localité de Khobana pour la période 1994-2013 .....	60
Tableau 9 :	Moyennes mensuelles et annuelles des températures des stations météorologiques et des localités d'étude.....	63
Tableau 10 :	Vitesses moyennes du vent en m/s de la station de M'sila période 1989 – 2013.....	66
Tableau 11 :	Vitesses moyennes du vent en m/s de la station de Bousaada période 2004 – 2013 .....	66
Tableau 12 :	Moyennes mensuelles et annuelles de l'ETP de la région de M'sila période 1988-2013 .....	67
Tableau 13 :	Moyennes mensuelles et annuelles de l'ETP de la région de Bousaada période 1994-2013.....	68
Tableau 14 :	Evapotranspiration réelle (ETR) annuelle calculée par la méthode de TURC .....	69
Tableau 15 :	Indice pluviométrique de MORAL des stations météorologiques et des localités d'étude .....	71
Tableau 16 :	Indice d'aridité annuel des stations météorologiques et des localités d'étude .....	72
Tableau 17 :	Valeurs du quotient pluviothermique des stations météorologiques et des localités d'étude .....	72
Tableau 18 :	Type de milieux d'étude et caractéristiques des relevés floristiques...	78
Tableau 19 :	Répartition des relevés floristiques de la zone d'étude selon les sites et les stations .....	80

### Liste des tableaux (suite)

Tableau 20 : Répartition des genres et des taxons par famille botanique dans notre zone d'étude .....	86
Tableau 21 : Répartition des genres et des taxons endémiques dans les familles botaniques de notre zone d'étude .....	89
Tableau 22 : Répartition par genre et par nombre de taxons endémiques dans les familles.....	91
Tableau 23 : Répartition des types biologiques de la flore globale de la zone d'étude .....	92
Tableau 24 : Répartition des types biologiques des taxons endémiques .....	93
Tableau 25 : Importance des types morphologiques dans la zone d'étude .....	95
Tableau 26 : Importance des types morphologiques de la flore endémique .....	96
Tableau 27 : Classement des types chorologiques de la zone humide de Chott El Hodna.....	97
Tableau 28 : Origine biogéographique de la flore globale de la zone humide de Chott El Hodna.....	98
Tableau 29 : Origine biogéographique de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna.....	99
Tableau 30 : Répartition des taxons endémiques rares de la zone humide de Chott El Hodna par site d'étude et par famille botanique.....	100
Tableau 31 : Répartition de <i>Phalaris minor</i> Retz dans les relevés floristiques dans la zone humide de Chott El Hodna par site et par station d'étude .....	102
Tableau 32 : Classification phylogénétique des familles endémiques de la zone humide du Hodna.....	104
Tableau 33 : Importance de la flore de la zone d'étude selon les stations et les sites.....	106
Tableau 34 : Importance de la richesse totale des sites dans la zone humide de Chott El Hodna.....	107
Tableau 35 : Répartition des taxons endémiques de la zone humide de Chott El Hodna selon les classes chorologiques et les sites du Chott.....	110
Tableau 36 : Caractéristiques de la flore de la zone humide de Chott El Hodna suivant les sites d'étude.....	111
Tableau 37 : Nombre de taxons et de genre par famille botanique dans une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna.....	113
Tableau 38 : Origine chorologique des taxons d'une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna.....	114
Tableau 39 : Endémisme spécifique et rareté suivant les familles botanique Taxons d'une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna.....	116



## ملخص

شط الحضنة من الأراضي الرطبة القارية، القاحلة والمالحة وذا أهمية دولية. أدى حصر النباتات فيه إلى 185 نوع موزعين على 37 عائلة نباتية و 127 صنف. هذا الكم يحتوي على 31 نوع من النباتات المتوطنة (بما في ذلك 16 نوع نادر) التي تنتمي إلى 16 عائلة نباتية و 28 صنفاً. التقسيم الإقليمي المتعلق بالوسط المعيشي القائم (الوادي، الشط و الرمل) ومواقع ومحطات الدراسة أعطى موقع جنوبي (06 محطات، 158 نوع ، 27 نوع نباتي متوطن بما في ذلك 16 توطن موضعي) وموقع شمالي (05 محطات و 122 نوع ، 15 نوع نباتي متوطن بما في ذلك 02 توطن موضعي). وقد تم تحديد أكبر ثلاث مناطق التوطن: منطقة التوطن العالي مكونة من 06 محطات، منطقة التوطن المتوسط من 03 محطات وأخيراً منطقة التوطن المنخفض و مكونة أيضاً من 03 محطات.

كشفت الأهمية النباتية لجنوب الشط بدراسة موقع يحتوي على 79 موقع نباتي في ثلاث أوساط معيشية قائمة (الوادي ، الشط و الرمل) و الذي تم الايجاد فيه 116 نوع ، موزعة في 85 صنف و 29 عائلة نباتية وتحتوي على 20 نوع نباتي متوطن بما في ذلك 08 نوع نادر متوطن.

أعطى التحليل العددي للغطاء النباتي أن الأنواع النباتية والتي تم تحديدها تابعة لثلاثة أوساط معيشية قائمة: البيئة المالحة المتمثلة في الشط، البيئة ذات التربة الخشنة المتمثلة في الرمل والبيئة المتأثرة بالنشاط الإنساني المتمثلة في الوادي. في هذه المنطقة ينشأ تدرجان اثنان متعلقين بالبيئة. الأول يدل على وجود تربة ناعمة مع ملوحة سطحية (الشط) مقابلة لتربة خشنة غنية بالرمل حيث تكثر الرمال وملوحة غير ظاهرة للعين (الرمل) و يحتوي التدرج الثاني تطور الرطوبة من الأسفل إلى الأعلى حيث تنخفض نسبة الملوحة (الوادي).

الحفاظ على النباتات من الأنواع الموجودة والمستوطنة على وجه الخصوص يجب أن يتم مع السكان المجاورين للمكان. مستويات التدخل للحفاظ النباتي تركز على النوع النباتي، الأوساط المعيشية للنبات وسلوك السكان. للقيام بعملية الحفاظ لـ185 نوع بما فيه 31 نوع نباتي متوطن اقترح تقسيم المناطق على أساس الغنى أو الثراء النباتي والتوطن (الكلي والموضعي) في 11 محطة دراسية أبرزت ثلاث مناطق للغنى النباتي: منطقة عالية، منطقة متوسطة و منطقة دنيا.

الكلمات المفتاح: شط الحضنة، الأراضي الرطبة، النباتات المتوطنة، الجرد، المحافظة.

## RESUME

Chott El Hodna est une zone humide continentale, aride, salée et d'importance internationale. L'inventaire de sa flore a abouti à **185** taxons répartis en **37** familles botaniques et englobant **127** genres. La végétation endémique renferme **31** taxons (dont **16** taxons rares) appartenant à **16** familles botaniques et **28** genres.

Un zoning territorial en rapport avec les biotopes existants (Oued, Chott et R'mel) les sites et les stations d'étude a donné un site Sud (**06** stations, **158** Taxons, **27** Endémiques dont **16** stationnelles) et un site Nord (**05** stations, **122** Taxons, **15** Endémiques dont **02** stationnelles). Trois zones d'importance en endémiques furent identifiées: une zone d'endémisme élevé de **06** stations, une zone d'endémisme moyen de **03** stations et une zone d'endémisme faible de **03** stations.

L'importance floristique du site Sud du Chott entreprise dans une partie réunissant les biotopes existants (Oued, Chott et R'mel) que sur **79** relevés floristiques réalisés nous avons obtenu **116** taxons répartis dans **85** genres et **29** familles botaniques et qui renferment **20** taxons endémiques dont **08** endémiques rares.

L'analyse numérique de la végétation a révélé que les relevés floristiques et les taxons recensés sont inféodés à trois micro-habitats : un milieu salin : le Chott, un milieu de texture grossière : le R'mel et un milieu anthropisé : l'Oued. Dans ce milieu d'étude deux gradients écologiques se manifestent. Le premier montre une texture fine avec salinité très apparente en surface (le Chott) opposée à un milieu de texture grossière où le sable abonde et la salinité est non apparente (le R'mel). Le second recèle une évolution de bas en haut de l'humidité du sol et où la salinité diminue (l'Oued).

La préservation de la flore en général et des espèces endémiques en particulier doit s'opérer avec les habitants limitrophes des lieux. Les niveaux d'intervention s'axent les taxons, le biotope et le comportement de la population. Les **185** taxons dont **31** endémiques où un zoning est proposé basé sur cette richesse floristique totale et cet endémisme (total et stationnel) dans **11** stations d'études ce qui a donné trois zones de richesse floristique : la première élevée, la seconde moyenne et la dernière faible.

Mots-clés: Chott El Hodna, Zone Humide, Flore Endémique, Inventaire, Préservation.

## S U M M A R Y

Chott El Hodna is a continental wetland, arid, salty and of international importance. The inventory of its flora has led to **185** taxa distributed in **37** botanical families and **127** genera encompassing. The endemic vegetation contains **31** taxa (including **16** rare taxa) belonging to **16** botanical families and **28** genera.

A territorial zoning on in rural living standards-based (Oued, Chott and R'Mel), locations and stations study gave South site (**06** stations, **158** taxa, **27** endemic including **16** stationnel endemic) and North site (**05** stations, **122** taxa, **15** including **02** stationnel endemic). It has been identified three largest endemic areas: high endemicity area is made up of **06** stations, medium endemicity area region made up of **03** stations and finally the low endemicity area and also made up of **03** stations.

The floristic importance of South Chott site revealed that contains **79** vegetarian samples where **116** species, distributed in **85** class and **29** plant families and contains **20** endemic vegetarian including **08** type rare endemic species.

The numerical analysis of vegetation revealed that the floristic and identified taxa are subservient to three microhabitats: salty environment (Chott), a coarse textured environment (R'Mel) and anthropic environment (Oued).

In this region sometimes both classified two clinging to the environment arises. The first indicates the presence of soft soil with surface salinity (Chott) for an interview where the soil is rich in coarse sand abound and low salinity (R'Mel), and the second contains the evolution of the moisture gradient from the bottom to the top, where salinity decreases (Oued).

The preservation of flora in general and endemic species in particular must take place with the neighboring inhabitants of the place. The levels of intervention are focusing taxa, the habitat and behavior of the population. To carry out the preservation of the **185** taxa, including **31** endemic plant species, a proposed zoning bases on vegetable richness and endemism (total and stationnel) in **11** scholarships station highlighted three floristic richness zone: High, medium and minimum zones.

Keywords: Chott El Hodna, wetlands, endemic plants, inventory, preservation.

## *Introduction Générale*

Les composantes naturelles d'un l'écosystème sont définies comme étant les éléments physiques, biologiques ou chimiques, tels que le milieu, l'eau, la flore, la faune et les éléments nutritifs ainsi que les interactions qui peuvent exister entre eux (**Davis, 1996**).

La flore d'une zone géographique est la composante biotique la plus importante (**Ozenda, 1982**). C'est une expression des conditions écologiques qui y règnent. La gestion et la conservation des milieux naturels et plus spécialement les zones humides d'importance internationale sous entend la connaissance des taxons floristiques et spécialement ceux endémiques ou rares qui traduisent l'importance de la biodiversité locale ou régionale.

La protection des espèces est conçue pour maintenir la biodiversité au cœur des programmes de conservation et en particulier dans les points chauds de la biodiversité (**Reid, 1998**) telle que la zone du bassin méditerranéen (**Myers, 1990 ; Médail et Quézel, 1999 ; Myers et al., 2000 ; Médail et Myers, 2004 ; Vela et Benhouhou, 2007 ; UICN, 2008 ; Numa et Troya, 2011 et Médail et al., 2012**).

**Myers (1990)** et **Médail et Quézel (1999)** signalent que la région méditerranéenne est l'un des grands centres mondiaux de la diversité végétale, où 10% des plantes supérieures peuvent être trouvées dans une zone qui ne représente que 1,6% de la surface de la Terre. En effet, **Myers et al. (2000)** considèrent que les pays méditerranéens détiennent presque 4,5% de la flore endémique mondiale.

L'Algérie de part sa position géographique entre le sous bassin méditerranéen occidental au Nord et les pays subtropicaux (le Sahel) au Sud, recèle une multitude de zones humides d'importance internationale au sens de la convention de Ramsar dont Chott El Hodna en fait partie.

Ce Chott est une partie intégrante du grand bassin versant du **Hodna (Mimoune, 1995 ; Hadjab, 1998 et Le Houerou, 2009)** où il occupe sa partie basse. C'est un lac salé athalassique, c'est à dire sans connections récente ou actuelle avec la mer et dont la salinité est au moins de 3 g.l<sup>-1</sup> (**Hammer, 1986 in Binet et Aymonin, 1987**). C'est un milieu qui présente un régime hydrique saisonnier. Il s'assèche en été et est ré-inondé par l'eau en hiver. En période estivale des croûtes de sel couvrent toute son étendue. A cause de la forte évaporation, il devient régulièrement un désert de sel où le substrat superficiel du sol se transforme en une efflorescence pulvérulente (**Géhu et al., 1993**).

Compte tenue des caractéristiques d'halomorphie présente et d'hydromorphie saisonnière qui sévissent, deux milieux distincts apparaissent : le chott et la sebkha

(**Kaabeche et al., 1995**). La sebkha est la zone centrale dominée par l'eau. Elle se présente sous forme d'une dépression fermée, inondable et salée. Elle est dépourvue de toute végétation en raison des concentrations élevées de sel. Le chott est la zone environnante qui forme un anneau de végétation autour de cette dépression.

Malgré l'importance internationale des zones humides, elles sont constamment sous la menace des impacts négatifs de l'activité anthropogénique dont le surpâturage. Dans les zones arides et semi arides, la végétation naturelle constitue la ressource fourragère majeure pour un cheptel de plus en plus conséquent. Ce surpâturage est pratiqué sur des parcours extensifs où la charge animale n'est jamais respectée (**Benrebiha, 1984 ; Mainguet, 1990 ; Salama et al., 1991 et Chaib, 1991**).

Cet état de fait a engendré un des phénomènes les plus spectaculaires qui soient : la désertification. L'installation de ce phénomène se traduit entre autre par la réduction du couvert végétal et de là la réduction de la diversité floristique (**Corse, 1985 et Daget et Poissonet, 1997**)

La situation de la zone humide de Chott El Hodna au Nord du Sahara (région subsaharienne) la laisse, du point de vue climatique, relativement sèche et vulnérable envers la désertification (**Mainguet, 1990**) surtout que le processus d'ensablement est témoin de la dégradation des sols au Hodna (**Abdesselam et Halitim, 2014**).

Cette zone humide recèle des richesses faunistique et floristique. L'inventaire de ces richesses présente des lacunes considérables et n'a été que partiel. Il se résume en quelques travaux universitaires touchant parfois la faune et la flore... Il est tout de même important de signaler que cette zone humide ne dispose pas de plan de gestion capable de clarifier et de diriger les démarches, les recherches et les efforts pour la sauvegarde et la préservation de ce biotope et de ses êtres vivants en général.

La végétation des milieux humides a l'avantage d'indiquer, de diagnostiquer et même de valoriser un écosystème étant donné que la zone d'étude en est un des environnements particuliers et originaux de la région présaharienne aride.

La flore vasculaire de la zone humide de Chott El Hodna relève d'une curiosité et d'une importance botanique considérable en raison de son appartenance intégrale à la zone humide. Elle fait partie de la végétation steppique de la plaine du Hodna (**Le Houerou, 1995**). Elle est principalement composée d'espèces succulentes et halophiles sur sol à texture fine et psammophiles sur sol à texture grossière (**Zedam et Fenni, 2015**).

Ce patrimoine végétal est actuellement menacé de dégradation suite à la conjugaison de facteurs naturels et anthropiques. Parmi les facteurs naturels il ya les sécheresses récurrentes et l'aridité climatique marquée en plus de la situation géographique du Hodna dans l'ombre pluviale au Sud des monts du Hodna la laisse à la faible pluviosité : C'est une auréole désertique au sein d'une zone aride (**Le Houerou et al., 1977**). Pour ce qui est des facteurs anthropiques, il y a le surpâturage, le défrichement et l'éradication des ligneux (**Mimoune, 1995** et **Hadjab, 1998**).

Cette situation de dynamique régressive de la végétation naturelle, nous a poussés à inventorier ce qui existe afin de statuer sur la dégradation ou la déperdition floristique future qui peut avoir lieu dans cette zone particulière pour la préservation de la flore où il y a absence réelle de toute mesure de protection de ce milieu et de ces composantes.

L'inventaire et l'analyse floristique de la végétation vasculaire naturelle d'un milieu sont essentiels pour connaître la composition globale des taxons existants c'est-à-dire la phytodiversité, la biogéographie des espèces recensées et l'écologie du milieu d'étude (**Hammada et al., 2004**).

Il est clair que pour une flore, les taxons endémiques relèvent d'une curiosité botanique, d'une importance biogéographique et de lieux écologiques assez particuliers. Ils traduisent des conditions assez remarquables du type de milieu où ils se rencontrent. C'est le cas pour Chott El Hodna qui est une zone humide d'importance internationale et ayant comme caractéristique : continentalité, salinité, aridité et limitrophe au Sahara septentrionale.

L'objectif de cette l'étude est de faire un inventaire floristique des espèces vasculaires de la zone humide de Chott El Hodna et de là dresser une liste exhaustive de la flore endémique qui s y trouve et de dégager les perspectives de préservation et de sauvegarde de cette biodiversité floristique, qui peut guider les efforts d'aménagement, de gestion et/ou de conservation.

Pour ce faire, cette thèse se structure en trois parties. La première est consacrée à une synthèse bibliographique sur la biodiversité, la spéciation et l'endémisme d'une part et les zones humides en tant que richesses entre terre et eau d'autre part.

La deuxième partie englobe le milieu d'étude en premier lieu et en second lieu le matériel utilisé et les méthodes adoptées pour mener à terme ce travail.

La dernière partie traite des résultats obtenus, leurs discussions et enfin les perspectives de préservation de la biodiversité du milieu d'étude et spécialement sa flore.

## *Partie I*

### *Synthèse Bibliographique*

- *Chapitre I Biodiversité, spéciation et endémisme*
  
- *Chapitre II Les zones humides : Richesses entre terre et eau*



## Chapitre I

### Biodiversité, spéciation et endémisme

#### Introduction

La diversité des formes de vie, si nombreux que nous avons encore à identifier la plupart d'entre eux, est la plus grande merveille de cette planète (**Wilson, 1988**). La biosphère est une tapisserie complexe de formes de vie. Elle nous offre une vue d'ensemble de cette diversité et nous fait signe sur les modifications rapides et les destructions que nous menons sur les environnements qui ont favorisé la diversité de ces formes depuis plus d'un milliard d'années (**Wilson, 1988**). Jusqu'à présent, aucune trace ou forme de vie n'a été détectée ailleurs que sur la planète Terre. L'avenir nous dira peut-être si la vie existe ailleurs mais sur Terre, elle est bien présente (**CNRS, 2010**). La diversité est la caractéristique la plus frappante de cette vie (**Tilman, 2000**).

La diversité biologique se rencontre dans la biosphère et nul part ailleurs. C'est là où elle est apparue, s'est développée et se maintient. Depuis l'apparition de l'espèce humaine, qui fait partie intégrante de cette immense diversité, l'homme l'exploite à tous les niveaux: nourriture, médicaments, carburant et autres produits indispensables. Cette exploitation à tort d'une part et la cupidité humaine d'autre part ont fini par générer des atteintes aux milieux de vie: destruction d'habitat, introduction d'espèces invasives, pollution, expansion urbaine, extension de l'agriculture et surexploitation. Ces pratiques si elles ne seront pas stoppées compromettrons tôt ou tard la vie aux générations futures de l'espèce humaine.

En somme, l'évolution de l'appauvrissement et de l'extinction imminente et menaçante, pour le nombre d'espèce concernées et l'échelle de temps considérée, peuvent entraîner le plus grand recul de l'abondance et de la diversité de la vie depuis son apparition. N'oublions pas de mentionner que de toutes les disparitions et régressions de cette diversité, les espèces considérées comme endémiques demeurent les plus vulnérables. Rappelons-le que les espèces considérées comme endémiques sont relatives à l'endémisme.

C'est est un phénomène dans lequel une espèce est limitée à une zone ou une région particulière. Il est lié à l'isolement géographique de taxons qui évoluent ensuite en système clos (**Lévêque et Mounolou, 2008**).

Chez les espèces tropicales, il est fortement prononcé mais il existe aussi des espèces endémiques tempérées (**Dyke, 2008**). Les espèces endémiques sont particulièrement vulnérables à l'extinction parce qu'elles sont concentrées naturellement dans des milieux restreints et de surface limitée.

## **1- Biodiversité**

### **1-1- Définition de la biodiversité**

Biodiversité ou diversité biologique désigne la variété des espèces vivantes qui peuplent la biosphère. C'est aussi la richesse totale ou nombre total d'espèces vivantes qui peuplent un type d'habitat de surface donnée, la totalité d'un écosystème, d'une région biogéographique ou encore de la biosphère tout entière (**Ramade, 2008**).

Selon la convention des Nations Unies sur La diversité biologique tenue à Rio De Janeiro en 1992 (**CDB, 1992**), l'article 2 définit la diversité biologique comme étant la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres systèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie. Cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.

La diversité biologique désigne aussi la diversité des formes de vie. Elle s'exprime à plusieurs niveaux: la diversité génétique au sein de chaque espèce, la diversité des espèces dans les écosystèmes et la diversité des écosystèmes terrestres, marins et aquatiques (**Lesage, 2008**).

La biodiversité, ou diversité biologique, constitue le tissu vivant de la planète, où elle représente toutes les formes de vie sur Terre, les relations qui existent entre elles et avec leurs milieux depuis l'origine commune de la vie (**CNRS, 2015**).

### **1-2- Origine de la biodiversité**

La biodiversité résulte d'une évolution façonnée pendant des milliards d'années, au gré de processus naturels et en partie sous l'influence des êtres humains depuis leur apparition (**CNRS, 2015**).

La recherche des causes et des conditions qui ont conduit à la diversité du monde vivant est une préoccupation ancienne des scientifiques. Plusieurs théories ont été mises pour expliquer cette extraordinaire diversité de la vie sur Terre.

### 1-2-1- Créationnisme

Ce sont les théories selon lesquelles la création de la vie est du au créateur où **Lévêque** et **Mounolou (2008)** rapportent que les êtres vivants sont la réplique fidèle de ceux qui ont été créés. Certaines branches des sciences modernes comme la paléontologie, l'anatomie et la biochimie ont révélé que c'est Dieu qui créa tous les êtres vivants (**Oktar, 2007**).

### 1-2-2- Génération spontanée (Abiogenèse)

Selon **Lamarck (1809)**, la nature, à l'aide de la chaleur, de la lumière, de l'électricité et de l'humidité a laissé apparaître des générations d'organismes spontanés ou directes. Suivant cette idée **Lévêque** et **Mounolou (2008)** précisent que c'est à partir de substances inorganiques et sous l'effet de facteurs physico-chimiques que des organismes inférieurs ont été créés.

### 1-2-3- Lamarckisme (Transformisme)

Cette théorie fût posée par Lamarck. Elle stipule que la totalité des individus de telle espèce change (**Lamarck 1802 in Godron 1984**). Les espèces se transforment en d'autres espèces. Il y a une 'force interne' qui pousse les organismes à s'adapter aux changements du milieu et ces transformations sont transmises à la descendance (**Dajoz, 2008**).

### 1-2-4- Sélection naturelle (Persistance du plus apte)

Darwin explique la biodiversité par la théorie de l'évolution et de la sélection naturelle où il dit : « je suis convaincu que les espèces qui appartiennent à ce que nous appelons le même genre descendent directement de quelque autre espèce ordinairement éteinte » (**Darwin, 1859**). La sélection naturelle recherche les variations les plus légères. Elle repousse en revanche, celles qui sont nuisibles et conserve et accumule celles qui sont utiles pour améliorer tous les êtres organisés relativement à leurs conditions d'existence. Ces lentes et progressives transformations nous échappent jusqu'à ce que, dans le cours des âges, la main du temps les ait marquées de son empreinte et les formes vivantes d'aujourd'hui différent de ce qu'elles étaient autrefois (**Darwin, 1859**).

### 1-2-5- Biochimie

La vie est installée à partir de réactions chimiques permettant de fabriquer des structures chimiques pour donner des structures à leur image mais il reste à comprendre comment ont-ils pu s'organiser en êtres vivants (**Lévêque** et **Mounolou, 2008**).

### 1-2-6- Potentiels abiotique et biotique

**Dajoz (2006)** explique la biodiversité par deux causes où la première réside dans la grande hétérogénéité de la biosphère. Les différents milieux ainsi créés sont isolés et ils ont été colonisés par des populations qui se sont différenciées en espèces distinctes avec le temps. Quand à la seconde cause, elle réside dans les multiples interactions qui existent entre les diverses espèces comme la compétition, la prédation, la symbiose et le parasitisme.

### 1-2-7- Apparition des espèces

**Lévêque et Mounolou (2008)** montrent que la formation d'une nouvelle espèce n'est possible d'une part que par le remplacement d'une nouvelle espèce par une autre, après accumulation de transformations génétiques adaptatives au cours du temps : c'est la spéciation par anagenèse. D'autre part par l'apparition de deux ou plusieurs espèces à partir d'une espèce préexistante dont des populations ont par exemple été isolées géographiquement : c'est la spéciation par cladogenèse.

### 1-3- Concept de biodiversité

Le terme biodiversité, contraction de diversité biologique, est un néologisme apparu au début des années 1970 au sein de l'Alliance Mondiale pour la Nature: **UICN (Ramade, 2008)**.

Il a été vulgarisé dans le Sommet de la Terre sur l'environnement et le développement durable, organisé par les Nations Unies en 1992 à Rio de Janeiro (Brésil) où il désigne tout simplement la variété des espèces vivantes qui peuplent la biosphère (**Blandin, 2010**). Aujourd'hui, Il est devenu le cadre de réflexion et de discussion des questions posées par les relations que l'homme entretient avec les autres espèces et les milieux naturels (**Lévêque et Mounolou, 2008**).

### 1-4- Niveaux de la biodiversité

La biodiversité a été définie par la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) au Sommet de Rio en 1992 comme étant la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie. Cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.

La biodiversité ainsi abordée est à des niveaux de complexité croissante. La diversité génétique, la diversité spécifique et la diversité systémique ou écologique. La diversité

génétique est conditionnée la diversité spécifique et qui à son tour est conditionnée par la diversité écologique dans tout espace biotique donné (**Blandin, 2010**).

#### 1-4-1- Diversité génétique

La diversité génétique désigne la variation des gènes et des génotypes entre espèces (diversité interspécifique) et au sein de chaque espèce (diversité intraspécifique). Elle correspond à la totalité de l'information génétique contenue dans les gènes de tous les animaux, végétaux et micro-organismes qui habitent la Terre (**Abdelguerfi, 2003**).

Cette diversité demeure un des facteurs permettant aux espèces de s'adapter aux changements et transformations de leur environnement. C'est une source de la diversité biologique en générale (**Gosselin et Laroussine, 2004**).

#### 1-4-2- Diversité spécifique

La diversité des espèces a été antérieurement étudiée. Il est possible qu'elle fût commencée par Carl Von Linné, qui à l'issue de son étude en 1758 avec la publication de la dixième édition du *Systema naturae*.

La diversité spécifique désigne le nombre d'espèces présentes soit dans une zone donnée, soit dans l'ensemble des diverses catégories d'êtres vivants.

Actuellement, le nombre d'espèces connues est estimé à 1.800.000. Cet inventaire du monde est loin d'être terminée puisque des extrapolations, fondées sur des données vraisemblables estiment qu'il doit exister entre 5 et 10 millions d'espèces (**Dajoz, 2008**).

#### 1-4-3- Diversité écologique ou systémique (des écosystèmes)

Elle correspond à la diversité des écosystèmes. Elle est relative aux différentes variétés et même variabilité temporelle des entités d'êtres vivants c'est à dire les biocénoses ou encore groupes fonctionnels d'espèces et d'habitats (**Dajoz, 2008**).

On considère généralement que la richesse en espèces est fonction de la diversité des habitats et du nombre de niches écologiques potentiellement utilisables. **Lévêque et Mounolou (2008)** mentionnent que les écosystèmes, grâce à leur diversité biologique, contribuent dans la régulation des cycles géochimiques : fixation-stockage, transfert, cycle de l'eau, recyclage des éléments nutritifs, etc.

A cette échelle, **Ramade (2008)** ajoute un niveau plus élevé à la biodiversité c'est la diversité biosphérique. Elle correspond aux biomes, propres à la biosphère prise dans son ensemble.

## 1-5- Répartition géographique de la biodiversité

### 1-5-1- Biodiversité dans le monde

D'après **Ramade (2008)**, la biodiversité est fort inégalement distribuée à la surface de la biosphère, tant dans les écosystèmes continentaux qu'océaniques. Quand on se déplace à la surface du globe, la biodiversité a tendance à diminuer quand on se dirige de l'équateur vers les pôles avec néanmoins quelques exceptions tant en milieu terrestre que marin. En règle générale, dans les écosystèmes terrestres, la biodiversité est d'autant plus élevée que le climat est plus chaud.

Au niveau continental, ce sont les forêts équatoriales qui présentent les plus riches biomes en espèces où plus de 70% (180 000 espèces sur les 250 000 espèces de plantes supérieures actuellement répertoriées dans le monde) sont situées dans la zone intertropicale alors que celle-ci ne représente que 40% des terres émergées et de plus les 50% habitent exclusivement les forêts denses humides (**Poncy et Labat 1995 in Gimaret-Carpentier, 1999**).

Quand on s'éloigne de l'équateur, les déserts atteignent leur maximum d'extension dans une zone située à cheval sur les tropiques, et constituent deux bandes de biodiversité relativement faible. En continuant de remonter en latitude, la biodiversité s'accroît et atteint un nouveau maximum dans les biomes de type méditerranéen. Au-delà, la biodiversité diminue inexorablement au fur et à mesure que l'on se dirige vers les hautes latitudes : les toundras qui correspondent aux écosystèmes ultimes situés à la limite des milieux arctiques présentant la plus faible biodiversité de tous les types de biomes terrestres (**Willig et Bloch, 2006**).

### 1-5-2- Biodiversité dans le bassin méditerranéen

Le bassin méditerranéen est le deuxième plus grand *hot spot* du monde et la plus grande des cinq régions de climat méditerranéen de la planète. C'est aussi le troisième *hot spot* le plus riche du monde en diversité végétale (**Médail et Myers, 2004**).

**Myers (1990)** et **Médail et Quézel (1999)** montrent que la région méditerranéenne est l'un des grands centres mondiaux de la diversité végétale, où 10% des plantes supérieures peuvent être trouvés dans seulement 1,6% de la surface de la Terre. De même, **Myers et al., (2000)** considèrent que les pays méditerranéens détiennent près de 4,5% de la flore endémique de la planète. Dans ce contexte même **Médail et Quézel (1997)** estime que l'ensemble du bassin méditerranéen renferme près de à 50% d'endémisme spécifique de la totalité de sa flore.

Deux principaux facteurs déterminent cette richesse en biodiversité du bassin méditerranéen. Sa localisation au carrefour de deux masses continentales : l'Eurasie et l'Afrique et la grande diversité topographique de ses milieux. Ce ci dit en plus de la présence d'un climat varié et unique (**Derneji, 2010**).

### 1-5-3- Biodiversité en Algérie

La situation géographique chevauchante de l'Algérie sur deux empires floraux : l'Holarctis et le Paleotropis lui confère une flore très diversifiée par des espèces appartenant à différents éléments bigéographiques. Selon **Yahi et Benhouhou (2011)**, la flore algérienne comprend environ **4000** taxons (exactement **3994** taxons) repartis sur **131** familles botaniques et **917** genres où **464** taxons sont des endémiques nationales (**387** espèces, sous-espèces **53** et **24** variétés).

### 1-6- Diversité floristique

La diversité floristique est l'élément le plus visible de la biodiversité (**Dajoz, 2008**). D'après **Dajoz (2006)**, on reconnaît dix Phyla parmi les végétaux :

- 1- Les Bryophytes comprennent trois classes : Les Hépatiques (9000 espèces), les Mousses (16000 espèces) et les Anthocérotes (100 espèces).
- 2- Les Psilophytales ne renferment que quatre espèces et deux genres.
- 3- Les Lycopodiales avec 1275 espèces.
- 4- Les Equisétales ont 40 espèces placées dans un seul genre.
- 5- Les Isoétales avec un seul genre.
- 6- Les Ptéridophytes ou fougères englobent 12 000 espèces.
- 7- Les Cycadales ne présentent que 100 espèces.
- 8- Les Ginkgoales sont monospécifique avec *Ginkgo biloba*.
- 9- Les Coniférales n'ont que 550 espèces.
- 10- Les Angiospermes avec plus de 300 familles renferment 250 000 à 300 000 d'espèces décrites.

### 1-7- Importance et valeur de la biodiversité

La biodiversité est l'une des plus grandes richesses de la planète, et pourtant la moins reconnue comme telle (**Wilson, 1988**). Au moins 40 % de l'économie mondiale et 80 % des besoins des pauvres proviennent des ressources biologiques (**WWF, 2014**).

Les bienfaits de la biodiversité se résument en un ensemble de services et fonctions remplies par les écosystèmes et qui se révèlent utiles aux sociétés humaines et au bon fonctionnement des biomes (**Lévêque et Mounolou, 2008**).

« Un grand nombre de communautés locales et de populations autochtones dépendent étroitement et traditionnellement des ressources biologiques sur lesquelles sont fondées leurs traditions » (CDB, 1992).

### **1-7-1- Productivité, stabilité et fonctionnement des écosystèmes**

Les écosystèmes qui ont une diversité élevée sont plus stables que les écosystèmes pauvres en espèces. **Mouquet et al. (2010)** réfèrent au ‘fonctionnement’ les propriétés et/ou les processus biologiques et physiques au sein des écosystèmes, comme par exemple le recyclage ou la production de biomasse. Les ‘services’ représentent tous les bénéfices que les populations humaines obtiennent des écosystèmes, notamment la production de nourriture, la régulation du ruissellement, la pollinisation, etc.

Il faut donc davantage d'espèces pour conserver les divers services fournis par un écosystème que pour conserver un seul de ces services.

### **1-7-2- Services fournis par les écosystèmes**

Les services fournis par les écosystèmes sont nombreux, on peut citer : maintien de la qualité de l'atmosphère, régulation du climat par la fixation du CO<sub>2</sub> dans la biomasse végétale, formation des sols, minéralisation de la matière organique morte, régulation de la qualité de l'eau et de son cycle en particulier par la régulation et la stabilisation du ruissellement ainsi que par son effet tampon sur la sécheresse (**Myers, 1996**).

### **1-7-3- Importance économique**

La biodiversité joue un rôle économique considérable pour l'homme, on peut également citer :

- **Importance agricole:** l'existence de plus de 250.000 espèces de plantes supérieures connues à laissé 30.000 qui peuvent être comestibles et 7.000 sont déjà cultivées ou récoltées (**Houedjissin et Koudande, 2010**).
- **Importance industrielle:** Certaines plantes ont une grande importance pour l'industrie. Elles produisent du caoutchouc, des huiles végétales, des extraits pour la fabrication des cosmétiques, etc.
- **Importance médicinale et biotechnologique:** De nombreuses molécules actives ont déjà été extraites de diverses parties des organismes végétaux telles que : morphine, quinine, taxol (**Giller et al., 2004**).



Les ressources de la diversité biologique sont mises à la disposition de la biotechnologie pour un développement économique (**Werthmüller, 2005**).

#### **1-7-4- Valeur non commerciale**

La biodiversité fournit des opportunités pour des activités de loisirs : L'écotourisme, la pêche sportive et autres activités de plein air. Elle peut aussi nous fournir des services culturels pour des usages non commerciaux. C'est-à-dire des bénéfices immatériels issus des écosystèmes : esthétique, artistique, éducative, spirituelle ou scientifiques (**Lévêque et Mounolou, 2008**). Ce ci dit, sans oublier d'autant le confort et le bien être pour la santé, la détente corporelle et l'activité sportive.

La biodiversité, grâce à laquelle la vie est possible sur notre planète, est de plus en plus menacée. La plupart des hommes ne se rendent pas compte de quelle façon et dans quelle mesure la biodiversité nous est utile (**WWF, 2009**).

#### **1-8- Mesure de la biodiversité**

Lorsqu'on considère la structure de base de la diversité des systèmes biologiques tels que les communautés ou les écosystèmes, deux paramètres fondamentaux viennent à l'esprit. Ce sont le nombre d'espèces et le nombre des individus au sein de chacune de ces espèces (**Hamilton, 2005**). Le nombre d'espèces d'un système biologique veut dire biodiversité ou diversité biologique.

La diversité fait appel à la fois aux notions de richesse, de répartition et de composition.

Dans la littérature scientifique, il y a un très grand nombre d'indices pour estimer la diversité par ce qu'elle a deux composantes : le nombre d'espèces et leur abondance relative (**Dray, 1999**).

Ce sont ces indices mathématiques, qui constituent à proprement parler les indices de la diversité spécifique ou diversité des espèces. Ils fournissent les informations relatives à cette double considération de la richesse spécifique (le nombre d'espèces) et de l'abondance des espèces c'est à dire l'abondance relative des individus au sein de chaque espèce (**Hamilton 2005 et Dumont 2008**).

Parmi ces indices, nous avons l'indice de diversité de Shannon-Weaver, l'indice de Simpson, l'indice de diversité de Hill, etc.

Il n'y a aucune mesure universelle de la biodiversité et celle qui sont utilisées dépendent en réalité des objectifs poursuivis. Pour cela, il faut se contenter d'une estimation approchée en

se référant à des indicateurs qui peuvent concerner la génétique, les espèces ou les peuplements, la structure de l'habitat, ou toute combinaison qui fournit une évaluation relative mais pertinente de la diversité biologique.

La richesse en espèces est l'unité de mesure la plus courante, à tel point qu'on a parfois tendance à assimiler abusivement biodiversité et richesse en espèce (**Lévêque et Mounolou, 2008**).

Pour le calcul de la diversité, il faut faire attention à ne pas confondre et à distinguer la diversité et de la dominance (**Sagar et Sharma, 2012**). Quatre types de diversité:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\delta$  (Fig. 1) et dont l'interprétation est comme suit :

- La diversité  $\alpha$  : est la richesse en espèce au sein d'un écosystème local (**Lévêque et Mounolou, 2008**).
- La diversité  $\beta$  : consiste à comparer la diversité des espèces entre écosystèmes. Elle reflète la modification de la diversité alpha lorsque l'on passe d'un écosystème à un autre et « exprime le taux de renouvellement d'espèces d'un habitat à un autre » (**Whittaker, 1972**).
- La diversité  $\gamma$  ou diversité du paysage : qui combine la diversité  $\alpha$  et  $\beta$ , elle représente la diversité totale à l'échelle d'un paysage. Un paysage peut être défini comme une mosaïque complexe d'écosystèmes en interaction (**Whittaker, 1972**).
- La diversité  $\delta$  ou diversité inter-région : C'est un indice de similarité entre ces régions (**Whittaker, 1972**).

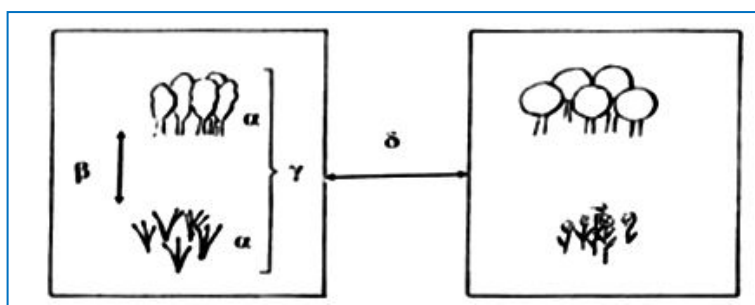


Figure 1 : Relations entre les quatre types de diversité (**Dajoz, 2008**)

### 1-9- Menaces sur la biodiversité

D'après **Dajoz (2008)**, la planète Terre est entrée dans une nouvelle ère géologique appelée 'Anthropocène'. Ce terme est une référence au fait que les activités humaines sont devenues si intenses et si extensives qu'elles touchent l'environnement dans toutes les régions

et dans tous les milieux. La perte des espèces se fait aujourd'hui à une vitesse qui est vraisemblablement 1000 fois plus grande que lors des temps géologiques, avant l'apparition de l'homme. Ce dernier a modifié les écosystèmes plus complètement au cours des 50 dernières années qu'à tout autre moment de l'histoire. **Lévêque et Mounolou (2008)** ont évoqué l'influence de l'homme sur la biosphère qui se manifeste par la transformation de la surface du globe et modifient les cycles biogéochimiques ainsi que la composition de la biodiversité dans la plupart des écosystèmes terrestres ou aquatiques. Ceci ne s'arrête pas à ce niveau mais crée en rétroaction des changements dans le fonctionnement de la biosphère conduisant aux perturbations et changement climatiques et à la perte irréversible de composantes de la biodiversité (gènes, espèces, écosystèmes).

Les principales causes actuelles de la destruction ou même parfois qualifiées d'atteintes à la biodiversité sont:

- La fragmentation et le morcellement de l'espace.
- Les invasions par des espèces étrangères véhiculées volontairement ou non par l'homme y compris les organismes pathogènes.
- L'élimination d'une composante principale de l'écosystème.
- Les pollutions et changements climatiques.
- La surexploitation des ressources.
- La destruction totale de la biocénose et/ou du biotope ou milieu de vie.

### **1-10- Conservation de la biodiversité**

La conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique revête la plus haute importance pour la satisfaction des besoins alimentaires, sanitaires et autre de la population de la planète qui ne cesse de croître. C'est une préoccupation commune à l'humanité (**CDB, 1992**).

D'après **Dajoz (2008)**, la conservation de la diversité biologique est devenue l'objet d'une discipline qu'est la biologie de conservation. Dans la convention sur la diversité biologique cinq points ont été énoncés :

- Identifier les composants de cette diversité (écosystèmes, espèces).
- Etablir un réseau d'aires protégées.
- Adopter des mesures assurant la conservation *ex situ*.

- Intégrer la conservation des ressources génétiques dans les politiques des divers pays.
- Développer des méthodes d'évaluation de l'impact des projets d'aménagement sur la diversité biologique.

### **1-10-1- Conservation d'espaces : Aires protégées**

D'après l'**UICN (2008)** : Couvrant près de 12 pour cent de la surface terrestre, les aires protégées sont essentielles pour la conservation de la biodiversité. Ce sont les piliers de toutes les stratégies nationales et internationales de conservation.

Une aire protégée est définie comme étant un espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associés . Il peut s'agir de réserves intégrales où l'intervention humaine est exclue, ou de zones habitées dans lesquelles la protection de la flore et de la faune est assurée par l'implication des populations locales dans la gestion du milieu et des espèces (**Lévêque et Mounolou, 2008**).

Par ordre décroissant d'importance, l'**UICN (Dajoz, 2008)** distingue six catégories d'aires protégées:

#### **a- Catégorie Ia : Réserve naturelle intégrale**

La catégorie Ia contient des aires protégées qui sont mises en réserve pour protéger la biodiversité et aussi, éventuellement, des caractéristiques géologiques / géomorphologiques, où les visites, l'utilisation et les impacts humains sont strictement contrôlés et limités pour garantir la protection des valeurs de conservation. Ces aires protégées peuvent servir d'aires de référence indispensables pour la recherche scientifique et la surveillance continue.

#### **b- Catégorie Ib : Zone de nature sauvage**

Les aires protégées de la catégorie Ib sont généralement de vastes aires intactes ou légèrement modifiées, qui ont conservé leur caractère et leur influence naturels, sans habitations humaines permanentes ou significatives, qui sont protégées et gérées aux fins de préserver leur état naturel.

#### **c- Catégorie II : Parc national**

Les aires protégées de la catégorie II sont de vastes aires naturelles ou quasi naturelles mises en réserve pour protéger des processus écologiques de grande échelle, ainsi que les

espèces et les caractéristiques des écosystèmes de la région, qui fournissent aussi une base pour des opportunités de visites de nature spirituelle, scientifique, éducative et récréative, dans le respect de l'environnement et de la culture des communautés locales.

#### **d- Catégorie III : Monument ou élément naturel**

Les aires protégées de la catégorie III sont mises en réserve pour protéger un monument naturel spécifique, qui peut être un élément topographique, une montagne ou une caverne sous-marine, une caractéristique géologique telle qu'une grotte ou même un élément vivant comme un îlot boisé ancien. Ce sont généralement des aires protégées assez petites et elles ont souvent beaucoup d'importance pour les visiteurs.

#### **e- Catégorie IV : Aire de gestion des habitats ou des espèces**

Les aires protégées de la catégorie IV visent à protéger des espèces ou des habitats particuliers, et leur gestion reflète cette priorité. De nombreuses aires protégées de cette catégorie ont besoin d'interventions régulières et actives pour répondre aux exigences d'espèces particulières ou pour maintenir des habitats, mais cela n'est pas une exigence de la catégorie.

#### **f- Catégorie V : Paysage terrestre ou marin protégé**

Une aire protégée où l'interaction des hommes et de la nature a produit, au fil du temps, une aire qui possède un caractère distinct, avec des valeurs écologiques, biologiques, culturelles et panoramiques considérables, et où la sauvegarde de l'intégrité de cette interaction est vitale pour protéger et maintenir l'aire, la conservation de la nature associée ainsi que d'autres valeurs.

#### **g- Catégorie VI : Aire protégée avec utilisation durable des ressources naturelles**

Les aires protégées de la catégorie VI préservent des écosystèmes et des habitats, ainsi que les valeurs culturelles et les systèmes de gestion des ressources naturelles traditionnelles qui y sont associés. Elles sont généralement vastes, et la plus grande partie de leur superficie présente des conditions naturelles ; une certaine proportion y est soumise à une gestion durable des ressources naturelles ; et une utilisation modérée des ressources naturelles, non industrielle et compatible avec la conservation de la nature, y est considérée comme l'un des objectifs principaux de l'aire.

### 1-10-2- Conservation d'espèces

La conservation des espèces nécessite deux stratégies : *in situ* et *ex situ*.

#### 1-10-2- 1- Conservation *in situ*

C'est la conservation des espèces dans leur milieu naturel tels que les parcs nationaux, les réserves et autres aires protégées analogues car la préservation des caractères adaptatifs des espèces vivantes implique de les maintenir dans les conditions environnementales propres à leurs biotopes d'origine (**Ramade, 2008** et **Lévêque et Mounolou, 2008**).

Ce type de conservation permet aux communautés animales et végétales de poursuivre leur évolution en s'adaptant aux changements de l'environnement (**Lévêque et Mounolou, 2008**). Ceci permet de maintenir des populations suffisamment nombreuses et diversifiées génétiquement et la permanence des processus écologiques fondamentaux (**Dajoz, 2008**).

#### 1-10-2- 2- Conservation *ex situ*

Le recours à ce type de conservation par rapport à celui cité plus haut c'est que nombreux sont les habitats déjà très perturbés, dégradés et même parfois disparus (**Lévêque et Mounolou, 2008**) d'où le recours à la *conservation ex situ*. C'est la conservation des espèces hors leur milieu naturel (**Ramade, 2008** et **Lévêque et Mounolou, 2008**). Les collections vivantes sont rassemblées dans les jardins botaniques et zoologiques, les conservatoires, les arboreta publics et privés. Elles jouent un rôle fondamental dans la conservation des espèces en voie de disparition et les programmes de réintroduction. Elles constituent l'outil essentiel pour la gestion des ressources génétiques des plantes utiles et des animaux domestiques (**Lévêque et Mounolou, 2008**).

Il est à noter que la conservation *in situ* est plus efficace que la conservation *ex situ* par ce qu'il y a moins de manipulation et de côtoiement humain de la biodiversité (**Ramade, 2008**). L'iceberg de la conservation illustre et montre clairement l'importance de la conservation *in situ* par rapport à la conservation *ex situ* (Fig. 2).

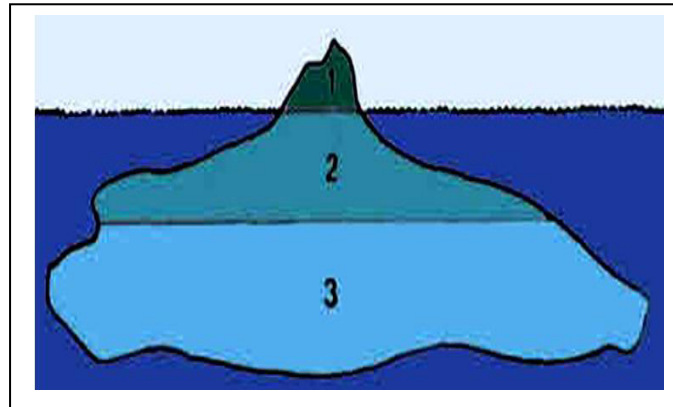


Figure 2: Iceberg de la conservation (UICN in Ramade 2008).

(1) la conservation ex situ, (2) la conservation in situ et (3) l'ensemble des écosystèmes utilisés par l'homme

Une conservation ne peut être efficace et durable que si les biologistes de la conservation réussissent à faire comprendre son importance, à faire admettre ses principes et à proposer des solutions pour sa concrétisation (Dajoz, 2008).

## 2 - Spéciation et endémisme

On aborde l'endémisme sous l'angle d'espèce mais il faut bien savoir que ce phénomène a lieu au même titre que la spéciation. C'est à dire qu'on parlant d'un taxon endémique, comment est il devenu tel ? Quel est son origine et dans quelles circonstances ou conditions intra ou extrinsèques ceci s'est produit-il ? Il est plus qu'évident d'avoir une simple idée sur la spéciation ou plus simplement encore comment naissent les espèces ?

L'endémisme ne concerne pas uniquement les espèces mais il est aussi commun chez les groupes et les communautés d'espèces.

### 2-1- Définitions

La spéciation est relative à l'apparition d'une nouvelle espèce qui n'existait nulle part ailleurs. La spéciation est un mécanisme de séparation d'individus de population sous l'effet de causes environnementales (Dyke, 2008) ou autres ce qui entraîne la naissance de nouvelles espèces.

Quant à l'endémisme c'est le caractère de ce qui est endémique c'est à dire ce qui sévit en permanence. Parmi les nombreuses définitions qui existent pour ce dernier, nous en avons retenu les suivantes :

- a. Endémique se dit d'une espèce ou d'un groupe d'espèces dont l'aire naturelle de répartition est limitée à un territoire réduit (**Larousse agricole, 2002**).
- b. Endémique est relatif à l'endémie, il se dit des espèces vivantes propres à un territoire bien délimité, et c'est aussi un caractère de la faune et de la flore d'un territoire lorsqu'elles comportent une forte proportion d'espèces propres à ce territoire. (**Larousse en ligne**).
- c. Une espèce endémique n'est pas répartie au hasard mais se trouve dans un territoire dont la fore est et a été soumise à des conditions, actuelles ou passées, particulières tel que l'isolement comme l'insularité, les sommets de montagnes et les déserts (**Ozenda, 1982**).
- d. On appelle endémique d'un pays, une espèce animale ou végétale qui est spéciale à ce pays. L'endémisme est particulièrement développé dans les régions qui sont géographiquement isolées (**Ozenda, 1983**).
- e. Un organisme vivant est défini comme "endémique" s'il est confiné à une région particulière où trois facteurs principaux décrivent la distribution des endémiques : l'aire géographique, l'amplitude écologique et l'isolement (**Quilichini, 1999**).
- f. L'endémisme est lié à l'isolement géographique de taxons qui évoluent ensuite en système clos. Les espèces sont dites endémiques lorsqu'elles ne se rencontrent qu'en un lieu donné (**Lévêque et Mounolou, 2008**)

## 2-2- Spéciation

D'après **Lévêque et Mounolou (2008)** certains facteurs de cause sont à l'origine de la diversification du vivant et qui arrivent à expliquer la divergence des individus des populations sur le plan évolutif:

- Les *mutations*: les changements des bases dans la structure des molécules d'ADN modifient l'information génétique portée par les gènes. La polyploïdie résulte d'un accroissement par accumulation du nombre de chromosomes.

- La *sélection*: sur la diversité génétique perpétuellement entretenue par les mutations, la sélection naturelle (Darwin) ou celle que l'homme exerce de manière volontaire, avantageant certains allèles et certains génotypes par rapport à d'autres. Elles créent les conditions de l'isolement reproductif qui caractérisera ultérieurement deux espèces différentes.



- La *dérive génétique* : En absence de sélections et de mutations, les croisements se feraient au hasard, la fréquence des gènes (allèles) reste constante et celle des génotypes obéit à une distribution simple. Dans des cas extrêmes il y aura disparition de certains allèles et certains génotypes. Cette dérive génétique produit au hasard une variation de fréquences des gènes dans les populations en l'absence de sélection naturelle.

Deux mécanismes expliquent la spéciation:

- a. La spéciation *allopatrique*: des populations d'une même espèce vont être réduites et isolées géographiquement par des facteurs externes tels que la séparation des continents, l'apparition de reliefs etc. ce qui constituent de barrières aux échanges. Les populations séparées vont évoluer indépendamment par mutation, sélection et dérive de telle sorte qu'au bout d'un laps de temps plus ou moins long il n'y aura plus de fécondation entre elles : il y a eu apparition de nouvelles espèces.
- b. La spéciation *sympatrique* (spéciation en un même lieu sans isolement géographique), c'est-à-dire que des groupes d'individus d'une population peuvent s'isoler sexuellement par mutation, sélection et dérive, tout en coexistant dans un même écosystème. Cette spéciation correspond à l'occupation par des groupes de populations de nouvelles niches sous forme d'utilisation différentielle de leur potentiel tout en partageant le même espace géographique. Postérieurement, il y aura apparition de divergences entre populations qui se spécialisent et qui utilisent de manière différente certaines ressources du biotope. Les divergences s'amplifient, se concrétisent et finissent par laisser apparaître de nouvelles espèces.

Enfin **Kruckeberg** et **Rabinowitz (1985)** considèrent que le potentiel génétique en est une cause majeure dans la spéciation.

### **2-3- Endémisme**

La notion d'endémisme est une notion relative. Tous les végétaux, dans la nature, peuvent être considérés comme endémiques et ce en prenant en considération l'aire de répartition aussi vaste qu'il soit mais incluant la totalité de cette aire. Cet état de fait exclu les taxons cosmopolites présents sur tous les continents et ceux ayant été manipulés volontairement ou involontairement par l'homme.

Les taxons dont la distribution géographique coïncide avec une certaine région constituent des taxons endémiques de cette région (**Gimaret-Carpentier, 1999**).

Les endémiques constituent un groupe caractérisé par une même tolérance à un facteur (**Verlaque et al., 1997**) et parfois elles sont souvent associées à un manque de compétitivité (**Wilson et Keddy, 1986**) et voir même de flexibilité écologique (**Kruckeberg et Rabinowitz, 1985** et **Dufrêne, 2003**).

Les espèces endémiques présentent une signification assez importante du point de vue biogéographique ou historique (**Quézel et Médail, 2003**). L'endémisme se rencontre au niveau spécifique, générique et même familial. Sur le plan phytochorique, l'endémisme familial est utilisé pour définir les régions floristiques. C'est dans ce contexte que **Takhtajan (1978 in Gimaret-Carpentier, 1999)** avait utilisé les taux d'endémisme des unités biosystématique de rang inférieure (espèce, genre, famille) pour délimiter des régions biogéographiques.

### 2-3-1- Origine de l'endémisme

L'aire de distribution d'une espèce, limitée à un certain territoire géographique, peut s'expliquer de deux manières d'où l'origine de l'endémisme.

**Cardona et Contandriopoulos (1977), Ozenda (1982), Gimaret-Carpentier (1999), Quilichini (1999), Riemann et Ezcurra (2005), Isermann (2009), Médail et al. (2012) et Rossello (2013)** rapportent que s'il s'agit d'une espèce apparue récemment, son aire réduite exprime la dispersion à partir de son lieu d'origine. La présence de telles espèces d'origine récente, postglaciaire ou autre, sont qualifiées de néo-endémiques. Elles reflètent l'importance des processus de spéciation dans la région étudiée. Si au contraire, il s'agit d'une espèce dont l'aire de distribution initialement très vaste et a été réduite par migration et extinction locale, processus qui accompagnent les grands changements climatiques: c'est des espèces relictives à niche écologique isolée : Ce sont des paléo-endémiques. Ceci indique que la région étudiée a joué un rôle de refuge.

Qu'il s'agisse de néo-endémisme ou de paléo-endémisme, l'étude de l'endémisme permet d'appréhender l'histoire des régions, l'âge et l'origine de leur flore, les transformations qu'elles ont subies et les moments de ces transformations.

A titre explicatif, si les caractéristiques topographiques et édaphiques sont similaires dans une région, le nombre d'espèces paléo-endémiques serait assez conséquent avec l'augmentation des précipitations et l'humidité de l'air alors que le nombre d'espèces néo-endémiques augmentera simultanément avec la diversité climatique. Il diminuera d'un

maximum dans les zones de gradients plus raides, aux formations mésophiles et enfin aux formations semi-xérophiles (**Gimaret-Carpentier, 1999**).

Les différents facteurs susceptibles d'influencer la richesse en espèces endémiques d'une région sont: la surface, l'âge géologique, la diversité topographique, la distance par rapport aux sources d'immigrants potentiels, la diversité et l'ancienneté des habitats, la stabilité environnementale sur de longues périodes pour la survie des espèces reliques, la taille du pool potentiel d'espèces pour la création d'espèces nouvelles (**Anderson, 1994**).

### **2-3-2- Ensembles et catégories d'endémisme**

La synthèse de données morphologiques et cytologiques des endémiques et de leurs espèces affines c'est à dire l'application des méthodes cytotaxinomiques à l'analyse d'une flore endémique et des taxons correspondants permet tout d'abord de distinguer et de classer les endémiques en deux ensembles (**Cardona et Contandriopoulos, 1977**) et en quatre catégories (**Favarger et Contandriopoulos, 1961 in Quilichini, 1999**) :

- Endémisme passif comprend les paléoendémiques et les patroendémiques.
- Endémisme actif comprend les schizoendémiques et les apoenémiques.

L'endémisme passif et dans une certaine mesure aussi, l'endémisme actif sont directement associés à des facteurs historiques. L'alternance des périodes thalassocratiques et géocratiques, les mouvements tectoniques du Tertiaire et du Quaternaire ont amené des rétrécissements et des fragmentations d'aires provoquant ainsi la destruction d'une partie de la flore. En certains points cependant des espèces reliques ont pu se conserver. Lorsqu'il s'agit plus particulièrement d'endémisme actif les interprétations divergent quelque peu (**Cardona et Contandriopoulos, 1977**).

Les paléoendémiques sont des espèces isolées d'un point de vue systématique et dont les taxons correspondants ne sont pas connus et ont vraisemblablement disparus.

Les patroendémiques sont restés diploïdes. Leur degré d'évolution est inférieur à celui du taxon correspondant dont il est l'un des ancêtres.

Ces deux catégories constituent l'élément conservateur de la flore (endémisme ancien ou de conservation).

L'isolement, l'influence du milieu et de la sélection, les mutations, les croisements sont

---

En géologie, les périodes Thalassocratiques oppose les périodes géocratiques qui sont caractérisées par une orogénèse intense, la formation de fosses profondes et la régression des mers épicontinentales, aux périodes thalassocratiques : calme orogénique, transgression générale.

les causes directes de l'endémisme actif. Cet ensemble (schizoendémiques et apoendémiques) reflète une différenciation assez récente.

Les schizoendémiques sont issus de spéciation ou de différenciation graduelle d'une souche commune et ayant le même nombre chromosomique avec dérive génique ou radiation adaptative (**Cardona et Contandriopoulos, 1977**).

**Ozenda (1982)** précise que c'est le cas de la fragmentation d'une aire primitive, aboutissant à plusieurs aires restreintes et isolées, qui conduit à l'apparition de plusieurs endémiques.

Les apoendémiques représentent une classe assez complexe et apparaissent suite à une spéciation brutale ce qui implique une allopolyploïdie ou une autopolyploïdie. **Stebbins (1971 in Cardona et Contandriopoulos, 1977)** et **Harrison (2012)** distinguent des formes de jeunesse «*initial polyploid complexes*» et «*young polyploid complexes*» dans lesquels les diploïdes et les polyploïdes sont sympatriques et des formes plus avancées «*mature polyploid complexes*» où les diploïdes et les polyploïdes étant allopatriques.

Enfin il est à souligner que l'origine de l'endémisme ancien et de l'endémisme actif réside en la perte graduelle d'hétérozygotie par contre la réduction brutale d'effectif qui touche la taille d'une population, est à l'origine de l'endémisme actif (**Kruckeberg et Rabinowitz, 1985**).

### **2-3-3- Importance et distribution spatiale des espèces endémiques**

L'endémisme et la richesse spécifique représentent la complexité et l'unicité des écosystèmes naturels et permettent l'identification des points chauds (hotspots) de la biodiversité (**Myers 1990, Caldecott et al., 1994 et 1996**).

Ainsi le chevauchement des aires de distribution des espèces endémiques appartenant à des groupes taxonomiques différents a été utilisé par les biogéographes pour la reconstitution de l'histoire des différents biomes (**Nelson et Platnick, 1981**) et c'est dans ce sens que **Quézel et Médail (2003)** soulèvent l'importance des espèces endémiques pour reconstituer l'historique des zones biogéographiques.

A titre d'exemple, **Gentry (1982)** a soulevé la plus grande richesse des forêts des Néotropiques, où celles-ci abritent 38 familles endémiques avec plus de 50 espèces chacune alors que les forêts des Paléotropiques n'en contiennent que 3 familles et relativement pauvres en espèces (Dipterocarpaceae, Pandanaceae et Nepenthaceae).

Pour ce qui est des hotspots, **Reid (1998)** signalent qu'ils sont définis comme des régions avec le plus grand nombre d'espèces menacées, indépendamment de la richesse en espèces globale ou endémisme de la région. Comme exemple ce même auteur compare le Brésil, où la diversité en êtres vivants est extrêmement élevée et Madagascar, présentant relativement moins d'espèces mais avec un niveau d'endémisme extrêmement élevé.

Concernant les zones de grande diversité ou hotspots, il y avait 18 hotspots (**Myers 1990** et **Reid 1998**) avant l'année 2001. **Meyers et al. (2000)** et **Lévêque et Mounolou (2008)** mentionnaient qu'il existait 25 hotspots en l'année 2001. Actuellement, il y a 34 hotspots (**Dyke, 2008**). **Lévêque et Mounolou (2008)** rapportent que l'ONG : Conservation International, reconnaît 34 hotspots sur environ 16% des terres émergées, où sont concentrées 50% des plantes vasculaires endémiques et 42% des espèces de vertébrés.

#### **2-3-4- Quelques significations biogéographiques de l'endémisme**

Le taux d'endémisme des îles océaniques isolées est plus élevé que celui des montagnes (qualifiées d'îles continentales), ce taux étant proportionnel à l'isolement de l'île. En effet, le taux d'endémisme de la flore circumméditerranéenne est supérieur au taux d'endémisme moyen des zones de montagnes, de même qu'il est plus élevé dans les îles que sur les continents (**Médail et Verlaque, 1997**). Les montagnes sont en effet caractérisées par la grande variété de leurs biotopes, ce qui favorise la création de nouvelles espèces endémiques, notamment par vicariance écologique, comme la survie des espèces relictives (**Kruckeberg et Rabinowitz, 1985**).

D'après **Stebbins et Major (1965)**, les habitats extrêmes ne favoriseraient pas un haut degré d'endémisme, les changements qui se produisent dans ce type de milieu pouvant le rendre inhospitalier tandis que dans les milieux plus variés les changements climatiques fragmentent la végétation existante, créant de nouvelles niches, et les plantes peuvent migrer ou s'adapter aux nouvelles conditions. Dans la région côtière de Californie, **Stebbins et Major (1965)** ont identifié 10 centres locaux d'endémisme caractérisés par une topographie montagneuse, une grande diversité de sols et une diversité climatique, celle-ci étant principalement due à l'interaction entre le relief et les précipitations qui créent un gradient de pluviométrie entre les versants occidentaux et orientaux. Cette différence des conditions climatiques laisse apparaître deux types d'endémisme.

## Conclusion

La diversité du vivant, c'est une ressource vitale et un capital inestimable pour une garantie de la perpétuité de l'homme. Il l'utilise directement ou indirectement pour ses besoins. Les organismes vivants tissent et entretiennent entre eux et avec le milieu dans lequel ils évoluent de nombreuses interactions. Ces pratiques issues de cette diversité contribuent au maintien de la vie sur Terre.

Cependant, la cupidité, l'inconscience de et l'insouciance des hommes face à cette richesse, ce patrimoine est fortement menacé et certains équilibres qui régnaient ont été bouleversés. Des activités, selon un mode de vie destructeur à long terme menacent même l'humanité : surexploitation, pollutions, incendies, surpâturages, dégradation et destruction des écosystèmes ... Ces pratiques sont la cause de la disparition de nombreuses espèces et/ou menacent même leur survie.

Pourtant, l'espèce humaine, qui fait partie de cette diversité biologique, a toutes les capacités pour freiner cet état de fait et se réconcilier avec la nature (CNRS, 2010).

## Chapitre II

### Les zones humides : Richesses entre terre et eau

#### Introduction

Les zones humides sont des milieux situés entre terre et eau (**Skinner et Zalewski, 1995**). Leur nature est étroitement liée au type de fonctionnement hydrologique et notamment aux modes d'alimentation en eau (nature des écoulements, position dans le bassin versant...) qui conditionnent leur dynamique spatiale et temporaire (**Mathieu, 2006**).

Elles sont situées généralement sur les points topographiques bas ou aux abords des cours d'eau mais peuvent se rencontrer sur des plateaux, des cratères ou autres et ce en fonction de la présence d'eau.

Ce sont des écosystèmes particuliers, considérés comme des zones tampons entre les milieux terrestres et aquatiques (**Fustec et Lefevre, 2000**). Elles sont reconnues pour l'importance de leurs écosystèmes en tant que support de la biodiversité (**Maman et Vienne, 2010**) et lieux de sa conservation (**Mathieu, 2006**).

#### 1- Définitions et reconnaissance pratique des zones humides

##### 1-1- Définitions

- Le terme général de zone humide désigne tous les habitats aquatiques d'eaux stagnantes (lenticques) peu profonds: mares, marais, marécages ou encore lagunes littorales, auxquels s'adjoignent les rives des cours d'eau, les ripisylves, les bras morts de plaine d'inondation fluviale, la zone littorale des lacs quand celle-ci est étendue et de très faible relief. En définitive, les zones humides constituent donc souvent des mosaïques d'écosystèmes présentant de multiples connexions au niveau desquelles existent de nombreux types d'écotones (**Ramade, 2008**).

- **TOUFFET (1982 in OEPA, 2005)** propose une définition dans le dictionnaire essentiel d'écologie, selon lui les zones humides sont « tous les milieux où le plan d'eau se situe au niveau de la surface du sol ou à proximité. Ils se trouvent ainsi saturés d'eau de façon permanente ou temporaire par des eaux courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées. Il s'y développe une végétation adaptée à un engorgement plus ou moins permanent. On comprend dans les zones humides : les zones halophiles et saumâtres, les marais arrière-littoraux, les marais continentaux, les tourbières, les bordures d'étangs et les

berges des eaux courantes, les prairies, landes et bois humides établis sur des sols hydromorphes ».

- Au sens de la convention de RAMSAR (article 1.1) : « les zones humides sont définies comme étant des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres » (**Davis, 1996**).

L'article 2.1 stipule aussi que les zones humides pourront inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide, particulièrement lorsque ces zones, îles ou étendues d'eau ont de l'importance en tant qu'habitat des oiseaux d'eau (**Ramsar, 2013**).

Cependant cinq types principaux de zones humides peuvent se présenter :

- Zones humides marines : zones humides côtières comprenant des lagunes côtières, des berges rocheuses et des récifs coralliens.
- Zones humides estuariennes : y compris des deltas, des marais cotidaux et des marécages à mangroves.
- Zones humides lacustres : zones humides associées à des lacs.
- Zones humides riveraines : zones humides bordant les rivières et les cours d'eau.
- Zones humides palustres : c'est à dire marécageuses (marais, marécages et tourbières).

Il y a aussi des zones humides artificielles telles que des étangs d'aquaculture (à poissons et à crevettes), des étangs agricoles, des terres agricoles irriguées, des sites d'exploitation du sel, des zones de stockage de l'eau, des gravières, des sites de traitement des eaux usées et des canaux (**Ramsar, 2013**).

### **1-2- Reconnaissance pratique**

La reconnaissance pratique des zones humides s'opère par l'utilisation de deux types de critères. Cette détermination se fait principalement par l'observation de la végétation (critères botaniques) et par l'étude des sols par creusement de profil pédologique ou des sondages à la tarière (critères pédologiques). Dans certains cas ces deux types de critères se complètent.



Pour les critères botaniques, il existe des espèces indicatrices de la présence d'eau de façon permanente ou temporaire telles que les joncs, les saules, les peupliers, les nénuphars, les salicornes, les roseaux ...

Concernant les critères pédologiques, il est connu qu'un sol gorgé d'eau devient asphyxiant. Cet état d'hydromorphie laisse le fer prendre la forme réduite  $Fe^{2+}$  de couleur grise (présence de Gley) et au contraire dans un sol humide mais non gorgé d'eau (présence d'oxygène) le fer se trouve sous la forme oxydée  $Fe^{3+}$ , de couleur ocre (rouille), le fer ainsi observé, en présence d'eau ou d'oxygène, indique si la zone est humide (gorgée d'eau) ou pas (**Duchaufour 1988 et Calvet 2003**).

## 2- La convention de RAMSAR sur les zones humides

D'après le manuel de la convention Ramsar, 6e édition (**Ramsar, 2013**), la convention sur les zones humides est un traité intergouvernemental qui a été adopté le 2 février 1971 dans la ville iranienne de Ramsar, sur les berges méridionales de la mer Caspienne. Il s'agit du premier traité intergouvernemental moderne, d'envergure mondiale, sur la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles.

Le nom officiel du traité, *Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau*, traduit l'accent mis, à l'origine, sur la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides avant tout dans leur fonction d'habitats pour les oiseaux d'eau dont l'existence dépend écologiquement de ces zones (**Davis, 1996**). Cependant, cette convention est plus connue du grand public sous le nom de « Convention de Ramsar » (**Ramsar, 2013**).

La mission de la Convention est la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales et nationales et la coopération internationale, comme une contribution à la réalisation du développement durable à travers le monde. De même cette convention a été étendue, depuis à tous les écosystèmes humides tels que des sites coralliens dont la biodiversité doit être conservée (**Nedjah, 2010**).

La Convention dont le Secrétariat Ramsar est au siège de l'UICN, à Gland (Suisse) depuis Juillet 1990, est entrée en vigueur en 1975. Elle fût amendée par le Protocole de Paris (France) le 03 Décembre 1982 et par les amendements de Regina (Canada) le 28 Mai 1987. En Octobre 1996 le Comité pour les zones humides méditerranéennes (MedWet/Com) fût établi en Novembre 2001. L'unité de coordination MedWet possède son siège en Grèce, en tant que branche hors-siège du Secrétariat Ramsar.

**NB/**

- Le **Protocole de Paris** a été adopté lors d'une Session extraordinaire de la Conférence des Parties contractantes, organisée au siège de l'UNESCO à Paris, en décembre 1982. Le Protocole, entré en vigueur en 1986, établit une procédure d'amendement de la Convention (Article 10 *bis*) et adopte les versions officielles du traité en allemand, en anglais, en arabe, en espagnol, en français et en russe.

- **Amendements de Regina**: série d'amendements aux Articles 6 et 7 de la Convention de Ramsar, approuvés par la Conférence des Parties contractantes, à sa 4<sup>e</sup> Session, à Regina (Canada) en mai 1987; ils sont entrés en vigueur en mai 1994.

Chaque pays qui ratifie la dite convention doit obligatoirement désigner au moins un site pour son inscription sur la liste des zones humides d'importance internationale pour garantir le maintien des caractéristiques écologiques spécifiques du site.

Les pays soucieux de protéger et de promouvoir leur zones humides se sont bien engagés dans la dite convention. A titre de comparaison, **Dajoz (2008)** rapporte qu'en 1990, la convention est ratifiée par 61 états et ayant désigné plus de 421 sites à protéger pour une superficie de plus de 30 millions d'ha. En Janvier 2013 (**Ramsar, 2013**), on compte 163 parties contractantes avec plus de 2060 zones humides (ou Sites Ramsar) inscrits et qui couvrent **197** millions d'hectares.

En plus des États et gouvernements membres, ayant ratifié la dite convention, cinq organisations non gouvernementales y sont aussi partenaires de ce traité (**Ramsar, 2011**):

- Bird Life International.
- Fonds mondial pour la nature (WWF International).
- IWMI – The International Water Management Institute.
- UICN-Union mondiale pour la nature.
- Wetlands International.

La contribution de chaque partie contractante à la convention de Ramsar, pour de gestion rationnelle des zones humides d'importance internationale, est de rendre compte dans le cadre du rapport annuel adressé au Bureau de la convention, des progrès réalisés en matière de gestion et de reconquête des zones humides. De plus, en application de l'article 4.3. de la convention, les parties contractantes doivent encourager la recherche et l'échange de données et de publications relatives aux zones humides, à leur flore et à leur faune.

### 3- Système Ramsar de classification des types de zones humides

Selon le guide de la Convention sur les zones humides (**Ramsar, 2013**), les codes correspondent au Système de classification des types de zones humides Ramsar approuvé par la Recommandation 4.7 et amendé par les Résolutions VI.5 et VII.11 de la Conférence des Parties contractantes. Les catégories figurant dans la classification n'ont pas l'ambition d'être exhaustives sur le plan scientifique mais uniquement de servir de cadre général pour l'identification rapide des principaux types d'habitats de zones humides représentés dans chaque site, avec le « type de zone humide dominant » clairement indiqué. Quarante-deux (42) types de zones humides sont identifiés dans le système et regroupés dans les catégories suivantes : 12 zones humides « côtières/marines », 20 zones humides « continentales ou intérieures » et 10 zones humides « artificielles ».

#### I- Zones humides marines/côtières

A - Eaux marines peu profondes et permanentes, dans la plupart des cas d'une profondeur inférieure à six mètres à marée basse ; y compris baies marines et détroits.

B - Lits marins aquatiques subtidaux ; y compris lits de varech, herbiers marins, prairies marines tropicales.

C - Récifs coralliens.

D - Rivages marins rocheux ; y compris îles rocheuses, falaises marines.

E - Rivages de sable fin, grossier ou de galets ; y compris bancs et langues de sable, îlots sableux, systèmes dunaires et dépressions intradunales humides.

F - Eaux d'estuaires ; eaux permanentes des estuaires et systèmes deltaïques estuariens.

G - Vasières, bancs de sable ou de terre salée intertidaux.

H - Marais intertidaux ; y compris prés salés, schorres, marais salés levés, marais cotidaux saumâtres et d'eau douce.

I - Zones humides boisées intertidales ; y compris marécages à mangroves, marécages à palmiers nipa et forêts marécageuses cotidales d'eau douce.

J - Lagunes côtières saumâtres/salées ; y compris lagunes saumâtres à salées reliées à la mer par un chenal relativement étroit au moins.

K - Lagunes côtières d'eau douce ; y compris lagunes deltaïques d'eau douce.

Zk(a) - Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, marins/côtiers.

## II- Zones humides continentales

L - Deltas intérieurs permanents.

M - Rivières/cours d'eau/ruisseaux permanents ; y compris cascades.

N - Rivières/cours d'eau/ruisseaux saisonniers/intermittents/irréguliers.

O - Lacs d'eau douce permanents (plus de 08 hectares) ; y compris grands lacs de méandres.

P - Lacs d'eau douce saisonniers/intermittents (plus de 8 hectares ; y compris lacs des plaines d'inondation).

Q - Lacs salés/saumâtres/alcalins permanents.

R - Lacs salés et étendues/saumâtres/alcalins saisonniers/intermittents.

Sp - Mares/marais salins/saumâtres/alcalins permanents.

Ss - Mares/marais salins/saumâtres/alcalins saisonniers/intermittents.

Tp - Mares/marais d'eau douce permanents ; étangs (moins de 8 hectares), marais et marécages sur sols inorganiques ; avec végétation émergente détrempée durant la majeure partie de la saison de croissance au moins.

Ts - Mares/marais d'eau douce saisonniers/intermittents sur sols inorganiques ; y compris fondrières, marmites torrentielles, prairies inondées saisonnièrement, marais à laïches.

U - Tourbières non boisées ; y compris tourbières ouvertes ou couvertes de buissons, marécages, fagnes.

Va - Zones humides alpines ; y compris prairies alpines, eaux temporaires de la fonte des neiges.

Vt - Zones humides de toundra ; y compris mares de la toundra, eaux temporaires de la fonte des neiges.

W - Zones humides dominées par des buissons ; marécages à buissons, marécages d'eau douce dominés par des buissons, saulaies, aulnaies ; sur sols inorganiques.

Xf - Zones humides d'eau douce dominées par des arbres ; y compris forêts marécageuses d'eau douce, forêts saisonnièrement inondées, marais boisés ; sur sols inorganiques.

Xp - Tourbières boisées ; forêts marécageuses sur tourbière.

Y - Sources d'eau douce ; oasis.

Zg - Zones humides géothermiques.

Zk(b) - Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, continentaux.

III- Zones humides « artificielles »

- 1 - Étangs d'aquaculture (p. ex. poissons, crevettes).
- 2 - Étangs ; y compris étangs agricoles, étangs pour le bétail, petits réservoirs ; (généralement moins de 8 hectares).
- 3 - Terres irriguées ; y compris canaux d'irrigation et rizières.
- 4 - Terres agricoles saisonnièrement inondées.
- 5 - Sites d'exploitation du sel ; marais salants, salines, etc.
- 6 - Zones de stockage de l'eau ; réservoirs/barrages/retenues de barrages/retenues d'eau ; (généralement plus de 8 hectares).
- 7 - Excavations ; gravières/ballastières/glaisières ; sablières, puits de mine.
- 8 - Sites de traitement des eaux usées ; y compris champs d'épandage, étangs de sédimentation, bassins d'oxydation, etc.
- 9 - Canaux et fossés de drainage, rigoles.

Zk(c) - Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, artificiels

Il est à noter que la délimitation précise des zones humides relève presque de l'impossible, car il existe pour une même zone humide trois types de délimitations **Barnaud (2000 in OEPA, 2005)** et **Clément (2012)**, (Fig. 3).

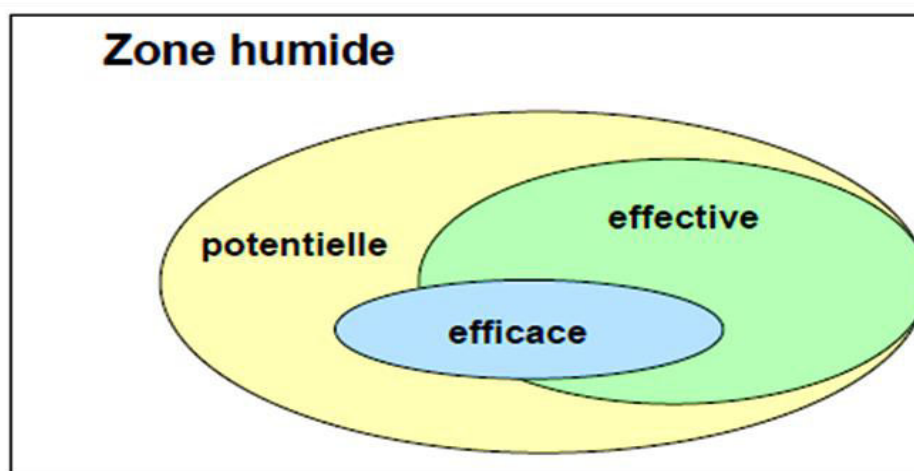


Figure 3 : Les types de délimitation d'une zone humide (**Clément, 2012**)

En se référant à la figure 3 ci-dessus; trois zones peuvent être identifiées :

- Zone humide efficace : sa limite définie par les fonctions assurées par l'écosystème :  
Si n fonctions = n zones humides efficaces.
- Zone humide effective où est observée la végétation naturelle caractéristique de zone humide.
- Zone humide potentielle où il y a absence de végétation naturelle caractéristique mais autres caractères persistent: pédologiques, hydrologiques...

#### 4- Critères d'identification des zones humides d'importance internationale

Selon les critères de la convention de Ramsar, les zones humides à classer doivent répondre au moins à l'un des critères énumérés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Critères d'identification des zones humides (Ramsar, 2013)

Groupe des critères	Critères en fonction des entités biologiques	N° de critère	Critères d'identification
Groupe A / Sites contenant des types de zones humides représentatifs, rares ou uniques	-	1	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle contient un exemple représentatif, rare ou unique de type de zone humide naturelle ou quasi naturelle de la région biogéographique concernée.
Groupe B / Sites d'importance internationale pour la conservation de la diversité biologique	Critères tenant compte des espèces ou des communautés écologiques	2	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des espèces vulnérables, menacées d'extinction ou gravement menacées d'extinction ou des communautés écologiques menacées.
		3	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des populations d'espèces animales et/ou végétales importantes pour le maintien de la diversité biologique d'une région biogéographique particulière.
		4	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des espèces végétales et/ou animales à un stade critique de leur cycle de vie ou si elle sert de refuge dans des conditions difficiles.

Tableau 1(suite): Critères d'identification des zones humides (Ramsar, 2013)

Groupe des critères	Critères en fonction des entités biologiques	N° de critère	Critères d'identification
Groupe B / Sites d'importance internationale pour la conservation de la diversité biologique	Critères spécifiques tenant compte des oiseaux d'eau	5	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 20 000 oiseaux d'eau ou plus.
		6	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 1% des individus d'une population d'une espèce ou sous-espèce d'oiseau d'eau.
	Critères spécifiques tenant compte des poissons	7	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite une proportion importante de sous-espèces, espèces ou familles de poissons indigènes, d'individus à différents stades du cycle de vie, d'interactions interspécifiques et/ou de populations représentatives des avantages et/ou des valeurs des zones humides et contribue ainsi à la diversité biologique mondiale.
		8	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle sert de source d'alimentation importante pour les poissons, de frayère, de zone d'alevinage et/ou de voie de migration dont dépendent des stocks de poissons se trouvant dans la zone humide ou ailleurs.
		9	Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite régulièrement 1 % des individus d'une population d'une espèce ou sous-espèce animale dépendant des zones humides mais n'appartenant pas à l'avifaune.

## 5- Fonctions et valeurs des zones humides

Pour bien faire connaître l'intérêt des zones humides et de leurs espèces (biodiversité) il va de soit qu'il est plus que nécessaire d'énumérer quelques fonctions de ces milieux afin de mieux cerner la « valeur » de ces biotopes assez particuliers et delà mieux les exploiter et bien les conserver. Il est impératif de bien distinguer les fonctions des zones humides et la valeur que les sociétés leur attribuent. En effet, une même fonction peut être considérée comme un préjudice pour certain ou comme un bénéfice (service rendu) pour d'autre.

## 5-1 Fonctions des zones humides

Les zones humides grâce à leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques sont à l'origine de processus écologiques dont les résultats sont qualifiés de « fonctions » (Fig. 4) (Martin, 2012).

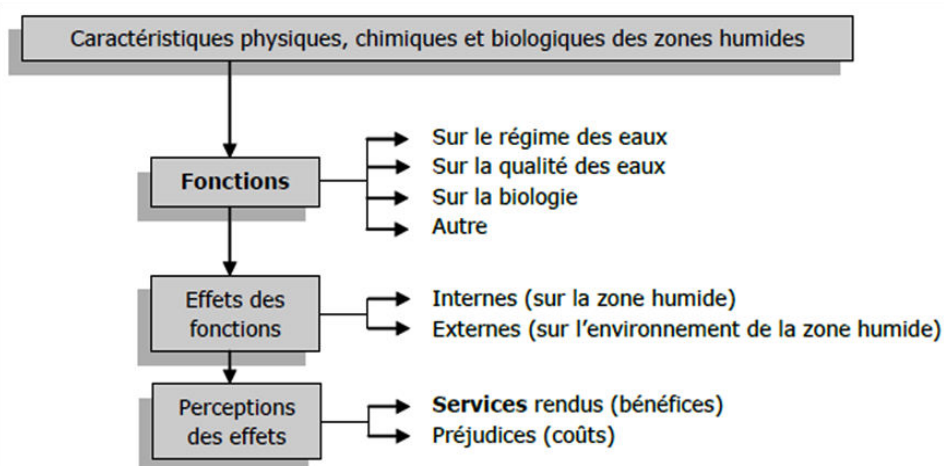


Figure 4: Fonctions des zones humides, effets et perceptions (Barnaud et Fustec, 2007 in Martin, 2012).

On distingue plus de trois grandes classes de fonctions des zones humides :

- La fonction hydrologique en rapport avec le régime des eaux et microclimats.
- La fonction biogéochimique modifiant la qualité des eaux.
- La fonction de diversité des habitats floristique et faunistique.
- Autre : ce sont les fonctions en rapport directes avec les activités humaines.

### 5-1-1 La fonction hydrologique

Les zones humides, de par leur structure, sont capables d'emmagasiner des volumes assez importants d'eau. Cette fonction de stockage des eaux participe ainsi au maintien des débits d'étiage et la régulation des pics de crues, limitant ainsi le risque d'inondation en zone urbaine. L'eau stockée dans certaines zones humides participe à la recharge des nappes souterraines. Ce ci dépend de la zone perméabilité du sol, volume de stockage ... et des conditions locales : climat, configuration du bassin versant....

Les zones humides participent aussi à la régulation des microclimats où l'évapotranspiration intense d'eau caractérise ces milieux et comme conséquence elles tamponnent les effets des sécheresses.



### **5-1-2 La fonction biogéochimique**

Suivant les caractéristiques biologiques et physico-chimiques de la zone, des processus d'ordre physique ont eu lieu (sédimentation, adsorption) et des processus biologiques interviennent (assimilation végétale, dénitrification microbiologique,...). En plus du piégeage du carbone atmosphérique (production de matière organique), ils participent à la régulation des flux de nutriments (azote, phosphore ...) et d'éléments toxiques et évitent ainsi l'eutrophisation du milieu.

Il est donc nécessaire de maintenir le rôle des zones humides pour l'épuration naturelle et l'amélioration de la qualité des eaux tout en réduisant évidemment les quantités de polluants des sources en amont. Le maintien de la qualité de l'eau fait partie des services rendus par les zones humides.

### **5-1-3 La fonction diversité d'habitats floristique et faunistique**

Le terme biodiversité regroupe plusieurs notions telles que le nombre d'espèces et d'habitats observés mais aussi leur rareté et la diversité génétique des populations. Ce sont des écotones (**Ramade, 2003** et **Dajoz, 2006**) c'est à dire leur localisation à l'interface entre milieux aquatiques et terrestres leur confère des conditions favorables à la diversité spécifique où la vie de nombreux organismes y dépend.

La présence de végétations diversifiées crée une multitude d'habitats destinés à une grande variété d'espèces animales (invertébrés, amphibiens, reptiles, poissons, oiseaux, mammifères). Toutefois il est à signaler que tous les milieux humides ne présentent pas une diversité en espèces en raison de certaines conditions stressantes (sécheresse, salinité ...).

### **5-1-4 Les fonctions d'activités anthropogéniques**

Nombreuses sont les activités humaines qui peuvent s'exercer et se développer sur les milieux des zones humides. Parmi ces activités on compte l'agriculture, alimentation en eau (quantité et qualité), l'élevage, la cueillette, la pêche, la chasse, exploitation de sous produits végétaux (roseaux, fauche d'herbes, émondages ...), le transport, les randonnées et la découverte de la nature, l'éducation à l'environnement, écotourisme...

## **5-2 Valeurs des zones humides**

Les zones humides sont des territoires assis sur des terrains fonciers. La valeur d'un territoire peut naturellement être évaluée selon sa valeur foncière ou selon la valeur de sa

production agricole (**Allout, 2013**). Cependant d'autres valeurs doivent être considérées pour ces milieux tant convoités par les hommes.

#### **5-2-1 Valeur économique**

La valeur économique est importante de ces lieux. En effet la valeur marchande des productions issues de ces milieux pour les hommes est inestimable. Comme exemple on cite : l'effet tampon des inondations, épuration des eaux et le potentiel génétique des êtres vivants présents.

#### **5-2-2 Valeur biologique**

Les zones humides ne sont que de petits milieux de terre où l'eau y est un acteur principal mais elles possèdent une biodiversité exceptionnelle comparée aux autres milieux terrestres avoisinants. Elles représentent donc un réel enjeu pour le maintien de la biodiversité.

#### **5-2-3 Valeur esthétique**

Les zones humides sont des espaces très convoités par l'agritourisme et l'écotourisme. Les paysages d'eau, de verdure et d'espèces animales sont fort appréciés.

#### **5-2-4 Valeur socioculturelle**

L'utilisation des sociétés humaines des zones humides leur confère une vocation sociale de convivialité où l'activité cynégétique est souvent associée à ces rencontres. Parfois ces milieux recèlent une valeur spirituelle.

### **6- Menaces sur les zones humides**

Malgré les fonctions et services rendus par zones humides, leur dégradation se poursuit de nos jours jusqu'à même leur disparition. Les principales causes de dégradation et de disparition des zones humides peuvent être résumées en :

- Prélèvement d'eau, déviation des affluents (aménagement des cours d'eau) et construction de barrages hydrauliques.
- Boisement des terres agricoles par des espèces pompeuses d'eau comme le cas des Eucalyptus dans la Mitidja.
- Extraction de matériaux (sables, graviers, tourbe...).
- Développement de l'urbanisation et des infrastructures (cas de l'autoroute Est-Ouest dans le Parc National d'El Kala).

- Les aménagements portuaires pour les zones humides côtières et sur les fleuves navigables.
- Intensification de l'agriculture par l'utilisation abusive des engrais azotés et phosphatés ce qui entraîne l'eutrophisation des milieux en question.
- Pollutions industrielles surtout par les rejets de composés toxiques ou autres activités telle que celles liées aux tanneries.
- Intensification de l'aquaculture sans préoccupation de la biodiversité existante comme c'est le cas de la carpe chinoise au passé dans le lac Oubeira à El Kala.
- Introduction d'espèces exotiques envahissantes et invasives ce qui provoque des changements significatifs des écosystèmes comme c'est le cas du lac Victoria et ses Cichlidés menacés par la perche du Nil qui est un prédateur féroce introduit.

### **7- Les zones humides d'importance internationale en Algérie**

L'Algérie, de part sa configuration physique, la diversité de son climat et l'immensité de son territoire, recèle d'importantes zones humides. Selon la Direction Générale des Forêts, (DGF, 2001), les zones humides se repartissent d'une manière générale comme suit :

- La partie Nord- Est renferme de nombreux lacs d'eau douce, des marais de ripisylves et des plaines d'inondation.
- La frange Nord – Ouest et la les hauts plaines steppique se caractérise par de plan d'eau salée tels que Chotts, sebkhas et par des plans d'eau non salée (Dayas).
- Le Sahara renferme des oasis et des réseaux hydrographiques souterrains dont certains sites sont exceptionnels et alimentés par des sources permanentes appelées Gueltas.

L'Algérie, ayant ratifié dès **1982** la convention de RAMSAR, a adopté une démarche volontariste pour le classement, la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources.

La chronologie d'inscription des zones humides d'importance internationale sur la liste de RAMSAR pour l'Algérie a abouti à une liste de 50 sites et s'est opérée dans le temps comme suit :

- 1982 : 02 sites inscrits.
- 1999 : 01 site inscrit.
- 2001 : 10 sites inscrits.
- 2002 : 13 sites inscrits.
- 2004 : 16 sites inscrits.
- 2009 : 05 sites inscrits.
- 2011 : 03 sites inscrits.

Selon le **PADER (2013)**, l'Algérie compte aujourd'hui plus de 1.500 zones humides où sur un laps de temps d'une trentaine d'années, cinquante (**50**) sites sont déjà classés dans la liste des zones humides d'importance internationale de RAMSAR (Tab. 2) et englobant une superficie totale de près de trois (**03**) millions d'hectares (**2.991.013,00 ha**). Il est à noter que dix (**10**) sites prioritaires sont retenus par le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de la Ville, pour être dotés d'un plan de gestion assurant leur gestion rationnelle et durable (**PADER, 2013**). Il s'agit des sites suivants: le lac Tonga, l'Oasis de Tamantit et Oued Ahmed Timmi, le Chott El Hodna, le Chott Timerganine, la Dayet Morsli, le barrage Bougara, le Chott Zahrez Chergui, les Gueltates Afilal, l'Oued Mazafran et le lac de Ménéa.

Tableau 2: Liste des 50 zones humides classées RAMSAR en Algérie (**DGF, 2001, 2002 et 2004**): Liste arrêtée au 02/02/2015 : Journée Mondiale des Zones Humides.

Liste	Année d'inscription	Wilaya	Superficie (ha)
La réserve intégrale du lac Tonga	1982	El Tarf	2.700
La réserve intégrale du lac Oubeira	1982	El Tarf	2.200
La réserve naturelle du lac des Oiseaux	1999	El Tarf	170
Le chott Ech-Chergui	2001	Saïda, Nâama, El Bayadh	855.500
Le complexe de zone humide de Guebes-Sanhaja	2001	Skikda	42.100
Le chott El Hodna	2001	M'Sila et Batna	362.000
La vallée d'Iherir	2001	Illizi	6.500
Les Gueltats Dissakarassene	2001	Tamanrasset	35.100
Le chott Merouene et Oued Khrouf	2001	El Oued et Biskra	37.700
Les marais de la Macta	2001	Mascara, Oran, Mostaganem	44.500
Les Oasis de Ouled Said	2001	Adrar	25.400
La sebkha d'Oran	2001	Oran	56.870
Les oasis de Tamentit et Sid Ahmed Timmi	2001	Adrar	95.700
Les oasis de Maghara et Tiout	2002	Nâama	195.500
Le chott de Zahrez Chergui	2002	Djelfa	50.985
Le chott de Zahrez Gharbi	2002	Djelfa	52.500
Les Gueltats d'Afilal	2002	Tamanrasset	20.900
La grotte kartistique de Ghar Boumâza	2002	Tlemcen	20.200
Le maris de la Mekhada	2002	El Tarf	8.900
Le chott Melghir	2002	El Oued et Biskra	551.500
La réserve naturelle du lac de Reghaïa	2002	Alger	842
La réserve intégrale de la tourbière de lac Noir	2002	El Tarf	05
Les aulnaies Ain Khier	2002	El Tarf	170
La réserve naturelle du lac de Beni Belaid	2002	Jijel	600
Le crique de Ain Ouarka	2002	Nâama	2.350
Le lac de Fetzara	2002	Annaba	20.680
Sebkhet El Hamiet	2004	Sétif	2.509

Tableau 2 (suite) : Liste des 50 zones humides classées RAMSAR en Algérie

Liste	Année d'inscription	Wilaya	Superficie (ha)
Sebkhet Bazer	2004	Sétif	4.379
Chott El Beïdha-Hammam Essoukhna	2004	Sétif	12.223
Garaet Annk Djemel-El Merhssel	2004	Oum El Bouaghi	18.140
Garaet Guellif	2004	Oum El Bouaghi	24.000
Chott Tinsilt	2004	Oum El Bouaghi	2.154
Garaet El Taref	2004	Oum El Bouaghi	33.460
Dayet El Ferd	2004	Tlemcen	3.323
Oglat Edaïra (Aïn Ben Khelil)	2004	Nâama	23.430
Les Salines d'Arzew	2004	Oran	5.778
Le lac de Tellamine	2004	Oran	2.399
Le Lac Mellah	2004	El Tarf	2.257
Sebkhet El Meleh (Lac d'El Goléa)	2004	Ghardaïa	18.947
Chott Oum Raneb	2004	Ouargla	7.155
Chott Sidi Slimane	2004	Ouargla	616
Chott Aïn El Beïda	2004	Ouargla	6.853
Garaet Timerganine	2009	Oum El Bouaghi	1.460
Marais de Bourdim	2009	El Tarf	11
Sebkhet Ezzmoul	2009	Oum El Bouaghi	6.765
Lac Boulhilet	2009	Oum El Bouaghi	856
Vallée d'Oued Soummam	2009	Béjaïa	12.453
Oum Lâagareb	2011	Annaba	729
Lac du barrage de Boughezoul	2011	Médéa	09
Ile de Rachgoun	2011	Aïn Témouchent	66
<b>Total</b>			<b>2.991.013,00</b>

## 8- La zone humide de Chott EL Hodna

### 8-1- Présentation

Chott El Hodna est situé en zone aride dans le Nord-Est d'Algérie. Biogéographiquement, il s'intègre dans la végétation steppique du Maghreb (**Kaabeche, 1990**). Il appartient au bassin versant endoréique du Hodna. Il fait partie d'une série de chotts qui se sont développés là où convergent les eaux prévenants de l'Atlas Saharien au Sud et l'Atlas Tellien au Nord (**Hadjab, 1998**).

Ce Chott El Hodna est une zone humide naturelle, non côtière, temporaire, sans végétation intérieure et relativement salée.

### 8-2- Date d'inscription

Chott El Hodna a été inscrit en 2001 (**DGF, 2001**), comme zone humide répondant aux critères de la convention de RAMSAR, sous le numéro de référence du site **DZ 28 01** (Algérie).

### 8-3- Critères de RAMSAR appliqués à la zone humide de Chott El Hodna

Les critères de la convention de RAMSAR appliqués à la zone humide de Chott El Hodna sont les critères : 1, 2, 3 et 7 comme énumérés dans la dite convention et cités plus haut dans le tableau 1. Il est à noter que c'est le critère 3 qui caractérise mieux cette zone humide (DGF, 2002).

### 8-4- Justification des critères de RAMSAR

Le site de Chott El Hodna est un des types de zones humides représentatifs de sites rares ou uniques dans la région et où l'opportunité pour la conservation de la diversité biologique tient compte d'espèces ou des communautés écologiques avec comme spécificité l'existence de poissons. La justification des critères de RAMSAR appliqués pour cette zone humide est comme suit :

#### Critère 1

Selon DGF (2002), Chott El Hodna est un type de zone humide représentatif au niveau de la Méditerranée de par l'étendue de sa superficie et de son bassin versant. Sa situation en zone aride est un autre atout justifiant le degré de rareté de ce type de milieu naturel d'un seul tenant ayant subi peu ou pas de transformations importantes par l'homme. Enfin, le Chott est un modèle représentatif de par la présence de plusieurs types de sols, de bioclimats et de variétés biologiques.

#### Critère 2

Le Chott El Hodna et la région limitrophe abritant des espèces menacées (DGF, 2001 et 2002) telles que :

- La gazelle de Cuvier (*Gazella Cuvieri*) espèce endémique à l'Afrique du Nord considérée comme en danger par l'UICN.
- L'outarde Houbara (*Chlamydotis undulata*) qui a subi une grande pression de chasse en raison des pratiques liées à la fauconnerie et l'intensification de l'agriculture.
- La sarcelle marbrée (*Marinonetta angustirostris*) est également un oiseau menacé classé sur la liste rouge de l'UICN.

#### Critère 3

La faune de Chott El Hodna est riche et diversifiée. Contrairement à la flore et faute d'études on peut avancer que le Chott avec ses différents habitats est une aire naturelle et sauvage d'une extrême importance pour des espèces animales telles que la gazelle de Cuvier, l'outarde

Houbara et la sarcelle marbrée surtout que un nombre de ces espèces faunistique est classé sur la liste rouge de l'UICN. Ce Chott regroupe d'un point de vue floristique un ensemble d'espèces endémiques, représentatives tant de l'élément méditerranéen que de l'élément saharo-arabique. Il renferme une toposéquence de groupements végétaux traduisant nettement le changement de végétation lié aux modifications écologiques induites par le passage d'un milieu halophile inondable à un milieu psammophile meuble selon un gradient rapide. Le caractère biogéographique dominant des communautés change rapidement, passant du méditerranéen à la base de la séquence, au saharien confirmé en haut de zonation. Ce milieu abrite une population remarquable d'espèces animales et végétales pour le maintien de la diversité biologique dans la région du Hodna qui est biogéographiquement un représentant assez particulier du milieu steppique. On y retrouve une diversité tant qualitative que quantitative en faune et en flore. Dans ce contexte **Kaabache (1990)** signale une flore représentée par 550 taxons dans les communautés steppiques, forestières et pré-forestières. La faune, riche et diversifiée, est composée de 119 espèces d'oiseaux, 20 espèces de mammifères et 10 espèces de reptiles (**DGF, 2001 et 2002**).

### Critère 7

Le réseau hydrographique qui alimente le Chott (Oued El Ham, Oued K'sob et Oued M'Cif) abrite une population importante de poissons indigènes tel que le Barbeau de l'Algérie (*Luciobarbus callensis*) au niveau des Gueltas (**DGF, 2001 et 2002 et Mimeche, 2014**).

### 8-5- Type de zone humide

Le chott est une zone humide continentale de type : **R Ss Y**. Ces symboles sont ceux du système Ramsar de classification des types de zones humides qui a été énoncé plus haut :

- **R** : lacs salée et étendues / saumâtres/alcalins saisonniers/intermittent.
- **Ss** : Mares/marais salins / saumâtres/alcalins saisonniers/ intermittent.
- **Y** : sources d'eau douce – oasis.

En résumé, ces symboles indiquent que Chott El Hodna est une zone humide continentale qui se distingue comme étant un lac salé, une étendue saisonnière et une mare saline saisonnière- intermittente avec l'existence de sources d'eau douce (forages artésiens).

### Conclusion

Les zones humides sont des territoires situés entre terre et eau. Ce sont des milieux fréquentés par des oiseaux d'eau et riches en espèces animales et végétales. Elles assurent de

nombreuses fonctions : hydrologique, biogéochimique et bio-environnementale en plus de d'autres fonctions en rapport directes avec les activités humaines. Ces milieux tant convoités par les hommes à cause de leurs valeurs : économique, biologique, esthétique et socioculturelle. Mais en dépit des fonctions et des services rendus, les zones humides se trouvent sous la menace de dégradation engendrée par les pratiques humaines insouciantes, irréfléchies et souvent inconsidérées.

La convention de Ramsar offre pour les parties contractantes un traité intergouvernemental, un instrument, des directives et une assistance technico-scientifique pour le maintien des zones humides inscrites, leur promotion et leur sauvegarde ultérieure.

L'Algérie, consciente par ses dirigeants des fonctions et rôle écologique de ses zones humides, compte aujourd'hui plus de **1.500** zones humides où cinquante (**50**) sites sont déjà classés dans la liste des zones humides d'importance internationale de RAMSAR où Chott El Hodna en fait partie. C'est une zone humide naturelle non côtière, temporaire, sans végétation et relativement salée inscrite en 2001. Elle se distingue comme étant une zone humide ayant une mare saline saisonnière- intermittente avec l'existence de forages d'eau douce.



## *Partie II*

### *Méthodologie*

- *Chapitre III Présentation du milieu d'étude*
  
- *Chapitre IV Matériel et méthodes*

## **Chapitre III**

### **Présentation du milieu d'étude**

#### **Introduction**

Notre présente étude est menée dans la plaine du Hodna et plus exactement aux abords de Chott El Hodna. Cet environnement est une zone humide d'importance internationale. Il fût classé en telle au sens de la convention de Ramsar en 2001 (**DGF, 2001 et 2002**). Il illustre bien l'étage aride continental où une ambiance saharienne domine et se fait ressentir.

La connaissance du milieu d'étude est indispensable surtout pour les aspects biotiques et même parfois pour ceux abiotiques.

#### **1- Situation de la zone d'étude**

##### **1-1- Situation géographique et appartenance foncière**

Chott El Hodna est situé au Nord-Est de l'Algérie. Il est éloigné de plus d'une centaine de kilomètres des côtes méditerranéennes. Ses coordonnées géographiques se présentent comme suit :

- Altitude : 392 à 400 mètres.
- Latitude : 35° 27.253' N à 35° 24.102' N
- Longitude : 4° 14.727' E à 5° 6.860' E

Du point de vue foncier et selon les propos de l'administration forestière de la wilaya de M'sila, la zone humide de Chott El Hodna fait partie du domaine public lacustre et steppique appartenant à l'Etat. Quant aux régions voisines, elles appartiennent aux collectivités locales (communes) et à des propriétaires privés non titrés.

##### **1-2- Superficie et limites**

Chott El Hodna occupe le centre de la plaine du Hodna. Il a une longueur d'Est en Ouest de 70 Km et une largeur Nord-Sud de 20 Km. Avec une superficie totale de 1.100 Km<sup>2</sup> à raison de 1.000 km<sup>2</sup> pour la wilaya de M'Sila et 100 km<sup>2</sup> pour la wilaya de Batna. C'est l'un des plus grands Chotts d'Algérie avec une superficie de 362.000 ha.

Le chott fait partie intégrante du grand bassin hydrologique du Hodna. D'après **Kaabeche (1995)**, la région est limitée :

- au Nord par la chaîne du Bibans et les monts du Hodna d'altitude comprise entre 1400m et 1800m.
- au Sud par l'extrémité orientale de l'Atlas Saharien (Monts des Ouled Naïl d'altitudes comprises entre 1470 et 1675 m et les monts du Zab : 980m).
- à l'Est par le massif des Aurès (2000 m).
- à l'Ouest par les hautes plaines steppiques algéro-oranaises (altitude moyenne comprise entre 900 et 1200m).

Il se localise à 40 Km au Sud de la ville de M'sila, à 20 Km au Nord de Bousaada et à 80 Km Nord-Ouest de Biskra (Fig.5). En effet, parmi les 10 communes se distribuant le Chott, une appartient à la Wilaya de Batna (Azil Abdelkader) et 9 à la Wilaya de M'Sila (Ain El Khadra, Ouled Addi Guebala, Souamaa, Ouled Madhi, Chellal, Benzouh, Maarif, Khobana et M'cif).

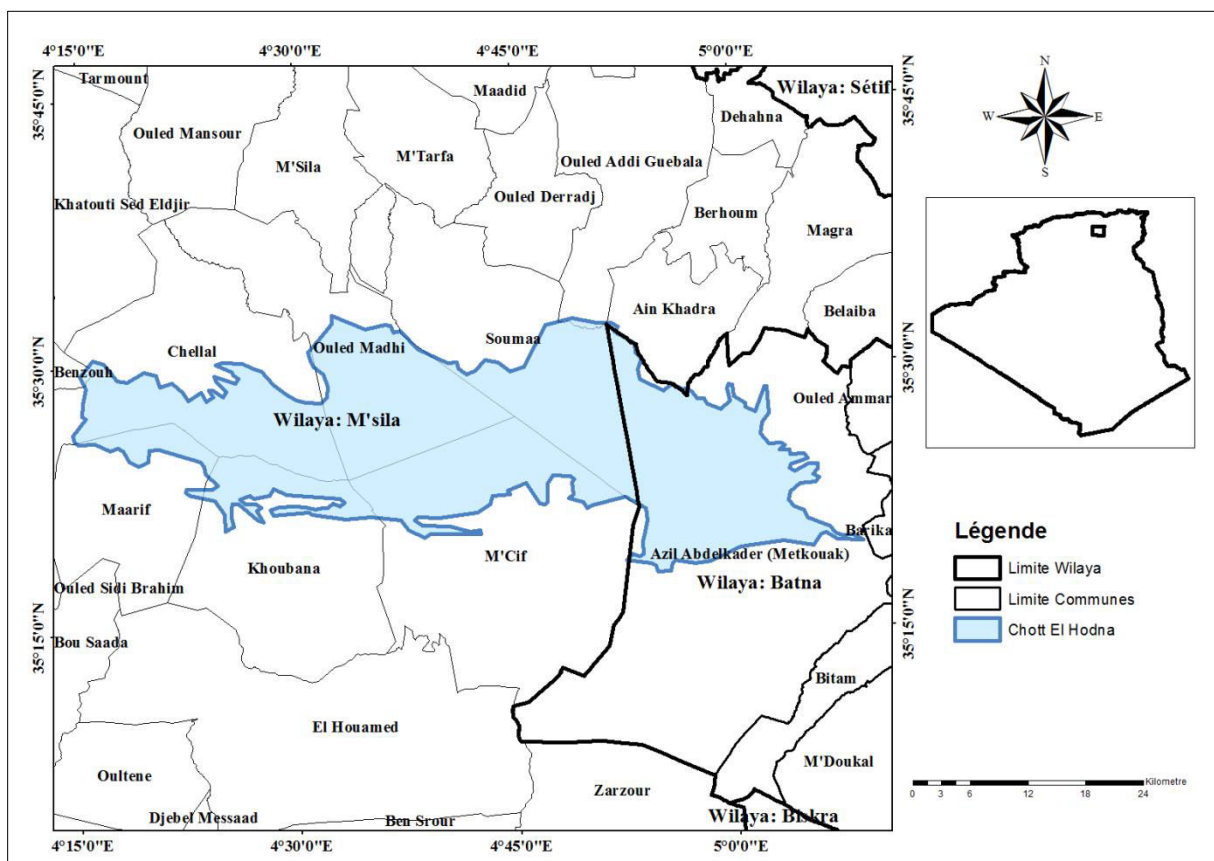


Figure 5 : Situation administrative de Chott El Hodna (HCDS, 2010 modifiée)

## 2- Milieu abiotique

### 2-1- Géologie et géomorphologie

Selon les propos de **Julian et Nicod (1977)**, dans leur compte rendu sur deux thèses sur la géologie et l'hydrogéologie du bassin du Hodna et de ses bordures (Algérie), que R. Guiraud a eu le mérite de mettre en évidence une importante phase de compression du Quaternaire basal, faisant suite à la distension généralisée du Mio-Pliocène ; elle est génératrice de plis et de failles, le plus fréquemment inverses, parfois décrochantes et injectées de Trias, affectant les conglomérats du Pliocène supérieur.

L'essentiel du relief actuel serait le produit de cette tectonique tardive, qui se prolongerait de façon apparemment atténuée au Quaternaire (déformations amples, montées diapiriques des «rochers de sel», séismes).

C'est dans un contexte de relative stabilité tectonique, et de ce fait essentiellement en relation avec les variations climatiques, que se déroule la morphogenèse quaternaire. R. Guiraud s'est livré à une patiente cartographie et à une interprétation des formations quaternaires de la cuvette du Hodna, confrontant ses données à celles voisines de R. Coque, J. Cabot, J.L. Ballais et adoptant, sans discussion, la terminologie du Quaternaire continental marocain.

Au Moulouyen (c'est le Villafranchien supérieur) correspondent de hautes lanières résiduelles surmontées de la classique dalle conglomératique saumonnée, au Salétien, à l'Amirien et au Tensiftien des glacis couverts à matériel très grossier, avec un encroûtement gypso-calcaire et une croûte zonée. C'est au cours du Salétien que la cuvette du Hodna est pour la première fois fermée. Le Soltanien est dédoublé : à la base des alluvions grossières puis plus fines, faiblement encroûtées, au sommet des sédiments lacustres (sables, argiles, travertins).

Au Capsien, niveau des cendrières et escargotières, se sont mis en place des cônes de déjection grossiers et des accumulations calcaires en feuillets, à l'ouest du Chott.

Durant le quaternaire se distinguent deux épisodes humides, le Soltanien puis le Rharbien suivis par l'actuelle période de sécheresse. Après cette pulsation humide et froide, le régime de sebkha s'installe au Rharbien, la déflation éolienne formant la croûte gypseuse récente et des lunettes. Au Sud du chott, les dunes sableuses sont subactuelles. Donc Chott El-Hodna est un paysage transito-accumulatif de dépôts argileux récents qui bordent la sebkha. Il renferme des dépôts alluvionnaires du Quaternaire.

D'après la carte géologique d'Algérie illustrant la géologie du Hodna (Fig.6) et où Chott El-Hodna présente:

- Le quaternaire : est représenté par d'anciennes alluvions et des sédiments fins.
- Le tertiaire : comporte l'Eocène, l'Oligocène continental et le Miocène. Le premier est caractérisé par des grès rouges, des argiles variées, des calcaires et des conglomérats. Le second caractérisé par des conglomérats, des grès fins friables, des marnes rougeâtres et le dernier est constitué d'une alternance de marnes gypseuse avec des grès et du calcaire.
- Le secondaire: comporte le Trias, le Jurassique et le Crétacé. Le Trias présente une lithologie composée de marnes gypseuse et de sels. Le Jurassique est formé par le calcaire et le Crétacé est formé par des bancs de marnes et de grès avec intercalation de calcaire.

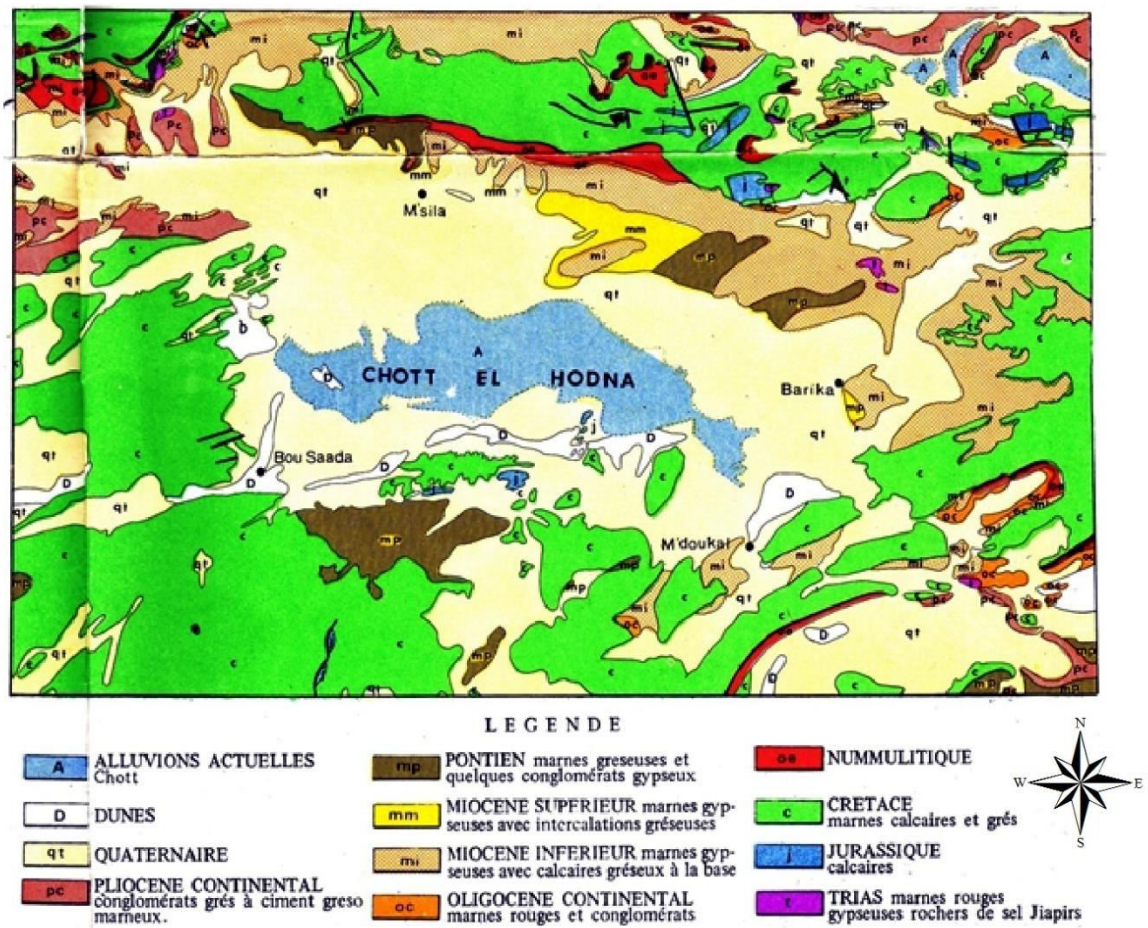


Figure 6: La géologie du Hodna  
au 1/500.000, 1952 adaptée (Le Houerou et *al.*, 1975).

Le sel de Chott El-Hodna à une origine géologique. Le Trias riche en sels qui composent les roches de montagnes qui entourent la région, qui en étant endoréique rassemble

la totalité des sels dissous par les eaux des précipitations: la sebkha est un plan d'eau salé de type athalassique (**Hammer, 1986** in **Binet et Aymonin, 1987**).

Du point de vue géomorphologique, Chott El Hodna est doté d'un relief plat et d'un microrelief ondulé, le chott est une large dépression dont le fond atteint 390 mètres. Il sépare la région du Hodna proprement dite de la région saharienne. C'est une dépression présentant deux zones distinctes: une zone centrale ou sebkha et une zone périphérique ou chott.

Chott El Hodna est un paysage de dépôts d'alluvions actuelles représenté par la sebkha. Au Nord (Fig. 6), il y a les glacis à encroutement calcaréo-gypseux (**Kaabeche, 1995**). Ces glacis sont des terrasses (surfaces plus ou moins planes) des dépôts alluvionnaires du Quaternaire (**Pouget, 1980**).

Les oueds denses, en provenance du Nord, étalent leurs sédiments sous forme de crues qui tracent la sebkha. Ils débordent fréquemment et salinisent les terres après évaporation. Ceci laisse apparaître des lignes de salinisation. Cette partie est caractérisée par des sols argilo-limoneux.

La zone centrale, représentée par la Sebkha, correspond à une cuvette où convergent les eaux de ruissellement : c'est la zone d'eau libre salée. Elle est plate et se caractérise par une absence totale de végétation

Quant au sud et au-delà de la formation lacustre (Sebkha) c'est la zone de paysage sableux et plat. C'est la zone dunaire du R'mel (présence de voiles sableux). Elle est parcourue par un réseau hydrographique peu dense. Les accumulations éoliennes masquent en partie la zone du chott.

## 2-2- Pédologie

Chott et sebkha se qualifient d'un point de vue pédologique comme zone subdésertique argileuse dont les sols sont très fortement à excessivement salins. La conductivité, en relation directe avec le niveau de la nappe phréatique gypso-saline, varie de 7 mmhos/cm dans les zones de bordure à 178 mmhos/cm dans la zone à croûte de sel (**Le Houérou et al., 1975**). La texture du sol est lourde.

La surface, à l'état sec, est couverte par des polygones d'argiles surmontant en surface une structure friable avec de nombreux cristaux individualisés de NaCl. En profondeur, la structure est massive avec des tâches de rouilles et des tâches grises.

Les sols du chott et surtout de la sebkha accumulent des sels par les eaux de ruissellement qui s'accumulent et s'évaporent: c'est la zone d'épandage (**Halitim, 1988**).

La zonalité pédologique se présente de la manière suivante (Fig.7):

- **Sol peu évolué d'apport alluvial** : affecté à différents degrés par des sels sur les glacis récents se trouvant également en plaine.

- **Sol halomorphe moyennement à très fortement salins** : localisé dans le chott avec une couverture végétale clairsemée, localement avec des sols hydromorphes à redistribution de gypse.

-**Sol halomorphe excessivement salin** : il est abiotique et se situe dans la sebkha.

-**Sol halomorphe et sol hydromorphe** à redistribution de gypse ensablé en complexe avec des sols minéraux bruts, xériques et inorganiques issus d'apports de la région dunaire du R'mel. Les formations dunaires sont relativement peu étendues et se situent au Sud de la grande sebkha du Hodna (**Le Houérou, 1995b**).

Il est à noter que l'étude menée par (**Abdesselam et Halitim, 2014**) sur la dégradation des sols au Hodna a montré que les sols en surface sont peu calcaires et non gypseux. Ils sont influencés par la fraction grossière et sont, par voie de conséquence, perméables. La morphogenèse hydrique et éolienne constitue le principal facteur qui influence les sols de cette zone d'étude face à la salinité et le gypse qui ne sont que des facteurs secondaires. Ils signalent aussi que les sols, où l'intensité de la mise en valeur en irrigué est la plus intense, sont soumis au processus d'ensablement.

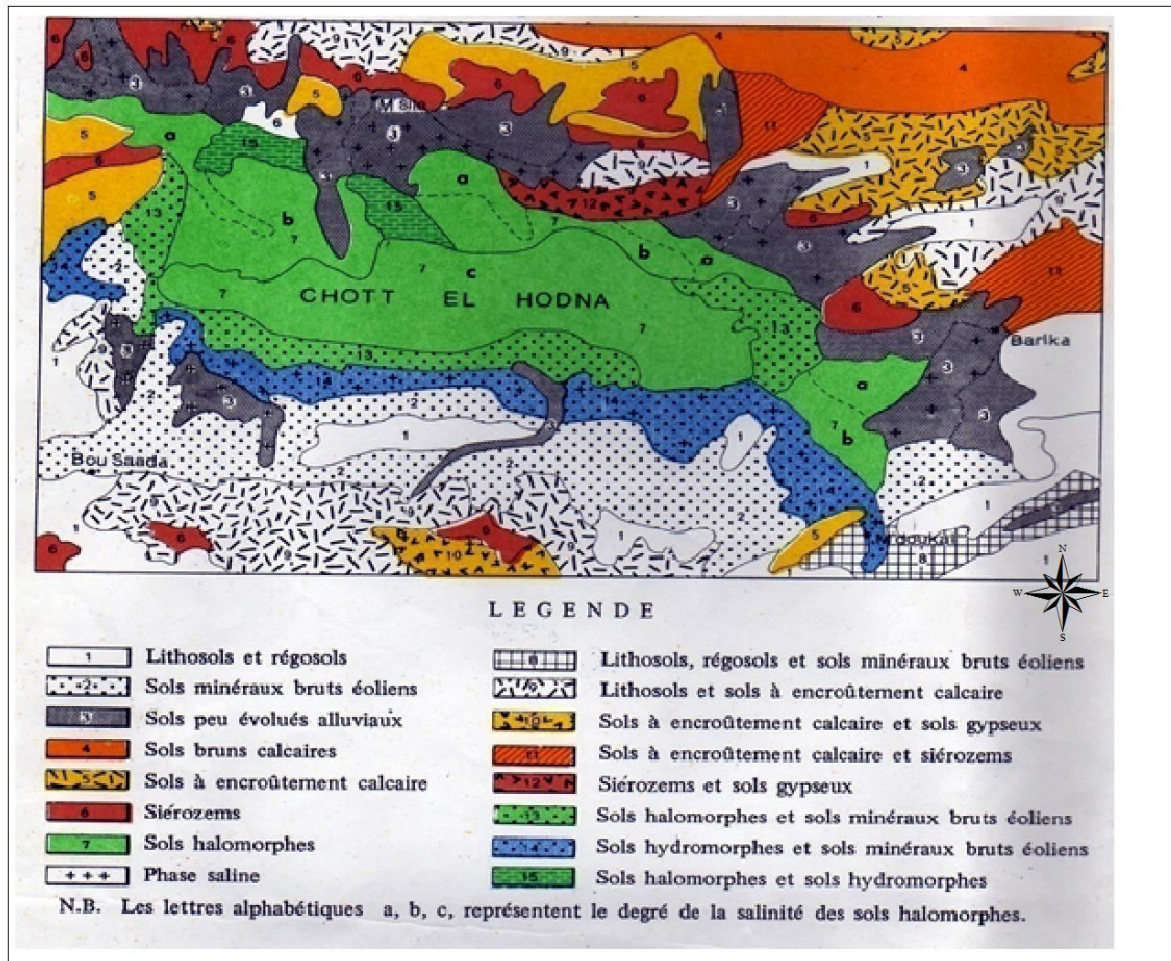


Figure 7 : Carte pédologique du Hodna au 1/800 000ème par T. G. Booyadgiev (**Le Houerou et al., 1975**).

### 2-3- Hydrologie

Dans la région du Hodna, les conglomérats grossiers du pliocène et de la base du Soltanien jouent un rôle important dans la formation des aquifères (**Guiraud, 1990** in **Lakroune, 1999**).

Le régime hydrologique du Hodna est lié au régime pluviométrique caractérisé par de fortes irrégularités. La majorité des cours d'eaux n'ont pas de débits permanents.

Quoique leur débit est trop faible, quatre oueds seulement peuvent être qualifiés de pérennes : Oued El Ham à l'Ouest, Oued K'sob au Nord, Oued Barika à l'Est et Oued M'cif au Sud.

A cela se rajoute une multitude de petits cours d'eau à sec pratiquement toute l'année et qui ne coulent que lors des fortes averses.



Tous les oueds, pérennes ou non, ont des crues secondaires fortes. Les eaux se déversent dans le chott et sont estimées à  $461\text{Hm}^3$  pour une année moyennement pluvieuse, réparties comme suit: eaux superficielles de  $320\text{Hm}^3$ , les eaux souterraines de  $141\text{Hm}^3$  (**Mimoune, 1995**).

Concernant la richesse du sous sol de Chott El Hodna et ses environs en réservoirs aquifères, **Julian** et **Nicod (1977)** rapportent que les investigations de R. Guiraud sur l'hydrogéologie appliquée l'ont conduit à rédiger une précieuse mise au point sur la dynamique des eaux souterraines et la notion de Chott. Ainsi sont définis les principaux réservoirs aquifères et les relations entre eux : c'est le phénomène d'artésianisme des nappes profondes des Chotts. Ce même chercheur montre que «les conditions nécessaires et suffisantes à l'implantation d'une sebkha se limitent à l'existence simultanée de roches réservoirs imprégnées par un aquifère en charge, d'une topographie telle que la surface piézométrique se trouve à une côte supérieure à celle du sol et enfin d'un climat aride».

## 2-4- Climat

### 2-4-1-Origine des données

L'Office National de Météorologie (**ONM**) dispose de deux stations météorologiques opérationnelles dont la disponibilité des données concerne la pluviométrie, les températures et le vent. Ces deux stations se présentent comme suit :

- Station de M'sila : Période 1988-2013, coordonnées géographiques :  $35^{\circ} 39'$  N de latitude,  $4^{\circ} 29'$  E de longitude et 440 m d'altitude.
- Station de Bousaada: Période 1994-2013, coordonnées géographiques :  $35^{\circ} 19'$  N de latitude,  $4^{\circ} 12'$  E de longitude et 461 m d'altitude.

Nous avons été encouragés à prendre en considération les données de l'ONM étant donné :

- Ce sont des données disponibles et qui couvrent une période assez conséquente pour les deux stations météorologiques de référence (station de M'sila et station de Bousaada).
- C'est des données de stations opérationnelles et les plus proches de notre zone d'étude.
- Les données des autres sources sont relativement anciennes et sans continuité récente.

Il est impératif de signaler que nous avons en notre possession des données climatiques pour la période 1988-2013 pour la station de M'Sila. L'analyse de ces dernières nous ont laissées retissant vis-à-vis des données de la température. En effet le positionnement de la station de M'Sila, dans le climagramme d'Emberger la laisse située dans l'étage bioclimatique aride à variante froide ( $Q_3 = 14.82$  et  $m = -2.14^\circ\text{C}$ ). Ce ci n'est pas vrai parce que cette station fût déjà positionnée dans l'étage bioclimatique aride à variante tempérée (**Le Houerou et al., 1975 ; Kaabeche, 1990 et Bouabdallah, 1992**) d'une part et de l'autre il ya tendance à un réchauffement climatique et non à un refroidissement. **Gargaud et al. (2005)** énoncent que le vingtième siècle est marqué par une tendance générale au réchauffement où l'année 1998 et la dernière décennie sont les plus chaudes jamais enregistrées depuis plus de 100 ans et voire même jamais vécue au cours des derniers millénaires (Fig. 8).

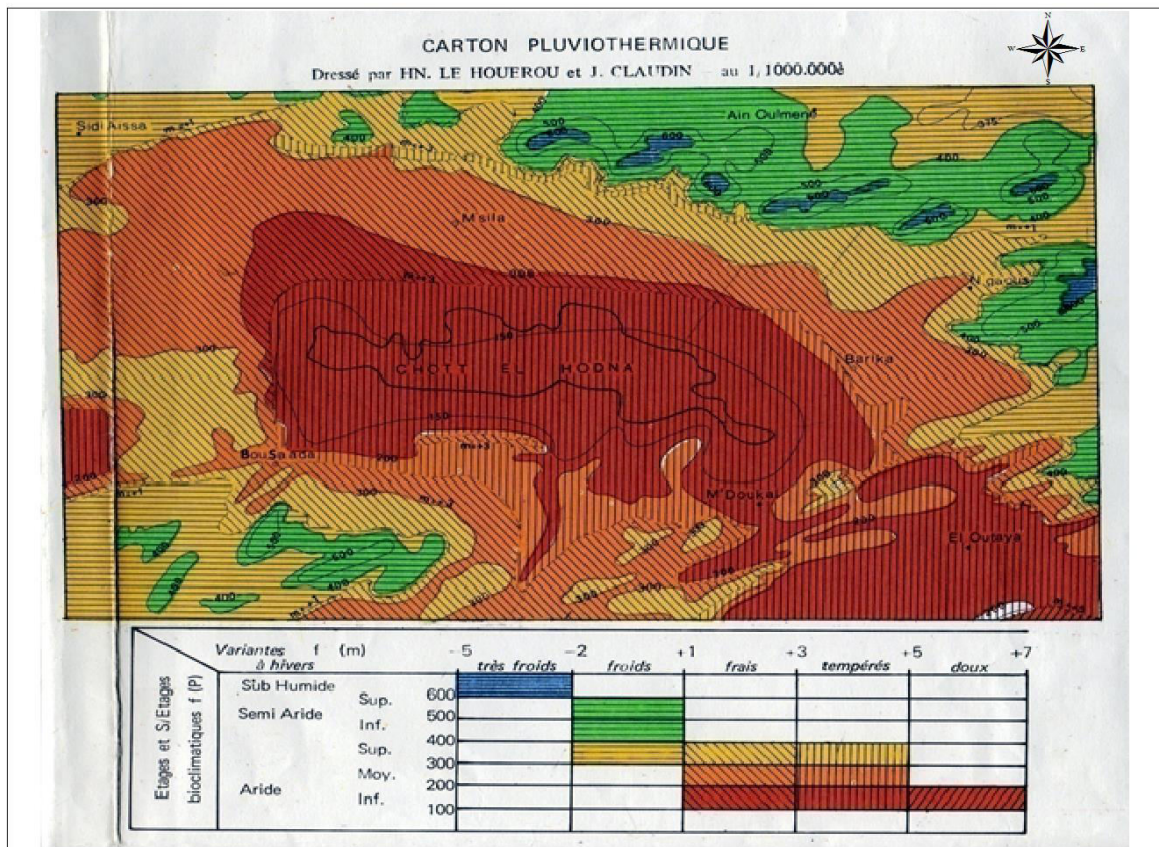


Figure 8 : Carte pluviothermique du Hodna au 1/1.000.000è  
(**Le Houerou et al., 1975**).

La zone de M'sila se situe entre les isohyètes 500 mm au niveau des reliefs septentrionaux (Monts du Hodna) et 150 mm au niveau du Chott (**Lakroune, 1999**). Cette pluviométrie influe sur le régime hydrologique de Chott El-Hodna et de ses affluents.

Pour bien caractériser notre zone d'étude du point de vue climatique, nous avons pris deux localités relativement proches de notre zone d'étude. Une est située au Nord de Chott El Hodna donc relativement proche de la station météorologique de Msila : c'est la localité de Saida (Commune de Ouled Madhi). La seconde est située au Sud de Chott El Hodna et relativement proche de la station météorologique de Boussaada : c'est la localité de Khobana (Commune de Khobana) comme s'est illustré ayant les coordonnées géographiques suivantes :

- Localité Saida : 35° 31' N de latitude, 4° 31' E de longitude et 397 m d'altitude.
- Localité Khobana : 35° 20' N de latitude, 4° 34' E de longitude et 400 m d'altitude.

Pour ces deux localités choisies nous avons réalisé des extrapolations à partir des stations météorologiques de références respectives. Ces extrapolations ont été comme suit :

Pour ce qui est des températures, une élévation d'altitude de 100 m, les températures maximales (M) décroissent de 0.7 °C, les températures minimales (m) de 0.4 °C et les températures moyennes de 0.55 °C (**Seltzer, 1946**). Mais si on a une diminution d'altitude ces températures augmentent et ce qui est le cas pour ces deux localités.

Concernant les précipitations, d'après **Seltzer (1946)** et **Djebaili (1984)** le gradient pluviométrique-altitudinale stipule une augmentation de 20 mm de précipitations pour une élévation de 100 m d'altitude pour l'Atlas Tellien d'Oranie, les Hautes Plaines, l'Atlas Saharien et le Sahara.

## **2-4-2- La pluviométrie**

### **2-4-2-1- Les précipitations mensuelles et annuelles**

Les mois les plus pluvieux s'étalent de Septembre à Mai. La saison pluvieuse commence en Septembre. Les pluies d'automne sont parfois torrentielles et plus ou moins catastrophiques (c'est le cas du mois de Septembre 2007 pour la région de M'sila). Quant aux pluies d'Hiver, elles sont moins violentes. (Tab. 03).

Tableau 03 : Précipitations moyennes mensuelles et cumul annuel (mm) des stations météorologiques et des localités d'étude ( Stations météorologiques de M'sila et de Boussaada et manipulations relatives).

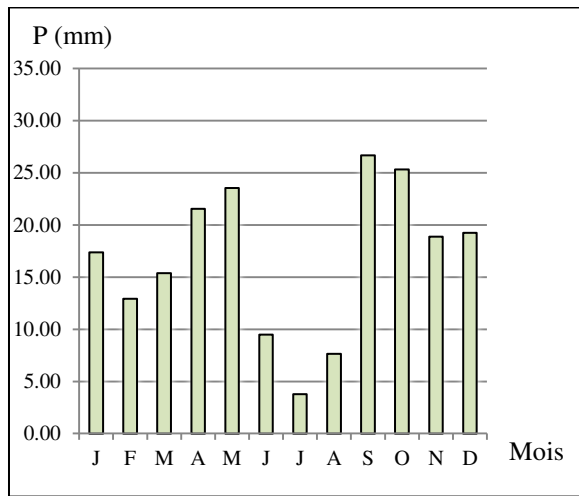
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
SM M'sila	17,37	12,93	15,40	21,56	23,55	9,48	<b>3,79</b>	7,65	<b>26,69</b>	25,32	18,88	19,24	<b>201,86</b>
Localité Saida	16,68	12,41	14,78	20,70	22,60	9,10	3,64	7,34	25,62	24,31	18,13	18,47	<b>193,78</b>
SM Boussaada	14,36	11,65	12,65	20,55	17,88	9,28	<b>5,01</b>	11,65	<b>30,43</b>	21,34	13,18	14,96	<b>182,94</b>
Localité Khobana	13,50	10,95	11,89	19,32	16,81	8,72	4,71	10,95	28,60	20,06	12,39	14,06	<b>171,96</b>

Le mois le plus pluvieux de la station de M'sila est le mois de Septembre avec **26,69** mm. Le mois le moins pluvieux est le mois de Juillet avec **3,79** mm et il faut bien noter qu'il est plus sec avec le mois d'Août. Mais il arrive que les orages d'automne commencent dès les premiers jours du mois d'Août (Tab. 03). La localité de Saida y est relative à ce qui a été énoncé pour la station de M'sila.

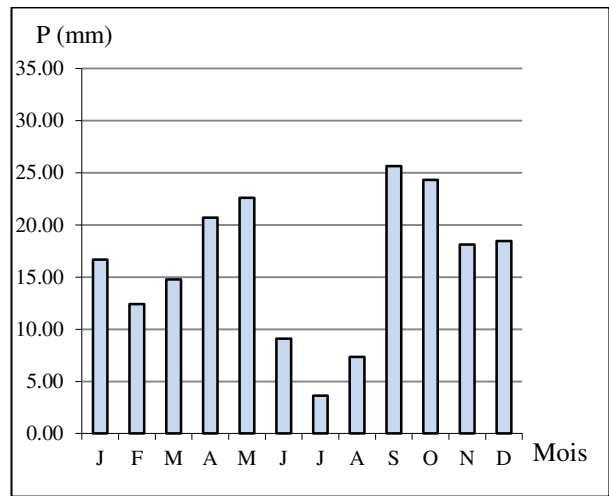
Concernant la station de Boussaada, et relativement de même pour la localité de Khobana, le mois le plus pluvieux est toujours le mois de Septembre avec **30,43** mm. Le mois le moins pluvieux est le mois de Juillet avec **5,01** mm.

Quant au cumul annuel des précipitations il est par ordre décroissant de: **201,86** mm, **193,78** mm, **182,94** mm et **171,96** mm respectivement pour la station de M'sila, la localité de Saida, la station de Boussaada et la localité de Khobana.

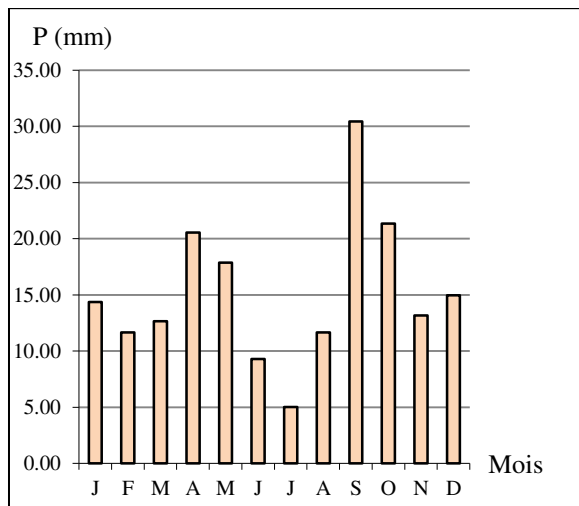
La distribution annuelle des précipitations par mois (Fig.9) illustre l'irrégularité des précipitations.



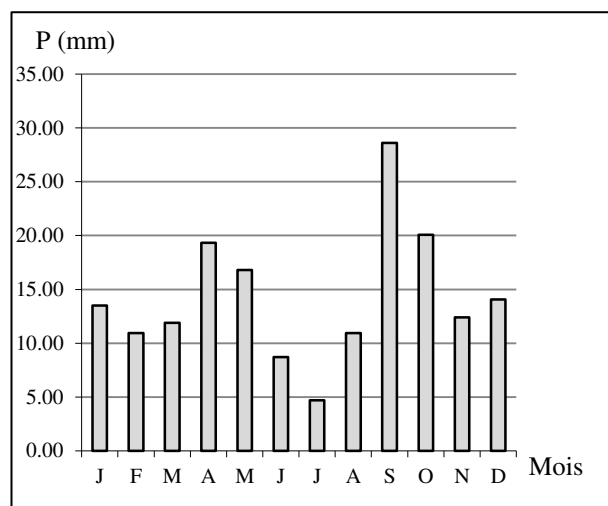
Station météorologique M'sila



Localité de Saida



Station météorologique Bousaada



Localité de Khobana

Figure 9 : Variation des précipitations moyennes mensuelles des stations météorologiques et des localités d'étude

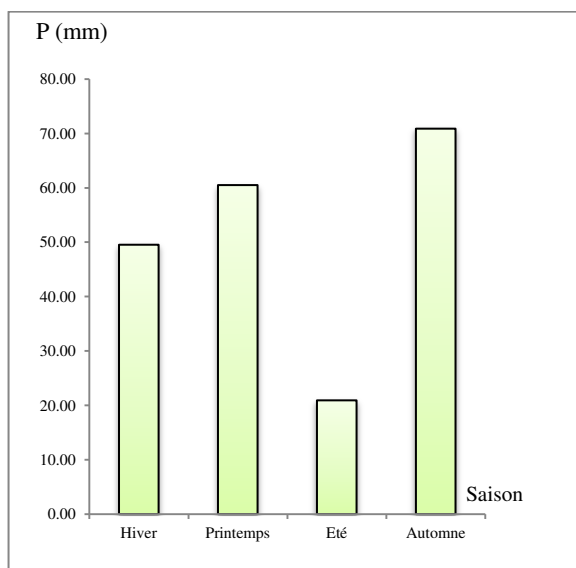
### 2-4-2-2- Le régime saisonnier

La connaissance de la pluviométrie annuelle moyenne, même sur une longue période, est une donnée insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régional. Il est nécessaire de la compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies dans l'année : c'est le régime saisonnier (**Nahal, 1981** in **Meddour, 2010**). Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement saisonnier par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par son initiale » (**Musset, 1935** in **Meddour, 2010**).

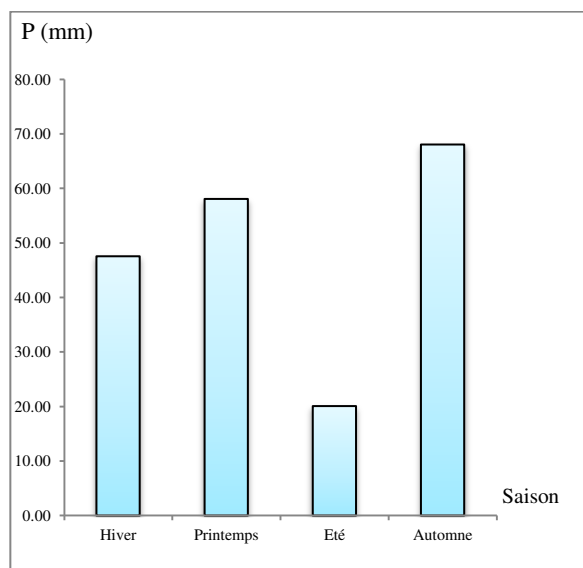
Le régime pluviométrique se caractérise en fonction des saisons. Il met en évidence le régime saisonnier de type APHE où l'automne la saison la plus pluvieuse de l'année alors que la saison la moins arrosée est l'Eté et ce pour les stations météorologiques de M'sila et de Bousaada ainsi que pour les deux localités Saida et Khobana (Tab. 4 et Fig. 10).

Tableau 4 : Le régime saisonnier des stations météorologiques et des localités d'étude

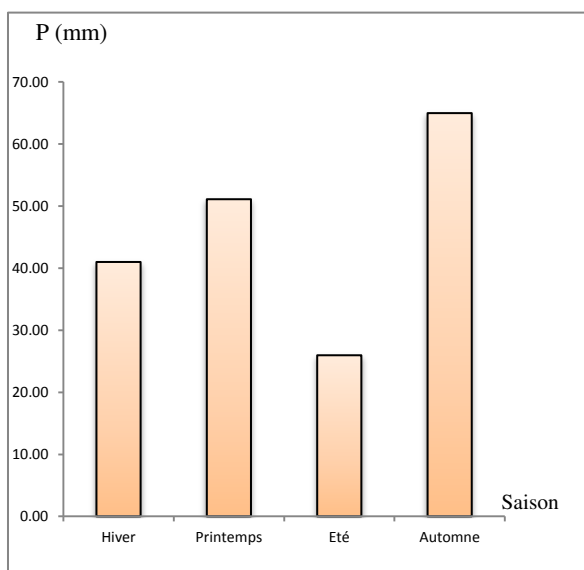
Station	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Cumul (mm)	Type de Régime saisonnier
S.M. M'sila	70.89 (35.12%)	49.54 (24.54%)	60.51 (29.98%)	20.92 (10.36%)	201,86	APHE
Localité Saida	68.06 (35.12%)	47.56 (24.54%)	58.08 (29.98%)	20.08 (10.36%)	193,78	APHE
S.M. Bousaada	64.95 (35.50%)	40.97 (22.40%)	51.08 (27.92%)	25.94 (14.18%)	182,94	APHE
Localité Khobana	61.05 (35.50%)	38.51 (22.40%)	48.02 (27.92%)	24.38 (14.18%)	171,96	APHE



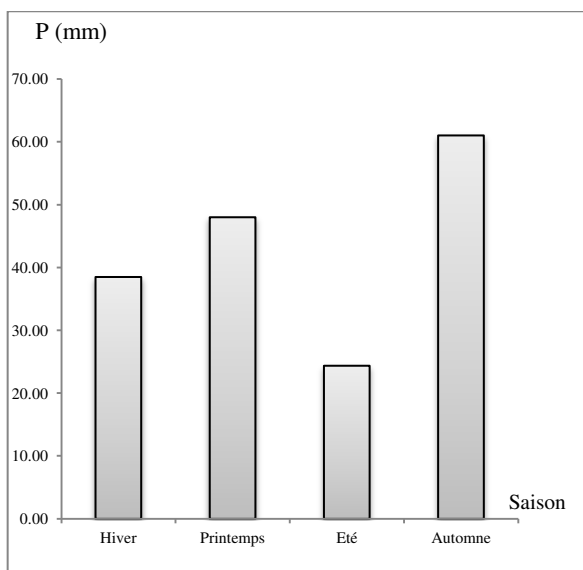
Station météorologique de M'sila



Localité de Saida



Station météorologique de Bousaada



Localité de Khobana

Figure 10: Variation du régime saisonnier des stations météorologiques et des localités d'étude

### 2-4-2-3- Variations interannuelles des précipitations

Les totaux annuels de la station de M'sila varient de 105 mm en 2002 et 348 mm en 2003 (Tab.5 et Fig.11). Cette station reçoit en moyenne près de 201,85 mm/an.

Tableau 5: Variations interannuelles des précipitations de la Station de M'sila pour la période 1988-2013

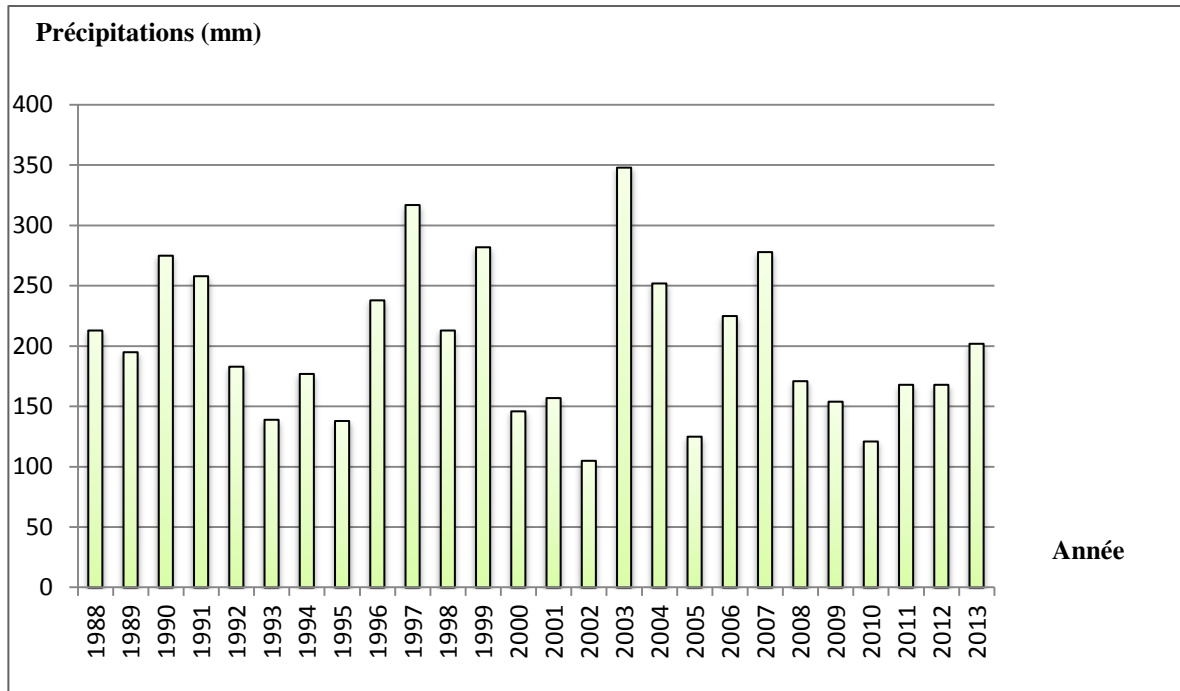
<b>Année</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>
<b>Total (mm)</b>	213	195	275	258	183	139	177	138	238
<b>Année</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
<b>Total (mm)</b>	317	213	282	146	157	105	348	252	125
<b>Année</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Moyenne</b>
<b>Total (mm)</b>	225	278	171	154	121	168	168	202	<b>201,85</b>

Les totaux annuels de la localité de Saida varient de 101 mm en 2002 et 334 mm en 2003 (Tab. 6 et Fig. 11) et ce ci avec une moyenne près de 193,77 mm/an.

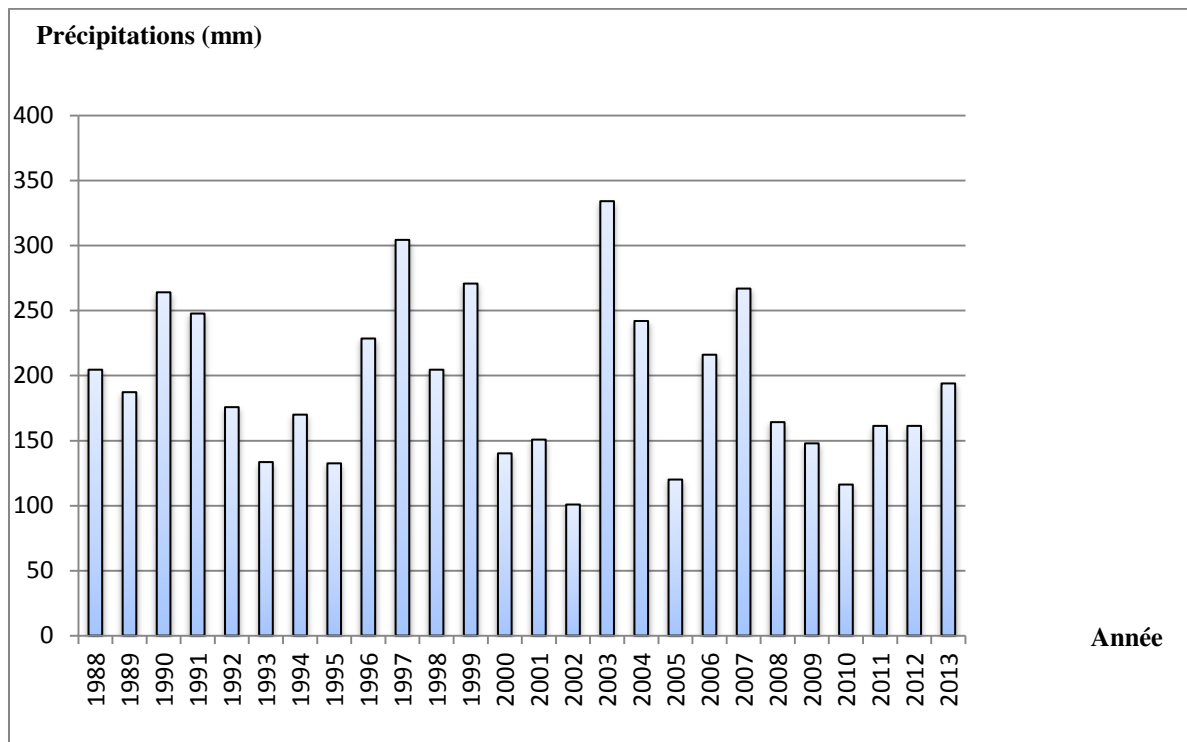
Tableau 6: Variations interannuelles des précipitations et la localité de Saida pour la période 1988-2013

<b>Année</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>
<b>Total (mm)</b>	204	187	264	248	176	133	170	132	228	304
<b>Année</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Total (mm)</b>	204	271	140	151	101	334	242	120	216	267
<b>Année</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Moyenne</b>			
<b>Total (mm)</b>	164	148	116	161	161	194	193,77			





Station météorologique de M'sila



Localité de Saida

Figure 11 : Variations interannuelles des précipitations de la Station de M'sila et de la localité de Saida pour la période 1988-2013.

Les totaux annuels de la station de Bousaada varient de 62 mm en 2002 et 310 mm en 2003 (Tab. 7 et Fig.12) mais en moyenne près de 177,40 mm/an.

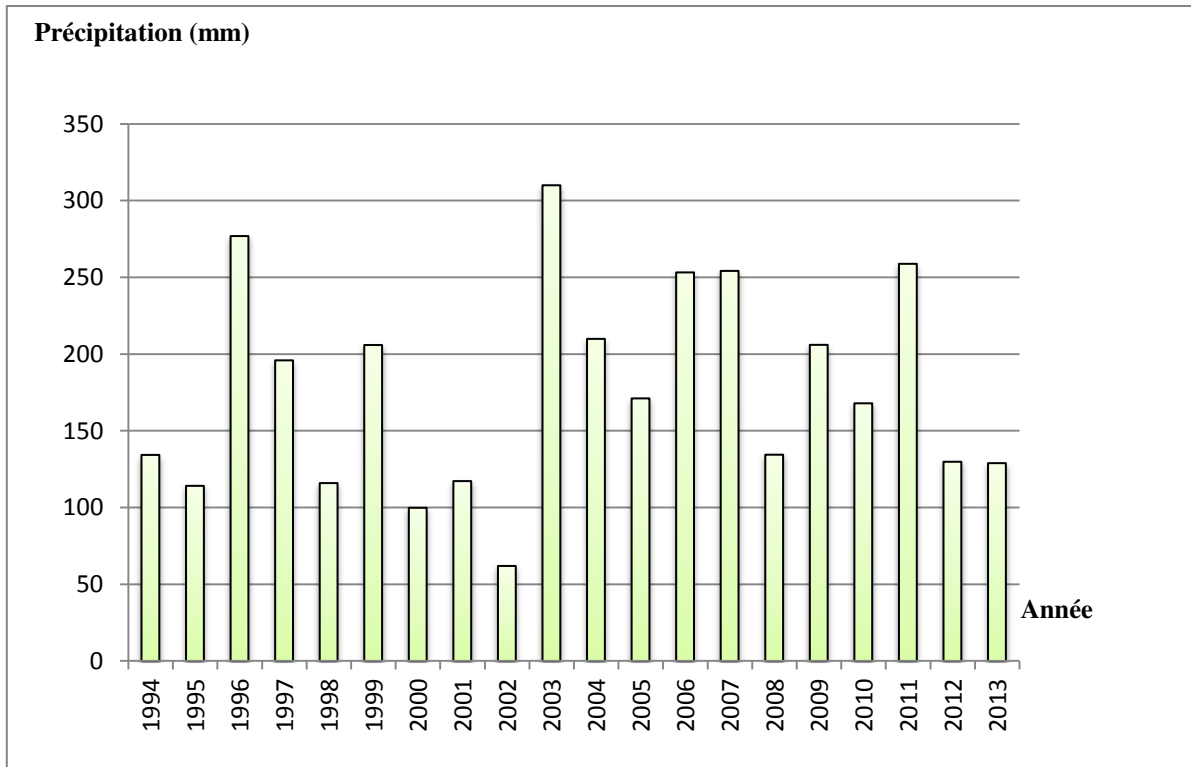
Tableau 7: Variations interannuelles des précipitations de la Station de Bousaada pour la période 1994-2013

<b>Année</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	
<b>Total (mm)</b>	134	114	227	196	116	206	100	117	62	310	
<b>Année</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Moyenne</b>
<b>Total (mm)</b>	210	171	253	254	135	206	168	259	130	129	<b>177,40</b>

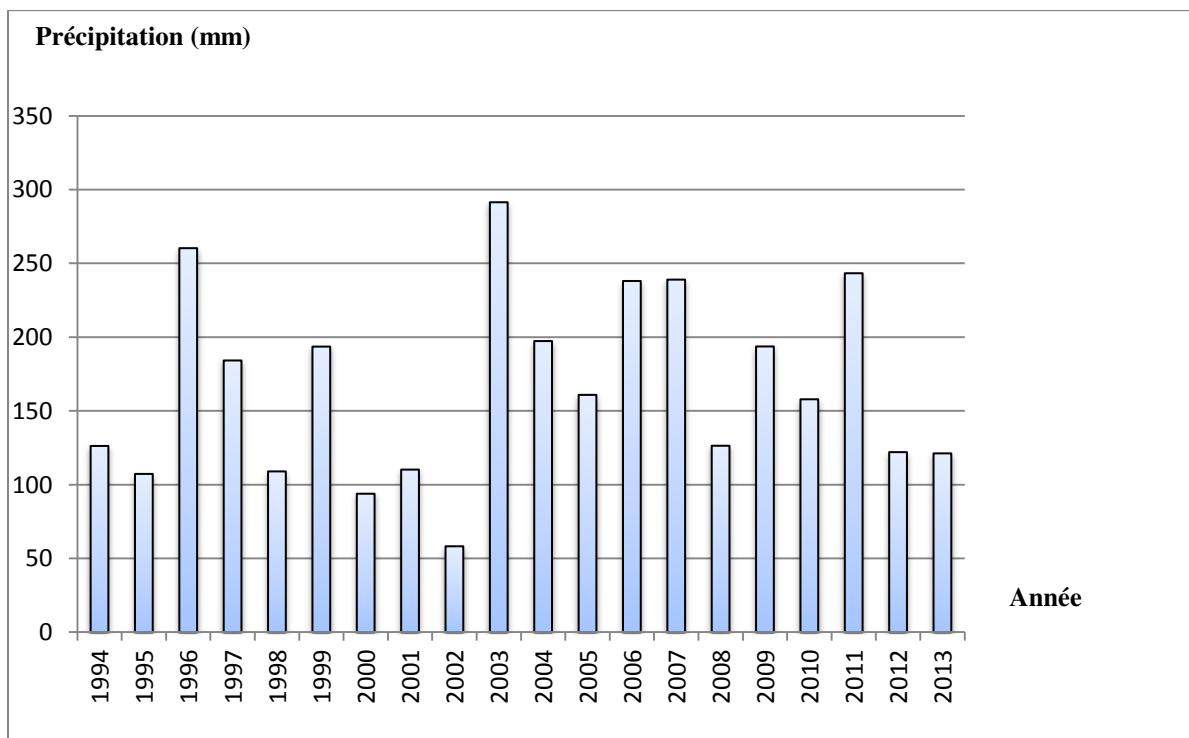
Les totaux annuels de la localité de Khobana varient de 58 mm en 2002 et 291 mm en 2003 (Tab. 8 et Fig.12), elle reçoit en moyenne près de 166,76 mm/an.

Tableau 8: Variations interannuelles des précipitations de la localité de Khobana pour la période 1994-2013

<b>Année</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	
<b>Total (mm)</b>	126	107	260	184	109	194	94	110	58	291	
<b>Année</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Moyenne</b>
<b>Total (mm)</b>	197	161	238	239	126	194	158	243	122	121	<b>166,76</b>



Station météorologique Bousaada



Localité de Khobana

Figure 12 : Variations interannuelles des précipitations de la Station de Bousaada et de la localité de Khobana pour la période 1994-2013.

### **2-4-3- Les températures**

#### **2-4-3-1- Températures moyennes mensuelles**

La température moyenne annuelle dans la station météorologique de M'sila est évaluée à 19,57°C. La ventilation mensuelle des températures moyennes montre que le mois le plus froid est le mois de Janvier avec 9,77°C et le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec 31,68°C (Tab. 9) de même la température moyenne annuelle dans la localité de Saida est évaluée à 19,80°C. Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec 10,00°C et le mois le plus chaud est le mois de Juillet 31,92°C (Fig.13).

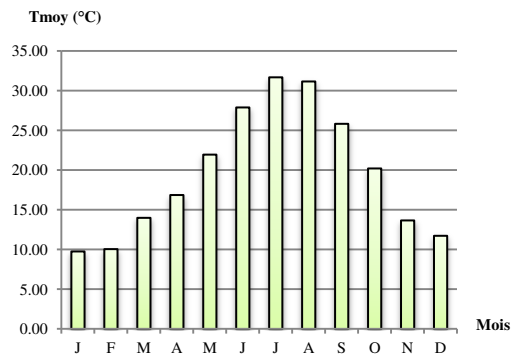
Concernant la Station météorologique de Bousaada (Tab. 9), la température moyenne annuelle est de 19,81°C et où le mois le plus froid est le mois de Janvier avec 9,20°C et le mois le plus chaud est le mois de Juillet 32,52°C. Pour ce qui de la localité de Khobana, la température moyenne annuelle est évaluée à 20,15°C. Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec 9,54°C et le mois le plus chaud est le mois de Juillet 32,86°C (Fig.13).

Tableau 9 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures  
des stations météorologiques et des localités d'étude

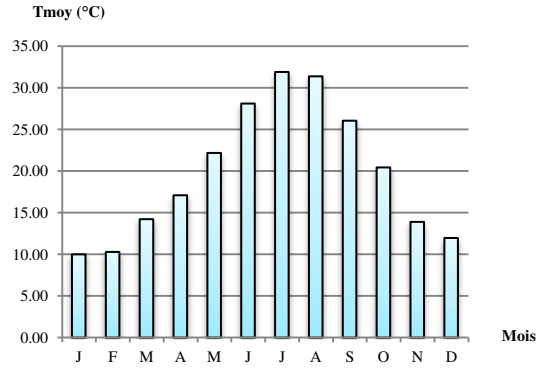
Mois	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy	M-m
<b>m (°C)</b>	5,40	4,10	7,67	10,53	15,84	20,91	24,50	24,10	19,35	14,55	8,38	4,52		<b>34,77</b>
<b>M(°C)</b>	14,13	16,01	20,33	23,21	28,07	34,87	38,87	38,22	32,31	25,88	18,96	18,96		
<b>(M+m)/2</b>	9,77	10,06	14,00	16,87	21,95	27,89	31,68	31,16	25,83	20,21	13,67	11,74	19,57	
<b>Station météorologique M'sila</b>														
<b>m (°C)</b>	5,57	4,27	7,84	10,70	16,01	21,08	24,67	24,27	19,52	14,72	8,55	4,69		<b>34,90</b>
<b>M(°C)</b>	14,43	16,31	20,63	23,51	28,37	35,17	39,17	38,52	32,61	26,18	19,26	19,26		
<b>(M+m)/2</b>	10,00	10,29	14,23	17,10	22,19	28,13	31,92	31,40	26,07	20,45	13,91	11,97	19,80	
<b>Localité de Saïda</b>														
<b>m (°C)</b>	3,42	3,37	7,86	10,77	15,95	21,84	24,98	24,42	19,59	14,79	9,34	4,94		<b>36,69</b>
<b>M(°C)</b>	14,98	15,07	20,49	23,55	30,31	34,1	40,06	39,8	33,02	27,2	20,11	15,52		
<b>(M+m)/2</b>	9,20	9,22	14,18	17,16	23,13	27,97	32,52	32,11	26,31	21,00	14,73	10,23	19,81	
<b>Station météorologique de Bousaada</b>														
<b>m (°C)</b>	3,66	3,61	8,10	11,01	16,19	22,08	25,22	24,66	19,83	15,03	9,58	5,18		<b>36,88</b>
<b>M(°C)</b>	15,41	15,50	20,92	23,98	30,74	34,53	40,49	40,23	33,45	27,63	20,54	15,95		
<b>(M+m)/2</b>	9,54	9,56	14,51	17,50	23,47	28,31	32,86	32,45	26,64	21,33	15,06	10,57	20,15	
<b>Localité de Khobana</b>														

**Avec :**

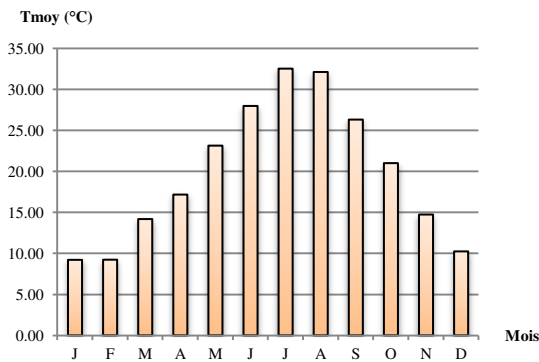
- **M** :Moyenne des températures maximales en degré Celsius.
- **m** : Moyenne des températures minimales en degré Celsius.
- **(M+m)/2**: Moyenne des températures en degré Celsius.



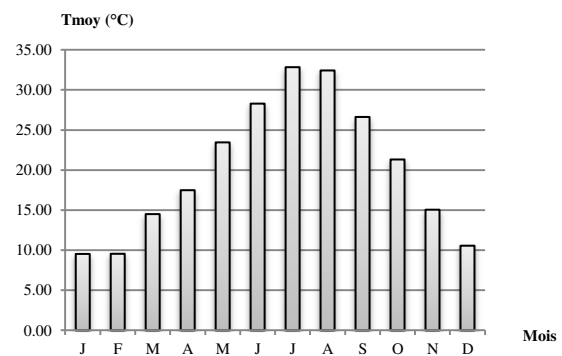
Station météorologique de M'sila



Localité de Saida



Station météorologique de Bousaada



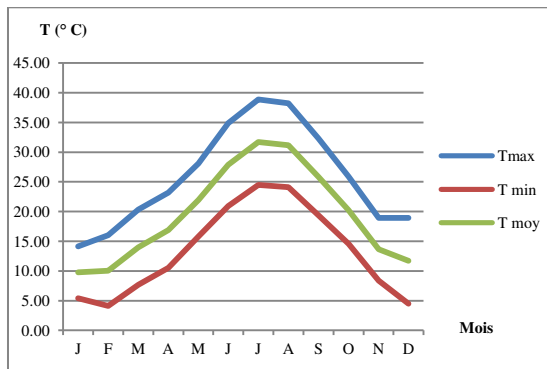
Localité de Khobana

Figure 13 : Variation des moyennes mensuelles et annuelles des températures des stations météorologiques et des localités d'étude

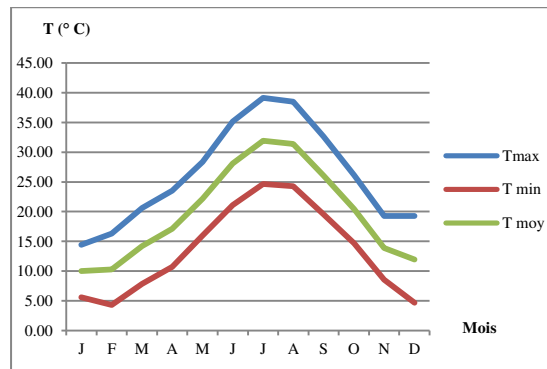
### 2-4-3-2- Températures extrêmes

En écologie, la connaissance des températures extrêmes notamment celle des minima est intéressante. Elle permet un classement relatif des espèces-climax en fonction de leur réaction aux basses températures (Djebaili, 1984).

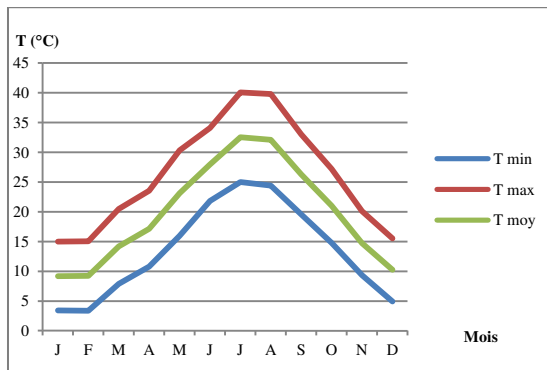
L'examen des diagrammes de températures (Fig.14) fait ressortir que les températures moyennes maximales sont enregistrées durant le mois de Juillet, soit 38,87°C à M'sila, 39,17°C à Saida, 40,06°C et 40,49°C à Bousaada et Khobana. D'autre part, la température moyenne minimale est enregistrée durant le mois de Février, varie de 4,10°C à M'sila et de 4,27°C à Saida. Elle varie de 3,37°C et 3,61°C à Bousaada et Khobana.



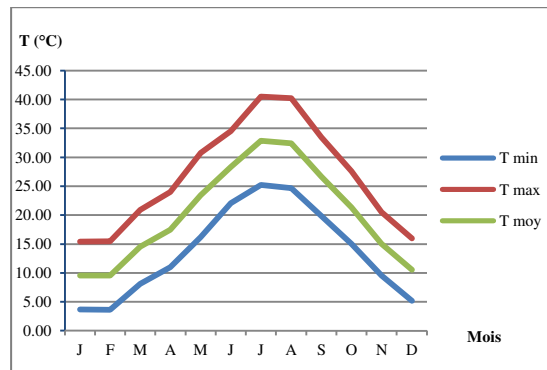
Station météorologique de M'sila



Localité de Saida



Station météorologique de Bousaada



Localité de Khobana

Figure 14 : Variation des moyennes mensuelles minimale, moyenne et maximale des températures des stations météorologiques et des localités d'étude

Selon **Sauvage (1961 in Djebaili, 1984)** : la période végétative de repos hivernale est caractérisée par les mois où  $m$  est inférieur à  $+ 3$  °C. On observe que les 2 stations météorologiques ainsi que les 2 localités ne présentent pas cette période.

#### 2-4-4-Vents

Le vent est un élément climatique desséchant dans les deux stations météorologiques. Il présente un maximum au mois d'Avril (Tab. 10 et Fig. 15). La plaine du Hodna est réputée être ventée en raison de la faiblesse des obstacles et des brises vent qui peuvent atténuer la vitesse du vent (**Hadjab, 1998**).

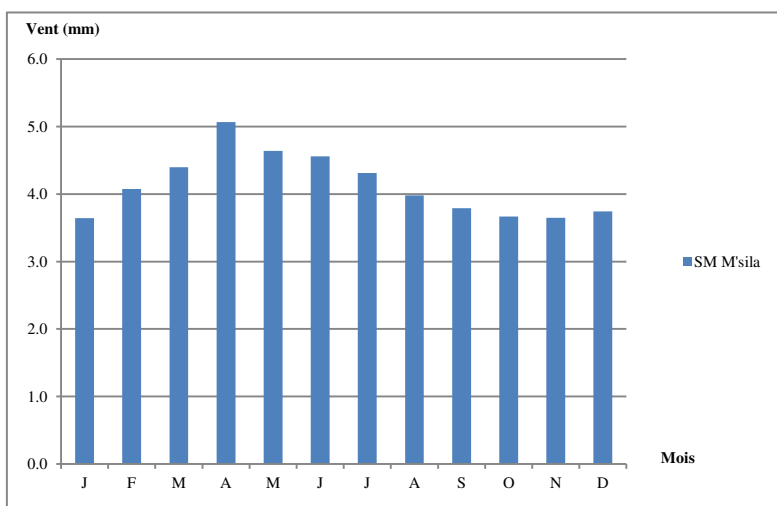
Tableau 10 : Vitesses moyennes du vent en m/s de la station de M'sila période 1989 – 2013 (St. météorologique de M'sila)

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Vitesse m/s)	3,64	4,07	4,39	5,06	4,64	4,56	4,31	3,98	3,79	3,66	3,65	3,74	4,13

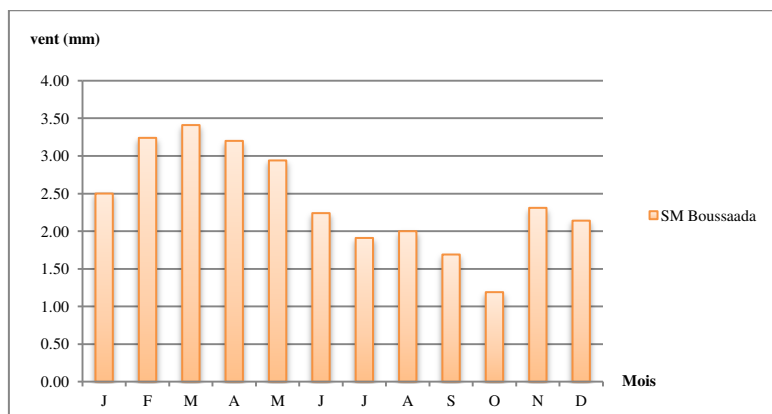
Pour la station de Bousaada la vitesse du vent atteint son maximum au mois de Mars. Ce ci engendre des vents de sable qui se manifeste dans ce milieu (Tab. 11 et Fig. 15).

Tableau 11 : Vitesses moyennes du vent en m/s de la station de Bousaada période 2004 – 2013 (St. météorologique de Bousaada)

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Vitesse (m/s)	2,50	3,24	3,41	3,20	2,94	2,24	1,91	2,00	1,69	1,19	2,31	2,14	2,40



Station de M'sila



Station de Bousaada

Figure 15 : Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent des stations météorologiques



### 2-4-5-Evapotranspiration potentielle (E.T.P.)

L'évapotranspiration potentielle est une caractéristique climatique au même titre que les autres éléments du climat (rayonnement, pluie, vent, température, ...), elle traduit la demande en eau que le climat impose aux surfaces évaporantes (**Halimi, 1980**).

L'évapotranspiration augmente et ce phénomène s'accompagne de fortes remontées de sels par ascension capillaire.

L'ETP peut être calculée à partir de plusieurs formules, on a utilisé la méthode de THORNTWAITE (1948), qui fait intervenir un seul paramètre en l'occurrence la température (**Palayan, 2003**).

$$ETP = C \times \left(16 \left(\frac{10T}{I}\right)^a\right)$$

ETP : évapotranspiration potentielle en cm

C: facteur de correction qui dépend de la latitude et du mois, est donné pour environ 35° latitude Nord de notre région.

T: la température moyenne annuelle en °C

a : indice lié à la température, on le calcule par la relation suivante :

$$a = 0,675 * 10^{-6} I^3 - 0,771 * 10^{-4} I^2 + 0,1792 * 10^{-1} I + 0,49239$$

Cette formule a été simplifiée par **Serra (1954 in Halimi, 1980)**, en :  $a = 0,016I + 0,5$

Dont (I) est l'indice thermique annuel obtenue en sommant les douze valeurs mensuels de

$$\left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \quad \text{où } t \text{ est la température moyenne mensuel en degré centigrade (°C)}$$

I et C sont donnés par THORNTWAITE sous forme de tables. (Annexe 1, tables 1 et 2)

Les valeurs moyennes de l'évapotranspiration obtenues pour la région de M'sila pendant la période 1988-2007 et la région de Bousaada période 1994-2013 (Tab. 12 et 13).

Tableau 12 : Moyennes mensuelles et annuelles de l'ETP de la région de M'sila période 1988-2013

S.M. M'sila	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Somme
<b>T</b>	9,77	10,06	14,00	16,87	21,95	27,89	31,68	31,16	25,83	20,21	13,67	11,74	
<b>I</b>	2,76	2,88	4,75	6,30	9,39	13,50	16,37	15,96	12,02	8,29	4,58	3,64	100,44
<b>ETP (NC) mm</b>	15,08	16,05	32,22	47,78	83,31	138,04	180,65	174,43	117,41	69,97	30,66	22,22	
<b>C</b>	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
<b>ETP (C) mm</b>	13,12	13,64	33,19	52,08	100,80	167,03	222,20	202,33	120,93	67,87	26,37	18,89	1038,45

Tableau 12 (suite) : Moyennes mensuelles et annuelles de l'ETP de la région de M'sila  
période 1988-2013

localité Saida	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Somme
<b>T</b>	10,00	10,29	14,23	17,10	22,19	28,13	31,92	31,40	26,07	20,45	13,91	11,97	
<b>I</b>	2,86	2,98	4,87	6,44	9,55	13,67	16,55	16,14	12,18	8,43	4,70	3,75	102,13
<b>ETP (NC) mm</b>	15,85	16,85	33,38	49,19	85,20	140,51	183,49	177,21	119,67	71,70	31,78	23,17	
<b>C</b>	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
<b>ETP (C) mm</b>	13,79	14,32	34,38	53,62	103,09	170,02	225,69	205,57	123,26	69,55	27,33	19,70	1060,32

**Avec :**

**T:** température moyenne mensuel °C

**i:** indice thermique mensuel

**ETP (NC):** évapotranspiration non corrigé (mm)

**ETP (C):** évapotranspiration corrigé (mm)

**C:** facteur de correction

Tableau 13 : Moyennes mensuelles et annuelles de l'ETP de la région  
de Bousaada période 1994-2013

S.M. Bousaada	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Somme
<b>T</b>	9,20	9,22	14,18	17,16	23,13	27,97	32,52	32,11	26,31	21,00	14,73	10,23	
<b>I</b>	2,52	2,53	4,84	6,47	10,17	13,55	17,03	16,70	12,35	8,78	5,13	2,96	103,02
<b>ETP (NC) mm</b>	13,30	13,36	33,10	49,54	93,01	138,87	190,87	185,83	122,01	75,82	35,87	16,63	
<b>C</b>	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
<b>ETP (C) mm</b>	11,57	11,35	34,09	54,00	112,54	168,04	234,77	215,56	125,67	73,54	30,85	14,14	1086,10

localité Khobana	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Somme
<b>T</b>	9,54	9,56	14,51	17,50	23,47	28,31	32,86	32,45	26,64	21,33	15,06	10,57	
<b>I</b>	2,66	2,67	5,02	6,66	10,39	13,80	17,29	16,97	12,59	8,99	5,31	3,10	105,45
<b>ETP (NC) mm</b>	14,34	14,40	34,77	51,60	95,87	142,41	195,04	189,94	125,31	78,39	37,61	17,80	
<b>C</b>	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
<b>ETP (C) mm</b>	12,47	12,24	35,81	56,24	116,00	172,31	239,90	220,33	129,07	76,04	32,34	15,13	1117,90

**Avec :**

**T:** température moyenne mensuel °C

**i:** indice thermique mensuel

**ETP (NC):** évapotranspiration non corrigé (mm)

**ETP (C):** évapotranspiration corrigé (mm)

**C:** facteur de correction

On remarque que le mois de Juillet connaît l'évapotranspiration la plus élevée (245,33mm), par contre le mois de Janvier enregistre l'E.T.P la plus faible (10,15mm).

#### 2-4-6-Evapotranspiration réel (E.T.R.)

L'ETR désigne l'évapotranspiration réelle sans tenir compte de l'abondance de l'eau à la surface évaporante (Halimi, 1980).

ETR est calculée à partir de la méthode de TURC (Tab. 14) donné par la formule suivante:

$$ETR/P = \left[ 0.9 + (P^2 / L^2) \right]^{0.5}$$

**Avec :**

**P:** pluviométrie moyenne annuelle en mm

**L:** pouvoir évaporant calculé par la formule  $L=300+25T+0.05T^3$  où T est la température moyenne annuelle en °C.

**T:** température moyenne annuelle en °C.

Tableau 14: Evapotranspiration réelle (ETR) annuelle calculée par la méthode de TURC

Lieux	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm)	ETR*P
Station météorologique M'sila	201,86	19,57	1163,90	0,96	194,67
Localité Saida	193,78	19,80	1183,43	0,96	186,56
Station météorologique Bousaada	182,94	19,81	1184,10	0,96	175,84
Localité Khobana	171,96	20,15	1212,53	0,96	164,95

D'après le tableau, on constate qu'il y a un déficit hydrique annuel de 96% ce qui est extrêmement considérable.

## 2-5- La synthèse climatique

Nous avons retenu les paramètres les plus importants, les températures, les précipitations pour définir notre type de climat.

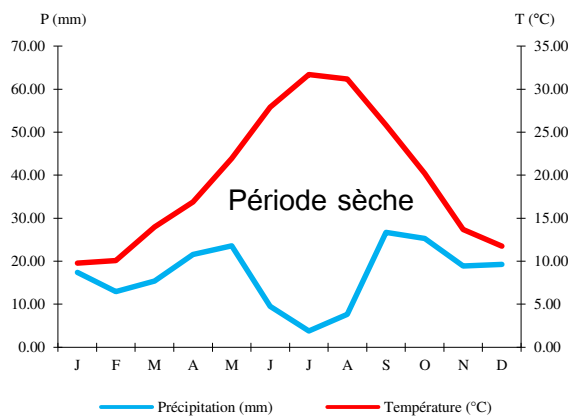
### 2-5-1- La saison sèche

#### 2-5-2-1- Diagramme ombrothermique

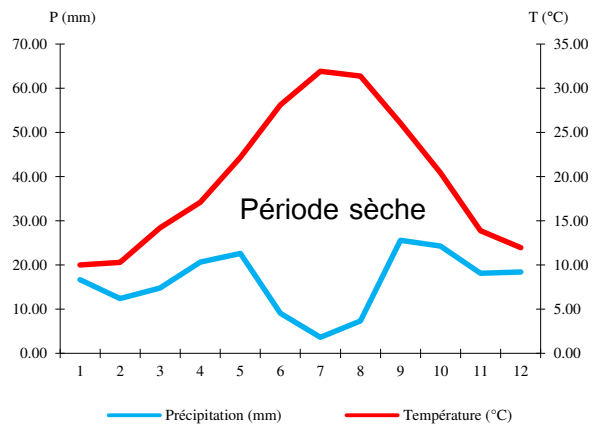
D'après **Bagnouls** et **Gaussen (1957 in Rebbas, 2014)** un mois est considéré comme sec lorsque le total des précipitations P, exprimé en mm, est égal ou inférieur au double de la température moyenne T, du mois, exprimée en degré Celsius. Il est préconiser pour délimiter la saison sèche l'établissement d'un rapport simple entre la température moyenne du mois et le nombre de millimètres de pluie tombée durant la même période et ce pour une année. Un graphique met en évidence la saison sèche et son importance dans l'année (**Bagnouls** et **Gaussen, 1953 in Carles, 1954**). Les périodes sont considérées comme sèches lorsque la pluviosité moyenne est inférieure au double de la température moyenne (**Le Houérou, 1995a**).

Quand la courbe des précipitations passe au dessous de celle des températures, la période s'étendant entre les abscisses des points d'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche, son intensité et traduite par la surface du graphe comprise entre les deux courbes pendant cette période.

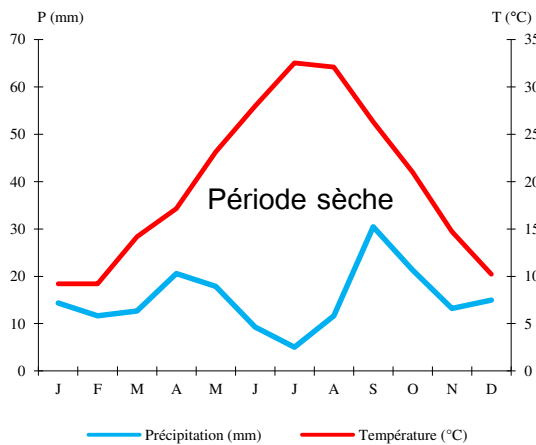
Les diagrammes ombrothermiques une fois construits à partir des moyennes disponibles de températures et de pluviosité (Fig.16), montrent l'existence d'une seule période de sécheresse s'étalant toute l'année pour les stations de M'sila et de Bousaada. Ceci est évidemment de même pour les 02 localités d'étude (Saida et Khobana) ainsi que pour toute la zone d'étude de Chott El Hodna.



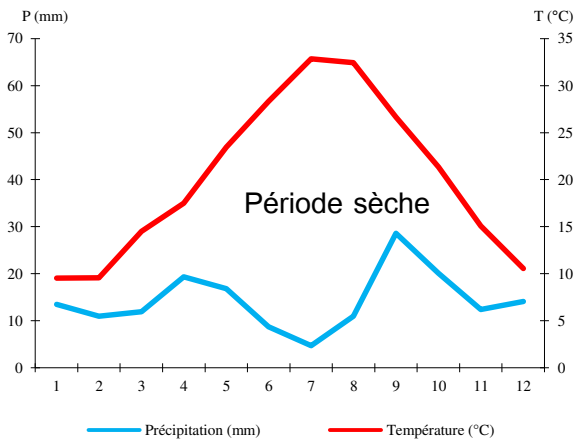
Station météorologique de M'sila



Station de Saida



Station météorologique de Bousaada



Station de Khobana

Figure 16 : Diagrammes Ombrothermiques des stations météorologiques et des localités d'étude

### 2-5-3-2- Indice pluviométrique de MORAL

**Moral (1965 in Halimi, 1980)**, établit l'indice climatique pluviométrique annuel pour faire la limite entre l'humidité et la sécheresse (l'indice annuel égale à 1 marque la limite), on utilisant pour son indice la formule suivante (Tab. 15):

$$I(A) = \frac{P}{T^2 - 10T + 200} \quad (\text{Halimi, 1980})$$

Tableau 15 : Indice pluviométrique de MORAL des stations météorologiques et des localités d'étude

Paramètre	P (mm)	T moy (°C)	I(A)	Zone
Station météorologique M'sila	201,86	19,57	0,52	Sèche
Localité Saida	193,78	19,80	0,49	Sèche
Station météorologique Bousaada	182,94	19,81	0,46	Sèche
Localité Khobana	171,96	20,15	0,43	sèche

**I(A):** Indice pluviométrique annuel

**P:** Précipitation annuelle en mm,

**T:** Température annuelle en °C,

Cet indice permet de faire la limite entre l'humidité et la sécheresse :

Si IA < 1 : la zone est sèche

Si IA > 1 : la zone est humide

Pour notre zone d'étude, les I(A) calculés sont tous < à 1 (Tab. 15) ce qui signifie que notre milieu est sec.

### 2-5-4-3- Indice d'aridité

**Perrin (1931 in Halimi, 1980)** préconise cet indice pour étudier les rapports entre le climat et la végétation.

$$\text{L'indice annuel : } A = \frac{P}{T + 10}$$

P : total des précipitations annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C), le chiffre 10 ajouté à la température pour ne pas avoir un indice négatif.

La valeur obtenue est d'autant plus basse que le climat est aride, un indice supérieur à 20 indique une humidité suffisante, la tendance à la sécheresse se manifeste entre 20 et 10, au dessous de 10 c'est l'aridité et au dessous de 5 le climat est hyperaride (Tab.16).

Tableau 16 : Indice d'aridité annuel des stations météorologiques et des localités d'étude

Station	P (mm)	T (°C)	A	Climat
Station météorologique M'sila	201,86	19,57	6,83	Aride
Localité Saida	193,78	19,80	6,50	Aride
Station météorologique Bousaada	182,94	19,81	6,14	Aride
Localité Khobana	171,96	20,15	5,70	Aride

Une fois calculé, l'indice d'aridité pour les stations météorologiques et les localités d'étude (Tab. 16) où toutes les valeurs sont inférieures à 10 ce qui montre que la zone d'étude est à climat aride.

## 2-6- Climogramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER ( $Q_2$ ), est un indice climatique qui traduit la xérite du Nord au Sud du climat méditerranéen. **Emberger et Sauvage (1961 in Djebaili, 1984)** tiennent en compte deux paramètres climatiques à savoir: précipitations et températures (Tab. 17).

$$Q_2 = \frac{1000P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)} \quad (\text{Dajoz, 2006})$$

P : Précipitation annuelle en mm  $\frac{M+m}{2}$  : Moyenne des températures annuelles

(M-m) : Amplitude thermique extrême

Où : M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en K

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en K

**NB** : T (K) = T(°C) + 273,15 (**De Parceveaux et Huber, 2007**)

Le résultat de  $Q_2$  des stations et des localités d'étude est illustré dans le tableau 17.

Tableau 17 : Valeurs du quotient pluviométrique des stations météorologiques et des localités d'étude

Lieux	P (mm)	m (°C)	M (°C)	M - m	Q2	Etage bioclimatique
M'sila	201,86	4,10	38,87	34,77	19,84	Arde inférieur à hiver tempéré
Saida	193,78	4,27	39,17	34,90	18,96	Arde inférieur à hiver tempéré
Bousaada	182,94	3,37	40,06	36,69	17,02	Arde inférieur à hiver tempéré
Khobana	171,96	3,61	40,49	36,88	15,90	Arde inférieur à hiver tempéré

Le quotient pluviométrique a l'avantage de combiner deux paramètres; la pluviométrie moyenne annuelle (P) et la moyenne thermique annuelle (M+ m)/2

- Les températures sont exprimées en Kelvin et ce pour éliminer les températures négatives en degrés Celsius.

- La représentation graphique porte la température moyenne minimale du mois le plus froid (m) sur l'axe des abscisses et  $Q_2$  sur celui des ordonnées aux valeurs du quotient correspondent les étages bioclimatiques. En principe plus  $Q_2$  est petit, plus le climat est sec.

Portées sur le climagramme d'EMBERGER, les stations météorologiques et les localités d'étude se positionnent dans l'étage bioclimatique aride inférieur à hiver tempéré (Fig.17).

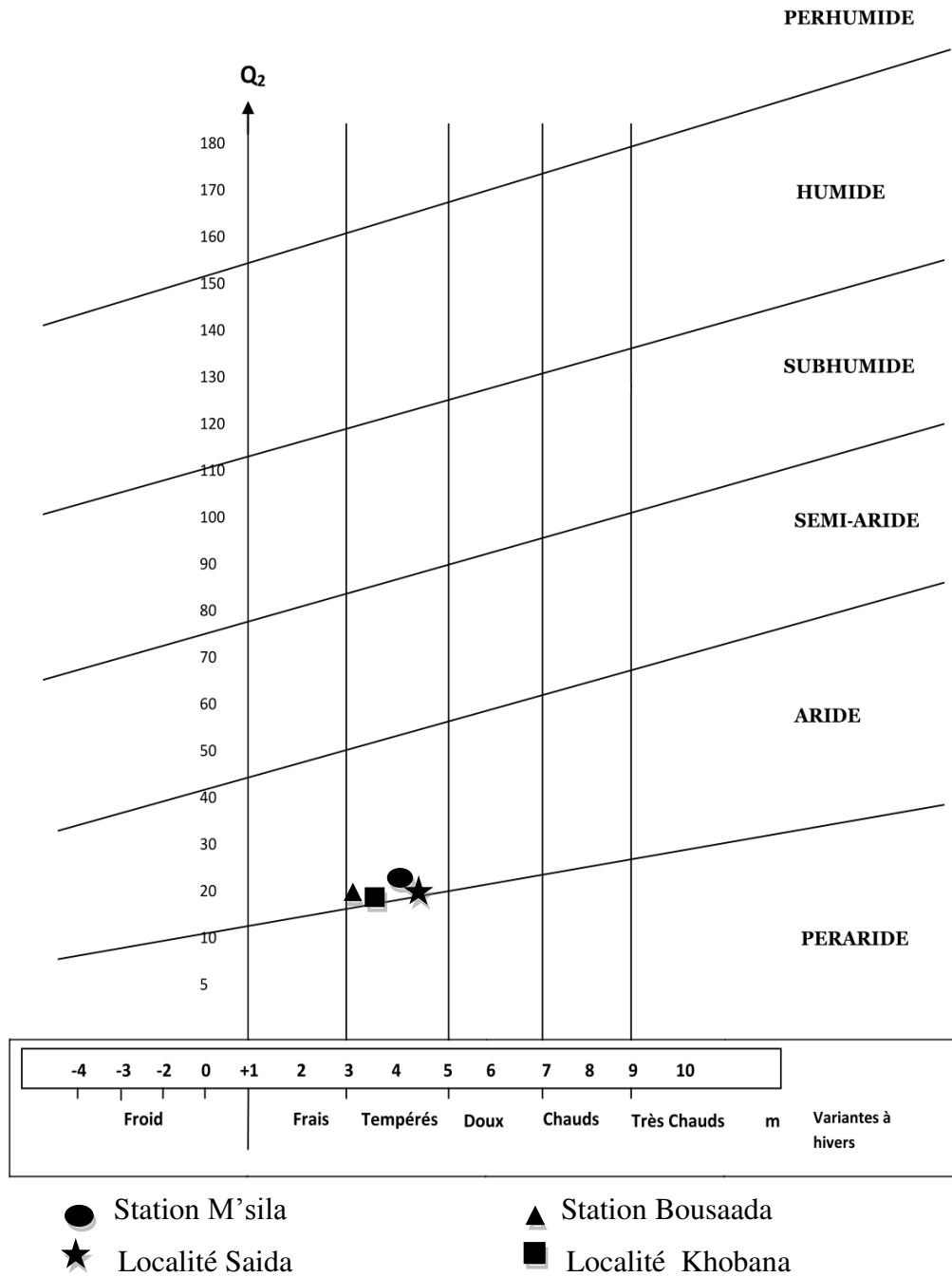


Figure 17 : Positionnement des stations météorologiques et des localités d'étude dans le Climagramme d'EMBERGER

### 3- Milieu biotique

#### 3-1- La végétation

La végétation de Chott El Hodna est une steppe crassulescente constituée par une végétation halophile tout autour de la sebka (**Le Houerou et al., 1975**). La distribution des communautés végétales de ce milieu est soumise à deux principaux facteurs : facteur d'ordre climatique (étage bioclimatique méditerranéen aride) est favorable aux steppes graminéennes ou chamaephytiques et facteur d'ordre édaphique (salinité et sables) favorise l'apparition des plantes halophiles ou psamophiles (**Kaabeche, 1995**).

#### 3-2- Phytogéographie

La hiérarchie des territoires phytochorologiques est une synthèse des proximités géographiques pondérées par les flores (**De Ruffray et al., 1989 in Meddour, 2010**). L'échelle horizontale classiquement retenue est la suivante (**Rameau, 1988 in Meddour, 2010**) : Empire, Région, Domaine (ou Province), Secteur, District. On distingue ainsi :

- Les empires floristiques, fondés sur l'endémisme des familles et des sous-familles.
- Les régions, sur la base d'un endémisme des genres et des sections des genres.
- Les domaines, caractérisés par un endémisme très marqué des espèces.
- Les secteurs, fondés sur un endémisme marqué des unités subordonnés à l'espèce.
- Les districts correspondant en principe à un début d'endémisme de taxons inférieur à l'espèce.

En outre, chaque secteur et chaque domaine phytogéographique possède un certain nombre de taxons et de syntaxons caractéristiques (**Rivas-Martinez et Rivaz Goday, 1975 in Meddour, 2010**).

Notre vaste pays fait partie intégrante du *Royaume holarctique* (sous-empire téthien ou mésogéen) et plus précisément de la région méditerranéenne (sous-région occidentale) et de la région saharo-arabique (sous-région saharienne) (**Quézel, 1978 in Meddour, 2010**).

D'après la subdivision phytogéographique de l'Afrique méditerranéenne et du Sahara de **Quézel et Santa (1962)** et de **Quézel (1978 in Meddour, 2010)**, Chott El Hodna appartient au domaine Nord-africain steppique, au secteur du Sahara Septentrional et au sous-secteur du Hodna (Fig. 18).

#### Conclusion

L'aire d'étude est la zone humide d'importance internationale de Chott El Hodna. Ce Chott est situé au Nord-Est d'Algérie. Il est l'un des plus grands du pays. C'est une zone humide continentale, aride et salée. Ecologiquement c'est une steppe s'intégrant dans l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré avec régime saisonnier des précipitations de type APHE.



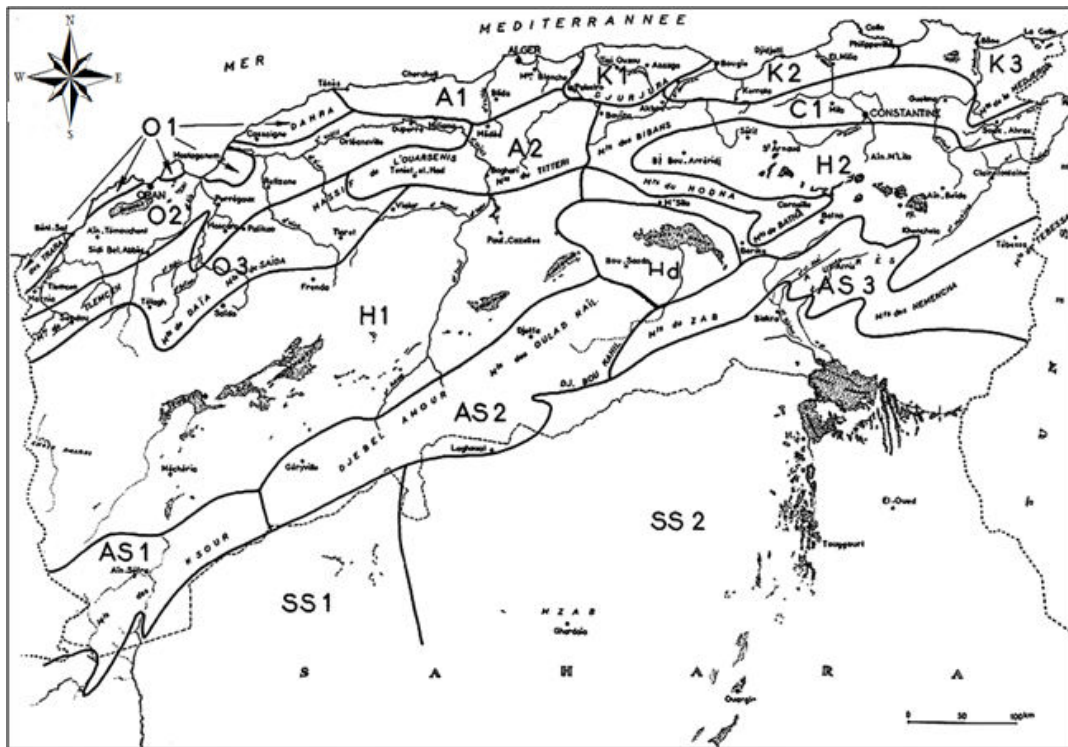


Figure 18 : Carte des sous-secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord (Quézel et Santa 1962)

**Légende :**

- K:** Secteur Kabyle et Numidien
  - KI:** Grande Kabylie
  - K 2:** Petite Kabylie
  - K 3:** Numidie (de Skikda à la frontière tunisienne)
- A:** Secteur algérois
  - A1:** Sous-secteur littoral
  - A 2:** Sous-secteur de l'Atlas Tellien
- C1:** Secteur du Tell constantinois
- O:** Secteur oranais
  - O1:** Sous-secteur des Sahels littoraux
  - O2:** Sous-secteur des plaines littorales
  - O3:** Sous-secteur de l'Atlas Tellien
- H:** Secteur des Hauts-Plateaux
  - H1:** Sous-secteur des Hauts-Plateaux algérois et oranais
  - H 2:** Sous-secteur des Hauts-Plateaux constantinois
- AS:** Secteur de l'Atlas Saharien
  - AS 1:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien oranais
  - AS 2:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois
  - AS 3:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois (y compris les Aurès)
- SS:** Secteur du Sahara Septentrional
  - Hd: Sous-secteur du Hodna**
  - SS 1:** Sous-secteur occidental du Sahara Septentrional
  - SS 2:** Sous-secteur oriental du Sahara Septentrional

## Chapitre IV

### Matériel et méthodes

#### 1- Objectifs de notre étude

L'inventaire floristique permet de dresser la liste des espèces et d'avoir ainsi une idée sur la composition floristique de ce qui existe dans le milieu d'étude. En premier lieu notre objectif vise l'inventaire de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna. Pour ce faire des relevés floristiques sont impératifs. De la flore globale inventoriée nous ferons ressortir et dresser une liste exhaustive de la flore endémique qui s'y trouve.

En second lieu on essaiera de proposer des mesures de préservation pour cette flore en général et celle endémique en particulier.

#### 2- Echantillonnage

L'écologiste compte sur les échantillonnages pour fournir une idée de la composition de la communauté (Magurran, 1988).

Nous avons effectué un échantillonnage non probabiliste. Nous avons adopté un échantillonnage mixte regroupant à la fois deux échantillonnages : le subjectif et le systématique. L'échantillonnage subjectif est défini selon Gounot (1969), comme une méthode rapide d'étude de la végétation avec des résultats précis. Cet échantillonnage dépend beaucoup de l'expérience et de l'œil attentif du manipulateur. Nous l'avons utilisé pour le choix des milieux à inventorier. Pour ce qui est de l'échantillonnage systématique, il fût utilisé en exécutant le mode répétitif des relevés dans les stations c'est à dire l'un après l'autre.

Les relevés floristiques dans onze (11) stations différentes s'intègrent à deux sites opposés. Ces sites sont situés : l'un au Nord ou site septentrional de la zone d'étude et englobe cinq (05) stations (Bir Lanate, Ain Khadra, Saida, Bouhmadou et Deghamna) et l'autre au Sud ou site méridional et totalise six (06) stations (Oued M'cif, Bir Lekraa Chott, Bir Lekraa R'mel, Khobana, Rozna et Oued Lham-Baniou) (Fig. 19).

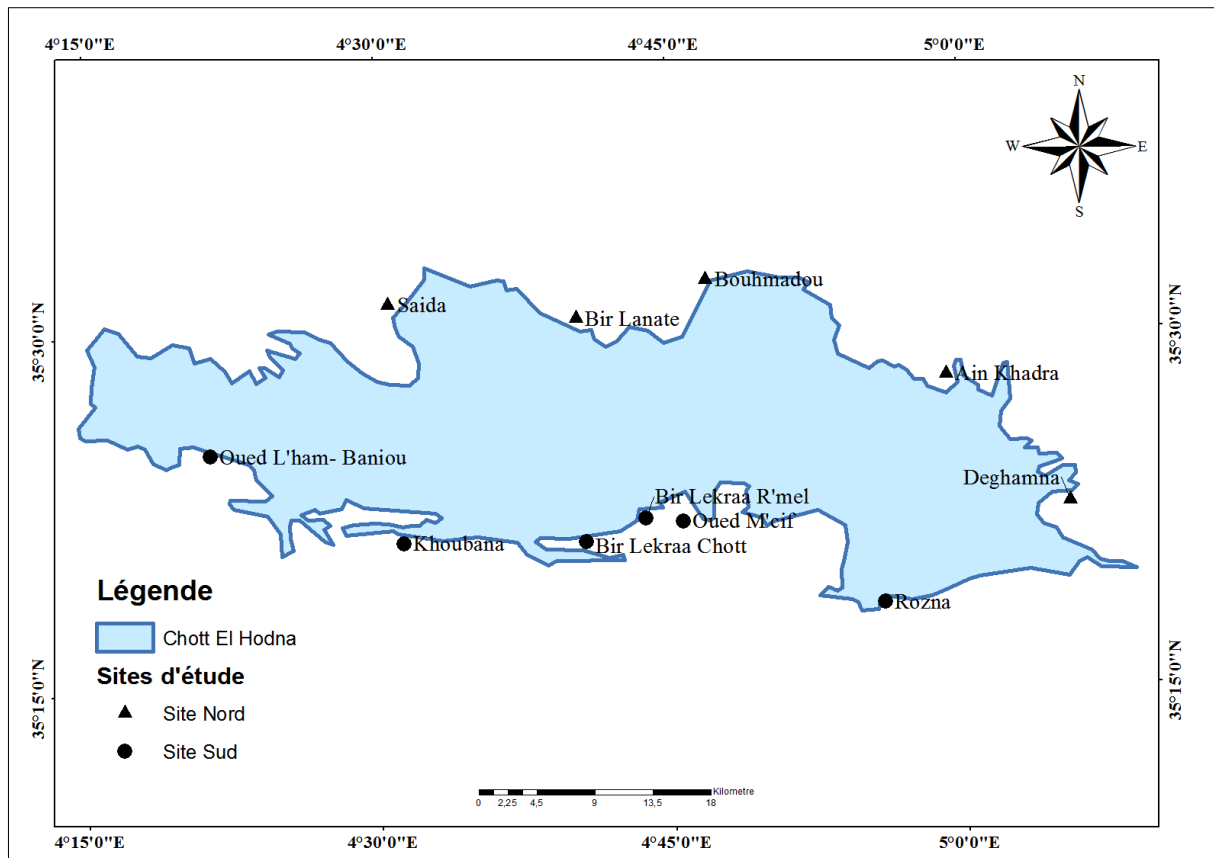


Figure19 : Répartition des stations d'étude selon les sites dans la zone humide de Chott El Hodna

**NB/** La station de Deghamna est située à l'Est de Chott El Hodna et on l'a classée dans le site Nord pour :

- Equilibrer les effectifs des stations par site.
- Ecologiquement, l'Est, est plus proche de son homologue Nord (**Zeraia, 1981**) donc les conditions mésologiques sont du moins similaires.

Lors du choix des endroits de nos relevés certains critères ont été pris en considération :

- Homogénéité floristique de la végétation (**Brethes, 1989**).
- L'accessibilité.
- L'état de diversité.
- Réduction au maximum des effets d'interférences et des zones de transitions : lieux de passage du bétail, pistes, décombres-déchets, mise en défend et zones de culture.

Dans notre zone humide de Chott El Hodna, quatre (04) milieux distincts (Tab. 18) se présentent :

- Le premier c'est les rives des oueds (Oued Mcif et Oued Lham-Baniou): les relevés floristiques ont été entrepris perpendiculairement aux ceintures de la végétation existante le long du cours d'eau.
- Le second c'est la zone dunaire (R'mel) en contact direct avec la sebkha : les relevés floristiques ont été menés suivant la toposéquence (suivant la pente du terrain du point aval au point amont). Ce milieu a été rencontré dans les stations : Bir Lekraa-R'mel, Khoubana et Oued Lham-Baniou.
- Le troisième est un terrain surplombant la sebkha (fortement mamelonné). Les mamelons sont séparés par des espaces dénudés de toute végétation et où les affleurements salins apparaissent. Le relevé dans ce milieu touche le mamelon en entier. Ce ci a concerné les stations : Ain El Khadra, Rozna et Deghamna.
- Le dernier milieu touche le chott proprement dit. Les relevés ont été réalisés selon des transects végétaux de direction Est-Ouest et Nord-Sud. Il a été effectué dans les stations : Saida, Bir Lanate, Bouhmadou, Deghamna, Rozna, Bir Lekraa Chott et Koubana.

Tableau 18 : Type de milieux d'étude et caractéristiques des relevés floristiques

Type de milieux d'étude	Caractéristiques des relevés floristiques	Stations concernées
Rives des oueds	relevés floristiques entrepris perpendiculairement aux ceintures de la végétation existante le long du cours d'eau	Oued Mcif et Oued Lham-Baniou
Zone dunaire (R'mel)	Toposéquence végétale selon la pente du terrain : de haut en bas	Bir Lekraa-R'mel, Khoubana et Oued Lham-Baniou
Terrain surplombant la sebkha (mamelonné)	Relevé végétal sur le mamelon en entier.	Ain El Khadra, Rozna et Deghamna
Chott	Transects végétaux de direction Est-Ouest et Nord-Sud	Saida, Bir Lanate, Bouhmadou, Deghamna, Rozna, Bir Lekraa Chott et Koubana.

Les distances entre les relevés floristiques sont irrégulières. Elles varient de 100 à 180m.

### 3- Nombre de relevés floristiques

D'après **Daget** et **Godron (1982)**, une liste exhaustive d'espèces végétales d'une station n'est jamais cloturée de manière définitive et ce pour divers raisons :

- La notion d'espèce est encore imprécise, et il n'est pas toujours possible de préciser le niveau taxonomique (espèce, sous espèce, variété ou race)

- Le relevé devrait être permanent pour être certain de voir aussi bien les plantes hivernales que les plantes estivales et les automnales.

- Les espèces sont souvent cachées, même dans un milieu stabilisé depuis longtemps, il reste un stock de diaspores dormantes depuis longtemps, dont la variété et l'ancienneté sont stupéfiantes (le stock semencier du sol est inestimable). Dans ce point précis, **Magurran (1988)**, note qu'il est rarement possible d'identifier tous les individus dans une communauté lors d'un inventaire.

- La surface du relevé est inférieure à celle de la station car la distribution des fréquences des espèces dans une station montre régulièrement qu'il existe un certain nombre d'espèces peu représentées, et pour que la liste soit complète il faudrait inventorier toute la surface de la station et savoir exactement où elle finit.

Un inventaire complet suppose une analyse floristique de chaque surface du terrain et à différentes époques de l'année, néanmoins 2 ou 3 passages dans la même station suffisent pour avoir une idée générale.

En premier lieu, les relevés floristiques ont été réalisés entre 2007 et 2013, au cours des saisons printanières et avec des compléments de relevés, vérification saisonnière et compléments, au total 280 relevés floristiques ont été réalisés.

En second lieu, soucieux de la région Est du Chott, pas bien explorée, la station de Deghamna a été effectuée durant le printemps 2014/2015 où 22 relevés floristiques ont été réalisés.

Pour ce qui est de la région Ouest de Chott El Hodna, la pauvreté du tapis végétal dégradé et dominé par des taxons tels que *Salsola vermiculata* L., *Peganum Harmala* L. et *Plantago albicans* L., et où aucune espèce endémique ne fût rencontrée dans les lieux. Les relevés floristiques y afférents au nombre de 17, considérés comme banales, non pas été retenus.

Le nombre total de relevés floristiques réalisés et objet d'analyse pour la présente étude sur la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna s'élève donc à **302** (Tab. 19).

Tableau 19: Répartition des relevés floristiques de la zone d'étude selon les sites et les stations

Site	Station	Nombre de relevés
Sud	Oued M'cif	42
	Bir Lekraa Chott	27
	Bir Lekraa R'mel	10
	Khobana	35
	Rozna	25
	Oued Lham-Baniou	42
<b>Total 1</b>		<b>181</b>
Nord	Bir Lanate	25
	Ain Khadra	32
	Saida	29
	Bouhmadou	13
	Deghamna	22
<b>Total 2</b>		<b>121</b>
<b>Total (1+2)</b>		<b>302</b>

#### 4- Réalisation des relevés floristiques

Les relevés de végétation sont réalisés selon les méthodes classiques, par l'établissement de la liste de toutes les espèces végétales (vasculaires) présentes sur une unité de surface préalablement déterminée au sein d'une station homogène : c'est l'aire minimale (**Hammada, 2007**).

Cette aire minimale est celle du relevé (**Hamel et al., 2013**). Ceci est la méthode Braun-Blanquet (**Guinochet, 1973**). Elle implique la prise de toutes les espèces végétales dans une surface bien définie et où chaque espèce lui a été affectée un coefficient semi-quantitative: l'abondance-dominance (**Gillet, 2000**). Cette surface minimale exprime en réalité la surface nécessaire et suffisante pour un relevé floristique (**Lacoste et Salanon, 2005**). **Colin (1970 in Frontier, 1983)** définit l'échantillon (relevé floristique) comme un fragment pris pour juger l'ensemble car il contient presque toutes les espèces qui peuvent être trouvés dans le fragment d'étude. La surface de relevé floristique dépend des conditions climatiques et stationnaires. Le

nombre d'apparition des annuelles (thérophytes) dépend aussi de ces mêmes conditions (**Djebaili, 1984**).

Il est à noter que les stations des relevés ont été matérialisées par un GPS (Global Positionning System) portable : Etrex Garmin et ce pour reconnaissance ultérieure d'une part et de l'autre pour positionner nos stations sur cartes géo-référencée du SIG (Système d'Information Géographique).

### 5- Surface du relevé floristique

Dans les communautés de la steppe plusieurs chercheurs ont utilisé différentes surfaces:

- **Djebaili (1978)** : 100m<sup>2</sup>.
- **Kaabeche (1990)** : 16m<sup>2</sup>.
- **Ayad et al. (2013)** : 16 à 20m<sup>2</sup>.
- **Bouabdallah (1992)** : 16 à 256m<sup>2</sup>.
- **Negadi et al. (2014)** : 100m<sup>2</sup>.

Pour notre part cette surface varie de 20 à 70m<sup>2</sup>.

### 6- Récolte, détermination et nomenclature des taxons

Les échantillons de plantes prélevés ont été identifiés et déterminés par l'utilisation de:

- Flore de l'Afrique du Nord de **Maire (1952-1987)**.
- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales de **Quézel et Santa (1962 et 1963)**.
- Flore du Sahara de **Ozenda (1983)**.

En plus des spécimens de plantes récoltées, une série de renseignements écologiques (mésologiques) et physiologiques qui caractérisent les conditions d'existence de l'unité échantillonnée a été prise. La nomenclature des taxons utilisée est celle de **Quézel et Santa (1962 et 1963)**. Suivant **Véla et Benhouhou (2007)**, lorsqu'un taxon est indiqué par la simple mention de «endémique» (end.), il est considéré comme endémique algérien. Il est à signaler que cinq taxons non mentionnés par la flore suscitée et précisés endémiques par la Flore du Sahara de **Ozenda (1983)** ont été pris en compte parmi les taxons endémiques dans notre zone d'étude.

La mention de la rareté dans la flore **Quézel et Santa (1962 et 1963)** est un indice unique. Cet indice comporte quatre niveaux allant par ordre décroissant : rarissime (RRR), très rare (RR), rare (R) et assez rare (AR) (**Véla et Benhouhou, 2007 et Medjahdi, 2010**). Pour notre étude et en absence totale de tout taxon rarissime (RRR), seuls trois niveaux de rareté ont été utilisés. Ils correspondent à la rareté relative pour quelques taxons de notre zone d'étude: AR : assez rare; R : rare, et RR : très rare.

Concernant les types biologiques utilisés dans notre étude on a utilisé celle de **Raunkiaer (1934)** et les indications d'**Emberger (1966)** qui stipulent l'utilisation des types biologiques réels observés sur terrain et non ceux issus de la bibliographie.

**Lahondère (1997)** rapporte que le type biologique de Raunkiaer, est le reflet du milieu sur l'espèce. L'ensemble des espèces d'un milieu doit être le reflet du type du milieu. Le système de **Raunkiaer (1934)** est basé sur la protection des bourgeons pendant les périodes critiques pour la Végétation, hiver ou été suivant les types de climat. Il distingue ainsi :

- Phanérophytes, dont les bourgeons se trouvent à plus de 25 cm de la surface du sol;
- Chaméphytes, dont les bourgeons se trouvent au-dessus du sol mais à une hauteur inférieure à 25 cm ;
- Hémicryptophytes, dont les bourgeons de rénovation se trouvent à l'intérieur de la litière du sol;
- Géophytes, dont les bourgeons se trouvent dans le sol: géophytes à rhizome, géophytes à bulbe...
- Thérophytes qui traversent la mauvaise saison à l'état de graines.

Du type biologique est dégagé le spectre biologique celui-ci est une combinaison spécifique des types biologiques exprimée en pourcentage de chaque type biologique en fonction du nombre d'espèces (**Lahondère, 1997**).

Pour ce qui est du type morphologique il a été pris en compte dans l'analyse des taxons. Il fût déterminé sur terrain et aidé souvent par les flores citées plus haut et par l'utilisation des ouvrages de **Dobignard et Chatelain (2010 - 2012)**. Et enfin pour les origines chorologiques des taxons, nous avons utilisé la même documentation précitée et qui concerne la flore.

## 7- Manipulation des relevés et des taxons

La manipulation des relevés et des taxons de notre étude, pour classement, ordination ou établissement de graphes ou figure de données, a été faite par le programme Exel sous Windows 2007.



## 8- Analyse numérique de la flore

Pour l'analyse numérique de la flore quatre (04) techniques ont été utilisées.

La première est le test de Kruskal-Wallis qui est une analyse de variance (ANOVA) non paramétrique, en comparant les médianes de plusieurs groupes univariés (données dans les colonnes). Les échantillons sont prélevés sur les populations avec des médianes égales.

La seconde est l'élaboration des cartes numérisées (Géo-référencées) par l'utilisation de l'outil de cartographie arcGIS version 10.2 développé par la société américaine *Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.)* en utilisant nos résultats et la base de données du Haut Commissariat au Développement de la Steppe (**HCDS, 2010**) sur l'occupation des terres dans les wilayas de M'Sila et Batna (zones limitrophes à la zone humide de Chott El Hodna), réalisée par le Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BNEDER) Algérie en 2005.

La troisième analyse intéresse l'indice de similarité où il existe plusieurs options d'évaluer la similitude floristique de deux listes d'espèces ou deux sites ou relevés (**Kouassi et al., 2010**). Nous avons choisi l'indice de similarité de Sørensen-Dice par ce qu'il utilise des données binaires d'espèces (**Gower, 1971 in Johnston, 1976 ; Hill et Gauch, 1980 ; Duarte et al., 1999 ; Dalirsefat et al., 2009 ; Faye, 2010 ; Kallio et al., 2011 ; Marcon, 2013 et Hammer, 2015**). Le coefficient semi-quantitatif de l'abondance-dominance en notre possession a été transformé en coefficient qualitatif de présence-absence. En effet, **Gillet (2000)** rapporte que la comparaison de relevés floristiques se font normalement en présence-absence (codage 0 ou 1 : données dites binaires), sans pondération des espèces en fonction de l'abondance-dominance.

Concernant la dernière analyse de nos résultats, nous avons utilisé la DCA (Detrended Correspondence Analysis) ou Analyse des Correspondances Redressée parce qu'elle n'est pas sujette à l'effet de l'arc et de la compression de données (**Hill et Gauch, 1980 ; Minchin, 1987 et Bouxin, 2014**) et les échantillons sont inégalement espacées le long de l'axe DCA. Les résultats obtenus par cette analyse (DCA) présentent de meilleures performances avec des données simulées comparées par rapport à une analyse des correspondances : *Correspondence Analysis (CA)* et la moyenne de réciprocité : *Reciprocal Averaging (RA)* (**Holland, 2008**).

**Hill et Gauch (1980)** ont développé cette méthode de coordination, Detrended Correspondence Analysis (DCA), pour corriger les problèmes majeurs de l'analyse des correspondances (effet de l'arc et de la compression de données). Ces problèmes sont corrigés

en deux phases: par redressement (*Detrending*) des observations ou relevés floristiques et taxons qui se présentent condensés et superposés dans un plan, et en rééchelonnant (*Rescaling*) les échantillons : relevés floristiques et taxons pour notre étude.

- *Detrending* est le processus d'élimination de l'effet d'arc. La DCA le fait en divisant le premier axe en segments, puis en centrant le deuxième axe sur zéro (**Hugh et Gauch, 1982** et **Pielou, 1987**).
- *Rescaling* est le processus de déplacer les positions des échantillons le long des axes de coordination. Rescaling est nécessaire pour qu'une distance donnée dans l'espace de coordination signifie la même chose dans différentes parties du diagramme de coordination, ou dans différents diagrammes de coordination.

Cette analyse des correspondances redressée s'est avéré être mieux que d'autres techniques de d'analyse. Elle produit des résultats qui sont faciles à interpréter dans la plupart des cas (**Hill et Gauch, 1980**).

Cette technique fonctionne bien sur des données de végétation (**Hill et Gauch, 1980**). Dans le graphique DCA, les relevés floristiques et la végétation présente (composition) d'un milieu sont influencés par les mêmes conditions environnementales (**Khaznadar et al., 2009**) et traduisent ainsi les mêmes caractéristiques du milieu ou biotope ou ils ont été rencontrés.

Ces techniques utilisées (Le test de Kruskal-Wallis de ANOVA, l'indice de similarité de Sørensen-Dice et la DCA) ont été calculées par le programme libre **PAST (PALéontological STatistics)** Version **3.05 (1999-2015)**.

## *Partie III*

### *Résultats et Perspectives de Préservation*

- *Chapitre V Résultats et discussions*
  
- *Chapitre VI Préservation de la flore*

## Chapitre V

### Résultats et discussions

#### Introduction

La zone humide de Chott El Hodna fait partie du grand bassin versant du Hodna (**Mimoune, 1995 ; Hadjab, 1998 et Le Houerou, 2009**). La végétation qui s'y trouve est confinée dans des milieux où les paramètres écologiques sont imposants et parfois décisifs (salinité, aridité, ensablement, inondation...).

C'est une partie, rappelons-le, du territoire steppique Maghrébin à caractère méditerranéen d'une part et sous influence méridionale xérique d'autre part. Sa situation géographique à l'ombre pluviométrique des monts du Hodna, son ouverture au sud aux influences du Sahara et son altitude relativement basse par rapport aux zones environnantes, lui confère un climat assez particulier où l'existence d'une auréole désertique au sein d'une zone aride est confirmée (**Le Houerou et al., 1977**). En plus de ces caractéristiques, l'activité anthropogène de part le surpâturage, le défrichement et l'éradication des ligneux (**Mimoune, 1995 et Hadjab, 1998**) contribue à l'atteinte négative de la biodiversité existante (**Daget et Poissonet, 1997**).

L'analyse de la flore de cet environnement a été menée d'une part sur la végétation globale et d'autre part sur la flore endémique rencontrée dans cette zone humide où son existence témoigne et traduit des conditions mésologiques assez particulières.

#### 1- Diversité botanique de la flore recensée

##### 1-1- Flore globale

Cette diversité botanique concerne le nombre de familles, la richesse générique et la richesse spécifique de la flore recensée dans notre milieu d'étude.

La flore globale de la zone humide de Chott El Hodna comporte une liste de **185** taxons. Un taxon (**01**) unique de gymnosperme et **184** taxons d'angiospermes dont **33** taxons pour la classe des monocotylédones (Liliopsida) et **151** taxons appartenant à la classe des dicotylédones (Magnoliopsida). Les **185** taxons sont répartis en **37** familles et englobant **127** genres (Tab. 20 et Fig. 20).

Tableau 20 : Répartition des genres et des taxons par famille botanique dans notre zone d'étude

		Genres	Taux (%)	Taxons	Taux (%)
Familles botaniques	Asteraceae	23	18.11	29	15.68
	Poaceae	21	16.54	27	14.59
	Fabaceae	11	8.66	22	11.89
	Chenopodiaceae	11	8.66	19	10.27
	Brassicaceae	10	7.87	12	6.49
	Caryophyllaceae	6	4.72	7	3.78
	Apiaceae	6	4.72	7	3.78
	Liliaceae	4	3.15	4	2.16
	Scrofulariaceae	3	2.36	3	1.62
	Plumbaginaceae	2	1.57	4	2.16
	Zygophyllaceae	2	1.57	3	1.62
	Papaveraceae	2	1.57	3	1.62
	Orobanchaceae	2	1.57	3	1.62
	Plantaginaceae	1	0.79	5	2.70
	Geraniaceae	1	0.79	4	2.16
	Tamaricaceae	1	0.79	3	1.62
	Resedaceae	1	0.79	3	1.62
	Euphorbiaceae	1	0.79	3	1.62
	Thymeleaceae	1	0.79	2	1.08
	Malvaceae	1	0.79	2	1.08
	Lamiaceae	1	0.79	2	1.08
	Frankeniaceae	1	0.79	2	1.08
	Cistaceae	1	0.79	2	1.08
	Solanaceae	1	0.79	1	0.54
	Rosaceae	1	0.79	1	0.54
	Primulaceae	1	0.79	1	0.54
	Polygonaceae	1	0.79	1	0.54
	Juncaceae	1	0.79	1	0.54
	Fumariaceae	1	0.79	1	0.54
	Ephedraceae	1	0.79	1	0.54
	Cyperaceae	1	0.79	1	0.54
	Cucurbitaceae	1	0.79	1	0.54
	Convolvulaceae	1	0.79	1	0.54
	Capparidaceae	1	0.79	1	0.54
	Boraginaceae	1	0.79	1	0.54
	Apocynaceae	1	0.79	1	0.54
	Aizoaceae	1	0.79	1	0.54
<b>Totaux</b>	<b>37</b>	<b>127</b>	<b>100.00</b>	<b>185</b>	<b>100.00</b>

la famille des Asteraceae est la plus représentée (Tab. 20). Elle renferme **23** genres avec **29** taxons différents de l'ensemble de la végétation recensée dans notre zone d'étude. Ce ci est vrai étant donné que **Quézel (1964)** rapporte que les Composées (Asteraceae) est la famille la mieux représentée dans la flore algérienne.

Certaines familles, spécifiquement pauvres c'est à dire représentées par un seul genre et qui ne sont du point de vue spécifique que des monospécifiques ou des singletons (**Magurran, 2004** et **2005**) ou des bispécifiques ou des doubletons (**Magurran, 2004**) non pas été pris en considération lors de l'établissement de la figure ci-dessous qui stipule la distribution des genres et des taxons par famille botanique (Fig. 20).

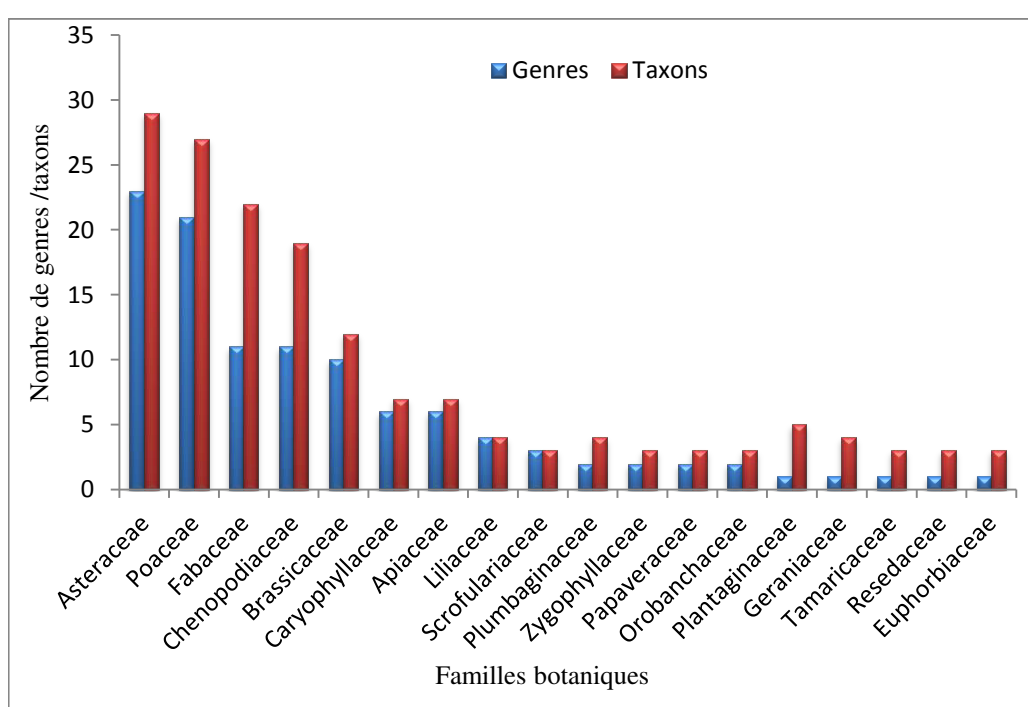


Figure 20 : Répartition des genres et des taxons dans les familles botaniques les plus représentées dans notre zone d'étude

En effet, dans l'analyse des familles botaniques les plus prépondérantes dans la flore algérienne, et après les Composées, ce sont : Caryophyllées (Caryophyllaceae), Légumineuses (Fabaceae), Crucifères (Brassicaceae), Ombellifères (Apiaceae) et Graminées (Poaceae) qui s'imposent (**Quézel, 1964**). Pour notre cas, et après les Asteraceae, on a les : Poaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae et Apiaceae qu'on rencontre. La présence des Chenopodiaceae (**11** genres et **19** taxons) au quatrième rang après les Asteraceae, les Poaceae et les Fabaceae, témoigne de biotopes assez particuliers. En effet, **Emery-Barbier (1988)** et **Koull & Chehma (2013)** rapportent que certaines

Chénopodiacées sont des halophytes liées localement à l'aridité et à la salinité du substrat et ce qui est le cas pour notre zone d'étude.

### **1-1-1- Richesse générique**

La zone d'étude compte **127** genres (Tab. 20). La famille des Asteraceae (Composées) est la plus représentée : **23** genres, suivie par les Poaceae (graminées) avec **21** genres. Les Fabaceae et les Chenopodiaceae sont représentées chacune par **11** genres. Les Brassicaceae et les Caryophyllaceae avec **06** genres et quant aux Apiaceae, elles présentent **4** genres. Le reste des familles sont peu représentées.

### **1-1-2- Richesse spécifique**

La richesse spécifique est apparue presque identique comme la richesse générique citée plus haut où les familles génériquement dominantes le sont aussi spécifiquement. Mais il est tout de même impératif de signaler d'une part que **14** familles sont monogénériques et monospécifiques (Solanaceae, Rosaceae, Primulaceae, Polygonaceae, Juncaceae, Fumariaceae, Ephedraceae, Cyperaceae, Cucurbitaceae, Convolvulaceae, Capparidaceae, Boraginaceae, Apocynaceae et Aizoaceae). D'autre part, il ya **05** familles qui sont monogénériques et bispécifiques (Thymeleaceae, Malvaceae, Lamiaceae, Frankeniaceae et Cistaceae).

### **1-2- Flore endémique**

La végétation endémique de Chott El Hodna recèle **31** taxons endémiques. Elle renferme uniquement **02** taxons pour la classe des monocotylédones et **29** taxons pour la classe des dicotylédones. L'ensemble des taxons se répartisse sur **16** familles botaniques soit plus de **40%** du totale des familles présentes dans notre zone d'étude. Ces familles renferment **28** genres différents (Tab. 21).

Tableau 21 : Répartition des genres et du nombre de taxons endémiques dans les familles botaniques de notre zone d'étude

		Genres	Taux (%)	Taxons	Taux (%)
<b>Familles botaniques</b>	Brassicaceae	4	14.29	4	12.90
	Fabaceae	3	10.71	4	12.90
	Asteraceae	3	10.71	3	9.68
	Plumbaginaceae	2	7.14	3	9.68
	Apiaceae	2	7.14	2	6.45
	Caryophyllaceae	2	7.14	2	6.45
	Poaceae	2	7.14	2	6.45
	Scrophulariaceae	2	7.14	2	6.45
	Euphorbiaceae	1	3.57	2	6.45
	Papaveraceae	1	3.57	1	3.23
	Boraginaceae	1	3.57	1	3.23
	Frankeniaceae	1	3.57	1	3.23
	Orobanchaceae	1	3.57	1	3.23
	Solanaceae	1	3.57	1	3.23
	Thymeleaceae	1	3.57	1	3.23
Zygophyllaceae	1	3.57	1	3.23	
<b>Totaux</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>100.00</b>	<b>31</b>	<b>100.00</b>

En effet, les familles les plus représentées du point de vue générique sont les Brassicaceae (**14.29%**), les Fabaceae (**10.71%**) et les Asteraceae (**10.71%**) (Tab. 21 et Fig. 21).



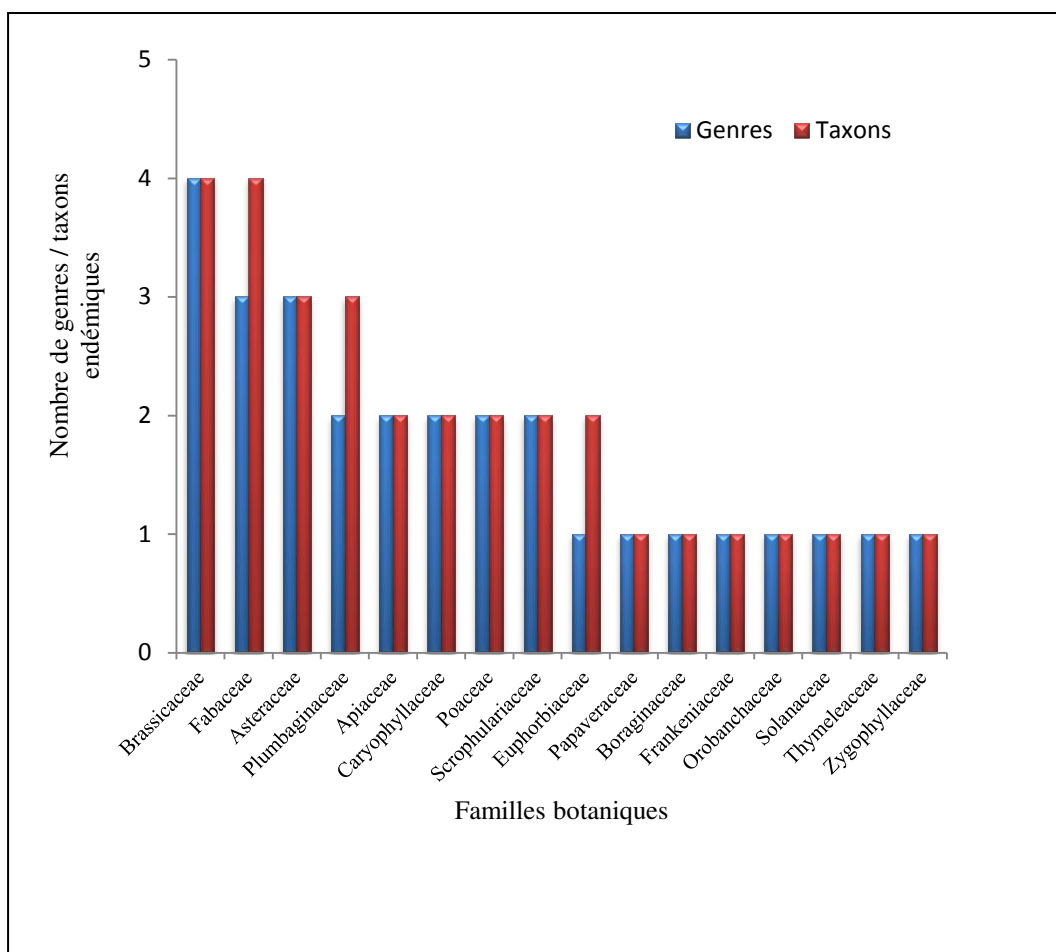


Figure 21 : Distribution des familles par genre et par taxon endémique dans notre zone d'étude

### 1-2-1- Richesse générique

L'analyse de notre flore endémique nous a donnée **28** genres où trois seulement sont bispécifiques (*Astragalus*, *Limonium* et *Euphorbia*) et quant au reste des genres soit **25** genres, ils sont tous monospécifiques (Tab. 22).

Tableau 22: Répartition par genre et par nombre de taxons endémiques dans les familles

Familles	Genres	nombre de taxons	Familles	Genres	nombre de taxons
Brassicaceae	<i>Enarthrocarpus</i>	1	Poaceae	<i>Oropetium</i>	1
	<i>Ammosperma</i>	1		<i>Aristida</i>	1
	<i>Pseuderucaria</i>	1	Asteraceae	<i>Anthemis</i>	1
	<i>Diploaxis</i>	1		<i>Anacyclus</i>	1
Fabaceae	<i>Astragalus</i>	2	Scrofulariaceae	<i>Rhantherium</i>	1
	<i>Melilotus</i>	1		<i>Scrofularia</i>	1
	<i>Hedysarum</i>	1		<i>Linaria</i>	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	2	Zygophyllaceae	<i>Zygophyllum</i>	1
Plumbaginaceae	<i>Limoniastrum</i>	1	Solanaceae	<i>Lycium</i>	1
	<i>Limonium</i>	2	Orobanchaceae	<i>Cistanche</i>	1
Apiaceae	<i>Pituranthos</i>	1	Frankeniaceae	<i>Frankenia</i>	1
	<i>Daucus</i>	1	Papaveraceae	<i>Hypecoum</i>	1
Caryophyllaceae	<i>Silene</i>	1	Thymeleaceae	<i>Thymelea</i>	1
	<i>Herniaria</i>	1	Boraginaceae	<i>Echiochilon</i>	1
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>14</b>

### 1-2-2- Richesse spécifique

La richesse spécifique a laissé apparaître que **25** taxons, soit **80.65 %** de la richesse spécifique, sont pour les genres présentant des singletons (**Magurran, 2004 et 2005**). Les **06** espèces restantes, soit **19.35 %**, sont rattachées à seulement **03** genres (*Astragalus*, *Euphorbia* et *Limonium*).

## 2- Formes biologiques de la flore recensée

Pour l'étude de la flore, nous entamons la diversité floristique qui comprend trois niveaux : biologique, morphologique et territoires phytogéographiques (Chorologie).

### 2-1- Type biologique

#### 2-1-1- Flore globale

L'examen des types biologiques de l'ensemble de la végétation recensée (Tab. 23) a révélé que les thérophytes en nombre de **111** dominent les lieux avec **60%**.

Tableau 23 : Répartition des types biologiques de la flore globale de la zone d'étude

Type biologique	Nombre de taxons	Taux (%)
Thérophytes (Th)	111	60.00
Chamaephytes (Ch)	35	18.92
Hémicryptophytes (He)	19	10.27
Géophytes (Ge)	13	07.03
Phanérophytes (Ph)	07	03.78
<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>100.00</b>

Les types restants : chamaephytes, hémicryptophytes, géophytes et phanérophytes n'ont que de faibles présences par rapport au groupe des thérophytes dont la présence est relativement écrasante (Figure 22).

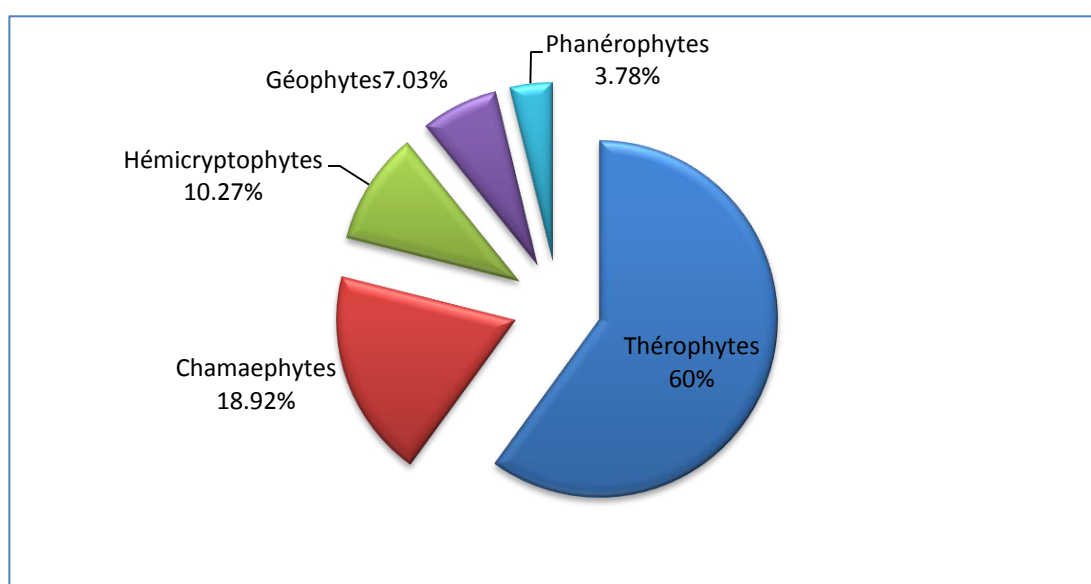


Figure 22 : Spectre biologique de la flore globale de la zone d'étude de Chott El Hodna

Pour sa part **Hammada (2007)**, dans son étude sur la végétation des zones humides du Maroc, a trouvé que c'est les thérophytes qui abondent et les phanérophytes restent les moins représentées. **Djebaili (1984)** note que le nombre des annuelles (thérophytes) dépend des conditions climatiques et des conditions stationnaires (écologiques) du milieu en question.

Les types biologiques de la zone d'étude concordent avec ceux trouvés par **Kaabeche (1995)** à Chott El Hodna : thérophytes 54%, chamaephytes 33%, hémicryptophytes 10%, cryptophytes (géophytes) 10% et phanérophytes 3%. Les types biologiques de notre zone d'étude se présentent comme suit :

$$\mathbf{Th > Ch > He > Ge > Ph}$$

**Hammada et al. (2004)** rapportent, lors de l'analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc, que l'abondance des thérophytes peut être expliquée par la forte présence des habitats saisonniers, propices au développement de plantes annuelles à germination et à croissance rapides.

### 2-2-2- Flore endémique

Les taxons endémiques rencontrés dans notre zone d'étude présentent une nette dominance des thérophytes de près de **50%** comparée aux autres types présents (Tab.24)

Tableau 24 : Répartition des types biologiques des taxons endémiques

Type biologique	Nombre	Taux (%)
Thérophytes (Th)	15	48.39
Chamaephytes (Ch)	9	29.03
Hémicryptophytes (He)	4	12.90
Phanérophytes (Ph)	2	6.45
Géophytes (Ge)	1	3.23
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>100.00</b>

Les géophytes, les phanérophytes et les hémicryptophytes sont faiblement représentées (Fig. 23).

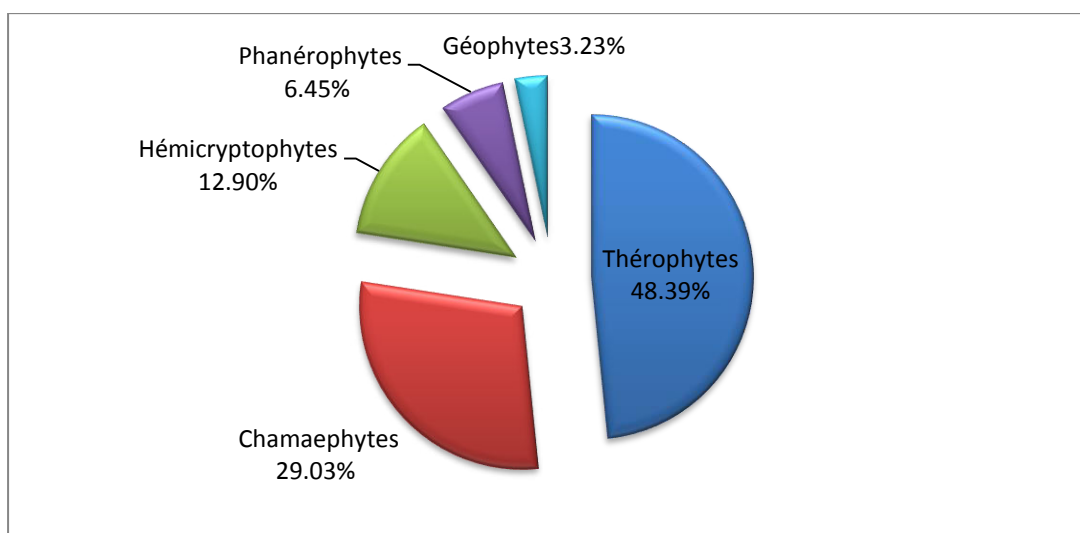


Figure 23 : Spectre biologique de la flore endémique de Chott El Hodna

Les types biologiques de la flore endémique relative à notre zone d'étude se schématisent comme suit:

$$\mathbf{Th > Ch > He > Ph > Ge}$$

**Negadi et al. (2014)**, lors de l'étude de la flore rare et menacée de la région d'El Bayadh (Algérie), trouvèrent dans la station de Sebkhia Chott El Chergui : 60 % de Thérophytes, 14% de Chaméphytes et respectivement pour les Hémicryptophytes (11%), Géophyte (09%) et les Phanérophytes (06%). Ces résultats concordent plus ou moins avec ceux que nous avons trouvé à Chott El Hodna.

Cet état de fait est peut être du aux facteurs de stress omniprésents dans notre zone d'étude. En plus de l'aridité prononcée, l'évaporation élevée et l'insolation intense on a la salinité du sol du chott (pression osmotique conséquente) d'une part et le milieu ensablé (trop filtrant) d'autre part qui sont des biotopes pas très favorables aux espèces surtout pérennes citées plus haut et qui demeurent pas très abondantes.

Cette dominance des thérophytes par rapport aux autres types biologiques présents laisse divers explications plausibles :

- Cette abondance est en rapport avec le stade successional. Il faut admettre que notre zone d'étude est un milieu ouvert et demeure donc au stade pionnier de part le climat qui est assez défavorable et de la pression anthropogène telle que le

surpâturage (**Kadi-Hanifi et al., 2005**) ou tout à fait le contraire comme le cas d'un stade successional régressif (**Turcati , 2011**) où c'est les annuelles qui dominant.

- L'abondance des thérophytes est en rapport avec l'aridité du milieu (**Negadi et al., 2014**).
- **Daget (1980 in Benaradj et al., 2012)** rapportent que la thérophytisation (abondance des thérophytes) est une caractéristique des zones arides, elle exprime une stratégie d'adaptation vis-à-vis des conditions défavorables et d'une forme de résistance aux rigueurs climatiques.
- La forte présence des thérophytes dénote l'ouverture du couvert végétal en question (**Berrached et al., 2013**).

Aussi **Negadi et al. (2014)** rapportent que la chamaephytisation (abondance des Chamaephytes) semble très liée à la dégradation d'origine anthropique du milieu avec la prolifération des espèces peineuses et qui sont abondantes dans notre zone d'étude : *Astragalus armatus* Lam. où même une espèce Hémicryptophyte non endémique devient dans ce milieu aussi peineuse : *Phragmites communis* Trin comme le signale **Ozenda (1983)**.

## 2-2- Type morphologique

Le type morphologique est en rapport avec l'état de la végétation et évidemment avec le type biologique cité plus haut. Il nous indique sur la structure de la végétation. Cette dernière est composée d'espèces qui peuvent être pérennes ligneuses vivaces et herbacées vivaces ou annuelles.

### 2-2-1- Flore globale

Le nombre des herbacées annuelles atteint les **111** taxons soit **60%** de l'ensemble de la flore. Les herbacées vivaces et ligneuses vivaces ne sont représentées que par **46** et **28** taxons avec respectivement des taux de **15.14%** et **24.86%** (Tab. 25).

Tableau 25 : Importance des types morphologiques dans la zone d'étude

Type morphologique	Nombre de taxons	Taux (%)
Ligneuses vivaces	28	15.14
Herbacées vivaces	46	24.86
Herbacées annuelles	111	60.00
<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>100</b>

### 2-2-2- Flore endémique

La végétation endémique de notre zone d'étude présente un nombre d'herbacées annuelles de **15** soit près de **50%** de l'ensemble de la flore endémique (Tab.26). Les herbacées vivaces et ligneuses vivaces ne sont représentées que par **08** taxons chacun avec un taux identique de **25.81%**.

Tableau 26 : Importance des types morphologiques de la flore endémique

Type morphologique	Nombre de taxons	Taux (%)
Ligneuses vivaces	8	25.81
Herbacées vivaces	8	25.81
Herbacées annuelles	15	48.39
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>100</b>

Ces résultats sont concordants avec ceux des types biologique et spécialement les résultats pour les thérophytes qui ont été majoritaires dans la flore globale ou même celle endémique.

### 2-3- Territoires phytogéographiques : Chorologie

La multitude des types chorologiques qui sont plus de **50** types pour notre zone d'étude, dénote sa richesse. Pour une meilleure exploitation des résultats nous avons créé des ensembles ou classes au nombre de 08 et dans lesquels tous les types chorologiques que nous avons en notre possession y sont classés (Tab.27). Dans ce classement on a tenu compte de l'origine biogéographique existant en fonction de la Méditerranée en tant que zone géographique centrale.

Tableau 27: Classement des types chorologiques de la zone humide de Chott El Hodna

Classes créées	Types chorologiques selon <b>Quézel et Santa (1962)</b>
<b><i>Méditerranéen</i></b>	Méditerranéen, Algérien, Est Méditerranéen, Ouest Méditerranéen, Algéro-Tunisien, Circumméditerranéen, Afrique du Nord, Méditerranéo-Steppique, Espagne Algérie-Tunisie, Algéro-Marocain, Afrique du Nord et Espagne, Méditerranéo-Atlantique, Sud Méditerranéen et Est Nord Africain.
<b><i>Cosmopolite</i></b>	Cosmopolite, Subcosmopolite et Thermocosmopolite.
<b><i>Méditerranéen Septentrional</i></b>	Euro-Méditerranéen, Sub-Méditerranée-Sibérie, Ancien Monde, Eurasie-Nord Afrique et Eurasie-Nord Afrique- Tripolitain.
<b><i>Méditerranéen Méridional</i></b>	Sud Méditerranéen- Sahara, Méditerranéen et Tropical, Macaronésie-Méditerranée, Sahara-Sind-Méditerranée, Méditerranée-Sahara-Sindien, Méditerranée - Sahara - Iran-Touran et Méditerranée-Sahara .
<b><i>Iso latitudinal Méditerranéen</i></b>	Méditerranée- Iran-Touran et Macaronésie-Méditerranée-Irano-Tour, Espagne-des Canaries à l'Egypte à Asie Occidentale et du Maroc à l'Egypte.
<b><i>Atlantique</i></b>	Sud Marocain et Ibéro-Mauritanien.
<b><i>Méridionale</i></b>	Sahara-Sindien, Sahara, Paléo-Subtropicale, Sahara-Sind-Subtropical, Nord tropical, Sahara-Sind- Iran-Touran, Sahara - Afrique du Sud, Tropical, Méditerranée-Sahara-Iran-Touran, Nord et sud Sahara, Ouest et sud Sahara, Sahara- Iran-Touran, Saharo-Arabe, Nord Tropicale et Sahara- Sind-Afrique.
<b><i>Nordique</i></b>	Paléotempéré, Eurasiatique, Iran-Touran-Europe, Européen et Circumboréale.

### 2-3-1- Flore globale

L'ensemble des taxons recensés ont plus une tendance Méditerranéenne, Méridionale et enfin une affinité Méditerranéenne- Méridionale (Tab. 28).



Tableau 28 : Origine biogéographique de la flore globale de la zone humide de Chott El Hodna

Origines chorologiques proposés	Oued M'cif	Bir Lekraa Chott	Bir Lekraa R'mel	Deghamna	Bir Lanate	Rozna	Ain Khadra	Khobana	Oued Lham-Baniou	Saida	Bouhmadou
<i>Méditerranéen</i>	25	23	13	25	23	23	32	36	36	25	9
<i>Cosmopolite</i>	7	6	-	6	2	5	3	5	7	7	1
<i>Méditerranéen Septentrional</i>	1	-	1	2	1	1	3	5	2	2	-
<i>Méditerranéen Méridional</i>	8	6	4	8	7	7	10	10	11	8	2
<i>Iso latitudinal Méditerranéen</i>	6	3	1	6	4	4	6	4	4	4	2
<i>Atlantique</i>		-	-	-	1	-	-	3	1	2	-
<i>Méridionale</i>	10	13	12	15	7	15	11	20	24	15	5
<i>Nordique</i>	10	2	-	2	3	2	4	2	2	6	2
<i>Total</i>	<b>67</b>	<b>53</b>	<b>31</b>	<b>64</b>	<b>48</b>	<b>57</b>	<b>69</b>	<b>85</b>	<b>87</b>	<b>69</b>	<b>21</b>

En effet, des études récentes sur la steppe algérienne ont révélé la dominance du type phytochorique Méditerranéen sur les autres types présents (**Berrached et al., 2013** et **Negadi et al., 2014**).

### 2-3-2- Flore endémique

Les endémiques présentent une affinité totale envers les origines chorologiques Méditerranéen et Méridionale (Tab.29) et ce ci est en rapport certain de notre zone d'étude qui est située à cheval entre la zone Méditerranéenne au nord et la zone saharienne au sud et ce en plus de la particularité de son biotope vis-à-vis du climat étant donné qu'elle présente une auréole désertique à l'intérieure d'une zone aride comme il a été mentionné au chapitre III relatif à la présentation du milieu d'étude.

Tableau 29 : Origine biogéographique de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna

Origines chorologiques proposés	Oued M'cif	Bir Lekraa Chott	Bir Lekraa R'mel	Deghamna	Bir Lanate	Rozna	Ain Khadra	Khobana	O Lham-Baniou	Saida	Bouhmadou
Méditerranéen	5	8	3	6	4	5	6	8	9	5	3
Cosmopolite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Méditerranéen Septentrional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Méditerranéen Méridional	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Iso latitudinal Méditerranéen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Atlantique	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-
Méridionale	1	2	4	3	1	4	2	4	6	2	1
Nordique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>4</b>

Ce ci dit, il est plus intéressant donc de revoir les origines biogéographiques et d'en proposer d'autre plus précis, plus concret et loin des expressions étatiques mais plus ciblés envers les régions naturelles et où les inventaires devraient s'opérer périodiquement et non occasionnellement ou très rarement. En effet les origines chorologiques proposés concordent bien avec ceux de notre zone d'étude où **Quézel** et **Santa (1962)** place le Hodna dans la Sous-région saharo-arabique et se rapportant au Domaine maghrébin-steppique.

Toutefois, la richesse et la multitude qu'a révélé notre zone d'étude que ce soit la flore globale ou la flore endémique confirme les propos de **Kaabeche (1990)** où le Hodna se rapporte au domaine saharo-méditerranéen dans sa partie méridionale et au domaine Maghrébin-steppique dans sa partie septentrionale. Parfois, la présence de certains taxons le laisse bien intégré au Nord : Domaine Maghrébin-méditerranéen.

### 3- Rareté et espèces protégées

Concernant la rareté des espèces parmi les taxons endémiques, la zone humide de Chott El Hodna en recèle 16 taxons (Tab.30).

Tableau 30 : Répartition des taxons endémiques rares de la zone humide de Chott El Hodna par site d'étude et par famille botanique

Taxons	Familles botaniques	Rareté	Occurrence*	
			Sud	Nord
<i>Astragalus armatus</i> Willd ssp. <i>tragacanthoides</i> (Desf.) Maire	Fabaceae	RR	1	-
<i>Melilotus macrocarpa</i> Coss. et Dur.		RR	1	-
<i>Hedysarum carnosum</i> Desf.		R	2	4
<i>Cistanche violacea</i> (Desf.) Beck.	Orobanchaceae	AR	1	1
<i>Limonium cymuliferum</i> (Boiss.) Sauv. et Vindt.	Plumbaginaceae	AR	2	-
<i>Limonium pruinosum</i> (L.) Kuntze		R	2	4
<i>Limoniastrum guyonianum</i> Dur.		R	3	-
<i>Euphorbia dracunculoides</i> Lamk. ssp. <i>Flamandi</i> (Batt) Maire	Euphorbiaceae	R	2	2
<i>Oropetium africanum</i> (Coss. Et Dur.) Chiov.	Poaceae	R	1	-
<i>Aristida obtusa</i> Del.		AR	1	-
<i>Linaria laxiflora</i> Desf.	Scrofulariaceae	RR	2	-
<i>Echiochilon fruticosum</i> Desf.	Boraginaceae	R	1	-
<i>Ammosperma cinereum</i> (Desf.) Hook.	Brassicaceae	AR	1	1
<i>Pseuderucaria teretifolia</i> (Desf.) O.E.Schulz		AR	-	1
<i>Diplotaxis pitardiana</i> Maire		R	2	1
<i>Daucus biseriatus</i> Murb.	Apiaceae	AR	1	-

(\*) Occurrence des stations dans les sites

AR : assez rare, R : rare et RR : très rare.

La distribution des taxons endémiques selon le degré de rareté est comme suit :

- **06** taxons assez rares.
- **07** taxons rares.
- **03** taxons très rares.

Suivant les résultats obtenus (Tab. 32) et concernant la rareté par site (Sud ou Nord) des taxons endémiques nous avons :

- **06** taxons communs aux deux sites dont **02** taxons assez rares (AR) : *Cistanche violacea* (Desf.) Beck. et *Ammosperma cinereum* (Desf.) Hook. et **04** taxons rares (R) : *Hedysarum carnosum* Desf., *Limonium pruinosum* (L.) Kuntze, *Euphorbia dracunculoides* Lamk. ssp. *Flamandi* (Batt) Maire et *Diplotaxis Pitardiana* Maire.

- **09** taxons relatifs au site Sud dont **03** taxons assez rares (AR) : *Limonium cymuliferum* (Boiss.) Sauv. Vindt, *Aristida obtusa* Del. et *Daucus biseriatus* Murb., **03** taxons rares (R) : *Limoniastrum guyonianum* Dur., *Oropetium africanum* (Coss. et Dur.) Chiov. et *Echiochilon fruticosum* Desf. et **03** taxons très rares (RR) : *Astragalus armatus* Willd ssp. *tragacanthoides* (Desf.) Maire, *Melilotus macrocarpa* Coss. et Dur. et *Linaria laxiflora* Desf.
- **01** taxon assez rare (AR) relatif au site Nord : *Pseuderucaria teretifolia* (Desf.) O.E.Schulz.

Pour ce qui est des espèces ayant un statut de protection, la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna ne présente aucun taxon inscrit sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) ou cité dans la réglementation nationale.

Toutefois, quatre taxons non endémiques, présents au niveau de notre zone d'étude, sont protégés au niveau national par le Décret exécutif n°12-03 du 04 Janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées en Algérie. Il s'agit de:

- *Helianthemum Lippii* (L.) Pers. var. *sessiliflorum* (Desf.) Murb. (Cistaceae)
- *Ononis natrix* L. ssp. *polydada* (Murb.) Sirj. (Fabaceae)
- *Centaurea microcarpa* Coss. (Asteraceae)
- *Ephedra alata* Dec. (Ephedraceae)

#### 4- Etat sanitaire, plantes invasives et plantes toxiques

L'inventaire de la flore de la zone humide de Chott El Hodna a révélé, et ce malgré la forte pression anthropogène sur les milieux environnants, une flore naturelle adaptée à son biotope et saine et toute invasion.

La liste exhaustive de notre zone d'étude qui englobe **185** taxons, tous cités dans les flores utilisées ne recèle aucune espèce introduite naturalisée et envahissante telle que :

- *Aster squamatus* (Sprengel) Hieronymus : Originaire d'Amérique latine mais qui n'a pas été rencontrée.
- *Erigeron canadensis* L.: Originaire d'Amérique mais qui n'a pas été rencontrée.

Cet état de fait reflète bien l'état sanitaire sain de notre flore néanmoins la présence d'un taxon considéré comme toxique pour le cheptel d'élevage est assez fréquent c'est *Phalaris minor* Retz (**Ozenda, 1983**). C'est une graminée annuelle (thérophyte). Son importance dans notre zone d'étude (Tab. 31) quoique relativement minimale mais témoigne de la dégradation par le surpâturage (**Kadi-Hanifi et al., 2005**).

Tableau 31 : Répartition de *Phalaris minor* Retz dans les relevés floristiques dans la zone humide de Chott El Hodna par site et par station d'étude

Site	Station	Nombre de relevés	Nombre de relevés concernés
Sud	Oued M'cif	42	13
	Bir Lekraa Chott	27	0
	Bir Lekraa R'mel	10	0
	Khobana	35	2
	Rozna	25	1
	Oued Lham-Baniou	42	9
Total 1		<b>181</b>	<b>25</b>
Nord	Bir Lanate	25	0
	Ain Khadra	32	3
	Saida	29	6
	Bouhmadou	13	0
	Deghamna	22	1
Total 2		<b>121</b>	<b>10</b>
Total (1+2)		<b>302</b>	<b>35</b>

Le site Sud est plus affecté avec **25** relevés (**04** stations sur **06**) sur **181** relevés du site soit **13.81%** des relevés du Sud où les stations de Oued M'cif et Oued Lham-Baniou sont les plus touchées.

Concernant le site Nord, nous avons recensé la présence de cette graminée toxique dans **10** relevés (**03** stations sur **05**) sur un total de **121** soit **8.26%**.

C'est dans ce contexte d'atteinte à la biodiversité des milieux arides où **Kadi-Hanifi et al. (2005)** soulèvent que la dégradation des parcours steppiques peut se manifester entre autre par la prolifération d'espèces toxiques non palatables (refusées par le bétail) malgré l'existence de d'autres d'espèces fort appréciées tel que le romarin.

C'est dans ce contexte et par le fait de la prolifération de cette Poaceae, il ya preuve formelle de surpâturage dans le site Sud par rapport à son homologue Nord.

## 5- Classification phylogénétique des taxons endémiques de la zone humide

Classiquement, les spermatophytes englobent les Gymnospermes et les Angiospermes. Les Angiospermes sont divisées en Monocotylédones et Dicotylédones. Toutefois, à la faveur d'études moléculaires nombreuses effectuées dans les 20 dernières années, cette classification s'est avérée artificielle. Des botanistes chercheurs qui se dénomment le 'Angiosperm Phylogeny Group' ont proposé en 1998 une classification ordinaire des plantes à fleurs : APG 1998 (**Spichiger et al., 2004** in **Trigui, 2010**). C'est la classification phylogénétique ou cladistique qui se base sur clade (du grec *clados*, qui signifie 'branche'). Elle utilise trois génomes de la cellule végétale : le gène chloroplastique, le gène mitochondriale et celui du noyau (**Judd et al., 2002**):

- Le gène chloroplastique : 'rbcL' est le gène qui code la grande sous-unité de l'enzyme photosynthétique ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygénase (RuBisCo), principal accepteur de carbone chez tous les eucaryotes.
- Le gène mitochondriale : 'atpB' est le gène qui code la sous-unité  $\beta$  de l'ATP synthétase.
- Le gène noyau : 'ADNr' est le gène qui code l'ARN 5S d'origine *nucléaire*.

Après la publication de l'APG en 1998, deux nouvelles classifications se sont créées APG II en 2003 et par la suite APG III en 2009. Cette dernière étant la plus récente donc elle a été utilisée dans notre travail. Elle est disponible en ligne sur Internet (**Stevens, 2001**).

Deux grands groupes apparaissent: les Euangiospermes-monoaperturées et les Euangiospermes-triaperturées. L'une des caractéristiques principales distinguant ces deux groupes est le nombre d'ouverture du pollen. L'appellation monoaperturées regroupe les plantes à une seule ouverture par contre les triaperturées concernent celles qui en ont trois (**Judd et al., 2002**). Les premiers se rapportent aux monocotylédones et les seconds intéressent les dicotylédones.

Nous avons appliqué cette classification uniquement pour les familles des espèces endémiques de notre zone d'étude (Tab. 32).

Tableau 32: Classification phylogénétique des familles endémiques de la zone humide du Hodna selon à l'APG III de 2009

Règne	Clade	Clade	Clade	Clade	Ordre	Famille	
Plantae	Angiospermes	Monocotylédones (Monoaperturées)	Commelinidées	-	Poales	Poaceae	
		Dicotylédones (Triaperturées)	Astéridées	Lamiidées (Euastéridées I)	Caryophyllales	Caryophyllaceae	
						Frankeniaceae	
						Plumbaginaceae	
					Solanales	Boraginaceae	
						Solanaceae	
					Lamiales	Orobanchaceae	
				Scrophulariaceae			
				Campanulidées (Euastéridées II)	Apiales	Apiaceae	
					Asterales	Asteraceae	
				Rosidées	Fabidées (Eurosidées I)	Fabales	Fabaceae
						Zygophyllales	Zygophyllaceae
						Malpighiales	Euphorbiaceae
					Malvidées (Eurosidées II)	Brassicales	Brassicaceae
						Malvales	Thymelaeaceae
-	-	Ranunculales	Papaveraceae				

Le clade des *Commelinidées* est confirmé par les séquences *rbcL* et *atpB* ainsi que la morphologie (Judd et al., 2002). Il ne présente dans notre étude qu'un seul ordre : les *Poales* dont la paroi primaire de cellules principalement avec glucurono-arabinoxylanes. Dans notre zone d'étude nous n'avons rencontré qu'une seule famille. C'est celles des *Poaceae* où deux espèces sont présentes (*Oropetium africanum* (Coss. et Dur.) Chiov. et *Aristida obtusa* Del.).

Selon Judd et al. (2002), le clade des Astéridées qui regroupe deux clades où les preuves de la différenciation de cet clade sont les caractères des séquences: *rbcL* et ADNr en plus de la présence de composés iridoïdes (ce sont des composés qui se produisent naturellement dans diverses familles de plantes. Ils sont construits de monoterpènes, des huiles volatiles. Ils semblent exercer des effets antioxydants et antibactériens) et l'absence d'acide éllagique (Polyphénol antioxydant) :

- *Lamiidées* (*Euastéridées* I) se différencient par la présence de 8-anneaux de déoxyflavonoles (Stevens, 2001). Cette clade présente trois ordres : *Caryophyllales* (famille des *Caryophyllaceae* avec deux espèces : *Silene arenarioides* Desf. et *Herniaria mauritanica* Murb.), *Solanales* (famille des *Boraginaceae* avec une

seule espèce : *Echiochilon fruticosum* Desf. et la famille des *Solanaceae* avec également une seule espèce : *Lycium arabicum* Boiss.) et *Lamiales* (famille des avec une seule espèce: *Orobanchaceae* avec une seule espèce : *Cistanche violacea* (Desf.) Beck. et la famille des *Scrophulariaceae* qui présente deux espèces : *Scrofularia saharae* Batt. et *Linaria laxiflora* Desf.).

- *Campanulidées* (*Euastéridées* II) présentent une absence totale de myricétine, leur vaisseaux possèdent des plaques scalariforme de perforation.

Ce clade regroupe deux ordres : *Apiales* (famille des *Apiaceae* avec deux espèces : *Pituranthos battandieri* Maire et *Daucus biseriatus* Murb.), *Asterales* (famille des *Asteraceae* représentée par trois espèces : *Anthemis monilicostata* Pomel ssp *stiparum* (Pomel)M., *Anacyclus cyrtolepidioides* Pomel. et *Rhantherium suaveolens* Desf.),

Le clade des *Rosidées* comprend deux clades et les arguments de distinction de cette clade sont basés sur les caractères moléculaires : rbcL et atpB 18S (Judd et al., 2002) :

- *Fabidées*, (*Eurosidées* I) ou encore *Rosidées* vraies I, comprend les ordres des *Fabales* (familles des *Fabaceae* avec quatre espèces : *Astragalus armatus* Lam., *Astragalus gombo* Coss. et Dur., *Melilotus macrocarpa* Coss. et Dur. et *Hedysarum carnosum* Desf.), des *Zygophyllales* (famille des *Zygophyllaceae* avec une seule espèce : *Zygophyllum cornutum* Coss.) et *Malpighiales* (famille des *Euphorbiaceae* avec deux espèces : *Euphorbia guyoniana* Boiss. et Reut. et *Euphorbia dracunculoides* Lamk. ssp. *Flamandi* (Batt) Maire).
- *Malvidées*, (*Eurosidées* II) ou encore *Rosidées* vraies II, comprend les ordres des *Brassicales* (famille des *Brassicaceae* avec deux espèces : *Pseuderucaria teretifolia* (Desf.) O.E.Schulz et *Diploaxis pitardiana* Maire) et *Malvales* (famille des *Thymelaeaceae* avec une seule espèce : *Thymelea microphylla* Coss. et Dur.).

Quant au dernier ordre, celui des *Ranunculales*, il fait partie des triaperturées primitives, rattachées directement au clade *Dicotylédones*, renferme des flavonols et leur vaisseaux conducteurs sont de véritables trachéïdes. Pour notre cas il n'englobe qu'une seule famille ; c'est celle des *Papaveraceae* de port herbacé et renfermant un alcaloïde de type benzyl-isoquinoléine. Elle n'est représentée que par une seule espèce (*Hypecoum geslinii* Coss. et Dur.).

Cette diversité taxonomique constitue en elle-même un degré de similarité phylogénétique (Wilmé, 2012).



## 6- Zonage territorial ou analyse de la flore selon les sites d'étude

D'après la forme géométrique de Chott El Hodna qui se présente sous forme oblongue bien allongée en direction d'Est en Ouest par rapport à la direction Nord –Sud. Cette situation a laissé les stations au nombre de **11** qui et comptabilisent **302** relevés classées en deux sites un au **Sud** et l'autre au **Nord** (Tab. 31).

Il est à rappeler que le site ou frange Sud englobe **06** stations: Oued M'cif, Bir Lekraa R'mel, Khobana, Rozna et Oued Lham-Baniou. Concernant le site ou frange Nord, il regroupe **05** stations : Bir Lanate, Ain Khadra, Saida, Bouhmadou et Deghamna (Tab. 33).

Tableau 33: Importance de la flore de la zone d'étude  
selon les stations et les sites

Site	Station	Nombre de relevés	Richesse spécifique	Nombre de taxons stationnels	Nombre de taxons endémiques	Nombre de taxons endémiques stationnels
Sud	Oued M'cif	42	67	63	6	2
	Bir Lekraa Chott	27	53		10	3
	Bir Lekraa R'mel	10	31		7	3
	Khobana	35	84		13	4
	Rozna	25	57		9	2
	Oued Lham-Baniou	42	87		17	8
<b>Total 1</b>		<b>181</b>	158*	<b>63</b>	<b>29</b>	<b>16*</b>
Nord	Bir Lanate	25	47	27	5	1
	Ain Khadra	32	69		9	1
	Saida	29	69		8	1
	Bouhmadou	13	21		4	2
	Deghamna	22	64		9	-
<b>Total 2</b>		<b>121</b>	122*	<b>27</b>	<b>15</b>	<b>02*</b>
<b>Total (1+2)</b>		<b>302</b>	<b>185*</b>	-	<b>31*</b>	-

(\*) : Le nombre ne traduit nullement la somme.

L'analyse des données relatives à nos stations d'études (Tab. 34), nous montre que le site Sud présente une richesse relativement plus importante que le site Nord.

Tableau 34 : Importance de la richesse totale des sites dans la zone humide de Chott El Hodna

Sites	Richesse totale	Richesse spécifique (propre)	Nombre de taxons communs
Sud	158	63	95
Nord	122	27	
Total	<b>185*</b>	-	-

(\*) : Le nombre ne traduit nullement la somme.

Cette richesse apparaît en premier lieu pour chaque site où nous avons trouvé **63** taxons inféodés uniquement au site Sud soit **34 %** de l'ensemble de la richesse de notre zone humide qui est de **185** taxons. Quant aux taxons endémiques il y a **16** taxons rencontrés et inféodés à ce site, que nous appellerons endémisme stationnel, soit **51.16%** de l'ensemble des endémiques de la zone humide de Chott El Hodna et qui est rappelons-le de **31** taxons. Cette différence traduit que les milieux sud présentent une diversité plus importante que ceux du nord en fonction de leur latitude où une des caractéristiques majeures de la distribution de la diversité biologique est le fait que la diversité s'accroît lorsqu'on s'approche des basses latitudes (**Gonzalez Herrera, 2009**). Pour ce qui est du site Nord, **27** taxons lui sont inféodés c'est à dire qu'ils ne se présentent que dans ce site, soit près de **14.60%** de la richesse total du Chott mais pour ce qui est de l'endémisme il n'y a que **02** taxons qui sont réellement propres à ce site (endémisme stationnel).

C'est dans cette idée et dans le but de montrer l'importance de l'endémisme dans les stations d'étude les unes par rapport aux autres que nous avons dressé la carte relative à l'endémisme (Fig. 24).

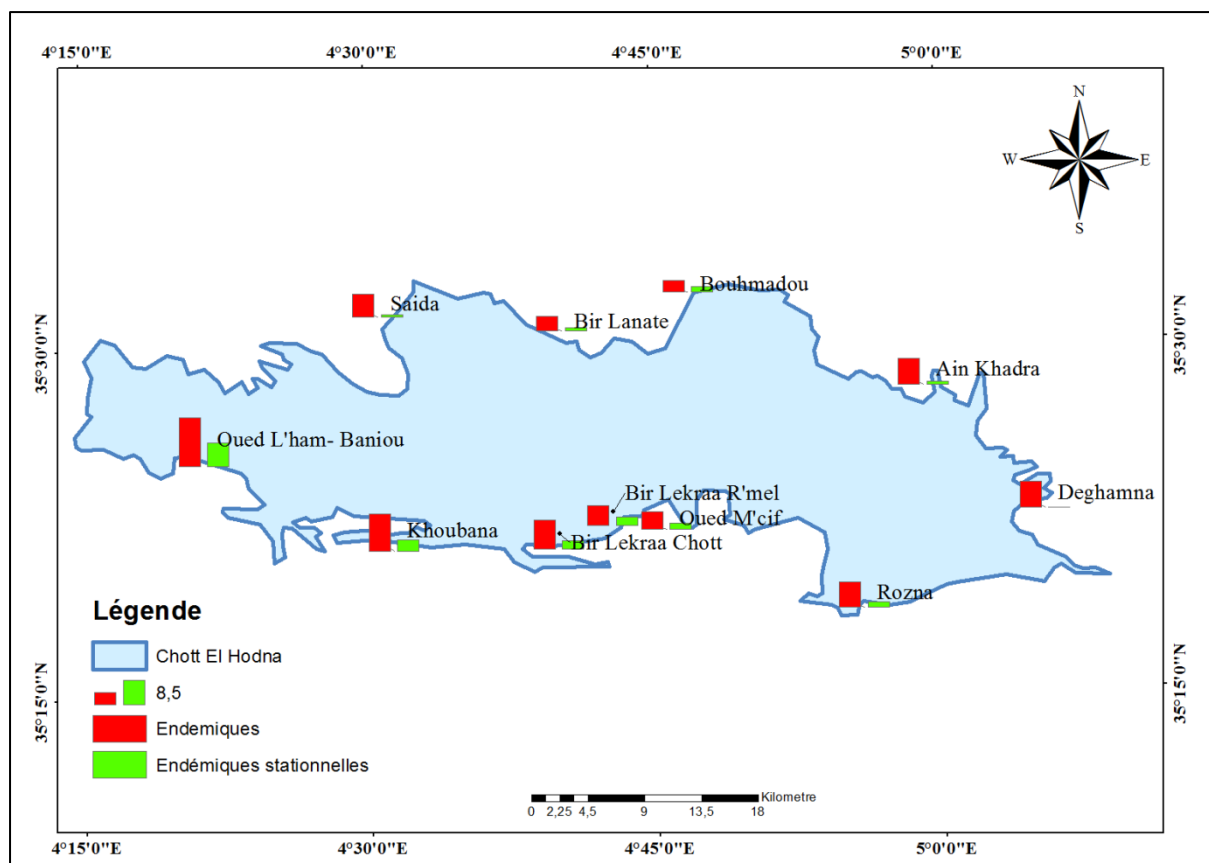


Figure 24: Carte de répartition de l'endémisme dans les stations d'étude dans la zone humide de Chott El Hodna

Les sites du Sud sont plus riches en nombre d'endémiques totales et stationnelles par rapport à leurs homologues du Nord. Cette richesse d'endémiques par station (Fig. 24) nous a conduits à classer nos stations d'études en zones homogènes d'importance en endémiques (zonage) en tenant en compte des endémismes total et stationnel (Tab. 33 et Tab. 34). Trois zones sont proposées :

- Zone d'endémisme élevé ou zone (I) : englobe les stations de Oued Lham-Baniou, Koubana, Bir Lekraa Chott, Bir Lekraa R'mel et Oued M'cif.
- Zone d'endémisme moyen ou zone (II) : regroupe les stations de Deghamna, Ain Khadra et Rozna.
- Zone d'endémisme faible ou zone (III) : renferme les stations de Saida, Bir Lanate et Bouhmadou.

Ce zonage territorial (Fig. 25) se présente ainsi :

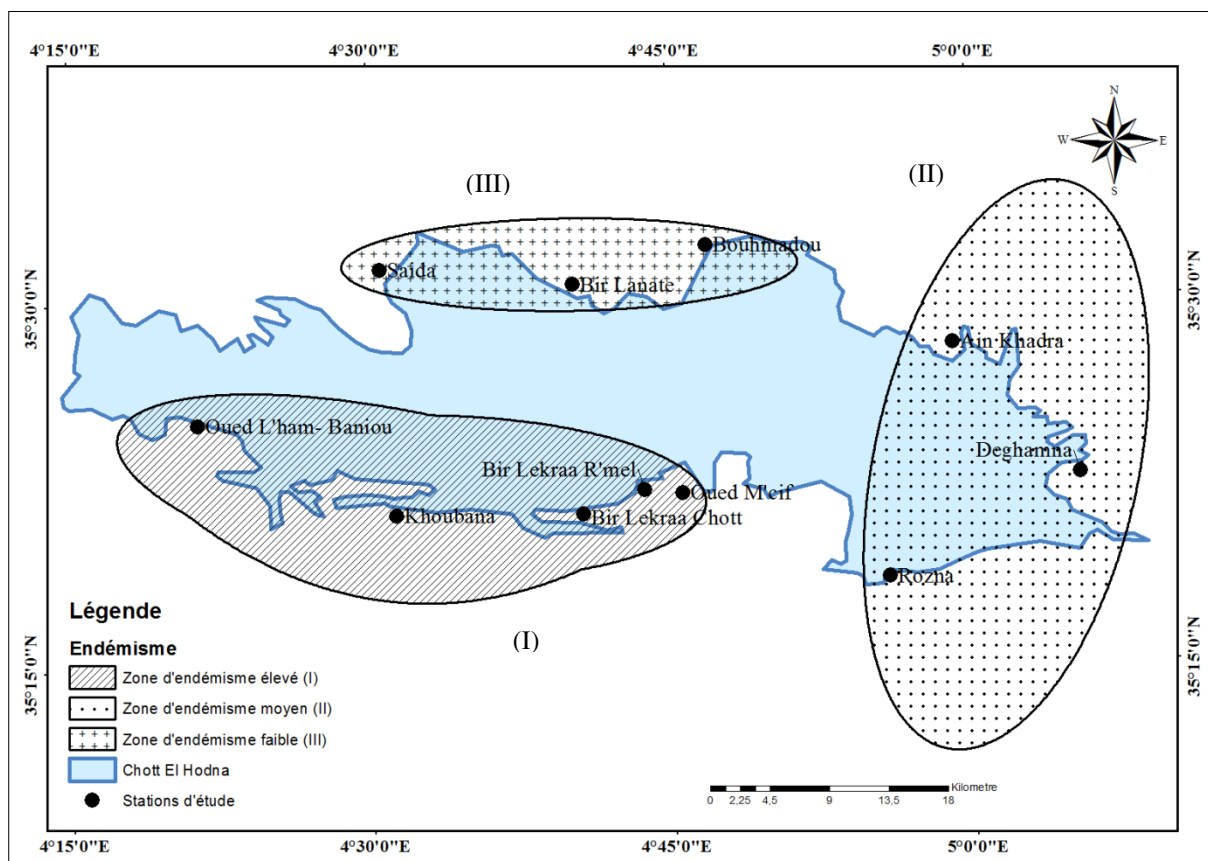


Figure 25 : Zonage territorial selon les endémismes total et stationnel des stations d'étude dans la zone humide de Chott El Hodna

Ce zonage permet ainsi de distinguer les zones d'endémisme élevé qui est en rapport étroit avec les types de milieux présents.

En effet le site Sud (zone d'endémisme élevé (I) ) recèle trois milieux : Oued, Chott et R'mel. Par contre les deux autres zones (zones d'endémisme moyen et faible : [II et III] ) n'en renferment qu'un type : Chott.

Selon la diversité des taxons endémiques classés par site (Tab.35), il ressort ce qui suit :

Tableau 35 : Répartition des taxons endémiques de la zone humide de Chott El Hodna selon les classes chorologiques et les sites du Chott

Taxons endémiques	Classes chorologiques	Sites	
		Sud	Nord
<i>Astragalus armatus</i> Willd ssp. <i>tragacanthoides</i> (Desf.) Maire	Méditerranéen	1	0
<i>Melilotus macrocarpa</i> Coss. et Dur.		1	0
<i>Cistanche violacea</i> (Desf.) Beck.		1	1
<i>Enarthrocarpus clavatus</i> Del. ( <i>Brassica lyrata</i> Desf.).		1	0
<i>Thymelea microphylla</i> Coss. et Dur.		1	1
<i>Limoniastrum guyonianum</i> Dur.		1	0
<i>Anthemis monilicostata</i> Pomel ssp <i>stiparum</i> (Pomel)M.		1	1
<i>Frankenia thymifolia</i> Desf.		1	1
<i>Silene arenarioides</i> Desf.		1	1
<i>Limonium cymuliferum</i> (Boiss.) Sauv. et Vindt.		1	0
<i>Zygophyllum cornutum</i> Coss.		1	0
<i>Herniaria mauritanica</i> Murb.		1	1
<i>Hedysarum carnosum</i> Desf.		1	1
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i> Pomel.		1	1
<i>Hypecoum geslinii</i> Coss. & Durieu		0	1
<i>Pituranthos battandieri</i> Maire		1	0
<i>Pseuderucaria teretifolia</i> (Desf.) O.E.Schulz		0	1
<i>Rhantherium suaveolens</i> Desf.		1	0
<i>Daucus biseriatus</i> Murb.		1	0
<i>Ammosperma cinereum</i> (Desf.) Hook.		Méditerranéen	1
<i>Astragalus gombo</i> Coss. et Dur.	1		0
<i>Limonium pruinosum</i> (L.) Kuntze	1		1
<i>Scrofularia hypericifolia</i> Wudl. ( <i>Sc. saharae</i> Batt. )	1		0
<i>Lycium arabicum</i> Boiss.	1		1
<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. et Reut.	1		0
<i>Oropetium africanum</i> (Coss. Et Dur.) Chiov.	1		0
<i>Aristida obtusa</i> Del.	1		0
<i>Echiochilon fruticosum</i> Desf.	1		0
<i>Linaria laxiflora</i> Desf.	1		0
<i>Diplotaxis pitardiana</i> Maire	Atlantique	1	1
<i>Euphorbia dracunculoides</i> Lamk. ssp. <i>Flamandi</i> (Batt) Maire	Méditerranéen Méditerranéen	1	1
	<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>15</b>

Pour ce qui est des calculs de la diversité des taxons endémiques nous avons :

- La diversité  $\gamma$  est de **31** taxons.
- La diversité  $\alpha$  est respectivement pour le site Sud de **29** taxons et pour le site Nord de **15** taxons.
- Selon **Whittaker (1972)**, la diversité  $\beta$  ( $=\gamma/\alpha$ ) est de **1.07** pour le site Sud et **2.07** pour le site Nord.
- La diversité  $\delta$  ou diversité inter-site, représente le fond des espèces communes, est de **13** taxons.

La comparaison statistique par le Test non paramétrique de Kruskal-Wallis des taxons endémiques, selon le site N et S, suivant la chorologie adoptée au seuil de signification **5%**,  **$H= 15.096$ ,  $P < 0.05$** . La différence entre les échantillons est significative et on peut conclure que nos taxons endémiques se comportent différemment vis-à-vis des sites Nord ou Sud et suivant la chorologie adoptée qui est soit méditerranéenne, méridionale, atlantique ou méditerranéenne-méridionale.

### 7- Etude d'un cas particulier : Analyse de la flore d'une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna

L'importance floristique du site Sud est incontestable. En effet la richesse spécifique est de **158** taxons soit **85.40 %** du total de la richesse, le nombre d'endémiques est de **29** taxons soit **93.55 %** du total des endémiques présentes dans cette zone humide et la végétation rares y est de **15** taxons sur un total de **16** soit **93.75 %** (Tab. 36).

Tableau 36 : Caractéristiques de la flore de la zone humide de Chott El Hodna suivant les sites d'étude

Site	Nombre de stations	Nombre de relevés	Richesse spécifique	Nombre de taxons stationnels	Nombre de taxons endémiques	Nombre de taxons endémiques stationnels	Nombre de taxons endémiques rares	Chorologie des endémiques			
								Méditerranéen	Méditerranéen Méridional	Atlantique	Méridional
Sud	6	181	158	63	29	16	15	38	1	2	21
Nord	5	121	122	27	15	2	7	24	1	1	9
<b>Zone Humide</b>	<b>11</b>	<b>302</b>	<b>185</b>	-	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>16</b>	<b>62</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>30</b>

Le site Sud, plus important du point de vue biodiversité et d'autant plus qu'il renferme des biotopes écologiquement différents mais géographiquement proches : le Chott, le R'mel (milieu dunaire) et l'Oued.

Cette diversité des biotopes et cette localisation proche des influences méridionales (néfastes du point de vue climatique et bénéfique du côté biodiversité) lui donne des avantages certains à accueillir cette biodiversité végétale conséquente.

Partant de ces atouts, la zone humide de Chott El Hodna dans sa partie sud recèle un milieu qui regroupe trois biotopes (Chott, R'mel et Oued) relatifs à trois stations situées les uns à coté des autres (voir carte de situation des stations d'étude –Fig.19-(Part.II, Chap.II)) et englobent **79** relevés : **42** relevés pour la station de Oued M'cif, **27** relevés pour la station de Bir Lekraa Chott et **10** relevés pour la station de Bir Lekraa R'mel (voir Tab. 33 ci-dessus) nous à encouragé un établir une analyse de la flore présente.

## **7-1- Botanique et chorologie**

### **7-1-1- Aperçu taxonomique**

L'analyse floristique qualitative (famille, genre et espèce) a été faite à partir de la liste d'inventaire floristique. Nous avons obtenu **116** espèces, réparties dans **85** genres et **29** familles botaniques (Tab. 37).

Tableau 37 : Nombre de taxons et de genre par famille botanique dans une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna

<b>Familles botaniques</b>	<b>Taxons</b>	<b>Genre</b>
Poaceae	19	16
Asteraceae	17	14
Fabaceae	14	8
Chenopodiaceae	12	9
Brassicaceae	8	7
Caryophyllaceae	6	5
Orobanchaceae	3	2
Plumbaginaceae	3	2
Zygophyllaceae	3	2
Plantaginaceae	3	1
Resedaceae	3	1
Tamaricaceae	3	1
Frankeniaceae	2	1
Geraniaceae	2	1
Malvaceae	2	1
Papaveraceae	2	1
Thymeleaceae	2	1
Aizoaceae	1	1
Apocynaceae	1	1
Capparidaceae	1	1
Cistaceae	1	1
Euphorbiaceae	1	1
Fumariaceae	1	1
Juncaceae	1	1
Polygonaceae	1	1
Primulaceae	1	1
Rosaceae	1	1
Sclophulariaceae	1	1
Solanaceae	1	1
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>85</b>



Les Magnoliopsida, avec **27** familles et **68** genres représentant **93,10%** tandis que les Liliopsida présentent seulement **02** familles avec **17** genres et représentant **6,90%** de la flore totale. Les six familles les plus importantes englobent presque les deux tiers des taxons présents soit **65,52%** de la flore totale. Ces familles sont: Poaceae avec **19** taxons, représentant à elle seule **16,38%** de la flore inventoriés; les autres familles sont les Asteraceae (**17** taxons), Fabaceae (**14** taxons), les Chenopodiaceae (**12** taxons), les Brassicaceae (**08** taxons) et les Caryophyllaceae (**06** taxons), contenant respectivement **14,65%**, **12,07%**, **10,34%**, **6,90%** et **5,17%** des espèces de la flore. De même, et dans une région similaire de Chott El Hodna, **Zedam et al., (2010)** ont constaté que les familles les plus dominantes sont les Asteraceae et les Poaceae. Le reste des familles soit **23** familles ne sont représentées chacune que par un, deux ou trois taxons.

### 7-1-2- Chorologie

Par l'utilisation des ouvrages : **Quézel et de Santa (1962 et 1963)** ; **Ozenda (1983)** et **Dobignard et Chatelain (2010, 2011 et 2012)**, les origines chorologiques des taxons dans cette portion de notre zone d'étude sont au nombre de **36** (Tab. 38).

Tableau 38: Origine chorologique des taxons d'une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna

Origine chorologique	Nombre	Total des taxons	Taux (%)
Méditerranéen	1	23	19.83
Sahara Sindien	1	11	9.48
Endémique Nord Africain	1	9	7.76
Méditerranéen -Sahara-Sindien	1	7	6.03
Cosmopolites	1	6	5.17
Méditerranéen-Iran-Touran	1	5	4.31
Endémique Saharien	1	5	4.31
Méditerranéen-Sahara	1	4	3.45
Paléotempéré	1	4	3.45
Eurasiatique	1	4	3.45
Sahara	1	3	2.59
Endémique Algérien	1	3	2.59
Les 24 sources restantes	24	32	27.58
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>116</b>	<b>100</b>

L'origine chorologique le plus important (**12** sur **36**) dans notre zone d'étude contient environ trois quarts (**72,42%**) du total des taxons. L'élément méditerranéen avec **19,83%** des plantes identifiées est dominant. Ce ci démontre l'appartenance de cette partie sud à la région méditerranéenne (**Kaabeche, 1990**). Dans notre enquête, malgré la présence d'autres origines

chorologiques et la dominance de la végétation méditerranéenne, **Kaabeche (1995, 1996 et 1998)** mentionne la situation biogéographique assez particulière de cette région entre la région méditerranéenne au nord et la région Saharo-arabe au sud. Les autres origines chorologiques recelent moins d'espèces et comptabilisent en tout **32** taxons sur un total de **116**. Pour notre zone d'étude, ce sont des origines chorologiques qui ne renferment que des singletons (ceux qui ne sont représentés par un seul individu) ce qui semble raisonnable (**Magurran, 2004 et 2005**).

Il est à noter que la répartition de ces **36** origines chorologiques selon notre classification a laissé apparaître **07** classes où l'origine méditerranéen l'emporte avec **49** taxons soit **42.24%** de l'ensemble de la flore recensée dans ces lieux, la classe méridionale renferment **25** taxons soit **21.55%** des taxons rencontrés et la classe méditerranéo-méridionale présente **15** taxons soit **12.93%** de la végétation de cette partie de la zone sud.

Concernant les classes restantes : nordique, cosmopolite, iso latitudinale méditerranéen et méditerranéo-septentrionale, elles présentent respectivement un nombre de taxons et un taux relatif de : **11 (9.48%)**, **09 (7.76%)**, **5 (4.31%)** et **2 (1.72%)**. Ce ci dit, la flore globale de cette partie sud de la zone humide de Chott El Hodna y est dominée par l'origine Méditerranéen et ce en raison de sa situation géographique relativement proche.

### 7-1-3- Endémisme et rareté

En se référant à la Nouvelles flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales de **Quézel et Santa (1962 et 1963)** et de la flore du Sahara de **Ozenda (1983)**, la végétation de cette partie sud de la zone humide de Chott El Hodna renferme **20** taxons endémiques soit **17,24%** du total des espèces identifiées. L'existence de **08** espèces endémiques et rares (Tab. 39) montre la valeur écologique des régions floristiques importantes (**Fennane, 2004**). Cette flore endémique présente les origines biogéographiques suivants:

- Afrique du Nord: **09** taxons avec **01** taxon AR, **01** taxon R et **02** taxons RR;
- Sahara: **05** taxons avec **01** taxon AR et **01** taxon R;
- Algérie: **03** taxons avec **01** taxon AR;
- Algéro-Tunisie: **02** taxons avec **01** taxon R;
- Algéro-Maroc: **01** taxons.

Tableau 39: Endémisme spécifique et rareté suivant les familles botanique taxons d'une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna

Taxons	Familles Botaniques	Endémisme	Rareté
<i>Astragalus armatus</i> Willd ssp. <i>tragacanthoides</i> (Desf.) Maire	Fabaceae	Afrique du Nord	RR
<i>Astragalus gombo</i> Coss. et Dur.		Afrique du Nord	-
<i>Melilotus macrocarpa</i> Coss. et Dur.		Afrique du Nord	RR
<i>Hedysarum carnosum</i> Desf.		Algéro -Tunisie	R
<i>Zygophyllum cornutum</i> Coss.	Zygophyllaceae	Algéro -Tunisie	-
<i>Lycium arabicum</i> Boiss.	Solanaceae	Sahara	-
<i>Cistanche violacea</i> (Desf.) Beck.	Orobanchaceae	Afrique du Nord	AR
<i>Anthemis monilicostata</i> Pomel ssp <i>stiparum</i> (Pomel) M.	Asteraceae	Algéro-Maroc	-
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i> Pomel.		Afrique du Nord	-
<i>Enarthrocarpus clavatus</i> Del. ( <i>Brassica lyrata</i> Desf.).	Brassicaceae	Afrique du Nord	-
<i>Ammosperma cinereum</i> (Desf.) Hook.		Sahara	AR
<i>Thymelea microphylla</i> Coss. et Dur.	Thymeleaceae	Afrique du Nord	-
<i>Limonium cymuliferum</i> (Boiss.) Sauv. et Vindt.	Plumbaginaceae	Algérie	AR
<i>Limonium pruinosum</i> (L.) Kuntze		Sahara	R
<i>Limoniastrum guyonianum</i> Dur.		Afrique du Nord	R
<i>Frankenia thymifolia</i> Desf.	Frankeniaceae	Afrique du Nord	-
<i>Silene arenarioides</i> Desf.	Caryophyllaceae	Algérie	-
<i>Herniaria mauritanica</i> Murb.		Algérie	-
<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. et Reut.	Euphorbiaceae	Sahara	-
<i>Scrofularia hypericifolia</i> Wudl. ( <i>Sc. saharae</i> Batt. )	Scrophulariaceae	Sahara	-

AR: assez rare; R: rare; RR: très rare.

L'agencement des origines biogéographiques suivant les classes que nous avons proposé, nous donne **15** taxons endémiques soit **75 %** de l'ensemble des endémiques de ces milieux pour le groupe Méditerranéen et 05 taxons endémiques qui représentent **25 %** pour le groupe Méridional. Ce ci montre bien l'appartenance réelle de la flore de cette partie sud de la zone humide de Chott El Hodna au groupe Méditerranéen.

#### 7-1-4- Types biologiques

Les types biologiques ont été déterminés comme ils apparaissent dans la végétation étudiés sur terrain (**Emberger, 1966**). Dans certains cas, le type biologique est non décelable et il a fallu compléter les informations par l'exploitation des flores disponibles et de d'autres références telles que **Dobignard et Chatelain (2010, 2011 et 2012)**. Toutes les espèces ont été regroupées par type biologique (Fig. 26): thérophytes (**70** espèces soit **60.35 %**), chamaephytes (**21** espèces soit **18.10 %**), hémicryptophytes (**13** espèces soit **11.21 %**), phanérophytes (**07** espèces soit **6.03 %**) et géophytes (**05** espèces soit **4.31 %**)

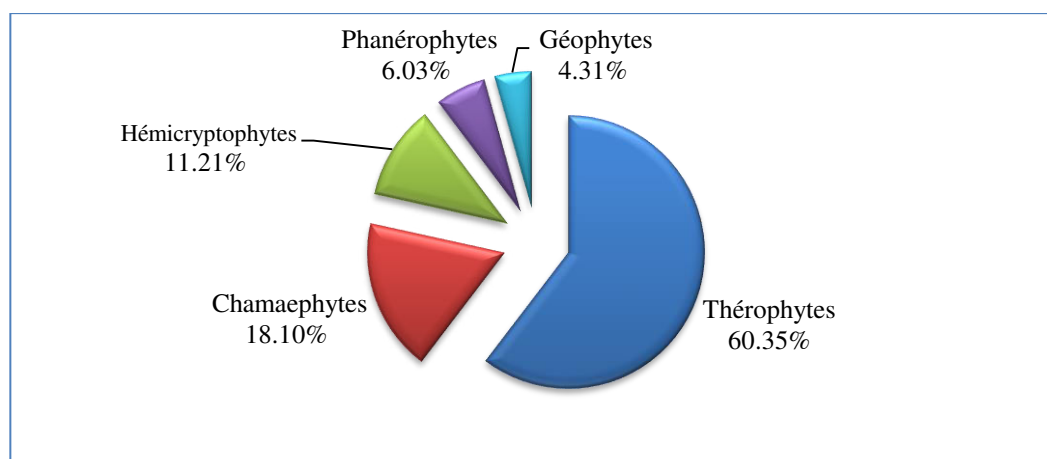


Figure 26: Spectre biologique de la flore dans une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna

Les thérophytes sont la forme biologique la plus fréquente. Elle représente **60,35%** de l'ensemble des espèces. La seconde forme sont les chamaephytes avec **18.10%** du totale des plantes. Les hémicryptophytes, les phanérophytes et les géophytes ont respectivement: **11,21%**, **6,03%** et **4,31%** du total. Ce fait reflète une caractéristique des habitats arides où l'eau et de la chaleur stressante, omniprésente dans notre zone d'étude, sont des facteurs qui contrôlent la croissance et la répartition géographique des plantes (**Le Houérou, 1989**).

Contrairement à ce qui a été rapporté par **Killian (1953)** qui a avancé que les espèces annuelles sont peu représentées dans la flore autour de Chott El Hodna, **Kaabeche (1990 et 1995)** et **Khaznadar et al. (2009)** rapportent que dans les formations steppiques, les thérophytes prédominent sur les autres formes biologiques. Quand à **Hammada et al. (2004)**, ils indiquent que l'abondance des thérophytes est liée aux biotopes propices à leur développement. (**Hammada et al. (2004)** et **Hammada (2007)**) affirment que la flore terrestre dominante trouvée dans les zones humides du Maroc sont des annuelles (thérophytes) où ce type biologique, à cycle de développement court, colonise facilement et rapidement de nombreux environnements et que les autres types ne peuvent s'installer partout en vertu de leurs exigences assez conséquentes.

**Médail et Myers (2004)** expliquent que la richesse floristique est liée à la diversité géomorphologique d'une région et qui donne lieu à un large éventail de microclimats.

## 7-2-Analyse numérique de la flore

### 7-2-1-Similarité

L'indice de similitude a été calculé entre toutes les paires d'échantillons. Une propriété utile de l'indice de similarité est qu'elle augmente linéairement depuis un certain minimum fixe jusqu'à un certain maximum fixe (**Wolda, 1981**). Des valeurs élevées de cet indice sont interprétés comme reflétant la faible diversité bêta: forte similarité (**Koleff et al., 2003**).

En prenant en considération l'indice de similitude de Sørensen-Dice entre les échantillons (Fig. 27), l'analyse des clusters prend en compte la variation des espèces et donc sépare clairement les différents micro-habitats ou les stations d'étude (**Jenny et al., 1990**).

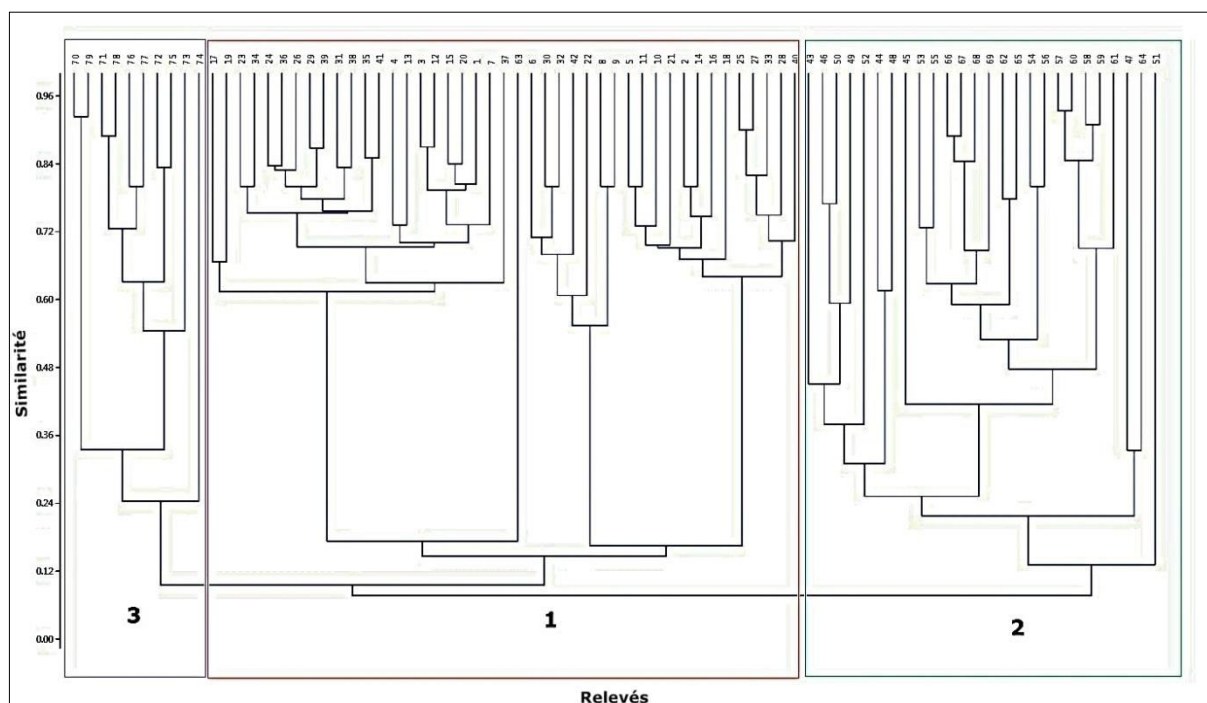


Figure 27: Similarité de Sørensen-Dice des relevés floristiques

En tenant en compte les valeurs de la similarité dans la matrice de similitude entre les paires d'échantillons (Annexe 2) qui sont relativement conséquents et varient comme suit: pour le groupe de relevés de 01 à 42 : **0,87 (3; 12)**, **0,83 (1 ; 3)**, **0,81 (3; 15)**, **0,80 (5; 11)**; pour le groupe de relevés de 43 à 69 : **0,90 (66; 67)**, **0,83 (57; 60)** et **(67; 68)** et **0,76 (53; 55)**; et à la fin pour les relevés groupe 70 à 79 : **0,80 (70; 79)**, **0,74 (72; 75)** et **(76; 78)** et **0,69 (71; 78)**.

D'autre part la similitude graphique de relevés (Fig.27) montre trois grands groupes: un premier groupe (1) englobant échantillons de 01 à 42 dans le centre et il concerne les relevés effectués dans les rives de l'Oued. Un second groupe (2) est marqué par des échantillons 43 à 69 et est lié à la zone de texture fine et la salinité de surface apparente. Une dernière série (3) est hautement individualisée et englobe les échantillons de 70 à 79 relative à un sol sablonneux.

La similitude a montré l'existence de sols différents (salinité plus ou moins prononcée) entre les stations et a conduit à une nette différence de la végétation. En se référant à la figure 28, le groupe (2) inféodé au sol relativement salin et à texture fine réunit les relevés floristiques qui sont caractérisés par des espèces relativement tolérantes au sel: *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) MB, *Suaeda fruticosa* L. et *Frankenia pulverulenta* L. (Quézel et Santa, 1962 et 1963 et Ozenda, 1983).

Bouabdallah (1992) et Géhu et al. (1993) rapportent que *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) MB est inféodé aux communautés des plantes halophiles.

Aussi Kaabeche et al. (1995) signalent que *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) MB et *Frankenia pulverulenta* L. sont des plantes halophiles.

Les relevés du groupe (3) sur sol sablonneux (psamophiles) sont représentés par *Aristida pungens* Desf., *Retama retam* Webb et *Cutandia dichotoma* (Forsk) Trab. En effet ces taxons sont rencontrés dans les zones arides de sable (Djebaili, 1984). De même Ward et al. (1993) rapportent que *Retama retam* Webb est une plante typique trouvée dans les habitats de sable du désert du Néguev dans le Moyen-Orient.

Enfin le groupe (1) où les relevés ont été établis sur les rives de Oued M'cif englobe une multitude de taxons, non caractéristiques des deux groupes (2) et (3). C'est un environnement drainé par une eau non salée. C'est une zone de végétation qui appartient à une zone anthropisée (zone pâturée et existence de parcelles cultivées aux alentours). Parmi les espèces rencontrées dans ce site: *Hordeum murinum* L., *Lolium multiflorum* Lam. et *Anagallis arvensis* L. La présence de telles plantes indique un environnement perturbé par l'homme.

#### 7-2-2-Analyse des correspondances redressée (DCA)

Les méthodes d'analyse multivariée sont des techniques de réduction de données et permettent de transformer un tableau à n lignes (espèces) en un tableau "relevés/espèces" et ce à la recherche de gradient (Bouxin, 2014). Le regroupement des relevés de la

végétation en présence/absence nous laisse visualiser des groupes d'espèces en fonction de leur composition et des facteurs responsables de cette distribution. En fonction de l'axe DCA1 (Fig. 28), un gradient principal des relevés se manifeste et illustre trois groupes de relevés eux-mêmes juxtaposés et situés proches les uns des autres. Un premier groupe (**A**) englobe les relevés floristiques de **43** à **69** à la droite de cet axe et il est lié à la zone de texture fine et de salinité très apparente en surface. Un second groupe (**B**), au centre regroupe les relevés de **1** à **42**, réalisés dans les rives de l'Oued où il existe aux alentours de nombreuses parcelles agricoles mises en valeur. Et enfin, un ensemble (**C**), rassemble les relevés de **70** à **79** à gauche du dit axe où ses relevés ont été entrepris sur sol sablonneux.

Le gradient qui se manifeste le long de l'axe DCA1 (Fig. 28), traduit un passage d'un milieu de texture fine avec une salinité très apparente en surface (le milieu du Chott) à un milieu opposée de texture grossière où le sable abonde et la salinité est non apparente en surface : le milieu du R'mel.

Un second gradient, révélé par l'axe DCA2 (Fig. 28), signifie une évolution de bas en haut de l'humidité du sol et qui accuse une salinité relativement faible : le milieu Oued.

La flore rencontrée dans une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna est toute rassemblée (Fig. 29). Elle se compose de taxons psammophiles comme: *Neurada procumbens* L., *Cutandia dichotoma* (Forsk) et Trab et *Bassia muricata* (L.) Asch. dans le côté gauche de l'axe DCA1 (Fig. 29) et coïncident évidemment avec le milieu sablonneux (**C**) montré par le graphe DCA (Fig. 28).

Les taxons halophiles en droite de l'axe DCA1 (Fig. 29), tels que *Limoniastrum guyonianum* Dur, *Salicornia arabica* L. et *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) MB. concordent avec le milieu Chott (**A**) du graphe DCA (Fig. 28). Entre ces deux groupes d'espèces, il ya de nombreuses espèces qui appartiennent à une zone anthropisée: *Polygonum aviculare* L., *Cynodon dactylon* (L.) et *Malva sylvestris* L. illustrées en haut (Fig. 29) et qui vont de même avec le milieu (**B**) du graphe DCA (Fig. 28).

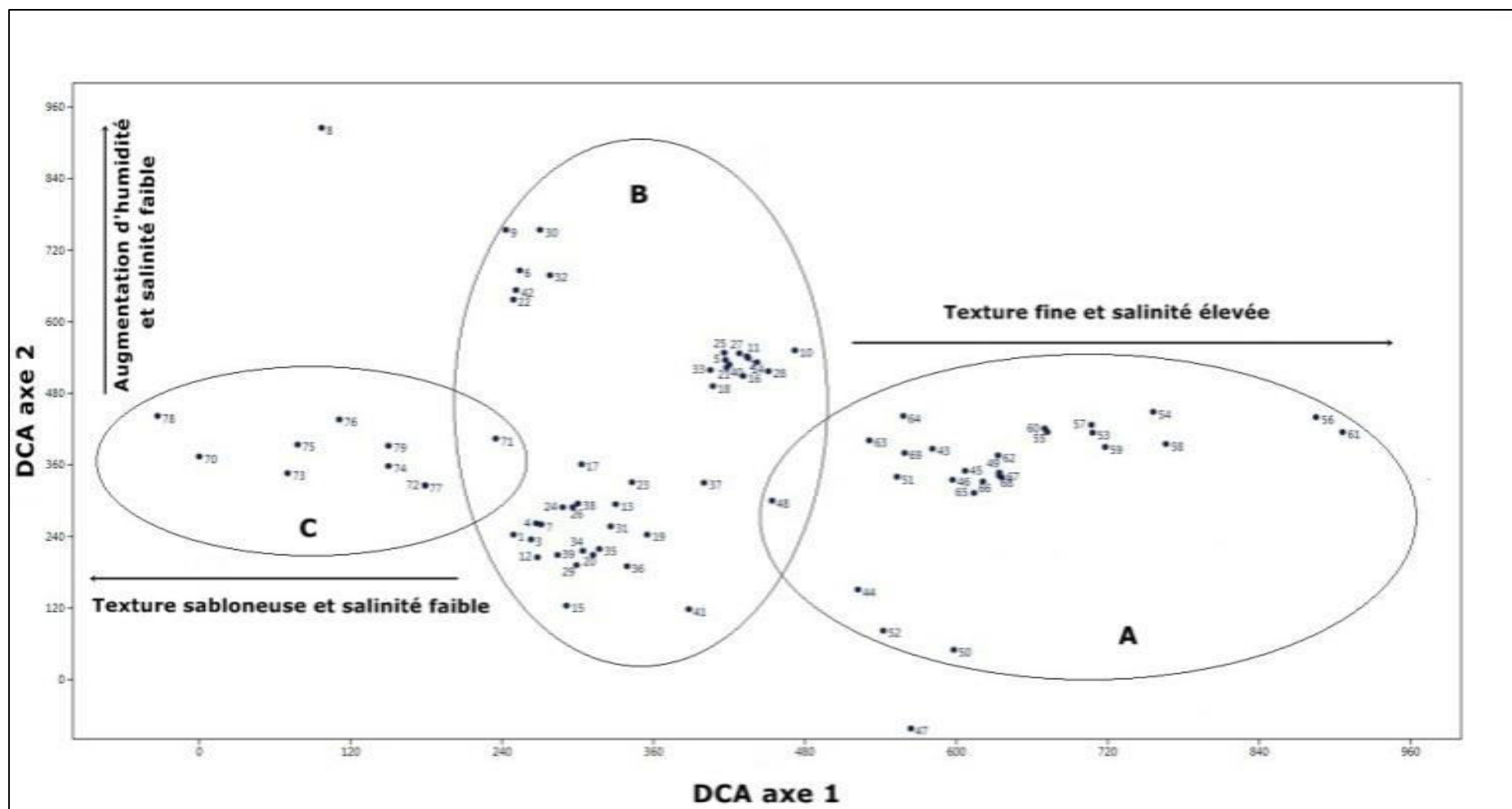


Figure 28: DCA ordination des 79 relevés floristiques et des taxons suivant les axes DCA1 et DCA2 : Localisation des relevés dans une partie sud de la zone humide de Chott El Hodna





Il est à noter que les activités agricoles génèrent une baisse significative de la biodiversité (**Daget et Poissonet, 1997**). Ce phénomène bien connu en écologie appliquée, se traduit par l'ouverture des milieux tel que les agroécosystèmes (recherches toujours de l'état monospécifique) est l'entrave du développement des séries progressives successionnelles qui reste toujours pauvres en espèces d'autant plus que **Maltby (2006)** rapporte que le système d'une zone humide est écologiquement dynamique où le processus successional laisse évoluer sa structure et son fonctionnement.

Le risque réside dans la perte de nombreux taxons spécialisés au bénéfice de d'autres taxons opportunistes-cosmopolites, d'où une baisse notable de la biodiversité et une banalisation de la flore originale (**Verlaque et al., 2001**).

La conservation des espèces nécessite donc d'abord une protection des milieux naturels les plus sensibles en vue d'une préservation future durable.

## Chapitre VI

### Préservation<sup>(\*)</sup> de la flore

#### Introduction

Il est à rappeler que l'écosystème est composé entre autre du biotope et de l'entité biologique dont la population humaine en fait partie. L'équilibre qui règne doit être maintenu et tous les êtres vivants y participent. En cas de déséquilibre c'est toute l'entité biologique, y compris l'espèce humaine, qui va subir des conséquences néfastes et imprévisibles.

La richesse de la diversité biologique au niveau national dans les zones humides est moyennement conservée et dans les écosystèmes sahariens, dont la biodiversité est insoupçonnée, elle est fortement fragilisée par les conditions bioclimatiques et l'activité anthropique grandissante (Abdelguerfi et *al.*, 2009).

#### 1- Préserver quoi et contre qui ?

La préservation de la flore en général et des espèces endémiques en particulier signifie avant tout leur inventaire, leur surveillance et évidemment leur conservation au pire des cas en *ex-situ*. La préservation ne veut nullement que l'on fasse clôturer cette zone humide et y interdire toute intrusion humaine. Mais la préservation doit se faire en intégrant la population limitrophe du Chott :

- Sa concertation en vue de solutionner ses préoccupations et problèmes.
- Sa participation aux actions de sauvegarde des lieux et préservation des entités vivantes (faune et flore).
- Sa formation, son orientation et surtout son aide matériel (construction d'habitats, forage, création de vergers, vaccination du cheptel...)

Les programmes de mise en valeur entrepris dans le milieu d'étude, par erreurs techniques ou insouciances, tels que les défoncement des terres pour labours ultérieurs de parcelles, la création de vergers, périmètres de plantation pastorale, les forages, les puits ..., ont été décidés aux bureaux et balancés à l'exécution sur terrain sans études préalables et en absence de toutes études d'impact sur l'environnement comme le stipule la loi N° 83-03 du 05/02/1983 relative à la protection de l'environnement et le décret exécutif N° 90-78 du

---

(\*) : étymologiquement le mot « préservation » dérive du mot latin « praeservare », de prae : avant, et servare : sauver. Usuellement il signifie : sauver d'un mal qui pourrait arriver (Larousse *en ligne*).

27/02/90 relatif aux études d'impact sur l'environnement et ce pour faire connaître et évaluer les incidences directes et/ou indirectes des projets sur l'équilibre écologique, le milieu environnemental, la qualité de vie et la population.

## 2- Niveaux d'intervention pour la préservation

Les jardins botaniques (conservation *ex situ*) revêtent une très grande importance dans la mesure où ils représentent les sites de conservation des « copies de sauvegarde » (**Delanoë et al., 1996**) mais la conservation des populations naturelles existantes, *in situ*, est le moyen le plus sûr de ne pas perdre le potentiel évolutif d'une espèce (**Holsinger, 1992**) et ainsi la variabilité génétique antérieurement acquise (écotype) sera maintenue.

La zone humide de Chott El Hodna recèle 31 espèces endémiques dont 16 sont assez rares à très rares avec l'inexistence d'un plan de gestion opérationnel. **De Meester et al. (2006)** soulèvent que dans une politique de conservation, l'identification d'indicateurs appropriés n'est pas chose facile mais la rareté en elle-même constitue un indicateur simple à appréhender et qui reflète la diversité de l'écosystème global.

A notre vision il existe 03 niveaux d'intervention pour la préservation de la flore de la zone humide de Chott El Hodna : spécifique ou taxonomique, milieu de vie ou biotope et niveau comportemental des habitants.

### 2-1- Niveau spécifique ou taxonomique

La présence d'une flore originelle et l'absence d'espèces exotiques proliférantes, concurrentes et envahissantes dans notre milieu d'étude constitue déjà un avantage où **Le Neindre (2002)** dénote que certains milieux méditerranéens comme les îles souffrent des introductions d'espèces végétales non natives.

La préservation de la flore de la zone humide de Chott El Hodna peut s'opérer dans la mesure du possible en mettant les moyens humains, matériels et financiers en jeu par l'utilisation des biotechnologies et du génigénétique :

- Instauration de banques de semences (*cryobanks en Anglais*) où les graines des plantes à préserver subiront un traitement cryogénique à une température de -196 °C pour stockage. Ces semences pourront être utilisées pour la restauration de la diversité biologique végétale perturbée ou enregistre un déclin alarmants dans les effectifs comme c'est le cas en Russie orientale (**Voronkova et Kholina, 2010**) ou au Brésil (**Pilatti et al., 2010**).

- Les cultures in vitro et les micro-propagations des espèces endémiques menacées sont largement utilisées :

- Au Portugal: *Drosophyllum lusitanicum* (L.) Link (**Gonçalves et Romano, 2004**).
- Au Brésil : Bromeliaceae, Cactaceae, et Orchidaceae (**Pilatti et al., 2010**).
- En Inde : *Ceropegia attenuata* Hook (**Chavan et al., 2011**).
- En Espagne : *Anthemis chrysantha* J. Gay, *Euphorbia uliginosa* Welw. *Limonium brassicifolium* Kuntze subsp. *Macropterum* (Webb et Berthel.) G. Kunkel (**González-Benito et Martín, 2011**) et *Thymus moroderi* Pau (**Marco-Medina et Casas, 2015**).
- Au Etats Unis d'Amérique : *Astragalus holmgreniorum* Barneby (**Hill et al., 2015**).

Jusqu'à preuve du contraire on ne dispose pas ni au niveau national ni au niveau régional d'un conservatoire pour y conserver des espèces végétales rares et/ou menacées pour y stocker des semences ou des spécimens. Les espèces végétales sont adaptées à leur biotope d'origine surtout pour ce qui est du cas de notre zone d'étude malgré que le milieu soit relativement hostile et les conditions d'existence y sont difficiles.

## 2-2- Niveau milieu de vie ou biotope

La zone humide de Chott El Hodna connaît des agressions externes qui pèsent lourd et ce en plus des agressions internes propres à elle : salinité, ensablement, aridité et sécheresse, vent de sels... Parmi les agressions externes on a deux qui sont décisifs et de grande ampleur : le surpâturage et le défrichement.

Le défrichement doit être redéfini par la réglementation en vigueur étant donné que c'est une action destructrice et la remise en état n'est pas toujours possible. Une vulgarisation sur les dangers et les méfaits de cette action sont à prendre en considération.

Le défrichement a lieu dans notre zone d'étude pour deux raisons (**Hadjab, 1998**):

- Utilisation des sous ligneux (arbrisseaux) comme bois de feux.
- Emblavement des terres défrichées en vue de récoltes céréalières meilleures (mais le plus souvent aléatoire).

Aussi **Killian (1953)** rapporte que la population locale, autour de Chott El Hodna, défriche les milieux envahis par *Atriplex halimus* L. aux abords des lits des oueds (pensant qu'ils sont moins salinisés) pour la culture des céréales.

Les données de l'HCDS (2010) sur l'occupation des terres, montrent l'ensablement et la végétation halophile steppique autour de Chott El Hodna (Fig. 30).

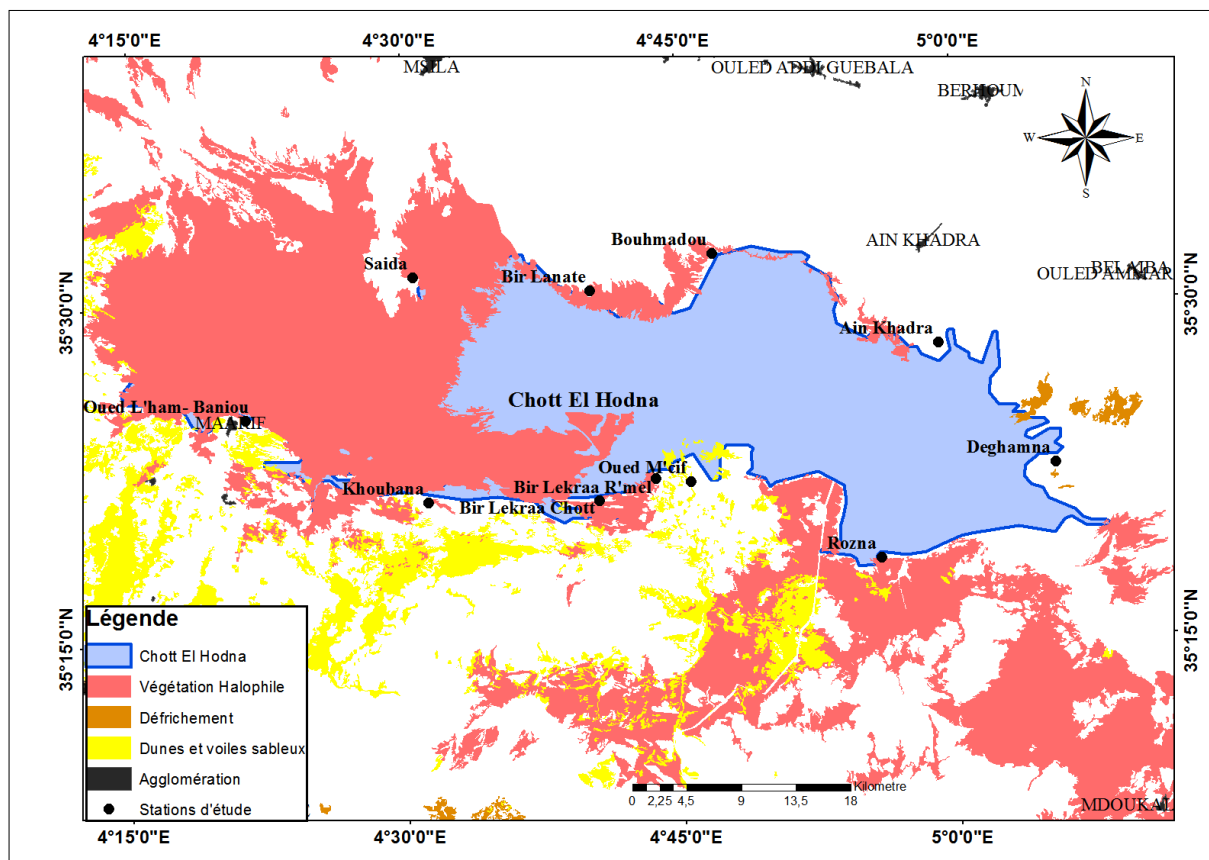


Figure 30 : Ensablement et végétation halophile autour de Chott El Hodna (HCDS, 2010)

Ces deux phénomènes entravent le développement socioéconomique des populations et de la région en générale.

La région d'étude est principalement à vocation pastorale et le surpâturage est omniprésent. Il recèle une lourde mission aux vulgarisateurs et aux techniciens de terrain pour :

- Expliquer l'importance du respect de la charge animale.
- Relancer le nomadisme comme action et moyen de préservation du milieu et des espèces rares ou en danger par ce qu'il n'exerce jamais de pression sur le milieu en général et sur les taxons à préserver en particulier.

A cet égard, le **Cirad (2012)**, avec plus de 50 ans d'expérience en pastoralisme, montre que l'élevage nomade et transhumant contribue à la préservation des écosystèmes et que ce système d'élevage est adapté aux perturbations climatiques.

Toute tentative de préservation ou de conservation des espèces endémiques où menacées reste tributaire des actions de protection du milieu contre toute action destructrice ou de déséquilibre malgré que **Reed (1987)** avance que c'est le fait de sauver les espèces pour pouvoir sauver l'écosystème.

Ces actions déstabilisatrices sont directement liées aux activités agricoles des populations locales (surpâturage, défrichage...).

En effet l'activité d'élevage engendre un surpâturage, une réduction de la couverture végétale et une destruction de la flore originelle par broutage, par piétinement ou même par prolifération de certains taxons non palatables (harmel, *Phalaris minor* ...) et témoignent d'un déséquilibre qui sévit.

Les interventions de sauvegarde de cette flore originelle ou même menacée y compris les taxons endémiques doivent s'axer mutuellement sur la préservation du biologique tout en conservant le milieu. Ce biotope une fois préservé, les entités biologiques qui s'y rattachent seront préservées et conservées.

### **2-3- Niveau comportemental des habitants**

Il y a lieu de développer l'esprit de « l'amour de la nature » et encore mieux c'est aimer tout ce qui est avec la biodiversité.

L'éducation environnementale peut aboutir aux changements des points de vue et de la mentalité riveraine « destructrice inconsciente du biotope », à la prise de conscience des problèmes de diversité et à l'initiation de « naturalistes ».

Dans cette éducation, l'introduction de la notion de la **diversité biologique** constituera en elle-même un pas de conservation et de préservation.

La préservation c'est aussi l'utilisation durable et la valorisation des potentialités des ressources naturelles.

Ce ci aboutira certainement à l'intégration de la population en la considérant comme partenaire et acteur de la préservation et non comme adversaire destructeur.

Lorsque la prise de conscience de la part de la population sur la préservation du milieu sera atteinte, la composante biotique et spécialement la flore sera automatiquement préservée.

### **3- Durabilité de la biodiversité**

Un élément fondamental de l'approche écosystémique ou par écosystème est la reconnaissance de l'importance d'atteindre et / ou maintenir l'équilibre le plus approprié entre la conservation et l'utilisation de la diversité biologique. L'application de ce ci impose une attention à l'usage multiple des écosystèmes et sur l'importance de l'utilisation des terres avec planification intégrée et combinée avec les meilleures pratiques de gestion. Dans le cas contraire ce ci va générer une mecontente de la part de la population où cette situation engendrera les problèmes environnementaux et l'utilisation non durable des ressources (Maltby, 2006).

Pour la durabilité de la biodiversité des interventions doivent être proposés pour la sauvegarde des entités biologiques du milieu naturel et des pratiques riveraines existantes. Cependant il est nécessaire de soulever que la préservation des taxons endémiques ne peut avoir lieu seule mais c'est la préservation de toute la richesse floristique qui doit être prise en compte.

#### **3-1- Gestion de la biodiversité végétale à Chott El Hodna**

Les zones à fort potentiel biologique doivent être bien délimitées par un zonage qui doit être réalisé (Swenson et *al.*, 2012).

En effet en prenant en compte la richesse floristique totale des 11 stations dans notre zone d'étude et en considérant l'endémisme existant (total et stationnel), trois zones ont été dégagées (Fig. 31).



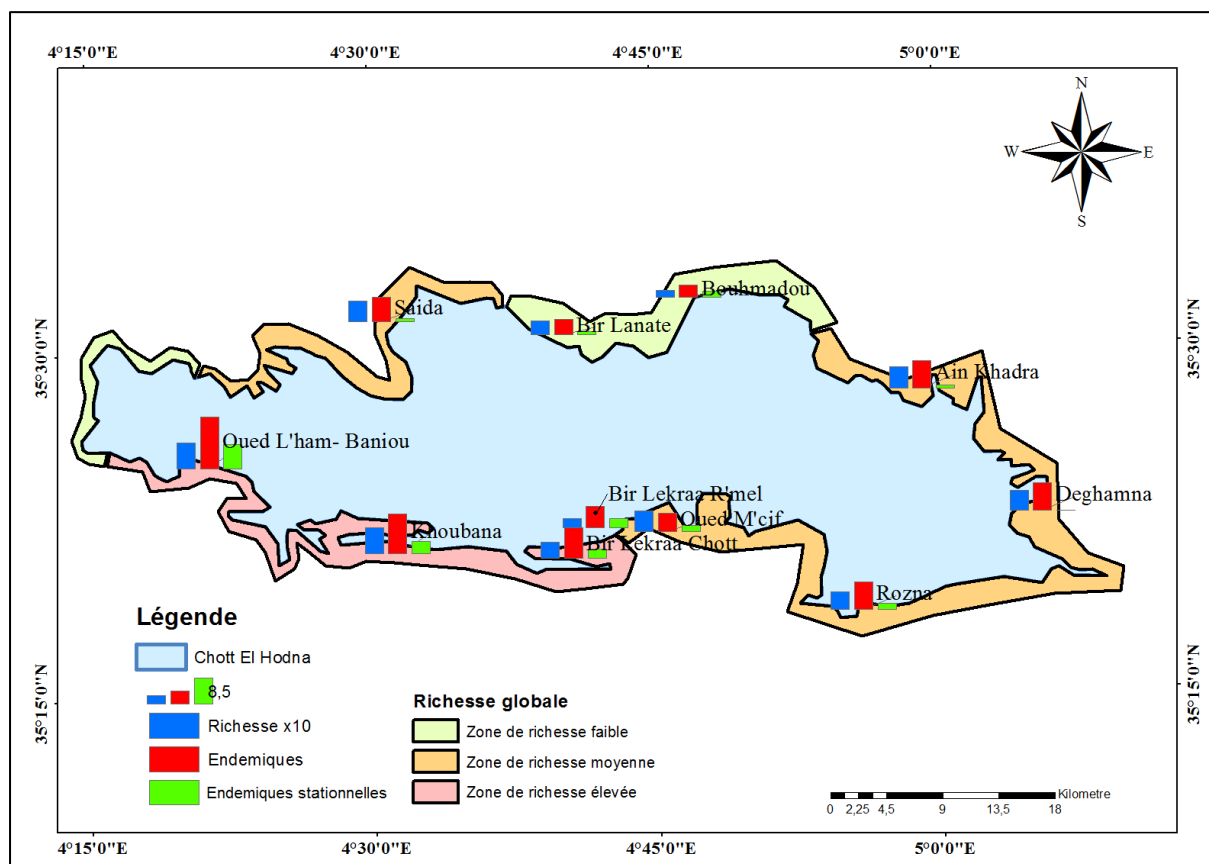


Figure 31 : Zonage selon la richesse floristique et l'endémisme de la flore de la zone humide de Chott El Hodna

Ces trois zones de diversités différentes (Fig. 31) se présentent comme suit :

- Zone de richesse floristique élevée où les interventions de la préservation sont importantes parce que c'est un « hotspot » local qui peut promouvoir les zones limitrophes. Elle englobe les stations : Oued Lham-Baniou, Koubana et Bir Lekraa Chott.
- Zone de richesse floristique moyenne où les interventions de la préservation sont modérées. Elle renferme les stations : Saida, Deghamna, Ain Khadra, Rozna, Bir Lekraa R'mel et Oued M'cif.
- Zone de richesse floristique faible où les interventions de la préservation sont limitées (le milieu naturel n'est pas riche en espèces). Elle regroupe : les stations de Bir Lanate et Bouhmadou et la zone Ouest de la zone humide de Chott El Hodna.

Pour notre cas par exemple le site Sud est prioritaire au site Nord : la station Oued Lham-Baniou et prioritaire à la station Bir Lanate.

**Sergio et Pedrini (2007)** dénotent que traditionnellement, la conservation de la biodiversité s'opère par la simple conservation des espèces mais celle-ci est remplacée par la conservation de site de biodiversité où la préservation est plus efficace ce qui donnera des zones protégées à environnements accueillants et non modifiés.

### **3-2- Gestion des pratiques agricoles**

Les pratiques agricoles, visant une exploitation durable des ressources disponibles, se résument en la rotation des cultures, l'assolement, le respect de la charge animale dans les aires de parcours, la pratique du nomadisme, l'affectation judicieuse des terres, etc.

Ceci est particulièrement important par ce que les pratiques d'utilisation des terres ont été identifiées comme cause majeure et unique de la perte de la biodiversité au cours des dernières années (**Soulé, 1991**).

### **3-3- Gestion du milieu**

Le maintien d'un environnement en équilibre sous entend sa préservation. La gestion du milieu vise la multiplication des niches écologiques déjà existantes surtout dans le site Sud où trois milieux différents sont juxtaposés. Cette démarche entrainera certainement un développement biocénotique et un équilibre certain.

La gestion efficace des écosystèmes nécessite la plus large vue possible sur les systèmes écologiques. **Maltby (2006)** soulève, pour prise en considération dans une vision plus globale, la gestion des zones humides face à la perte de la biodiversité où l'écosystème est particulier et dynamique face aux changements décisifs induits par l'homme. La connaissance approfondie des liens entre le fonctionnement de l'écosystème naturel, l'utilisation des ressources, les stratégies économiques et les perspectives de conservation doivent garantir la préservation de la biodiversité en général.

Les transformations que peut subir un écosystème en matière de mouvements de plantes (espèces envahissantes) et d'animaux sont imprévus et de plus en plus important en raison du réchauffement planétaire ressenti où **Gargaud et al. (2005)** rapportent qu'il y a réchauffement réel de la planète.

La convention sur la diversité biologique met comme stratégie pour la sauvegarde de la diversité biologique cette approche par écosystème qui vise le développement durable (**CDB, 2004**).

L'approche par écosystème est une stratégie de gestion intégrée des terres, des eaux et des ressources vivantes, qui favorise la conservation et l'utilisation durable d'une manière équitable. Cette approche est fondée sur l'application de méthodologies scientifiques concentrées sur des paliers d'organisation biologique.

Ces paliers couvrent les principales structures, processus, fonctions et interactions entre les organismes et leur environnement. L'approche reconnaît que les populations humaines sont une composante intégrante de l'écosystème.

Cette approche repose sur 12 principes :

1. Les objectifs de gestion des terres, des eaux et des ressources vivantes sont un choix de société.
2. La gestion devrait être décentralisée et ramenée le plus près possible de la base.
3. Les gestionnaires d'écosystèmes devraient considérer les effets (réels ou potentiels) de leurs activités sur les écosystèmes adjacents ou autres écosystèmes.
4. Compte tenu des avantages potentiels de la gestion, il convient de comprendre l'écosystème dans un contexte économique.
5. Conserver la structure et la dynamique de l'écosystème, pour préserver les services qu'il assure, devrait être un objectif prioritaire de l'approche par écosystème.
6. La gestion des écosystèmes doit se faire à l'intérieur des limites de leur dynamique.
7. Elle ne devrait être appliquée que selon les échelles appropriées.
8. Compte tenu des échelles temporelles et des décalages variables qui caractérisent les processus écologiques, la gestion des écosystèmes doit se fixer des objectifs à long terme.
9. La gestion doit admettre que le changement est inévitable.
10. Elle devrait rechercher l'équilibre approprié entre la conservation et l'utilisation de la diversité biologique.
11. Cette approche devrait considérer toutes les formes d'information pertinentes, y compris l'information scientifique et autochtone, de même que les connaissances, les innovations et les pratiques locales.
12. Elle doit impliquer tous les secteurs sociaux et toutes les disciplines scientifiques.

Comme directives opérationnelles, pour la mise en œuvre de cette approche, la **CDB (2004)** propose :

- Une concentration sur les fonctions de la diversité biologique dans les écosystèmes.
- Favoriser le partage des avantages.
- Recourir à des pratiques de gestion souples.
- Réaliser les actions de gestion à une échelle appropriée au problème à résoudre, en décentralisant le plus possible l'initiative vers la base.
- Permettre la coopération intersectorielle.

Pour atteindre l'objectif de préservation de la biodiversité et spécialement celle de la flore endémique, des actions d'amélioration des conditions de vie de la population seront pris en charge et ce en concertation avec la population elle-même.

Une fois les actions à entreprendre seront dégagées leur réalisation s'effectuera avec les habitants qui seront partie prenante dans l'exécution des travaux (l'imprégnation de la population à la sauvegarde des milieux naturels) : c'est l'approche participative qui vise un développement durable.

## **Conclusion**

Dans la zone humide de Chott El Hodna, des zones de richesse floristique et à présences différentes d'espèces endémiques sont identifiées où nous suggérons la prise en main de ce patrimoine pour la sauvegarde de ces espèces en général et de ses taxons endémiques en particulier. La création d'une aire protégée sera la bien venue mais en prenant en compte l'aspect socio-économique de la population face à l'hostilité du milieu d'intervention et ce en l'intégrant dans un contexte de développement durable.

La préservation du milieu sera privilégiée sur celle des taxons en question en raison des particularités scientifiques, logistiques, régionales et socio-économiques du milieu d'étude.

Pour une préservation efficace des taxons et des biotopes, cette étude devrait être complétée par d'autres études sur la faune, le sol, les ressources hydriques ...et évidemment sans négliger le volet décisif qui est l'aspect socio-économique.

## *Conclusion Générale*

L'aire de notre étude est la zone humide d'importance internationale de Chott El Hodna. Ce Chott est situé au Nord-Est d'Algérie et est considéré comme l'un des plus grands du pays. C'est une zone humide continentale, aride et salée. Ecologiquement elle s'intègre dans l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré avec régime saisonnier des précipitations de type APHE. La végétation se présente sous forme d'un anneau tout autour d'une dépression centrale fermée, inondable, salée et dépourvue de toute végétation.

L'étude de la végétation dont l'objectif est de faire un inventaire floristique de la flore endémique et de proposer les perspectives pour sa préservation.

La méthodologie adoptée consiste en un échantillonnage non probabiliste. L'échantillonnage mixte regroupant le subjectif et le systématique a été utilisé.

Les relevés floristiques sont répartis dans onze (**11**) stations et s'intègrent à deux sites opposés, au Nord il y a **05** stations et Sud il y en a **06**. Le nombre total de relevés floristiques réalisés s'élève à **302**.

Les résultats de l'analyse de la flore ont abouti à **185** taxons répartis en **37** familles botaniques et englobant **127** genres. La végétation endémique renferme **31** taxons (dont **16** taxons rares) appartenant à **16** familles botaniques et **28** genres.

L'examen des types biologiques de l'ensemble de la végétation recensée a révélé que les thérophytes en nombre de **111** dominent les lieux avec **60%**. Les types restants : chamaephytes, hémicryptophytes, géophytes et phanérophytes n'ont que de faibles présences par rapport au groupe des thérophytes dont la présence est relativement écrasante.

Pour la flore endémique, les thérophytes sont majoritaire avec près de **50%**. La thérophytisation est une caractéristique des zones arides, elle exprime une stratégie d'adaptation vis-à-vis des conditions défavorables et d'une forme de résistance aux rigueurs climatiques de plus elle dénote l'ouverture du couvert végétal.

Le type morphologique de la flore globale a donné que le nombre des herbacés annuelles est de **111** taxons sur un total de **185** soit **60%** de l'ensemble de la flore. Les herbacés vivaces et ligneuses vivaces ne sont représentées que par **49** et **25** taxons avec respectivement des taux de **15.14%** et **24.86%**. Pour ce qui est de la flore endémique, le nombre d'herbacés annuelles est de **15** taxons sur un total de **31** soit près de **50%** de l'ensemble de la flore endémique. Les herbacés vivaces et ligneuses vivaces ne sont représentées que par **08** taxons avec un taux de **25.81%** pour chacun.

La chorologie des taxons recensés de la flore globale et même pour flore endémique,

ont révélé la dominance du type phytochorique Méditerranéen sur les autres types présents.

Concernant la rareté, qui est un indicateur de la diversité de l'écosystème d'étude, des espèces de notre flore endémique, nous avons recensé **16** taxons : **06** assez rares, **07** rares et **03** très rares.

Pour ce qui est des espèces ayant un statut de protection, la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna ne présente aucun taxon inscrit sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) ou cité dans les textes réglementaires nationaux en vigueur.

Toutefois, quatre taxons non endémiques, présents au niveau de notre zone d'étude, sont protégés au niveau national par le Décret exécutif n°12-03 du 04 Janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées en Algérie. Il s'agit de:

- *Helianthemum Lippii* (L.) Pers. var. *sessiliflorum* (Desf.) Murb. (Cistaceae)
- *Ononis natrix* L. ssp. *polydada* (Murb.) Sirj. (Fabaceae)
- *Centaurea microcarpa* Coss. (Asteraceae)
- *Ephedra alata* Dec. (Ephedraceae)

La pression anthropogène sur les milieux environnants par le surpâturage génère non seulement la perte de la biodiversité floristique globale et endémique mais la prolifération de plantes toxiques et non pastorale telle que *Phalaris minor* Retz.

Cette graminée touche le site Sud avec une présence dans **25** relevés (**13.81%**) sur **181** relevés principalement dans les stations Oued M'cif et Oued Lham-Baniou qui sont les plus touchées. Quant au site Nord il y a seulement **10** relevés (**8.26%**) qui marquent la présence de cette graminée sur un total de **121** relevés.

La classification phylogénétique des taxons endémiques de la zone humide de chott El Hodna est donnée par l'APG III (2009). Celle-ci est basée sur le gène chloroplastique, le gène mitochondriale et celui du noyau.

Appliquée uniquement pour les familles des espèces endémiques, trois clades se manifestent à partir des clades des monocotylédones et des dicotylédones:

- Clade des Commelinidées : renferme l'ordre des Poales avec la famille des Poaceae.
- Clade des Astéridées qui englobe :

- Le clade des Lamiidées (Euastéridées I) avec l'ordre des Caryophyllales avec les familles : Caryophyllaceae, Frankeniaceae et Plumbaginaceae, l'ordre des Solanales avec les familles : Boraginaceae et Solanaceae et enfin l'ordre des Lamiales avec les familles : Orobanchaceae et Scrophulariaceae.
  - Le clade des Campanulidées (Euastéridées II) avec l'ordre des Apiales avec la famille des Apiaceae et l'ordre des Asterales avec la famille des Asteraceae.
- Clade des Rosidées qui englobe :
- Le clade des Fabidées (Eurosidées I) avec l'ordre des Fabales avec la famille des Fabaceae, l'ordre des Zygophyllales avec la famille des Zygophyllaceae et l'ordre des Malpighiales avec la famille des Euphorbiaceae.
  - Le clade des Malvidées (Eurosidées II) avec l'ordre des Brassicales avec la famille des Brassicaceae et l'ordre des Malvales avec la famille des Thymelaeaceae.

Quant à l'ordre des Ranunculales, considéré comme non évolué, il est directement rattaché au clade des dicotylédones. Il n'est représenté dans notre flore endémique que par la famille des Papaveraceae.

Cette diversité taxonomique (entre espèces) constitue en elle-même un degré de similarité phylogénétique.

L'identification des zones potentielles des taxons endémiques a été faite par un zonage territorial dressé, en rapport avec les biotopes existants (Oued, Chott et R'mel), les sites et les stations d'étude où on a :

- Pour le site Sud qui englobe **06** stations : **158** taxons renfermant **27** taxons endémiques dont **16** inféodés uniquement à ce site.
- Pour le site Nord qui réunit **05** stations : **122** taxons renfermant **15** taxons endémiques dont **02** inféodés uniquement à ce site.

Trois zones d'importance en espèces endémiques furent identifiées et ce zonage territorial a donné:

- Une zone d'endémisme élevé englobant **06** stations.
- Une zone d'endémisme moyen réunissant **03** stations
- Une zone d'endémisme faible ne se présentant que dans **03** stations.

L'importance floristique d'une partie dans le site Sud du Chott, réunissant les biotopes existants (Oued, Chott et R'mel), a montré que sur **79** relevés floristiques, il y a **116** taxons répartis dans **85** genres et **29** familles botaniques. Ils renferment **20** taxons endémiques dont **08** sont des endémiques rares.

L'analyse numérique de la végétation de cette partie du site Sud du Chott, a révélé que



les relevés floristiques et les taxons recensés sont inféodés à trois micro-habitats : un milieu salin : le Chott, un milieu de texture grossière : le R'mel et un milieu anthropisé : l'Oued. Dans ce même milieu d'étude, deux gradients écologiques se manifestent. Le premier montre une texture fine avec salinité très apparente en surface (le Chott) opposée à un milieu de texture grossière où le sable abonde et la salinité est non visible (le R'mel). Le second recèle une évolution de bas en haut de l'humidité du sol et où la salinité diminue (l'Oued).

La préservation de la flore en général et des espèces endémiques en particulier doit s'opérer avec les habitants limitrophes des lieux. Les niveaux d'intervention, pour la préservation de la flore des lieux au nombre de **03**, s'axent sur les taxons, le biotope ou milieu de vie et le comportement des habitants. Les **185** taxons dont **31** endémiques ont été répartis dans leurs sites et stations respectifs. Un zonage est proposé basé sur cette richesse floristique totale et cet endémisme (total et stationnel) dans les **11** stations d'études ce qui a donné trois zones de richesse floristique : la première élevée, la seconde moyenne et la dernière faible.

Pour la durabilité de la biodiversité des interventions doivent être proposés pour la sauvegarde des entités biologiques du milieu naturel et des pratiques riveraines existantes où il est nécessaire de souligner que la préservation des taxons endémiques ne peut avoir lieu seule mais c'est la préservation de toute la richesse floristique qui doit être prise en compte.

Pour préserver cette flore, la gestion de ce milieu s'axe sur trois volets : la gestion de la biodiversité du milieu selon les priorités (zonage des lieux potentiels), la gestion des pratiques agricoles et la gestion du milieu en tant qu'unité (l'écosystème).

Dans la zone humide de Chott El Hodna, ces lieux potentiels de biodiversité correspondent aux trois zones identifiées de richesse floristique et à présences différentes d'espèces endémiques qui seront pris en considération où la simple conservation de site de biodiversité aboutira à une préservation plus efficace et donnera des lieux protégées à environnements accueillants et non modifiés où les entités biologiques qui s'y rattachent seront préservées et conservées.

Pour un développement durable et une sauvegarde efficace de la flore existante, les interventions doivent cibler surtout la préservation du milieu et s'axer sur le volet socio-économique et en faisant participer la population.

## *Références bibliographiques*

- Abdesselam S. et Halitim A., 2014 Land use change and soils degradation in arid area. A case study of south Hodna, Algeria. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 2, 1: 152–163.
- Abgelguerfi A., 2003 Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Projet ALG/97/G31. Vol 5, 93p.
- Abdelguerfi A., Chehat F., Ferrah A. et Yahiaoui S., 2009 Quatrième Rapport National sur la Mise en œuvre de la Convention sur la Diversité Biologique au niveau National. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme d'Algérie, 121p.
- Allout I., 2013 Etude de la biodiversité floristique de la zone humide de Boukhmira Sidi Salem, El Bouni –Annaba. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar - Annaba, 189p.
- Anderson S., 1994 Area and endemism. *The Quaterly Review of Biology*, **69**: 451-471.
- Ayad N., Djennane A., Ayache A. et Hellal B., 2013 Contribution à l'étude de l'implantation de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) dans la steppe du sud de Tlemcen. *Rev. Ecologie-Environnement* **9**:1-5.
- Benaradj A., Bouazza M. et Boucherit H., 2012 Diversité floristique du peuplement à *Pistacia atlantica* Desf. dans la région de Béchar (Sud-ouest algérien). *Mediterranea. Serie des études Biologiques. Université d'Alicante (Espagne)*. **2**(23): 9-32.
- Benrebaha A., 1984 Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques : Cas de la coopérative pastorale de Ain Oussera (W. Djelfa). Thèse de Magister INA, Alger 150p.
- Berrached R., Djerrad Z., Gueddouche N. et Kadik L., 2013 Contribution à l'étude de la diversité floristique et élaboration d'une base de données (Cas de la wilaya de Djelfa). *Revue Agro-Ecologie (Algérie)* : **1**(01): 5-11.
- Binet P. et Aymonin G.G., 1987 Analyses bibliographiques, *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques*, **134** (2) :207-208.
- Blandin P., 2010 Biodiversité, l'avenir du vivant. Ed. Bibliothèque Sciences, Paris, 259 p.
- Bouabdallah E., 1992 La végétation steppique sur sols salés des hautes plaines sud-algéroises. Composition, structure et production. Thèse de Doctorat en sciences, Université de Paris-Sud Centre d'Orsay. 206p.
- Bouxin G., 2014 Analyse statistique des données de végétation. Chapitre 5. Les techniques d'analyse factorielle des données de végétation. 36p [en ligne] (Consulté le 05/01/2015) <http://www.guy-bouxin.e-monsite.com/>
- Brethes A., 1989 La typologie des stations forestières : recommandations méthodologiques. *Revue forestière française*, **XLI**, (1): 07-27.
- Caldecott J.,O., Jenkins M.,D., Johnson T. and Groombridge B., 1994 Priorities for conserving global species richness and endemism. *World Conservation Press*, 36p.
- Caldecott J. O., Jenkins M.,D., Johnson T. and Groombridge B 1996 Priorities for conserving global species richness and endemism. *Biodiversity and Conservation* **5**: 699-727.

- Calvet R., 2003 Le sol: propriétés et fonctions, phénomènes physiques et chimiques. Volume 2. ed. France Agricole & Dunod, 511p.
- Cardona M. A. et Contandriopoulos J., 1977 L'endémisme dans les flores insulaires. Méditerranéennes. *Mediterranea*, Faculté des Sciences d'Alicante, Université de Valence 2: 49-77.
- Carles J., 1954 Saison sèche et indice xérothermique de F. Bgnouls et H. Gausson 1953. In: Revue de géographie de Lyon. Vol. 29 n°3, p. 269. [en ligne] (Consulté le 20/02/2015) [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geoca\\_0035-113X\\_1954\\_num\\_29\\_3\\_1980](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geoca_0035-113X_1954_num_29_3_1980)
- CDB, 1992 : Convention des Nations Unies sur La diversité biologique. Sommet de la Terre à Rio De Janeiro (Brésil) 1992, 30 p.
- CDB, 2004 Lignes Directrices de la CDB : Approche par écosystème, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2004), Montréal, 51p.
- Chaïb M., 1991 Steppe tunisienne, état actuel et possibilités d'amélioration. Sécheresse 2, Vol.2: 95-99.
- Chavan J. J., Nimbalkar M. S., Adsul A. A., Kamble S. S., Gaikwad N. B., Dixit G. B., Gurav R. V., Bapat V. A. and Yadav S. R., 2011 Micropropagation and in vitro flowering of endemic and endangered plant *Ceropegia attenuata* Hook. J. Plant Biochem. Biotechnol. 20(2):276-282.
- Cirad, 2012 Pastoralisme : de la préservation des écosystèmes au développement. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), France, 4p.
- Clément B., 2012 Enjeux, rôles et fonctions des zones humides. RAMSAR - 2 Février 2012, Université de Rennes 1 (France), 41p.
- CNRS, 2010 La biodiversité, comprendre pour mieux agir. Centre National des Recherches Scientifiques (CNRS). Paris. 80 p.
- CNRS, 2015 Sagascience [en ligne] (Consulté le 13/03/2015) <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/>
- Corse J., 1985 La désertification dans les zones sahélienne et soudanienne en Afrique de l'Ouest. Unasyva 150, Vol. 37: 02-18.
- Daget P. et Godron M., 1982 Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Collection d'écologie 18, ed. Masson, Paris, 163 P.
- Daget P., Poissonet J., 1997 Biodiversité et végétation pastorale. Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 50(2): 141-144.
- Dajoz R., 2006 Précis d'écologie. 8<sup>e</sup> éd, Dunod, Paris, 621 p.
- Dajoz R., 2008 La Biodiversité, l'avenir de la planète et de l'homme. Ellipses, éd. Paris. 269p.
- Dalirshfat S.B., Meyer A. S. and Mirhoseini S.Z., 2009 - Comparison of Similarity Coefficients used for Cluster Analysis with Amplified Fragment Length Polymorphism Markers in the Silkworm, *Bombyx mori*. The Journal of Insect Science 2009; 9:1-8.

- Davis T.J., 1996 Le Manuel de la Convention RAMSAR. Ed. T.J. Davis - Bureau de la Convention RAMSAR de Suisse. 185p.
- Darwin C., 1859 L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la lutte pour l'existence dans la nature. Traduit de l'Anglais par Edmond Barbier sur l'édition anglaise définitive. Paris: Alfred Coste, Éditeur, 1921, 604 p.
- Delanoe O., De Montmollin B. and Olivier L., 1996 Conservation of Mediterranean Island Plants. 1. Strategy for action. IUCN/SSC Mediterranean Islands Plant Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 106 p.
- De Meester L., Declerck S., Janse J.H., Dagevos J.J., Portielje R., Lammens E., Jeppesen E., Lauridsen T., Schwenk K., Muylaert K., Van der Gucht K., Vyverman W., Zwart G., Van Hannen E., Van Puijenbroek P.J.T.M., Conde-Porcuna J. M., Sánchez-Castillo P., Vandekerckhove J. and Brendonck L., 2006 Biodiversity in European Shallow Lakes: a Multilevel–Multifactorial Field Study, **191**:149-167, In Ecological Studies, Vol. 191 R. Bobbink, B. Beltman, J.T.A.Verhoeven, and D.F.Whigham (Eds.), Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation, and Restoration. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 315p.
- De Parceveaux S. et Huber L., 2007 Bioclimatologie. Ed. Quae, Paris, 324p.
- Dernegi D., 2010 Hotspot de la biodiversité du bassin méditerranéen. Bird Life International, 258 p.
- DGF, 2001 Les zones humides - Un univers à découvrir ! Atlas 2, Direction Générale des Forêts, Alger – 49p.
- DGF, 2002 Atlas des 26 zones humides algériennes d'importance internationale. Atlas 3, Direction Générale des Forêts, Alger – 89p.
- DGF, 2004 Atlas IV des zones humides algériennes d'importance internationale. Atlas 4, Direction Générale des Forêts, Alger – 105p.
- Djebaili S., 1978 Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien algérien. Thèse de Doctorat, Université Sc. Tech. Languedoc, Montpellier - France, 229 p.
- Djebaili S., 1984 Steppe Algérienne, Phytosociologie et écologie. Ed. O. P. U Alger, 177 p +annexes.
- Dobignard A. et Chatelain C., 2010-2012 Index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord. Vol. 1,2,3et 4. C.J.B.G, Genève. 1763p.
- Dray S., 1999 Utilisation des listes d'occurrences spécifiques spatialisées en écologie et en biogéographie. DEA en Analyse et Modélisation des Systèmes Biologiques, Université Claude Bernard-Lyon I, 30p
- Dumont M., 2008 Apports de la modélisation des interactions pour une compréhension fonctionnelle d'un écosystème, application a des bactéries nitrifiantes en Chemostat. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 227p.
- Duarte J. M., Dos Santos J. B. and Melo L.C., 1999- Comparaison of similarity coefficients based on rapid markers in the common bean. Genetics and Molecular Biology, **22**, 3: 427-432.

- Duchaufour P., 1988 Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement. Second édition, Masson, 224 p.
- Dufrêne M., 2003 Méthodes d'analyse des données écologiques et biogéographiques (11/05/03). [en ligne] (Consulté le 29/03/2015) <http://old.biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/insulaire.htm>
- Dyke F., V., 2008 Conservation Biology : Foundations, Concepts, Applications. Springer Science and Business Media, 2<sup>nd</sup> Edition, 477p.
- Emberger L., 1966 Réflexions sur le spectre biologique de Raunkiaer. Bulletin de la Société Botanique de France. Vol. 113, Supplement 2, 1966 - Special Issue: Mémoires: Colloque de morphologie (Les Types biologiques). pp 147-156.
- Emery-Barbier A., 1988 Analyses polliniques du Quaternaire supérieur en Jordanie méridionale. In: Paléorient. 1988, Vol. **14** (1): 111-118.
- Faye E., 2010 Diagnostic partiel de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal : application de méthodes floristique, phytosociologique, ethnobotanique et cartographique. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique – Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs - Université Libre de Bruxelles – 253 p.
- Fennane M., 2004 Propositions de Zones Importantes pour les Plantes au Maroc (ZIP Maroc). Atelier National " Zones Importantes de Plantes au Maroc ", Rabat, Octobre, 11-12, 2004, p.25.
- Frontier S., 1983 Stratégie d'échantillonnage en écologie. ed. Masson-Paris. 490 p.
- Fustec E. et Lefeuvre J.-C., 2000 Fonctions et valeurs des zones humides In: Géomorphologie : relief, processus, environnement. Juillet-septembre 2002, Vol. **8** (3): 279-280.
- Gargaud M., Despois D. et Parisot J., P., 2005 L'environnement de la Terre primitive. Ed. **Presses Universitaires De Bordeaux**, 653 p.
- Géhu J.M., Kaabeche M. et Gharzouli R., 1993 Une remarquable toposéquence phytocoenotique en bordure du Chott El Hodna (Algérie). *Fragm. Flor. Geobot. Suppl.* **2**(2) : 513-520.
- Gentry A., H., 1982 Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between central and south America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **69**: 557-593.
- Gillet F., 2000 La phytosociologie synusiale intégrée – Guide méthodologique. Université de NEUCHÂTEL (France) - Institut de Botanique - Documents du Laboratoire d'écologie végétale, 1, 2000 – 68p.
- Giller P. S., Hillebrand H., Berninger U.G., Gessner M. O., Hawkins S., Inchausti P., Inglis C., Leslie H., Malmqvist B., Monaghan M. T., Morin P. J. and O'Mullan G., 2004 Biodiversity effects on ecosystem functioning : emerging issues and their experimental test in aquatic environments, *Oikos* **104**: 423-436.
- Gimaret-Carpentier C., 1999 Analyse de la biodiversité à partir d'une liste d'occurrences d'espèces : nouvelles méthodes d'ordination appliquées à l'étude de l'endémisme dans les Ghâts occidentaux. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard-Lyon I, France, 239p.

- Godron M., 1984 Ecologie de la végétation terrestre. éd. Masson, Paris. 196 p.
- Gonçalves S. and Romano A., 2004 Micropropagation of *Drosophyllum lusitanicum* (Dewy pine), an endangered West Mediterranean endemic insectivorous plant. *Biodiversity and Conservation*, **14**:1071-1081.
- Gonzalez Herrera M. A., 2009 Etude de la diversité spécifique et phylogénétique de communautés de plantes ligneuses en forêt tropicale : Apport des séquences ADN dans l'identification des espèces et l'étude des communautés. Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse. 267 p.
- González-Benito M. E. and Martín C., 2011 In Vitro Preservation of Spanish Biodiversity. In *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* **47**:46-54.
- Gosselin M. et Laroussine O., 2004 Biodiversité et gestion forestière : Connaitre pour préserver, Synthèse bibliographique. CEMAGREF éd. Paris, 350 p.
- Gounot M., 1969 Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson et Cie, Paris, 314p.
- Guinochet M., 1973 Phytosociologie. Paris, Ed. Masson et Cie. 296p.
- Hadjab M., 1998 Aménagement et protection des milieux naturels dans la cuvette centrale du Hodna (Algérie). Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix Marseille- Université de Provence (France). 237 p + annexes.
- Halimi A., 1980 L'Atlas Blidéen : Climats et étages végétaux. Ed. OPU, Alger. 523p.
- Halitim A., 1988 Sols arides d'Algérie. Ed. OPU, Alger. 384 p.
- Hamel T., Seridi R., de Bélair G., Slimani A. et Babali B., 2013 Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Rev. Sci. Technol., Université Badji Mokhtar - Annaba (Algérie), Synthèse* **26**: 65-74.
- Hamilton A. J., 2005 Species diversity or biodiversity, *Journal of Environmental Management* **75**: 89–92.
- Hammada S., Dakki M., Ibn Tattou M., Ouyahya A. et Fennane M., 2004 – Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc. Flore rare, menacée et halophile. *Acta Botanica Malacitana* **29**, Malaga, pp. 43-66.
- Hammada S., 2007 - Études sur la végétation des zones hmides du Maroc - Catalogue et Analyse de la Biodiversité floristique et d'identification des principaux Groupements Végétaux. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Université Mohammed V-Rabat - 199p.
- Hammer O., 2015 PAST : PAleontological STatistics. Reference manual. Version 3.05 (1999-2015) Natural History Museum - University of Oslo. 224 p.
- Harrison R., G., 2012 The language of speciation. *Evolution*, **6**: 3643–3657.
- HCDS, 2010 Base de données du Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) sur l'occupation des terres des willayas steppiques. Cas des wilayas de M'Sila et Batna (zones limitrophes à la zone humide de Chott El Hodna).
- Hill M.O. and Gauch H.G.Jr., 1980 Detrended Correspondence Analysis: An improved Ordination Technique. *Vegetatio*, Vol. **42**: 47-58.

- Hill P., Gutierrez B., Carmack L. and Kopp O. R., 2015 Micropropagation of *Astragalus holmgreniorum* (Holmgren milkvetch), an endemic and endangered species. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, **121**:381-387.
- Holland S. M., 2008 Detrended Correspondence Analysis (DCA) . DCA Tutorial - Department of Geology, University of Georgia, Athens – 9p.
- Holsinger K.E., 1992 Setting priorities for regional plant conservation programs. *Rhodora*, **94**: 243-257.
- Houedjissin R. et Koudande D., 2010 Projet de renforcement des capacités de recherche pour le développement de l'ingame en Afrique de l'Ouest et du Centre. Etat des lieux de la recherche sur l'ingame au Bénin. Rapport Final. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 63p.
- Hugh G., Gauch JR., 1982 Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, 312p.
- Isermann M., 2009 Phytodiversity in relation to scale. University of Bremen, Departement 2 (Biology/Chemistry), Germany, 136p.
- Jenny M., Smettan U. and Facklam-Moniak M., 1990 Soil-vegetation relationship at several arid microsites in the Wadi Araba (Jordan). *Vegetatio* **89**: 149-164.
- Johnston J. W., 1976. Similarity Indices : What Do They Measure? Battelle - Pacific Northwest Laboratories Richland, Washington - USA.
- Judd W. S., Campbell C. S., Kellogg E. A., et Stevens P., 2002 Botanique systématique. Une perspective phylogénétique. Ed. De Boeck Université, 1<sup>ère</sup> édition, 467p.
- Julian M. et Nicod J., 1977 Deux thèses sur la géologie et l'hydrogéologie du Bassin du Hodna et de ses bordures (Algérie). In: Méditerranée, Deuxième série, Tome 29, **2**:103-105.
- Kaabeche M., 1990 – Les groupements végétaux de la région de Bou Saada (Algérie) Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud Centre d'Orsay, 104 p.
- Kaabeche M., 1995 Flore et végétation dans le Chott El Hodna (Algérie). Documents phytosociologiques. N.S. Vol. **XV**. Camerino. pp 394-402.
- Kaabeche M., Gharzouli R. et Géhu J.M., 1995 Observations phytosociologiques sur le Tell et les Hautes Plaines de Sétif (Algérie). Documents Phytosociologiques. N.S. Vol. **XV**. Camerino. pp 117-125.
- Kaabeche M., 1996 La végétation steppique du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Essai de synthèse phytosociologique par application des techniques numériques d'analyse. Documents phytosociologiques. N.S. Vol. **XVI**. Camerino. pp 45-58.
- Kaabeche M., 1998 Les pelouses xérophiles à thérophytes du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Essai de synthèse phytosociologique par application de techniques numériques d'analyse. Documents phytosociologiques. N.S. Vol. **XVIII**. Camerino. pp 61-72.



- Kadi-Hanifi H., Sadjji A. and Amghar F., 2005 The impact of anthropic action and aridity on the pastoral production in the *Stipa tenacissima* L. steppes of Algeria. in Molina Alcaide E. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Biala K. (ed.), Morand-Fehr P. (ed.). Sustainable grazing, nutritional utilization and quality of sheep and goat products Zaragoza: CIHEAM, Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; **67**: 61-66.
- Kallio A. P., Kai F. M. and Mannila H., 2011. Correlations and co-occurrences of taxa: the role of temporal, geographic, and taxonomic restrictions. *Palaeontologia Electronica* Vol. **14**, Issue 1: 4A:14p;
- Khaznadar M., Vogiatzakis I.N. and Griffiths G.H., 2009 Land degradation and vegetation distribution in Chott El Beida wetland, Algeria. *Journal of Arid Environments* **73** :369-377.
- Killian C., 1953 La végétation autour du Chott Hodna, indicatrice des possibilités culturales et son milieu édaphique. *Annales de l'Institut Agricole et des Services de Recherches et d'Expérimentation Agricoles de l'Algérie*. Tome 7, Fasc.5 ; 80p.
- Koleff P., Gaston K.J. and Lennon J.J., 2003 Measuring beta diversity for presence–absence data *Journal of Animal Ecology*, **72**: 367–382
- Kouassi A. F., Adou Y. C. Y., Ipou I. J. et Amanzi K. K., 2010 Diversité floristique des zones côtières pâturées de la Côte d'Ivoire : cas du cordon littoral Port-Bouët-Grand-Bassam (Abidjan), *Sciences & Nature* Vol.7, 1: 69-86.
- Koull N. et Chehma A., 2013 Diversité floristique des zones humides de la Vallée de l'Oued Righ, (Sahara septentrional algérien). *Revue des BioRessources*, **3**(2): 72-81.
- Kruckeberg A. R. and Rabinowitz D., 1985 Biological aspects of endemism in higher plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Volume **16**: 447-479.
- Lacoste A. et Salanon R., 2005 *Éléments de biogéographie et d'écologie* . Paris : A. Colin coll. (2e édition), 300 p.
- Lahondère C., 1997 Initiation à la phytosociologie sigmatiste. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest (France)*, Nouvelle série - Numéro spécial 16, 47p.
- Lamarck J., B., 1809 *Philosophie zoologique*. 928 p. [en ligne] (Consulté le 28/02/2014) [www.lamarck.net](http://www.lamarck.net) ;  
[http://l.academicdirect.org/Horticulture/GAs/Refs/Lamarck\\_1809.pdf](http://l.academicdirect.org/Horticulture/GAs/Refs/Lamarck_1809.pdf)
- Lakroune A., 1999 Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du HODNA (cas de M'sila). Thèse d'ingénieur Agronome, INA, Alger. 55p.
- Larousse en ligne: Le site des Éditions Larousse [Larousse-edu.fr](http://www.larousse-edu.fr) [en ligne] (Consulté le 05/01/2015) <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/>
- Larousse agricole, édition 2002, 752p.
- Le Houérou H., N., Claudin J., Haywood N. et Donadieu J., 1975 Etudes des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricoles dans la région du Hodna, Algérie. Etude phytoécologique du Hodna, Volume 1, PNUD – FAO, Rome, 154 p. + cartes.

- Le Houérou H., N., Claudin J. et Pouget M., 1977 Etude bioclimatique des steppes algériennes. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord- Alger, Tome **68**, fasc. 3 et 4 :33-74 + Carte.
- Le Houérou H., N., 1989 Classification éoclimatique des zones arides (s.l.) de l'Afrique du Nord. *Ecologia Mediterranea* **XV** (3/4) – 1989. pp 95-144.
- Le Houérou H., N., 1995a Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: diversité biologique, développement durable et désertisation. Montpellier: CIHEAM, pp 1-396 (Options Méditerranéennes: Série B, Etudes et Recherches, n°10).
- Le Houérou H., N., 1995b – Considérations biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique. *Sécheresse*, Vol. **6**, 2:167-182.
- Le Houérou H., N., 2009 *Bioclimatology and biogeography of Africa*. Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 241 p.
- Lesage G., 2008 Intervention de Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), Paris 12/06/08, 21p.
- Lévêque C. et Mounolou J-C., 2008 *Biodiversité, Dynamique biologique et conservation*. Dunod éd. Paris. 255p.
- Magurran A.E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press - New Jersey. ISBN 9780691084916 [en ligne] (Consulté le 13/01/2015) <https://fr.scribd.com/doc/>
- Magurran, A.E. 2004 *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd, Blackwell Publishing Company, p.256.
- Magurran, A. E., 2005 - Species abundance distributions: pattern or process? *Functional Ecology Forum* **19**: 177-181 - 2005 British Ecological Society.
- Maltby E., 2006 *Wetland Conservation and Management: Questions for Science and Society in Applying the Ecosystem Approach*. Section II: Conservation and Management of Wetlands, in *Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation, and Restoration*, R. Bobbink, B. Beltman, J.T.A.Verhoeven, and D.F.Whigham (Eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, *Ecological Studies*, Vol. **191**: 93-116.
- Mainguet M., 1990 La désertification : une crise autant socio-économique que climatique. *Sécheresse*, Vol.1 (3): 187-195.
- Maire R., 1952-1987 *Flore de l'Afrique du Nord*, Ed. Paul Lechevalier, Paris, Volumes de 1 à 16.
- Marco-Medina A. et Casas J. L., 2015 In vitro multiplication and essential oil composition of *Thymus moroderi* Pau ex Martinez, an endemic Spanish plant. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, **120**:99-108.
- Marcon E., 2013 Mesures de la biodiversité. *Ecologie des forêts de Guyane*, Unité Mixte de Recherche : CNRS, INRA, Agro Paris Tech & Cirad. 79 p.
- Maman L. et Vienne L., 2010 Les zones humides, un patrimoine remarquable. *Geosciences*, pp 68-77.

- Martin L., 2012 La gestion des zones humides dans les dossiers loi sur l'eau : amélioration des avis techniques pour une meilleure mise en œuvre des mesures compensatoires en zones humides. Mémoire de Master, Université de Limoges, 96p.
- Mathieu S., 2006 Evaluation de l'intérêt des zones humides ordinaires –arguments pour les valoriser auprès du public. ENGREF Centre de Montpellier et Office International de l'Eau, 32p.
- Medjahdi B., 2010 Réponse de la végétation du littoral oranais aux perturbations : Cas des monts des Trara (Nord-Ouest de l'Algérie). Thèse de Doctorat en foresterie. Université Aboubakr Belkaid -Tlemcen. 266 p + annexes
- Médail F. and Quézel P., 1997 Hot-Spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **84**:112-127.
- Médail F. and Verlaque R., 1997 Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: Implications for biodiversity conservation. *Biological Conservation* **80**: 269-281
- Médail F. et Quézel P.,1999 Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin: Setting Global Conservation Priorities. *Conservation Biology*, Volume 13, **6**: 1510–1513.
- Médail F. and Myers N., 2004 Mediterranean Basin. In : Mittermeier R.A., Robles Gil P.,Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier C.G., Lamoreux J. & da Fonseca G.A.B. 2004. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington) & Agrupación Sierra Madre (Mexico), pp. 144-147.
- Médail F., Baumel A., Diadema K. et Migliore J., 2012 La biodiversité végétale méditerranéenne, organisation et évolution. R38. 7 novembre 2012 [en ligne] (Consulté le 17/01/2015) <http://www.sfecologie.org/regards/2012/11/07/r38-frederic-medail-et-al/>
- Meddour R., 2010 Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemples des groupes forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurdjurienne. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 397 p + Annexe.
- Mimeche F. 2014. Ecologie du Barbeau de L'Algérie, *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (Pisces : Cyprinidae) dans le barrage d'El K'sob (M'Sila).Thèse de Doctorat en Science. Ecole Nationale Supérieure Agronomique – EL- Harrach, Alger.117p.
- Mimoune S., 1995 Gestion des sols salés et désertification dans une cuvette endoréique d'Algérie (Sud du Chott El Hodna). Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille I - 204p.
- Minchin P. R., 1987 An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio* **69** : 89 – 107. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht – Netherlands.
- Mouquet N. et Isabelle Gounand I., et Gravel D., 2010 Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes. R3. 8 Octobre 2010 [en ligne] (Consulté le 02/04/2015) <http://www.sfecologie.org/regards/2010/10/08/regards-3-mouquet/>
- Myers N., 1990 The Biodiversity Challenge: Expanded Hot-Spots Analysis. *The Environmentalist*, Volume **10**, 4: 243-256.
- Myers N., 1996 Environmental services of biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **93**: 2764-2769.

- Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B. and Kent J. 2000 Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* /Vol 403/ 24 February 2000= - 2000 Macmillan Magazines Ltd. [en ligne] (Consulté le 07/02/2015) [www.nature.com](http://www.nature.com)
- Nedjah R., 2010 Ecologie de l'Héron pourpré (*Ardea purpurea*) en Numidie (Nord - Est algérien). Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar - Annaba, 97p.
- Negadi M., Hassani A., Bounacuer F. et Azzaoui M. E., 2014 Etude de la diversité floristique de la région d'El Bayadh (Algérie) : Flore rare et menacée. *Revue Ecologie-Environnement, Université de Tiaret – Algérie*, **10** : 50-55.
- Nelson G. and Platnick N., 1981 *Systematics and Biogeography. Cladistics and vicariance.* New York Columbia University Press. 567 p.
- Numa C. et Troya A., 2011 Conservation de la biodiversité en Méditerranée : les défis à relever. *Économie et territoire - Développement durable, Med 2011 bilan, Centre de coopération pour la Méditerranée (UICN)*, pp 280-285.
- Oktar A., 2007 *L'Atlas de la création. SecilOfest*, éd. Istanbul. 910 p.
- OEPA 2005 Observatoire de l'Eau des Pays de l'Adour, Les Zones Humides - Bassin de l'Adour, Phase 1 – Données et sources d'informations, Année 2005, 27p.
- Ozenda P., 1982 *Les Végétaux dans la biosphère.* Ed. Doin, Paris. 427 p
- Ozenda P., 1983 *Flore du Sahara.* 2<sup>ème</sup> Ed. CNRS, Paris. 622p
- PADER, 2013 Extrait du Portail Algérien des Energies Renouvelables, 50 sites RAMSAR classés zones humides d'importance internationale en Algérie, 2p. [en ligne] (Consulté le 07/01/2015) <http://portail.cder.dz/spip.php?article3017>
- Palayan D., 2003 Structure et fonctionnement d'un agroécosystème touché par la crise de l'eau en Inde du sud : étude de cas autour des réservoirs d'eau de deux villages du district de Pudukkottai, Tamil Nadu. Mémoire de maîtrise. Université Paris 1. Pantheon-Sorbonne. UFR de géographie. 141p.
- Pielou E.C., 1987 The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. *Limnol. Oceanogr.*, **32**(2): 523-524.
- Pilatti F. K., Aguiar T., Simões T., E. E., Benson E. E. and Viana A. M., 2010 In vitro and cryogenic preservation of plant biodiversity in Brazil. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*, **47**:82-98.
- Pouget M., 1980 Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Travaux et document de l'O.R.S.T.O.M. N° 116 – PARIS, 555p.
- Quézel P., 1964 L'endémisme dans la flore de l'Algérie. *Compt. Rend. Sommaire Séances Soc. Biogéogr.* **361**: 137-149.
- Quézel P. et Santa S., 1962 Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris: CNRS. **1** : 1–565.
- Quézel P. et Santa S., 1963 Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris: CNRS. **2**: 571–1091.
- Quézel P. et Médail F., 2003. *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen.* Elsevier, Collection Environnement, Paris, 573 p.

- Quilichini A., 1999 Biologie et Ecologie d'une espèce endémique corso-sarde, rare et protégée : *Anchusa crispa* Viv. (Boraginaceae). Implications pour sa Conservation. Thèse de Doctorat, Université Pascal Paoli de Corse, France, 118p.
- Ramade F., 2003 Elément d'écologie, écologie fondamentale. 3<sup>e</sup> éd. Dunod, Paris, 690 p.
- Ramade F., 2008 Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Ed. Dunod, Paris. 727 p.
- Ramsar, 2013 Le Manuel de la Convention de Ramsar, Guide de la Convention sur les zones humides, 6e édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, 116p.
- Ramsar, 2011 La convention de Ramsar. 01/03/2011, 5p.
- Raunkiaer C., 1934 The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford at the Clarendon Press, 147p.
- Rebbas K., 2014 Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Béjaïa. Thèse de Doctorat en Sciences, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Sétif ,180 p.
- Reed F. N., 1987 Saving species by saving ecosystems. *Conservation Biology*, Vol.1, **2**:175-177.
- Reid W., V., 1998 Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution (TREE)*, **13**(7):275–280.
- Riemann H. and Ezcurra E., 2005 Plant endemism and natural protected areas in the peninsula of Baja California, Mexico. *Biological Conservation*, **122**: 141–150.
- Rossello J.A., 2013 A perspective of plant microevolution in the western Mediterranean Islands as assessed by molecular markers in Islands and plants; Preservation and understanding of flora on Mediterranean Islands. 2nd Botanical Conference in Menorca. Proceedings and abstracts. Institut des Etudes de Minorque., Espagne, pp 21-34
- Sagar R. and Sarma G., P., 2012 Measurement of alpha diversity using Simpson index (1/λ): the jeopardy. *Environmental Skeptics and Critics*, 2012, **1**(1):23-24
- Salama M., Deconinck J., N., Lotfy M., F. et Risier J., 1991 L'ensablement de Nouakchott : Exemple de l'aéroport. *Sécheresse* 2, Vol.2: 101-109.
- Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Inst. Météorol. Phys. GI., Alger, Carbonel, 219 p.
- Sergio F. and Pedrini P., 2007 Biodiversity gradients in the Alps: the overriding importance of elevation. *Biodivers Conserv* (2007) **16**:3243–3254.
- Skinner J. et Zalewski S., 1995 Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Conservation des zones humides méditerranéennes MedWet, Tour du Valat, France, 78p.
- Soulé ME., 1991 Conservation: Tactics for a Constant Crisis. Published by: American Association for the Advancement of Science. *Science*, Vol. **253**(5021): 744-750.
- Stebbins G. L. and Major J., 1965 Endemism and Speciation in the California Flora. *Ecological Monographs*, Vol. **35**(1) :1-35.
- Stevens, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 13, July 2012 [en ligne] (Consulté le 07/08/2014) <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>

- Swenson J. J., Young B. E., Beck S., Comer P., Córdova J. H., Dyson J., Embert D., Encarnación F., Ferreira W., Franke I., Grossman D., Hernandez P., Herzog S. K., Josse C., Navarro G., Pacheco V., Stein B. A., Timaná M., Tovar A., Tovar C., Vargas J. and Zambrana-Torrel C. M., 2012 Plant and animal endemism in the eastern Andean slope: challenges to conservation. *BMC Ecology* 2012, 12(1): 1-18.
- Tilman D., 2000 Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature* **405**:208-211
- Trigui S. T., 2010 Etude Floristique et Biogéographique des altitudes supérieures de la Montagne d'Ambre (Nord de Madagascar). Travail de maîtrise universitaire en biologie, Université de GENÈVE (Laboratoire de Botanique Systématique et Biodiversité et Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève), 199p.
- Turcati L., 2011 Mesurer la biodiversité pour comprendre l'effet des perturbations sur les communautés végétales : apport des caractéristiques écologiques et évolutives des espèces. Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, Sorbonne, France, 263p.
- UICN, 2008 La méditerranée: menace sur un haut lieu de la biodiversité. Commission de la sauvegarde des espèces. La liste rouge de l'UICN des espèces menacées. 2p [en ligne] (Consulté le 11/12/2014) <http://www.iucn.org/redlist/>
- Véla E. et Benhouhou, S., 2007 Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du nord). *C.R. Biologies*, **330** : 589-605.
- Verlaque R., Médail F., Quézel P. et Babinot J. F., 1997 Endémisme végétal et paléogéographie dans le bassin méditerranéen. [Plant endemism and palaeogeography in the Mediterranean Basin]. *GEOBIOS, M.S.* **21**: 159-166.
- Verlaque R., Médail F. et Aboucaya A., 2001 Valeur prédictive des types biologiques pour la conservation de la flore méditerranéenne. Académie des Sciences/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Acad. Sci. Paris, /Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS /Life Sciences **324** : 1157–1165.
- Voronkova N. M. and Kholina A. B., 2010 Conservation of Endemic Species from the Russian Far East Using Seed Cryopreservation. *Biology Bulletin Vol. 37*, **5**:496-501.
- Ward D., Olsvig-Whittaker L. and Lawes M., 1993 Vegetation-environment relationships in a Negev Desert erosion cirque. *Journal of Vegetation Science* **4**: 83-94.
- Werthmüller A. 2005 L'importance économique de la biodiversité et de la biotechnologie in : *La Vie économique, Revue de politique économique* 3, pp 63-66.
- Whittaker R. H. 1972 Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, Vol. **21**(2/3): 213-251
- Willig M. R. and Bloch C., P., 2006 Latitudinal gradients of species richness: a test of the geographic area hypothesis at two ecological scales. *OIKOS* **112**: 163-173.
- Wilmé L., 2012 Biogeographic evolution of Madagascar's microendemic biota. Analyse de déconstruction. Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg, France. 118p.
- Wilson S. D. and Keddy P., A., 1986 Species competitive ability and position along a natural stress/disturbance gradient. *Ecology*, **67** (5): 1236-1242.

- Wilson E.O., 1988 Biodiversity. E.O.Wilson, Editor & Frances M.Peter, Associate Editor, National Academy Press, Washington, 521p.
- Wolda H., 1981 Similarity Indices, Sample Size and Diversity. *Oecologia* (Springer-Verlag) **50**:296-302.
- WWF, 2009 L'importance de la biodiversité, 5p. [en ligne] (Consulté le 19/01/2015) [www.wwf.fr](http://www.wwf.fr)
- WWF, 2014 Protéger la forêt : Le 1<sup>er</sup> acte fort pour lutter contre le dérèglement climatique. [en ligne] (Consulté le 19/01/2015) [www.wwf.fr](http://www.wwf.fr)
- Yahi N. and Benhouhou S., 2011 Country reports and case studies (Algeria) in : Important Plant Areas of the south and east Mediterranean region. Priority sites for conservation, Editors: E.A. Radford, G. Catullo and B. de Montmollin, UICN, Switzerland and Spain, 107p.
- Zedam A., Atoui A. et Rouissat R., 2010 La végétation de Oued Mcif (Sud de Chott El Hodna –M'sila). Séminaire International sur la Préservation et la Mise en valeur de l'Ecosystème Steppique, Université de M'sila, 14 - 16 mars 2010.
- Zedam A. and Fenni M., 2015 Vascular flora analysis of the southern part of Chott El Hodna wetland (Algeria). *International Journal of the Bioflux Society - AES BIOFLUX Advances in Environmental Sciences* , **7**(3):357-368.
- Zeraia L., 1981 Essai d'interprétation des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de Provence cristalline et d'Algérie. Thèse de Doctorat d'État, Université Aix Marseille III, 367 p + annexes.

# *ANNEXES*



Annexel : Les tables de THORNTHWAITE

Table 1. Calcule des indices mensuels  $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$  (Halimi 1980)

T	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0°			0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1°	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
2°	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44
3°	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69
4°	0,71	0,74	0,77	0,80	0,82	0,85	0,88	0,91	0,96	0,97
5°	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,29
6°	1,32	1,35	1,39	1,42	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,63
7°	1,66	1,70	1,74	1,77	1,81	1,85	1,89	1,92	1,96	2,00
8°	2,04	2,08	2,12	2,15	2,19	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
9°	2,44	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,69	2,73	2,77	2,81
10°	2,86	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,16	3,21	3,25
11°	3,30	3,34	3,39	3,44	3,48	3,53	3,58	3,62	3,67	3,72
12°	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4,00	4,05	4,10	4,15	4,20
13°	4,25	4,30	4,35	4,40	4,45	4,50	4,55	4,60	4,65	4,70
14°	4,75	4,81	4,86	4,91	4,96	5,01	5,07	5,12	5,17	5,22
15°	5,28	5,33	5,38	5,44	5,49	5,55	5,60	5,65	5,71	5,76
16°	5,82	5,87	5,93	5,98	6,04	6,10	6,15	6,21	6,26	6,32
17°	6,38	6,44	6,49	6,55	6,61	6,66	6,72	6,78	6,84	6,90
18°	6,95	7,01	7,07	7,13	7,19	7,25	7,31	7,37	7,43	7,49
19°	7,55	7,61	7,67	7,73	7,79	7,85	7,91	7,97	8,03	8,10
20°	8,16	8,22	8,28	8,34	8,41	8,47	8,53	8,59	8,66	8,72
21°	8,78	8,85	8,91	8,97	9,04	9,10	9,17	9,23	9,29	9,36
22°	9,42	9,49	9,55	9,62	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95	10,01
23°	10,08	10,15	10,21	10,28	10,35	10,41	10,48	10,55	10,62	10,68
24°	10,75	10,82	10,89	10,95	11,02	11,09	11,16	11,23	11,30	11,37
25°	11,44	11,50	11,57	11,64	11,71	11,78	11,85	11,92	11,99	12,06
26°	12,13	12,21	12,28	12,35	12,42	12,49	12,56	12,63	12,70	12,78
27°	12,85	12,92	12,99	13,07	13,14	13,21	13,28	13,36	13,43	13,50
28°	13,58	13,65	13,72	13,80	13,87	13,94	14,02	14,09	14,17	14,24
29°	14,32	14,39	14,47	14,54	14,62	14,69	14,77	14,84	14,92	14,99
30°	15,07	15,15	15,22	15,30	15,38	15,45	15,53	15,61	15,68	15,76
31°	15,84	15,92	15,99	16,07	16,15	16,23	16,30	16,38	16,46	16,54
32°	16,62	16,70	16,78	16,85	16,93	17,01	17,09	17,17	17,25	17,33
33°	17,41	17,49	17,57	17,65	17,73	17,81	17,89	17,97	18,05	18,13
34°	18,22	18,30	18,38	18,46	18,54	18,62	18,70	18,79	18,87	18,95
35°	19,03	19,11	19,20	19,28	19,36	19,45	19,53	19,61	19,69	19,78
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

Annexe 1 (suite)

Table 2 : Facteur de correction (c) par le quel il convient de multiplier selon le mois et la latitude les valeurs de l'ETP non corrigée pour obtenir l'évapotranspiration corrigée

(Halimi 1980)

Latitude Nord	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
20°	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
25°	0,93	0,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
26°	0,92	0,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
27°	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,90	0,90
28°	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,90	0,90
29°	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,90	0,89
30°	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
31°	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,18	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
32°	0,89	0,86	1,03	1,08	1,19	1,19	1,21	1,15	1,03	0,98	0,88	0,87
33°	0,88	0,86	1,03	1,09	1,19	1,20	1,22	1,15	1,03	0,97	0,88	0,86
34°	0,88	0,85	1,03	1,09	1,20	1,20	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87	0,86
35°	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36°	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37°	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38°	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39°	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40°	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41°	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42°	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43°	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44°	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76
45°	0,80	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
46°	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74
47°	0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73
48°	0,76	0,80	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77	0,72
49°	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76	0,71
50°	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70

Table : Similarité de Sorensen entre relevés

		Relevés																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Relevés	1	1,00																											
	2	0,18	1,00																										
	3	0,83	0,20	1,00																									
	4	0,74	0,26	0,76	1,00																								
	5	0,10	0,71	0,16	0,17	1,00																							
	6	0,24	0,31	0,20	0,29	0,17	1,00																						
	7	0,75	0,25	0,73	0,67	0,11	0,20	1,00																					
	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00																				
	9	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,57	0,07	0,80	1,00																			
	10	0,00	0,63	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00																		
	11	0,13	0,76	0,10	0,15	0,80	0,22	0,15	0,00	0,08	0,73	1,00																	
	12	0,76	0,19	0,87	0,68	0,15	0,19	0,70	0,00	0,07	0,00	0,09	1,00																
	13	0,68	0,21	0,74	0,73	0,11	0,28	0,65	0,00	0,07	0,00	0,15	0,67	1,00															
	14	0,14	0,80	0,21	0,22	0,73	0,24	0,15	0,00	0,09	0,65	0,67	0,20	0,16	1,00														
	15	0,82	0,09	0,81	0,67	0,10	0,06	0,77	0,00	0,06	0,00	0,05	0,78	0,65	0,10	1,00													
	16	0,17	0,74	0,19	0,25	0,72	0,29	0,24	0,00	0,08	0,59	0,77	0,18	0,20	0,76	0,09	1,00												
	17	0,63	0,20	0,68	0,62	0,16	0,27	0,55	0,00	0,07	0,00	0,15	0,61	0,60	0,15	0,68	0,24	1,00											
	18	0,21	0,65	0,23	0,19	0,63	0,13	0,32	0,00	0,07	0,67	0,73	0,26	0,14	0,67	0,21	0,67	0,14	1,00										
	19	0,61	0,21	0,67	0,65	0,17	0,21	0,57	0,00	0,08	0,00	0,15	0,55	0,63	0,16	0,62	0,20	0,67	0,10	1,00									
	20	0,78	0,19	0,81	0,76	0,10	0,18	0,72	0,00	0,13	0,00	0,09	0,78	0,74	0,14	0,84	0,18	0,64	0,21	0,71	1,00								
	21	0,09	0,70	0,10	0,15	0,69	0,15	0,15	0,00	0,08	0,67	0,74	0,09	0,15	0,67	0,09	0,72	0,15	0,68	0,15	0,14	1,00							
	22	0,22	0,36	0,25	0,33	0,23	0,67	0,25	0,43	0,50	0,00	0,21	0,24	0,32	0,30	0,11	0,33	0,31	0,19	0,27	0,23	0,21	1,00						
	23	0,60	0,18	0,69	0,68	0,19	0,29	0,57	0,06	0,12	0,05	0,13	0,71	0,71	0,18	0,65	0,21	0,57	0,16	0,55	0,65	0,17	0,27	1,00					
	24	0,75	0,21	0,73	0,68	0,13	0,26	0,73	0,06	0,11	0,00	0,12	0,78	0,71	0,17	0,80	0,20	0,62	0,23	0,64	0,76	0,16	0,30	0,74	1,00				
	25	0,21	0,72	0,14	0,20	0,65	0,28	0,14	0,08	0,07	0,69	0,75	0,09	0,19	0,68	0,09	0,73	0,19	0,60	0,15	0,13	0,70	0,26	0,13	0,16	1,00			
	26	0,67	0,13	0,64	0,63	0,09	0,17	0,68	0,06	0,18	0,00	0,09	0,65	0,69	0,09	0,75	0,13	0,56	0,12	0,63	0,75	0,17	0,32	0,73	0,83	0,08	1,00		
	27	0,22	0,65	0,15	0,21	0,63	0,30	0,20	0,09	0,16	0,61	0,79	0,09	0,20	0,61	0,14	0,72	0,20	0,63	0,15	0,18	0,68	0,28	0,13	0,16	0,90	0,13	1,00	
	28	0,20	0,61	0,16	0,17	0,65	0,17	0,11	0,00	0,10	0,69	0,71	0,10	0,17	0,56	0,15	0,57	0,22	0,54	0,17	0,10	0,65	0,16	0,10	0,09	0,78	0,05	0,76	1,00
	29	0,68	0,22	0,69	0,72	0,14	0,17	0,69	0,00	0,12	0,00	0,17	0,71	0,67	0,18	0,73	0,21	0,61	0,12	0,68	0,77	0,17	0,22	0,74	0,77	0,08	0,84	0,09	1,00

Table : Similarité de Sorensen entre relevés (suite 1)

		Relevés																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Relevés	30	0,13	0,25	0,14	0,15	0,18	0,71	0,14	0,60	0,67	0,10	0,16	0,13	0,15	0,26	0,06	0,15	0,07	0,21	0,08	0,13	0,16	0,50	0,18	0,17	0,15	0,12	0,24	
	31	0,68	0,24	0,70	0,73	0,15	0,25	0,70	0,00	0,07	0,00	0,14	0,67	0,67	0,20	0,73	0,32	0,65	0,17	0,68	0,73	0,19	0,29	0,71	0,78	0,13	0,73	0,14	
	32	0,17	0,30	0,19	0,21	0,24	0,71	0,13	0,62	0,67	0,09	0,21	0,18	0,20	0,31	0,06	0,28	0,19	0,19	0,14	0,12	0,14	0,63	0,22	0,21	0,20	0,11	0,21	
	33	0,27	0,70	0,20	0,26	0,69	0,30	0,20	0,00	0,08	0,67	0,74	0,14	0,25	0,72	0,14	0,72	0,24	0,63	0,21	0,18	0,63	0,28	0,17	0,16	0,85	0,09	0,79	
	34	0,61	0,15	0,71	0,70	0,15	0,19	0,58	0,07	0,14	0,00	0,10	0,81	0,68	0,15	0,71	0,14	0,58	0,13	0,60	0,71	0,10	0,24	0,80	0,75	0,09	0,75	0,10	
	35	0,57	0,21	0,67	0,70	0,17	0,21	0,62	0,00	0,08	0,00	0,15	0,64	0,73	0,16	0,67	0,20	0,67	0,10	0,65	0,62	0,21	0,27	0,77	0,76	0,10	0,71	0,10	
	36	0,71	0,14	0,72	0,67	0,10	0,18	0,77	0,07	0,13	0,00	0,05	0,73	0,61	0,14	0,80	0,13	0,51	0,21	0,67	0,76	0,09	0,23	0,77	0,84	0,09	0,83	0,14	
	37	0,42	0,20	0,55	0,57	0,26	0,20	0,55	0,08	0,14	0,17	0,20	0,57	0,65	0,26	0,55	0,29	0,50	0,27	0,48	0,55	0,29	0,25	0,69	0,69	0,23	0,64	0,29	
	38	0,64	0,19	0,74	0,68	0,15	0,25	0,65	0,07	0,13	0,00	0,09	0,71	0,71	0,20	0,69	0,18	0,61	0,17	0,64	0,69	0,14	0,35	0,78	0,78	0,13	0,81	0,14	
	39	0,69	0,14	0,75	0,74	0,14	0,18	0,67	0,07	0,13	0,00	0,09	0,76	0,68	0,19	0,78	0,13	0,63	0,17	0,61	0,75	0,13	0,22	0,79	0,82	0,09	0,78	0,09	
	40	0,28	0,69	0,21	0,27	0,42	0,32	0,21	0,00	0,09	0,45	0,56	0,15	0,32	0,59	0,14	0,59	0,26	0,41	0,22	0,19	0,61	0,37	0,18	0,17	0,74	0,13	0,67	
	41	0,57	0,16	0,62	0,70	0,11	0,14	0,57	0,00	0,08	0,00	0,10	0,64	0,68	0,11	0,71	0,15	0,62	0,10	0,60	0,71	0,21	0,20	0,72	0,72	0,05	0,75	0,10	
	42	0,17	0,30	0,13	0,21	0,16	0,71	0,19	0,46	0,53	0,09	0,21	0,12	0,20	0,23	0,06	0,21	0,19	0,19	0,21	0,18	0,21	0,63	0,22	0,26	0,20	0,16	0,29	
	43	0,00	0,12	0,05	0,06	0,13	0,00	0,05	0,00	0,09	0,20	0,17	0,05	0,05	0,12	0,05	0,11	0,05	0,16	0,06	0,10	0,11	0,00	0,09	0,04	0,11	0,09	0,11	
	44	0,06	0,07	0,13	0,21	0,08	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,07	0,12	0,20	0,08	0,18	0,07	0,19	0,06	0,28	0,18	0,07	0,00	0,28	0,21	0,07	0,22	0,07	
	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	46	0,06	0,00	0,13	0,14	0,08	0,00	0,13	0,00	0,00	0,09	0,07	0,12	0,13	0,00	0,12	0,07	0,13	0,06	0,14	0,12	0,07	0,00	0,11	0,10	0,07	0,11	0,07	
	47	0,00	0,08	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,08	0,00	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,00	0,00	0,06	0,05	0,07	0,06	0,08	
	48	0,06	0,15	0,20	0,21	0,25	0,00	0,20	0,00	0,00	0,09	0,15	0,19	0,14	0,16	0,18	0,21	0,20	0,20	0,21	0,18	0,22	0,11	0,17	0,16	0,14	0,17	0,15	
	49	0,00	0,07	0,06	0,07	0,08	0,00	0,06	0,00	0,00	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,13	0,06	0,07	0,00	0,11	0,05	0,06	0,05	0,07	
	50	0,06	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,07	0,00	0,06	0,00	0,07	0,00	0,14	0,06	0,00	0,00	0,11	0,05	0,00	0,06	0,00	
	51	0,06	0,08	0,07	0,14	0,08	0,00	0,07	0,00	0,00	0,09	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,00	0,00	0,11	0,11	0,07	0,11	0,07
	52	0,11	0,00	0,12	0,13	0,00	0,00	0,18	0,00	0,12	0,00	0,00	0,11	0,13	0,00	0,17	0,00	0,18	0,00	0,19	0,17	0,00	0,00	0,16	0,10	0,06	0,15	0,07	
	53	0,00	0,13	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,12	0,00	0,06	0,13	0,05	0,12	0,06	0,11	0,06	0,05	0,12	0,00	0,05	0,05	0,11	0,05	0,12	
	54	0,00	0,14	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,14	0,00	0,00	0,15	0,00	0,13	0,00	0,13	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,14	
	55	0,00	0,13	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,13	0,00	0,06	0,14	0,05	0,13	0,06	0,12	0,06	0,05	0,13	0,00	0,05	0,05	0,12	0,05	0,13	

Table : Similarité de Sorensen entre relevés (suite 2)

		Relevés																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Relevés	56	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,07
	57	0,09	0,15	0,09	0,10	0,11	0,14	0,09	0,00	0,07	0,06	0,10	0,09	0,14	0,16	0,09	0,15	0,09	0,14	0,10	0,13	0,10	0,13	0,13	0,12	0,10	0,08	0,15
	58	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,06	0,00	0,10	0,00	0,06	0,05	0,11	0,06	0,10	0,06	0,11	0,06	0,12	0,10	0,06	0,08	0,10	0,09	0,00	0,10	0,06
	59	0,05	0,07	0,06	0,06	0,07	0,11	0,06	0,00	0,12	0,00	0,07	0,06	0,13	0,07	0,11	0,06	0,12	0,06	0,13	0,11	0,07	0,10	0,11	0,10	0,00	0,10	0,07
	60	0,10	0,12	0,11	0,11	0,06	0,17	0,11	0,00	0,10	0,00	0,06	0,10	0,17	0,13	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,15	0,06	0,16	0,14	0,13	0,06	0,09	0,12
	61	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,07
	62	0,00	0,13	0,00	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,00	0,15	0,13	0,05	0,12	0,13	0,11	0,12	0,06	0,11	0,12	0,11	0,13	0,00	0,15	0,09	0,12	0,10	0,13
	63	0,13	0,08	0,07	0,15	0,09	0,14	0,21	0,00	0,17	0,00	0,08	0,13	0,15	0,09	0,19	0,15	0,14	0,07	0,15	0,19	0,08	0,13	0,12	0,17	0,00	0,18	0,08
	64	0,05	0,19	0,06	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,25	0,05	0,06	0,20	0,05	0,24	0,06	0,23	0,06	0,05	0,13	0,00	0,15	0,05	0,18	0,05	0,19
	65	0,05	0,07	0,06	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,00	0,08	0,06	0,11	0,18	0,07	0,16	0,06	0,06	0,06	0,13	0,16	0,06	0,00	0,21	0,14	0,06	0,15	0,06
	66	0,00	0,09	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,08	0,00	0,08	0,09	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,00	0,06	0,06	0,08	0,06	0,08
	67	0,00	0,08	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,08	0,00	0,07	0,09	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	0,08	0,00	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08
	68	0,00	0,08	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,08	0,00	0,07	0,09	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	0,08	0,00	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08
	69	0,06	0,23	0,07	0,07	0,17	0,13	0,13	0,00	0,14	0,18	0,22	0,13	0,21	0,24	0,18	0,21	0,13	0,20	0,14	0,18	0,22	0,11	0,17	0,16	0,14	0,17	0,22
	70	0,04	0,11	0,05	0,05	0,17	0,00	0,05	0,00	0,08	0,12	0,15	0,00	0,05	0,11	0,04	0,10	0,05	0,14	0,05	0,09	0,05	0,00	0,09	0,04	0,10	0,08	0,10
	71	0,10	0,06	0,05	0,11	0,19	0,00	0,05	0,10	0,09	0,13	0,17	0,05	0,05	0,06	0,10	0,17	0,05	0,16	0,06	0,10	0,17	0,08	0,19	0,09	0,11	0,09	0,11
	72	0,15	0,06	0,05	0,11	0,13	0,00	0,11	0,00	0,00	0,07	0,12	0,05	0,06	0,06	0,15	0,06	0,11	0,11	0,06	0,10	0,06	0,00	0,14	0,09	0,11	0,09	0,12
	73	0,11	0,00	0,06	0,13	0,08	0,00	0,06	0,00	0,00	0,08	0,07	0,06	0,06	0,00	0,11	0,13	0,06	0,06	0,07	0,11	0,14	0,00	0,16	0,10	0,06	0,11	0,07
	74	0,05	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,13
	75	0,16	0,00	0,06	0,13	0,07	0,00	0,12	0,13	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,00	0,16	0,00	0,12	0,06	0,06	0,11	0,00	0,09	0,15	0,10	0,06	0,10	0,06
76	0,15	0,06	0,06	0,12	0,13	0,00	0,11	0,11	0,10	0,07	0,12	0,05	0,06	0,06	0,15	0,18	0,11	0,11	0,06	0,10	0,18	0,08	0,15	0,09	0,17	0,10	0,18	
77	0,15	0,00	0,06	0,12	0,13	0,00	0,11	0,00	0,00	0,14	0,12	0,05	0,06	0,00	0,15	0,12	0,11	0,11	0,06	0,10	0,12	0,00	0,20	0,09	0,11	0,10	0,12	
78	0,10	0,06	0,06	0,12	0,21	0,00	0,06	0,12	0,11	0,15	0,19	0,05	0,06	0,07	0,11	0,12	0,06	0,17	0,06	0,11	0,13	0,09	0,15	0,09	0,12	0,10	0,13	
79	0,05	0,12	0,05	0,06	0,19	0,00	0,05	0,00	0,10	0,14	0,18	0,00	0,06	0,13	0,05	0,11	0,05	0,16	0,06	0,10	0,06	0,00	0,10	0,04	0,11	0,09	0,12	

Table : Similarité de Sorensen entre relevés (suite 3)

		Relevés																										
		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
Relevés	28	1,00																										
	29	0,10	1,00																									
	30	0,10	0,06	1,00																								
	31	0,10	0,78	0,13	1,00																							
	32	0,17	0,11	0,80	0,24	1,00																						
	33	0,71	0,13	0,16	0,19	0,21	1,00																					
	34	0,11	0,76	0,14	0,72	0,19	0,10	1,00																				
	35	0,11	0,81	0,08	0,77	0,14	0,15	0,74	1,00																			
	36	0,05	0,77	0,19	0,78	0,18	0,09	0,75	0,67	1,00																		
	37	0,22	0,61	0,21	0,65	0,19	0,24	0,71	0,71	0,68	1,00																	
	38	0,10	0,78	0,20	0,83	0,24	0,14	0,81	0,77	0,82	0,74	1,00																
	39	0,10	0,87	0,13	0,72	0,17	0,09	0,78	0,78	0,82	0,67	0,80	1,00															
	40	0,69	0,14	0,17	0,24	0,23	0,72	0,10	0,16	0,10	0,10	0,15	0,09	1,00														
	41	0,06	0,81	0,08	0,77	0,07	0,10	0,74	0,85	0,71	0,76	0,77	0,78	0,11	1,00													
	42	0,08	0,11	0,67	0,18	0,67	0,21	0,13	0,21	0,18	0,19	0,18	0,11	0,23	0,14	1,00												
	43	0,13	0,09	0,00	0,05	0,00	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,06	0,00	1,00											
	44	0,00	0,22	0,00	0,24	0,00	0,07	0,25	0,28	0,29	0,26	0,24	0,23	0,00	0,28	0,00	0,32	1,00										
	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,31	1,00									
	46	0,08	0,11	0,00	0,12	0,00	0,07	0,13	0,14	0,12	0,26	0,12	0,11	0,00	0,21	0,00	0,48	0,22	0,15	1,00								
	47	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,00	0,07	0,00	0,26	0,25	0,18	0,13	1,00							
	48	0,09	0,17	0,00	0,19	0,00	0,15	0,19	0,21	0,18	0,27	0,19	0,18	0,00	0,21	0,00	0,25	0,59	0,33	0,35	0,13	1,00						
	49	0,08	0,05	0,00	0,06	0,00	0,07	0,06	0,07	0,11	0,13	0,06	0,06	0,07	0,13	0,00	0,54	0,32	0,29	0,63	0,24	0,22	1,00					
	50	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	0,07	0,12	0,13	0,06	0,06	0,00	0,14	0,00	0,33	0,24	0,17	0,59	0,27	0,13	0,44	1,00				
	51	0,00	0,11	0,00	0,13	0,00	0,07	0,13	0,14	0,12	0,20	0,13	0,12	0,00	0,21	0,00	0,33	0,47	0,17	0,47	0,27	0,25	0,33	0,25	1,00			
	52	0,08	0,16	0,00	0,11	0,00	0,07	0,12	0,13	0,17	0,12	0,11	0,11	0,07	0,13	0,00	0,44	0,40	0,13	0,30	0,33	0,21	0,19	0,53	0,21	1,00		
53	0,14	0,05	0,00	0,05	0,00	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,13	0,06	0,00	0,47	0,17	0,11	0,26	0,19	0,00	0,33	0,09	0,27	0,24	1,00		

Table : Similarité de Sorensen entre relevés (suite 4)

		Relevés																									
		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Relevés	54	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,38	0,11	0,14	0,11	0,12	0,00	0,30	0,00	0,22	0,19	0,75	
	55	0,15	0,05	0,00	0,06	0,00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,12	0,06	0,05	0,14	0,13	0,00	0,50	0,19	0,13	0,38	0,21	0,00	0,55	0,20	0,40	0,17	0,77
	56	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,37	0,10	0,13	0,20	0,11	0,00	0,38	0,00	0,32	0,18	0,64	
	57	0,11	0,08	0,15	0,13	0,13	0,15	0,09	0,10	0,13	0,19	0,13	0,09	0,16	0,15	0,13	0,32	0,07	0,16	0,33	0,14	0,00	0,45	0,21	0,21	0,06	0,57
	58	0,07	0,10	0,10	0,11	0,09	0,06	0,11	0,12	0,10	0,17	0,11	0,10	0,06	0,18	0,09	0,27	0,09	0,22	0,35	0,19	0,00	0,42	0,27	0,18	0,08	0,57
	59	0,08	0,11	0,12	0,11	0,10	0,07	0,12	0,13	0,11	0,18	0,11	0,11	0,07	0,19	0,10	0,22	0,10	0,13	0,30	0,22	0,00	0,38	0,21	0,21	0,09	0,48
	60	0,07	0,10	0,19	0,15	0,17	0,12	0,11	0,11	0,15	0,22	0,15	0,10	0,13	0,17	0,17	0,32	0,08	0,21	0,42	0,18	0,00	0,48	0,26	0,26	0,08	0,55
	61	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,07	0,06	0,00	0,37	0,00	0,27	0,40	0,11	0,00	0,57	0,32	0,21	0,09	0,48
	62	0,14	0,10	0,00	0,11	0,00	0,06	0,11	0,12	0,16	0,11	0,11	0,10	0,13	0,12	0,00	0,34	0,18	0,24	0,18	0,10	0,00	0,43	0,29	0,00	0,17	0,44
	63	0,10	0,18	0,17	0,27	0,27	0,08	0,14	0,15	0,19	0,14	0,13	0,19	0,09	0,15	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
	64	0,14	0,00	0,00	0,05	0,09	0,19	0,06	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,34	0,27	0,12	0,00	0,20	0,10	0,35	0,10	0,19	0,17	0,30
	65	0,07	0,10	0,00	0,11	0,00	0,06	0,17	0,13	0,16	0,12	0,11	0,11	0,07	0,13	0,00	0,36	0,29	0,38	0,19	0,21	0,10	0,55	0,30	0,00	0,17	0,38
	66	0,10	0,06	0,00	0,07	0,00	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,09	0,08	0,00	0,29	0,29	0,44	0,00	0,33	0,15	0,40	0,00	0,00	0,13	0,42
	67	0,10	0,06	0,00	0,07	0,00	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,06	0,09	0,08	0,00	0,36	0,27	0,40	0,13	0,31	0,14	0,50	0,14	0,00	0,12	0,40
	68	0,10	0,06	0,00	0,07	0,00	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,06	0,09	0,08	0,00	0,36	0,27	0,60	0,13	0,31	0,14	0,50	0,14	0,00	0,12	0,40
	69	0,26	0,17	0,14	0,19	0,12	0,15	0,19	0,21	0,18	0,20	0,19	0,18	0,24	0,21	0,12	0,33	0,24	0,33	0,00	0,27	0,13	0,33	0,00	0,00	0,11	0,45
	70	0,00	0,09	0,00	0,05	0,00	0,15	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,00	0,05	0,00	0,17	0,14	0,08	0,00	0,07	0,21	0,00	0,00	0,14	0,06	0,00
	71	0,06	0,09	0,00	0,10	0,08	0,17	0,10	0,06	0,10	0,11	0,05	0,10	0,06	0,11	0,08	0,19	0,24	0,20	0,08	0,09	0,42	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00
	72	0,07	0,10	0,00	0,05	0,00	0,18	0,11	0,06	0,10	0,05	0,05	0,10	0,06	0,11	0,00	0,19	0,17	0,11	0,00	0,09	0,17	0,00	0,09	0,09	0,15	0,00
	73	0,08	0,11	0,00	0,12	0,00	0,07	0,12	0,07	0,11	0,13	0,06	0,11	0,07	0,13	0,00	0,08	0,11	0,14	0,11	0,00	0,22	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00
74	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,14	0,19	0,13	0,00	0,11	0,20	0,00	0,10	0,10	0,17	0,00	
75	0,07	0,10	0,00	0,06	0,10	0,13	0,11	0,06	0,11	0,06	0,06	0,11	0,07	0,13	0,10	0,14	0,10	0,13	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,10	0,09	0,00	
76	0,14	0,10	0,00	0,11	0,09	0,18	0,11	0,06	0,10	0,11	0,05	0,10	0,13	0,12	0,09	0,07	0,17	0,11	0,09	0,00	0,27	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	
77	0,14	0,10	0,00	0,11	0,00	0,18	0,11	0,06	0,10	0,11	0,05	0,10	0,13	0,12	0,00	0,13	0,00	0,00	0,09	0,10	0,09	0,00	0,09	0,00	0,16	0,00	
78	0,07	0,10	0,00	0,05	0,09	0,19	0,11	0,06	0,11	0,11	0,05	0,10	0,00	0,12	0,09	0,07	0,09	0,00	0,09	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
79	0,00	0,10	0,00	0,05	0,00	0,18	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,06	0,00	0,19	0,17	0,11	0,00	0,09	0,26	0,00	0,00	0,17	0,08	0,00	

Table : Similarité de Sorensen entre relevés (suite 5)

		Relevés																										
		54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	
Relevés	54	1,00																										
	55	0,73	1,00																									
	56	0,76	0,70	1,00																								
	57	0,45	0,61	0,50	1,00																							
	58	0,50	0,62	0,48	0,80	1,00																						
	59	0,38	0,52	0,27	0,69	0,80	1,00																					
	60	0,40	0,67	0,54	0,83	0,83	0,62	1,00																				
	61	0,57	0,61	0,55	0,69	0,80	0,64	0,62	1,00																			
	62	0,43	0,56	0,33	0,41	0,44	0,33	0,43	0,42	1,00																		
	63	0,13	0,11	0,12	0,22	0,20	0,12	0,29	0,12	0,11	1,00																	
	64	0,35	0,32	0,33	0,18	0,07	0,08	0,14	0,17	0,31	0,21	1,00																
	65	0,36	0,50	0,35	0,48	0,46	0,35	0,44	0,43	0,72	0,11	0,40	1,00															
	66	0,40	0,47	0,38	0,31	0,32	0,38	0,30	0,38	0,44	0,00	0,33	0,59	1,00														
	67	0,38	0,56	0,35	0,37	0,40	0,47	0,38	0,47	0,53	0,00	0,32	0,67	0,91	1,00													
	68	0,38	0,44	0,35	0,37	0,40	0,35	0,38	0,47	0,53	0,00	0,32	0,67	0,91	0,83	1,00												
	69	0,44	0,50	0,32	0,34	0,36	0,42	0,35	0,32	0,57	0,29	0,38	0,60	0,77	0,71	0,71	1,00											
	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00										
	71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,07	0,10	0,09	0,09	0,08	0,44	1,00									
	72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,52	1,00								
	73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,46	0,56	1,00							
	74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,29	0,67	0,45	1,00						
	75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,64	0,74	0,55	0,42	1,00					
	76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,67	0,62	0,67	0,62	0,62	1,00				
	77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,53	0,62	0,50	0,54	0,46	0,64	1,00			
	78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,69	0,64	0,61	0,48	0,64	0,74	0,59	1,00		
	79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,45	0,53	0,48	0,52	0,59	0,48	0,41	0,50	1,00	



## Vascular flora analysis in the Southern part of Chott El Hodna wetland (Algeria)

<sup>1</sup>Abdelghani Zedam, <sup>2</sup>Mohamed Fenni

<sup>1</sup> Department of Agricultural Sciences, University of M'Sila, M'Sila, Algeria;

<sup>2</sup> Department of Agricultural Sciences, University of Setif1, Setif, Algeria.

Corresponding author: A. Zedam, habzedam@gmail.com/zedamg@univ-msila.dz

**Abstract.** The southern part of Chott El Hodna (M'Sila province - Algeria) wetland belongs to mediterranean arid bioclimatic stage with mild winter. During the period 2009-2013, an inventory of the natural vegetation took place in this area where 79 floristic samples were conducted along two transects from north to south and from east to west. We found 116 species, distributed in 85 genera belonging to 29 botanical families. The Magnoliopsida have 27 families and 68 genera and the Liliopsida have only 02 families and 17 genera. There are six families whose are best represented by 65.52% of the total flora (Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae and Caryophyllaceae). This flora contains 20 endemic taxa including 8 rare species. It has the following biological spectrum: annuals (therophytes): 60.34% and perennials: 36.66% (chamaephytes: 18.10%, hemicryptophytes: 11.20%, phanerophytes: 6.03% and geophytes: 4.31%). This is a characteristic of arid habitats. The numerical analysis of vegetation by using the Sørensen's similarity index and the Detrended Correspondence Analysis (DCA) resulted in the individualization of three major groups of samples that reflect different environmental conditions and specific enough of the study area. The vegetation appeared much adapted to the environment. The preservation of this habitat and flora must register in emergency concerns.

**Key Words:** vascular flora analysis, endemic species, Chott El Hodna wetland, similarity, DCA, Algeria.

**Introduction.** The natural components of the ecosystem are defined as the physical, biological or chemical, such as the environment, water, flora, fauna, nutrients and the interactions that exist between them (Davis 1996). The flora of a geographical area is the most important biotic component (Ozenda 1982). It is an expression of ecological conditions there. Myers (1990) and Médail & Quézel (1999) show that the Mediterranean region, including our study area, is one of the world's major centers of plant diversity, where 10% of higher plants can be found in only 1.6% of the Earth's surface. Similarly, Myers et al (2000) consider that the Mediterranean countries hold almost 4.5% of the world's endemic flora.

The studied area is part of the great watershed Hodna (Hadjab 1998; Le Houerou 2009). This is an athalassic salt lake. It is formed by a sebkha and a Chott. Sebkha is the central area dominated by water and devoid of vegetation due to high salt concentrations. Chott is the surrounding area which forms a ring of vegetation around water. This vegetation is steppic and mainly composed of salt-tolerant, perennial and succulent species (Kaabeche et al 1995). Chotts and sebkhas have a seasonal water regime. They dry up in summer and are re-flooded by water in winter.

The vascular flora of the southern part of this wetland is a part of the steppe vegetation of the Hodna (Le Houerou 1995). According to Kaabeche (1990) this area, from the biogeographic belonging, is a Mediterranean region with two sub-regions of Eu-Mediterranean (Maghreb-Mediterranean and Mediterranean-steppic areas) and Sahara-Arabian (Sahara-Mediterranean area).

The plant richness is due to the geomorphological diversity of the region and has resulted in a wide range of local climates (Médail & Myers 2004).

This heritage is currently under threat of degradation due to a combination of several natural factors (especially recurrent droughts and arid climate) and

anthropogenic activities including overgrazing and land clearing. This regressive dynamic situation of the natural vegetation has prompted us to take stock of what exists in order to decide on the future floristic's degradation or loss which may occur in that particular area for the preservation of the flora. Management and conservation of natural environments and especially wetlands of international importance implies knowledge of flora and especially those endemics or rare those reflect the importance of the local or regional biodiversity. The precise knowledge of the vegetation of a region is the essential foundation and starting point for any attempt to conservation (Quézel 1991). The inventory and analysis of the natural vascular plant of our study area is necessary to know the overall composition of existing taxa, flora diversity and chorology species because this area is belonging to a wetland that has an international importance and must be preserved.

## Material and Method

**Study area.** Chott El Hodna is situated in northeastern Algeria (Figure 1). It is one of the largest Chotts of Algeria with an area of 362,000 ha (DGF 2002). It is a wetland of international importance under the Ramsar Convention. It was classified such as in 2001 (DGF 2002). According to Emberger (1955) in Le Houerou (1995) and depending on weather data from the meteorological station of Boussaada (459 m alt., 35°20' lat. N & 04°12' long. E), the south of Chott El Hodna is located in a mediterranean arid bioclimatic stage with mild winter ( $Q_2 = 18.43$ ,  $m = 4.3^\circ\text{C}$ ,  $M = 39.4^\circ\text{C}$ ,  $P = 190.9$  mm and seasonal rainfall regime is Autumn-Spring-Winter-Summer). Geologically, the study area contains deposits of alluviums of the Quaternary. It is a part of a semidesert sandy region with the presence of sand dunes (Mimoune 1995).

Our study area in the southern part of Chott El Hodna wetland present two environments: the first is the M'Cif wadi and the second is the Chott near the sebkha area.

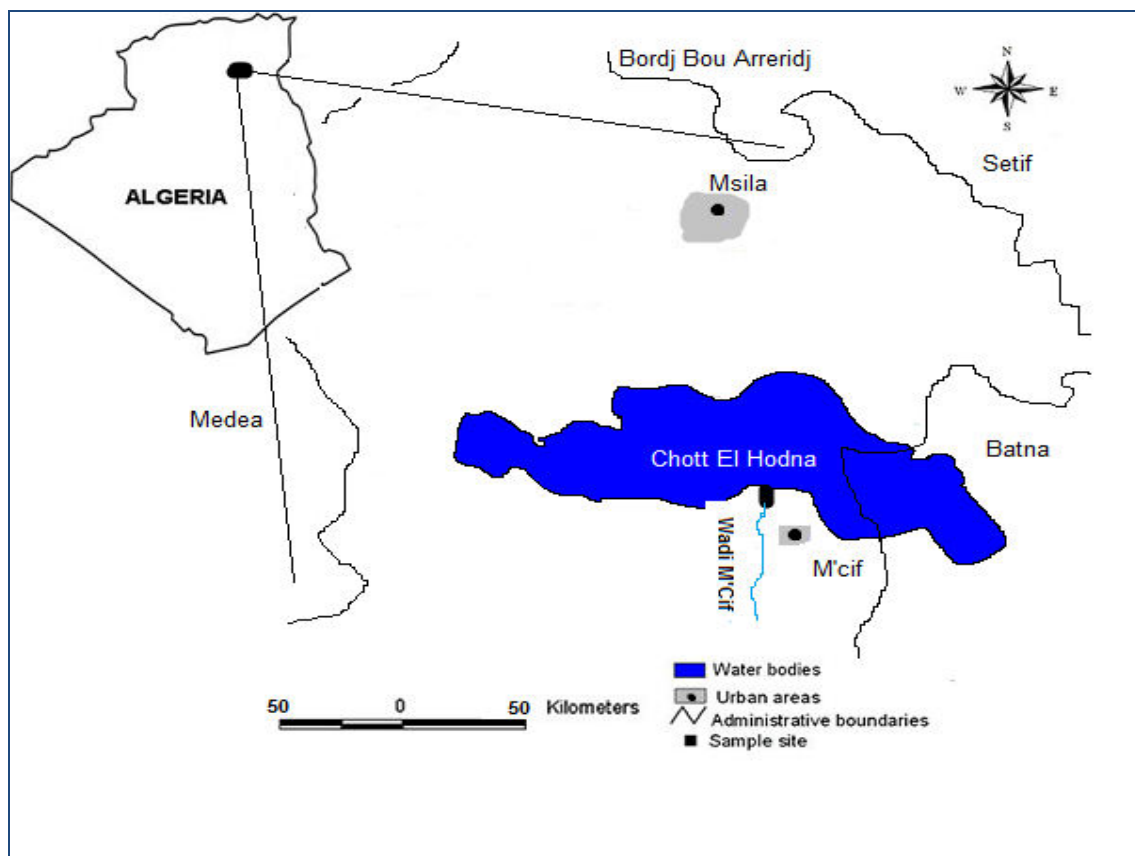


Figure 1. Location of study area (Original drawing)

**Sampling and data analysis.** We conducted a non-probability systematic sampling in a repetitive mode represented by online sections crossing the existing vegetation belts in two different sites: wadi and Chott.

The first site of the North-South transect, concerns the banks of the M'Cif wadi: East Bank and West Bank. The second East-West transect site concerns the Chott in its southern part of Chott El Hodna.

The distances between the floristic samples are irregular. They range from 100 to 180 m along the lines of the abovementioned directions.

Between 2009 and 2013 and during Springs seasons, floristic samples were conducted according to the method of minimum area (Hammada 2007). This area is that of the floristic sample (Hamel et al 2013). This is the Braun-Blanquet method (Guinochet 1973). It involves the taking of all plant species in a well-defined surface and where each species was assigned by a semi-quantitative coefficient: abundance-dominance (Gillet 2000). The minimum area expresses the necessary and sufficient surface for a floristic sample (Lacoste & Salanon 2005). Colin (1970 in Frontier 1983) defined the sample (floristic releve) as a fragment taken to judge the whole because it contains almost all of the species that can be found in the study fragment. The surface of the floristic sample depends on climatic and stationary conditions. The number of annuals (therophytes) also depends of these same conditions (Djebaili 1984). In the steppe communities several researchers used: Djebaili (1978) 100m<sup>2</sup>, Kaabeche (1990) 16m<sup>2</sup>, Ayad et al (2013) 16 to 20m<sup>2</sup> and Bouabdallah (1992) 16-256m<sup>2</sup>. For our part this surface varies from 20 to 70m<sup>2</sup>. It should be noted that it is rarely possible to identify all individuals in a community (Magurran 1988).

The collected samples were identified and determined by the use of: Newflora of Algeria and southerly desert regions: Quézel & Santa (1962, 1963) and Sahara Flora: Ozenda (1983). The taxa nomenclature used is that of Quézel & Santa (1962, 1963), however, when the taxon is indicated by the mere mention of "endemic" (noted End.), it is considered an algerian endemic according to Véla & Benhouhou (2007). The mention of rarity in the Quézel & Santa (1962, 1963) flora is by a single index. This index has four levels ranging from "extremely rare" (RRR) to "quite rare" (AR) (Vela & Benhouhou 2007; Medjahdi 2010). Only three levels of rarity are retained in our work. They correspond to the relative scarcity of our taxa: AR - quite rare; R - rare, and RR - very rare. Regarding biological types used in this study is that of Raunkiaer (Emberger 1966).

For the numerical analysis of the vegetation two techniques were used. First, the similarity index where several options exist and to assess the floristic similarity of two lists of species or two sites or statements of study (Kouassi et al 2010). We chose the Sørensen-Dice index. It uses binary data of species (Gower 1971 in Johnston 1976; Hill & Gauch 1980; Duarte et al 1999; Dalirsefat et al 2009; Faye 2010; Kallio et al 2011; Marcon 2013; Hammer 2015). Semi-quantitative coefficient of abundance-dominance was transformed into qualitative presence-absence coefficient. Comparing the samples are done in the presence-absence (coded 0 or 1), without species weigh, according to abundance-dominance (Gillet 2000).

Secondary, and for a deeper analysis of our results, we also used the Detrended Correspondence Analysis (DCA) because not prone to arch effect and data compression (Hill & Gauch 1980; Minchin 1987; Bouxin 2014) samples to be unevenly spaced along the axis 1. DCA ordinations perform better with simulated data than do correspondence analysis (CA) and reciprocal averaging (RA) ordinations (Holland 2008). This technique works well on vegetation data (Hill & Gauch 1980). In the DCA graph, environments where plant composition or floristic samples, translate the same environmental conditions (Khaznadar et al 2009). These techniques used (Similarity index and DCA) were calculated through the PAST free program (Paleontological Statistics) Version 3.05 (1999-2015).

**Results and Discussion.** A total of 79 samples were thus made during the period mentioned above. From this, the samples are as follows:

- the banks of M'cif wadi contains 42 samples with 21 samples/bank;
- the south of the Chott totals 37 samples.

## Botany and chorology

*Taxonomic overview.* The qualitative floristic analysis (family, genus and species) is made from the floristic inventory list. We obtained 116 species, distributed in 85 genera and 29 botanical families (Table 1). The Magnoliopsida, with 27 families and 68 genera representing 93.10% while the Liliopsida present only two families with 17 genera and representing 6.90% of the total flora. The six most important families are almost two-thirds of the taxa present is 65.52% of the total flora. These families are: Gramineae with 19 species, representing alone 16.38% of the inventoried flora; the other families are Compositae (17 species), Fabaceae (14 species), Chenopodiaceae (12 species), Brassicaceae (8 species) and Caryophyllaceae (6 species), containing respectively 14.65%, 12.07%, 10.34%, 6.90% and 5.17% of the species of the flora. Similarly, and in a similar area, Zedam et al (2010) found that the richest families in species were Gramineae and Compositae. The rest of the families (23 families) have each only one, two or three species.

*Chorology.* Using Quézel & Santa (1962, 1963), Ozenda (1983) and Dobignard & Chatelain (2010, 2011, 2012), the chorological origins of the species in our study area are 36 and they are presented in Table 1.

Table 1  
Chorological origin species in the southern part of Chott El Hodna wetland

<i>Chorological origin</i>	<i>Number</i>	<i>Total of species</i>	<i>Percentage rate (%)</i>
Mediterranean	1	23	19.83
Sahara Sindien	1	11	9.48
Endemic North African	1	9	7.76
Mediterranean-Sahara Sindien	1	7	6.03
Cosmopolitan	1	6	5.17
Mediterranean-Iran-Turan	1	5	4.31
endemic Saharan	1	5	4.31
Mediterranean-Sahara	1	4	3.45
Paleo-temperate	1	4	3.45
Eurasian	1	4	3.45
Sahara	1	3	2.59
endemic Algerian	1	3	2.59
The 24 remaining sources	24	32	27.58
Total	36	116	100

The most important chorological origin (12 of 36) in our study area contained about three quarters (72.42%) of total taxa. The Mediterranean element has 19.83% of the plants identified who demonstrates the membership of this biotope at the Mediterranean region (Kaabeche 1990). In our investigation, despite the presence of other chronological origins and the dominance of the Mediterranean vegetation, Kaabeche (1995, 1996, 1998) denotes the biogeographical situation rather peculiar of this area between the Mediterranean region in the north and the Sahara-Arabian region in the south. The least chronological origins of species (32 species) are usually only singleton (those represented by a single individual) which seems reasonable (Magurran 2004, 2005).

*Endemism and rarity.* Referring to the new flora of Algeria and the southern desert regions of Quézel & Santa (1962 & 1963) and the Flora of Sahara of Ozenda (1983), the vegetation of our study area contains 20 endemic taxa (17.24% of the total species identified). The existence of 08 endemic and rare species (Table 2) shows the ecological value of important floristic regions (Fennane 2004). This endemic flora has the following biogeographical origins: North African: 9 taxa with 1 taxon AR, 1 taxon R and 2 taxa RR; Saharan: 5 taxa with 1 taxon AR and 1 taxon R; Algerian: 3 taxa with 1 taxon AR; Algerian-Tunisian: 2 taxa with 1 taxon R; Algerian-Moroccan: 1 taxon.

Table 2

Species endemism and rarity according to the botanical families in the southern part of Chott El Hodna wetland

<i>Species</i>	<i>Botanical families</i>	<i>Chorological origin (endemism)</i>	<i>Rarity</i>
<i>Astragalus armatus ssp tragacanthoides</i>	Fabaceae	North African	RR
<i>Astragalus gombo</i>	Fabaceae	North African	
<i>Melilotus macrocarpa</i>	Fabaceae	North African	RR
<i>Hedysarum carnosum</i>	Fabaceae	Algerian-Tunisian	R
<i>Zygophyllum cornutum</i>	Zygophyllaceae	Algerian-Tunisian	
<i>Lycium arabicum</i>	Solanaceae	Saharan	
<i>Cistanche violacea</i>	Orobanchaceae	North African	AR
<i>Anthemis monilicostata ssp stiparum</i>	Asteraceae	Algerian-Moroccan	
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	Asteraceae	North African	
<i>Enarthrocarpus clavatus</i>	Brassicaceae	North African	
<i>Ammosperma cinereum</i>	Brassicaceae	Saharan	AR
<i>Thymelea microphylla</i>	Thymeleaceae	North African	
<i>Limonium cymuliferum</i>	Plumbaginaceae	Algerian	AR
<i>Limonium pruinosum</i>	Plumbaginaceae	Saharan	R
<i>Limoniastrum guyonianum</i>	Plumbaginaceae	North African	R
<i>Frankenia thymifolia</i>	Frankeniaceae	North African	
<i>Silene arenarioides</i>	Caryophyllaceae	Algerian	
<i>Herniaria mauritanica</i>	Caryophyllaceae	Algerian	
<i>Euphorbia guyoniana</i>	Euphorbiaceae	Saharan	
<i>Scrophularia saharae</i>	Scrophulariaceae	Saharan	

AR - quite rare; R - rare; RR - very rare.

*Biological types.* The biological types were determined as they appear in the vegetation studied on land (Emberger 1966). In some cases, the biological type is not detectable and it took complement through the exploitation of other flora and references such as Dobignard & Chatelain (2010, 2011, 2012). All of the identified species were grouped by biological type as follows: therophyte (70 species), chamaephyte (21 species), hemicryptophyte (13 species), phanerophyte (7 species) and geophyte (5 species) (Figure 2).

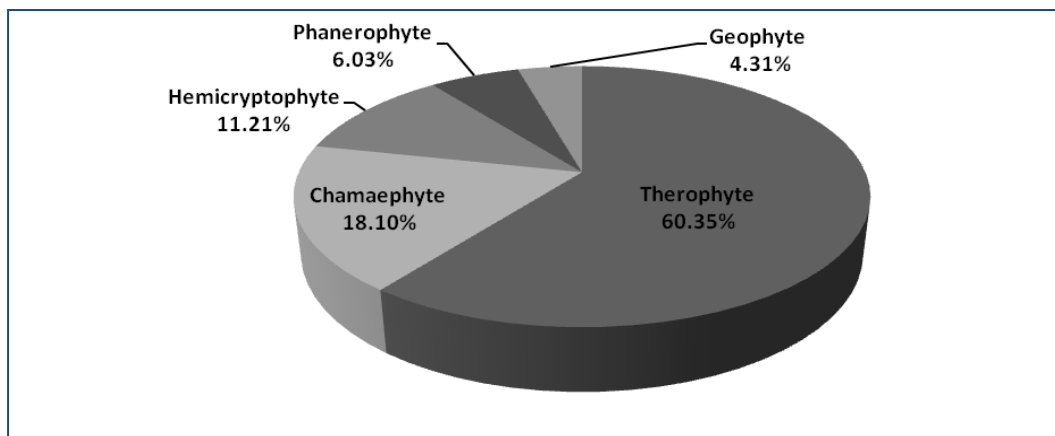


Figure 2. Distribution of biological types in the study area.

The most dominant life form is therophyte. It represents 60.35% of all species. The second important is chamaephyte with up to 18.10% of total plants. The hemicryptophyte, phanerophyte and geophyte have respectively: 11.21%, 6.03% and 4.31% of the total. This fact reflects a characteristic of arid habitats where water and heat stress, omnipresent in our study area, are factors that control the growth and geographical distribution of plants (Le Houerou 1989).

Contrary to what was reported by Killian (1953), where annual species are poorly represented in the flora around Chott El Hodna, in the steppe formations, the therophyte predominate over other life forms (Kaabeche 1990, 1995; Khaznadar et al 2009). The abundance of therophyte can be explained by the strong presence of seasonal habitats for the development of rapid annual germination and growth (Hammada et al 2004). Hammada et al (2004) and Hammada (2007) report that the dominant terrestrial flora found in Morocco's wetlands are annuals (therophytes). This biological type has a short development cycle, easily and quickly colonizes many environments. The other types can not move anywhere because of their requirements.

The plant richness is due to the geomorphological diversity of the region and has resulted in a wide range of local climates (Médail & Myers 2004).

### **Numerical analysis of vegetation**

*Similarity index.* Similarity indices were calculated between all the pairs of samples. One useful property of a similarity index is that it increases linearly from some fixed minimum to some fixed, finite maximum (Wolda 1981). High values are interpreted as reflecting low beta diversity: high similarity (Koleff et al 2003).

Taking into account the Sørensen's similarity between samples and according to Figure 3, the cluster analysis takes into account the variation of species and thus clearly separates the different microhabitats or study sites (Jenny et al 1990).

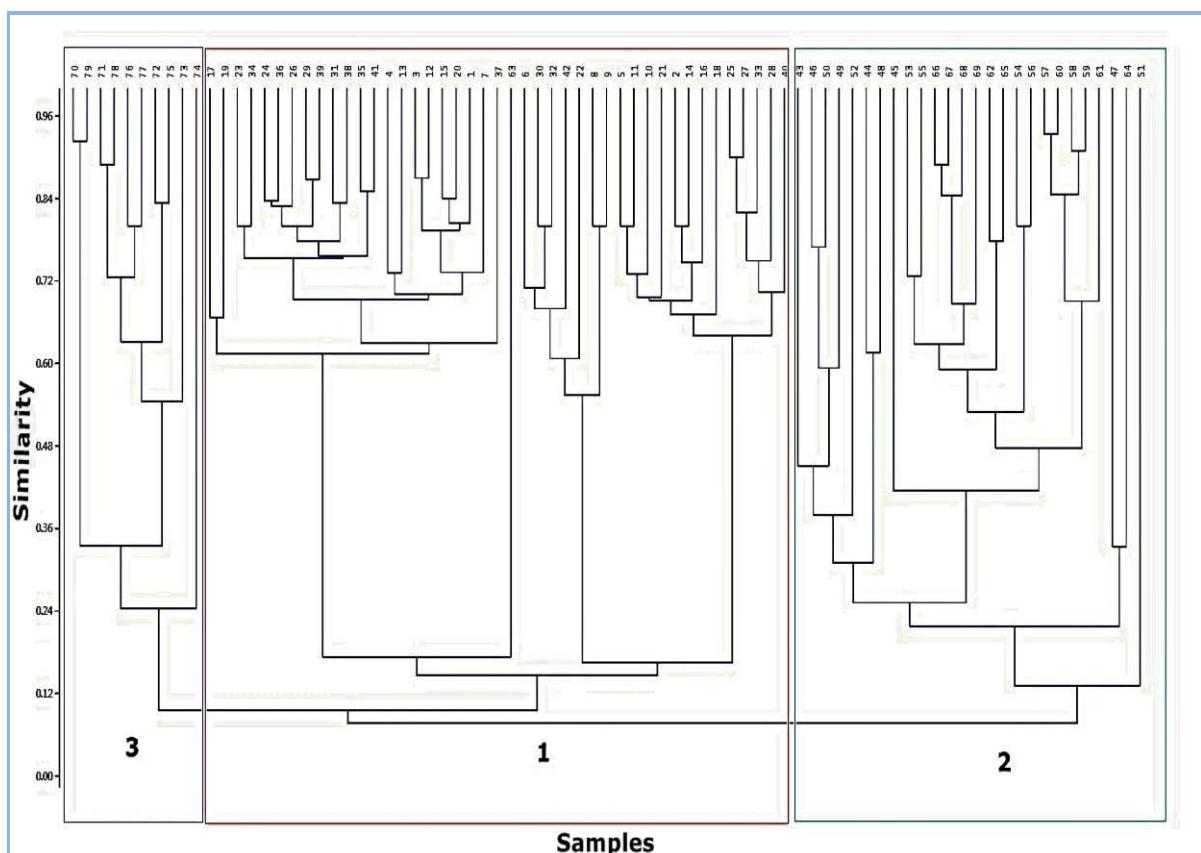


Figure 3. Sørensen's similarity index of samples.

Taking into account the values of the similarity in the similarity matrix between sample pairs, they are fairly consistent throughout. They vary as follows: for the group of samples 01 to 42 - 0.87 (3; 12), 0.83 (1; 3), 0.81 (3; 15), 0.80 (5; 11); for the group of samples from 43 to 69 - 0.90 (66; 67), 0.83 (57; 60) and (67; 68) and 0.76 (53; 55); and in the end for samples group 70 to 79 - 0.80 (70; 79), 0.74 (72; 75) and (76; 78) and 0.69 (71; 78). On the other hand the graph similarity of samples (Figure 3) shows three major groups: a first group (1) encompassing samples 01 to 42 in the center and it concerns the samples conducted in the wadi banks. A second group (2) is marked by samples from 43 to 69 and is related to the area of fine texture and apparent surface salinity. A final set (3) is highly individualized samples 70 to 79 and covers performed on sandy soil.

The similarity showed the existence of soils difference (salinity) between stations and led to a sharp difference of vegetation. The samples group subservient to the relatively saline soil and fine texture are characterized by relatively salt-tolerant species: *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. B., *Suaeda fruticosa* L. and *Frankenia pulverulenta* L. (Quézel & Santa 1962, 1963; Ozenda 1983). Bouabdallah (1992) and Géhu et al (1993) report that *H. strobilaceum* belongs to halophilous plant community.

Also Kaabeche et al (1995) report that *H. strobilaceum* and *F. pulverulenta* are halophilous plants. The psamophilous group species on sandy soil represented by *Aristida pungens* Desf., *Retama retam* Webb and *Cutandia dichotoma* (Forsk) Trab are encountered in sandy arid areas (Djebaili 1984). Similarly Ward et al (1993) report that *R. retam* is a typical plant found in sandy habitats of the Negev Desert in the Middle East. The group records of the wadi banks encompasses a wide variety of species but not characteristics of the two firsts groups. It is an environment drained by unsalted water. This is an area of vegetation which belongs to an anthropized area (area pastured and plots cultivated). Among the species found in this site: *Hordeum murinum* L., *Lolium multiflorum* Lam. and *Anagallis arvensis* L. The presence of these plants indicates disturbed environments.

*Detrended correspondence analysis (DCA)*. The multivariate analysis techniques can transform a table "samples/species" data to the gradient search (Bouxin 2014). The bundling of records based on the presence/absence leaves us visualizes groups based on species composition and the factors responsible for this distribution. According to Figure 4(a), the main gradient in samplings as revealed by the axis 1 in DCA ordination spanned of three groups situated near to themselves. A first group (A) encompassing samples 43 to 69 in the right of the axis and it is related to the area of fine texture and apparent surface salinity. A second group (B) in the center of the axis is marked by the samples 1 to 42 conducted in the wadi banks and in the end a final set (C) individualized samples 70 to 79 and covers performed on sandy soil which are localised at the left of the axis. This gradient means that the axis shows a really evolution of fine texture with salinity area which is opposed a sandy area with less salinity. The gradient revealed by the axis 2 in DCA graph, mean an evolution down to up of soil moisture. The Figure 4(b) reveals the vegetation characterised by species composition such as psamophilous plants like: *Neurada procumbens* L., *Cutandia dichotoma* (Forsk) Trab and *Bassia muricata* (L.) Asch in the left of the axis. Halophilous plants in the right of the axis such as: *Limonium guyonianum* Dur., *Salicornia arabica* L. and *H. strobilaceum*. Between these two species composition there is many species belonging to an anthropized area : *Polygonum aviculare* L., *Cynodon dactylon* (L.) and *Malva sylvestis* L. Agricultural activities generate a significant decline in biodiversity (Daget & Poissonet 1997) and a trivialization of the flora of the need to conserve species through management of the most sensitive natural environments (Verlaque et al 2001).

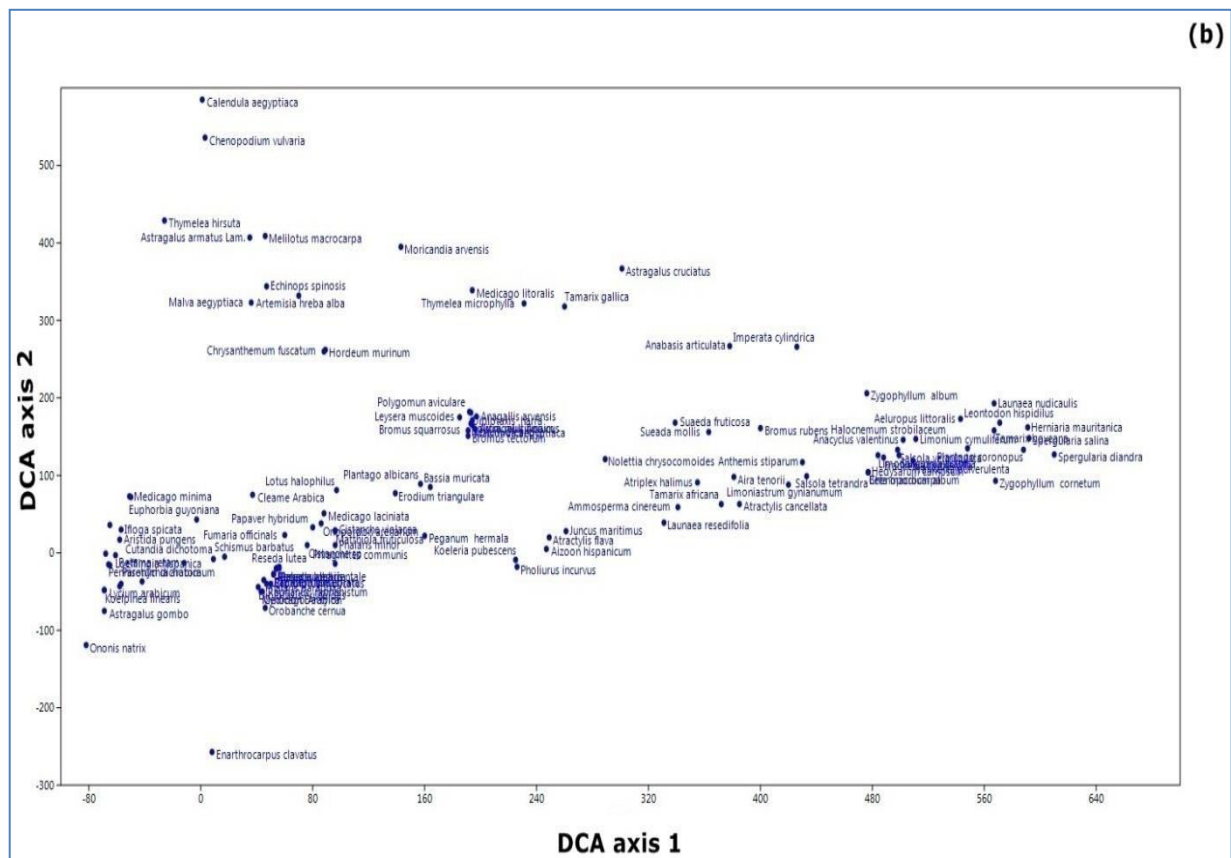
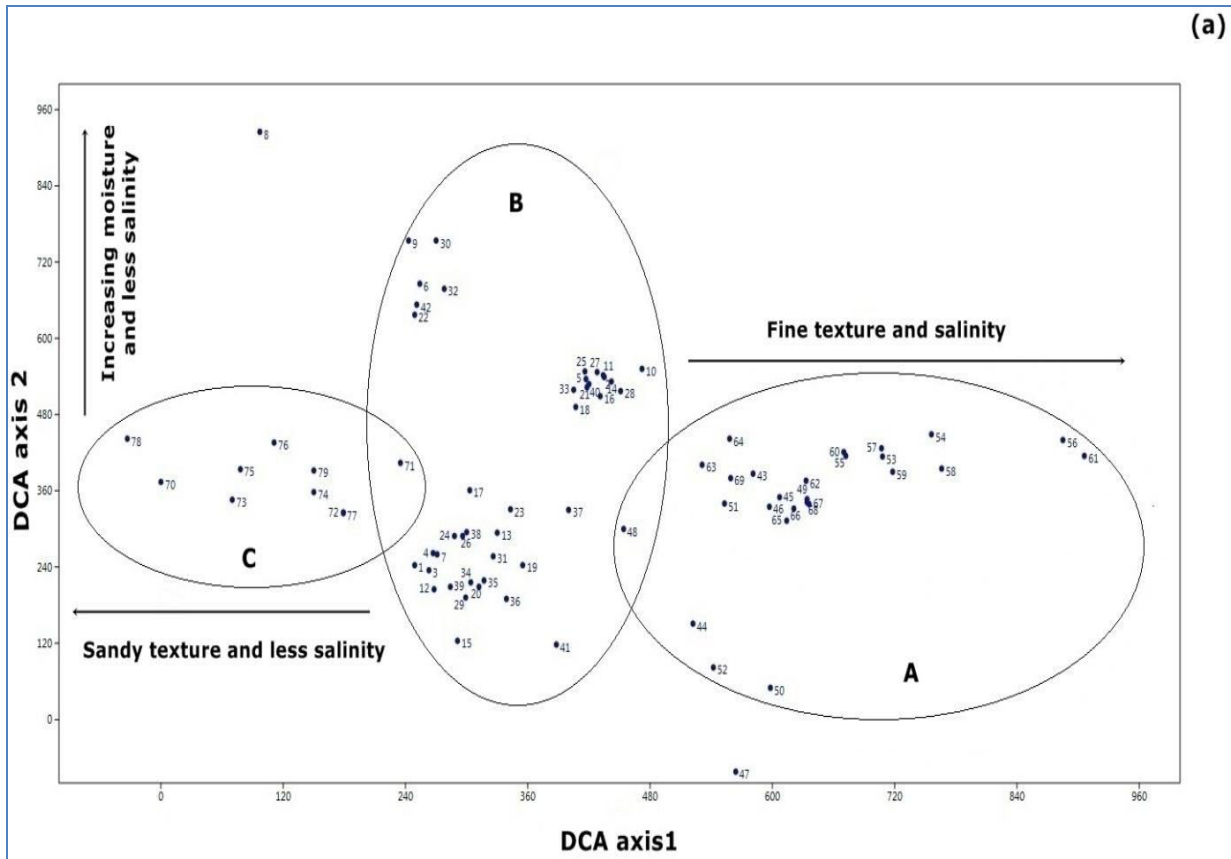


Figure 4. DCA ordination of the 79 samples and species in 1 and 2 axis. a. Site affiliation of samples. b. Positioning of the 116 species found in the samples.



**Conclusions.** The Mediterranean region, including our study area, is one of the world's major centers of plant diversity. The geographical position of Algeria between the Mediterranean in the north and the Sahel in the south has a host of wetlands of international importance under Ramsar Convention which Chott El Hodna is a part. It is an athalassic salt lake. It is formed by a central water area devoid of vegetation due to high salt concentrations and surrounding by plants. The vascular flora of the southern part of this wetland is a part of the steppe vegetation of the Hodna.

The inventory and analysis of this type of flora in this environment is essential to know the overall composition of existing taxa, plant diversity, biogeography and ecology of the species. A total of 79 samples were thus made during spring seasons in the period 2009-2013. From this, the samples are 42 in the banks of M'cif wadi and 37 in the south of the Chott. A total of 116 species were found. The qualitative floristic analysis gives 85 genera and 29 botanical families. The six most important families of the taxa have 65.52% of the total flora. They are Gramineae, Compositae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae and Caryophyllaceae.

Biogeographically, our study area is situated between the Mediterranean region in the north and the Sahara-Arabian region in the south. The most important chorological origin is the Mediterranean element. This result demonstrates the membership of this biotope at the Mediterranean region. There are 20 endemic taxa whose have revealed the existence of 08 endemic and rare species. The most dominant biological type is the therophyte compared to other types. This fact reflects the characteristics of arid habitats where water and heat stress are factors that control the growth and the geographical distribution of plants.

The numerical analysis of vegetation by using the Sørensen's similarity index and the Detrended Correspondence Analysis (DCA) resulted in the individualization of three major groups of samples. A first group encompassing samples and it concerns the samples conducted in the wadi banks which contains vegetation belongs to an anthropized area (area pastured and plots cultivated). A second group is marked by samples related to the area of fine texture and apparent surface salinity where salt-tolerant species are. A final set is highly individualized covers performed on sandy soil characterized by psamophilous species. The vegetation appeared much adapted to the environment that reflect different environmental conditions. The axis 1 in DCA graph means a gradient that a really evolution of fine texture with salinity area which opposed a sandy area with no much salinity. The gradient revealed by the axis 2 in DCA graph, mean an evolution down to up of soil moisture. The preservation of this habitat and flora must register in emergency concerns. Our study area is vulnerable especially against destructive human actions (plowing, burning, overgrazing and uprooting) where the work of backup and preservation of this area should be maintained because of its membership in the wetland of Chott el Hodna.

**Acknowledgements.** We are very much grateful to Dr. Fateh Mimeche and Djamel Sarri from University of M'Sila for their help.

## References

- Ayad N., Djennane A., Ayache A., Hellal B., 2013 [Contribution to the study of the implantation of *Artemisia herba-alba* Asso. in the steppe of south Tlemcen]. Rev. Ecologie-Environnement 9 : 1-5. [In French]
- Bouabdallah E., 1992 [The steppe vegetation on saline soils high plains south of Algiers. Composition, structure and Production]. PhD thesis. South Paris - Orsay University, p.206. [In French]
- Bouxin G., 2014 [Statistical analysis of vegetation data. Chapter 5. The technical factor analysis of vegetation data]. 36p (<http://www.guy-bouxin.e-monsite.com/>) [In French]
- Daget Ph., et Poissonet J., 1997 [Biodiversity and pastoral vegetation]. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 50(2): 141-144[In French]

- Dalirsefat S.B., Meyer A. S., Mirhoseini S. Z., 2009 Comparison of Similarity Coefficients used for Cluster Analysis with Amplified Fragment Length Polymorphism Markers in the Silkworm, *Bombyx mori*. J Insect Sci 9:1-8.
- Davis T.J., 1996 [The Manual of the Ramsar Convention]. TJ Davis Ed. - RAMSAR Convention Office, Switzerland, p.185. [In French]
- Djebaili S., 1978 [Phytosociological and ecological research on steppe vegetation in high plains and Saharan Atlas in Algeria]. PhD. thesis. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier University, p. 229 [In French]
- Djebaili S., 1984 [Algerian Steppe, Phytosociology and ecology]. O. P. U ed. Algiers. p.177 [In French]
- Dobignard A., Chatelain C., 2010 [Synonymous and bibliographic index of the flora of North Africa: Pteridophyta, Gymnospermae & Monocotyledonae]. Vol. 1. C.J.B.G, Genève, p.455. [In French]
- Dobignard A., Chatelain C., 2011 [Synonymous and bibliographic index of the flora of North Africa: Dicotyledonea: Acanthaceae – Asteraceae]. Vol. 2. C.J.B.G, Genève, p.428. [In French]
- Dobignard A., Chatelain C., 2012 [Synonymous and bibliographic index of the flora of North Africa: Dicotyledonea: Fabaceae – Nymphaeaceae]. Vol. 4. C.J.B.G, Genève, p.431. [In French]
- DGF, 2002 Atlas of the 26 [Algerian wetlands of international importance]. Forests Direction, Algeria. Ed. Diwan, Alger, p.89. [In French]
- Duarte J. M., Dos Santos J. B., Melo L.C., 1999 Comparaison of similarity coefficients based on rapid markers in the common bean. Genet Mol Biol 3: 427-432.
- Emberger L., 1966 [Reflections on Raunkiaer biological spectrum]. B Soc Bot Fr 113 (2): 147-156. [In French]
- Faye E., 2010 [Partial diagnosis of the flora and vegetation of the Niayes and groundnut basin in Senegal: application floristry methods phytosociological, ethnobotany and mapping]. PhD thesis of Agronomic Sciences ques and Biological Engineering - Interfaculty School of Bioengineers - Free University of Brussels, p.253. [In French]
- Fennane M., 2004 [Proposals important areas for plants in Morocco (ZIP Morocco)]. National Workshop "Important Plants Areas in Morocco", Rabat, October, 11-12, 2004, p.25. [In French]
- Frontier S., 1983 [Ecology sampling strategy]. ed. Masson-Paris. 490 p. [In French]
- Géhu J.M., Kaabeche M., Gharzouli R., 1993 [A remarkable phytocoenotic toposequence edge of Chott El Hodna (Algeria)]. Fragm. Flor. Geobot 2(2):513-520. [In French]
- Gillet F., 2000 [Phytosociology integrated synusial - Methodological Guide Neuchâtel University (France) - Institute of Botany - Documents of Plant Ecology Laboratory, Document 1], 4<sup>th</sup> édition, p.68. [In French]
- Guinochet M., 1973 [Phytosociology]. Paris, Ed. Masson & Cie, p.296. [In French]
- Hadjab M., 1998 [Development and protection of natural areas in the central basin of Hodna (Algeria)]. - Provence University (France), p.237 + Appendices. [In French]
- Hamel T., Seridi R., de Bélair G., Slimani A., Babali B., 2013 [Rare and endemic flora vascular of Edough Peninsula (Algerian Northeast)]. Rev. Sci. Technol., Synthèse 26: 65-74. [In French]
- Hammada S., Dakki M., Ibn Tattou M., Ouyahya A., Fennane M., 2004 [Analysis of plant biodiversity of wetlands in Morocco. Rare flora, threatened and halophilic]. Acta Bot Malacit 29 : 43-66. [In French]
- Hammada S., 2007 [Studies on wetland vegetation of Morocco - Catalogue and Analysis of the floristic biodiversity and identification of the main groupings Plants]. PhD. Thesis, Mohammed V Univ., Rabat, p.199. [In French]
- Hammer O., 2015 PAST : PAleontological STatistics. Reference manual. Version 3.05 (1999-2015) Natural History Museum - University of Oslo, p.224.
- Hill M.O., Gauch H.G.Jr., 1980 Detrended Correspondence Analysis: An improved Ordination Technique. Vegetatio 42: 47-58.
- Holland S. M., 2008 Detrended Correspondence Analysis (DCA). DCA Tutorial - Department of Geology, University of Georgia, Athens, p.9.

- Jenny M., Smettan U., Facklam-Moniak M., 1990 Soil-vegetation relationship at several arid microsites in the Wadi Araba (Jordan). *Vegetatio* 89: 149-164.
- Johnston J. W. 1976. Similarity Indices : What Do They Measure? Battelle - Pacific Northwest Laboratories Richland, Washington - USA, p.109 + Appendix.
- Kaabeche M., 1990 [Plant communities in the Bou Saada region (Algeria). Synthesis on the Maghreb steppe vegetation.] South Paris - Orsay University, p.132 [In French]
- Kaabeche M., 1995 [Flora and vegetation in the Chott El Hodna (Algeria)]. *Phytosociological documents. Camerino* 15: 394-402. [In French]
- Kaabeche M., 1996 [The steppe vegetation of the Maghreb (Algeria, Morocco, Tunisia). *Phytosociological synthesis by applying numerical analysis techniques*]. *Phytosociological documents. Camerino*. pp 16:45-58. [In French]
- Kaabeche M., 1998 [The drought-tolerant lawns therophytes Maghreb (Algeria, Morocco, Tunisia). *Phytosociological synthesis by applying numerical analysis techniques*]. *Phytosociological documents. Camerino* 18:61-72. [In French]
- Kaabeche M., Gharzouli R., Géhu J.M., 1995 [Phytosociological comments on the the Tell and the High Plains of Setif (Algeria)]. *Phytosociological documents. Camerino* 15:117-125. [In French]
- Kallio A. P., Kai F. M., Mannila H., 2011. Correlations and co-occurrences of taxa: the role of temporal, geographic, and taxonomic restrictions. *Palaeontol. Electron* 1:1-14.
- Khaznadar M., Vogiatzakis I.N., Griffiths G.H., 2009 Land degradation and vegetation distribution in Chott El Beida wetland, Algeria. *J Arid Environ* 73: 369-377.
- Killian C., 1953 [The vegetation around Chott Hodna, indicative of cropping possibilities and soil environment]. *Annals of Agricultural and Research Institute of Agricultural Services and Experimentation of Algeria. Tome 7, Fasc.5, p.80*. [In French]
- Koleff P., Gaston K., J., Lennon J., J., 2003 Measuring beta diversity for presence-absence data. *J Anim Ecol* 72: 367-382.
- Kouassi A. F., Adou Y. C. Y., Ipou I. J., Amanzi K. K., 2010 [Floristic diversity of coastal areas grazed in Ivory Coast : Case of the barrier beach of Port-Bouët-Grand-Bassam (Abidjan)]. *Sciences & Nature Vol.7, 1: 69-86*. [In French]
- Lacoste A., Salanon R., 2005 [Biogeography and ecology elements]. Paris : A. Colin coll. (2<sup>nd</sup> édition), p.300. [In French]
- Le Houerou H., N., 1989 [Ecoclimatic classification of Arid areas in North Africa]. *Ecologia Mediterranea* 15:95-144. [In French]
- Le Houerou H., N., 1995 [Biogeographic considerations on the arid steppes of northern Africa]. *Sécheresse* 6:167-182. [In French]
- Le Houerou H., N., 2009 *Bioclimatology and biogeography of Africa*. Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p.241.
- Magurran A.E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press - New Jersey. ISBN 9780691084916.
- Magurran, A.E. 2004 *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd, Blackwell Publishing Company, 256 pp.
- Magurran, A. E., 2005 Species abundance distributions: pattern or process? *Funct Ecol* 19: 177-181.
- Marcon E., 2013 [Biodiversity measures]. *Guyana ecology forests, Mixed Research Unit : CNRS, INRA, Agro Paris Tech & Cirad, p.79*. [In French]
- Medjahdi B., 2010 [Response of vegetation to disturbance of Oran coast: Case of Trara Mountains (North-West of Algeria)]. PhD thesis in Forestry, Aboubekr Belkaid Univ. (Tlemcen, Algeria), 266 pp. + appendices [In French]
- Mimoune S., 1995 [Management of saline soils and desertification in endorheic basin of Algeria (southern Chott El Hodna)]. PhD Thesis, Aix-Marseille Univ. I, p.204. [In French]
- Minchin P. R., 1987 An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio* 69: 89 - 107.
- Médail F., Quézel P., 1999 Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin: Setting Global Conservation Priorities. *Conserv Biol* 13: 1510-1513.

- Médail F. Myers N., 2004 Mediterranean Basin. In : Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Mittermeier R.A., Robles Gil P., Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier C.G., Lamoreux J. & da Fonseca G. A.B. CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington) & Agrupación Sierra Madre (Mexico), pp. 144-147.
- Myers N., 1990 The Biodiversity Challenge: Expanded hot-spots analysis. *The Environmentalist* 4: 243-256.
- Myers N., Mittermeier R. A, Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B., Kent J. 2000 Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Ozenda P., 1982 [The Plants in the biosphere]. Ed. Doin, Paris, p.427. [In French]
- Ozenda P., 1983 [Flora of Sahara]. 2<sup>ème</sup> Ed. CNRS, Paris, p.622. [In French]
- Quézel P., Santa S., 1962 [New flora of Algeria and southerly desert regions]. Paris: CNRS. Volume 1, pp 1-565. [In French]
- Quézel P., Santa S., 1963 [New flora of Algeria and southerly desert regions]. Paris: CNRS. Volume 2, pp 571-1091. [In French]
- Quézel P., 1991 [Structure of vegetation and flora in North Africa, their impact on conservation issues]. Actes Editions. p. 19-32. [In French]
- Vela E., Benhouhou S., 2007 [Evaluation of a new hotspot of plant biodiversity in the Mediterranean Basin (North Africa)]. *C. R. Biologies*, 330: 589-605. [In French]
- Verlaque R., Médail F., Aboucaya A., 2001 [Predictive value of biological types for the conservation of Mediterranean flora]. *Life Sciences* 324:1157-1165. [In French]
- Ward D., Olsvig-Whittaker L., Lawes M., 1993 Vegetation-environment relationships in a Negev Desert erosion cirque. *J Veg Sci* 4: 83-94.
- Wolda H., 1981 Similarity Indices, Sample Size and Diversity. *Oecologia* 50:296-302.
- Zedam A., Atoui A., Rouissat R., 2010 [Vegetation of Oued Mcif (south of Chott El Hodna -M'Sila)]. International Seminar on the Preservation and Development of Steppic Ecosystem (Oral communication), University of M'Sila, March 14 - 16. [In French]

Received: 15 March 2015. Accepted: 02 May 2015. Published online: 06 May 2015.

Authors:

Abdelghani Zedam, Faculty of Science, Department of Agricultural Sciences, University of M'Sila, M'Sila, 28000, Algeria, e-mail: habzedam@gmail.com / zedamg@univ-msila.dz

Mohamed Fenni, Department of Agricultural Sciences, Faculty of Nature Sciences and Life, University Setif1, Setif, 19000, Algeria, e-mail: fennimodz@yahoo.fr

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

How to cite this article:

Zedam A., Fenni M., 2015 Vascular flora analysis in the Southern part of Chott El Hodna wetland (Algeria). *AES Bioflux* 7(3):357-368.

## ملخص

شط الحضنة من الأراضي الرطبة الفارسية، القاحلة والمالحة وذا أهمية دولية. أدى حصر النباتات فيه إلى 185 نوع موزعين على 37 عائلة نباتية و 127 صنف. هذا الكم يحتوي على 31 نوع من النباتات المتوطنة (بما في ذلك 16 نوع نادر) التي تنتمي إلى 16 عائلة نباتية و 28 صنفاً.

التقسيم الإقليمي المتعلق بالوسط المعيشي القائم (الوادي، الشط و الرمل) ومواقع ومحطات الدراسة أعطى موقع جنوبي (06 محطات، 158 نوع، 27 نوع نباتي متوطن بما في ذلك 16 توطن موضعي) وموقع شمالي (05 محطات و 122 نوع، 15 نوع نباتي متوطن بما في ذلك 02 توطن موضعي). وقد تم تحديد أكبر ثلاث مناطق التوطن: منطقة التوطن العالي مكونة من 06 محطات، منطقة التوطن المتوسط من 03 محطات وأخيراً منطقة التوطن المنخفض و مكونة أيضاً من 03 محطات.

كشفت الأهمية النباتية لجنوب الشط بدراسة موقع يحتوي على 79 موقع نباتي في ثلاث أوساط معيشية قائمة (الوادي، الشط و الرمل) و الذي تم الإيجاد فيه 116 نوع، موزعة في 85 صنف و 29 عائلة نباتية وتحتوي على 20 نوع نباتي متوطن بما في ذلك 08 نوع نادر متوطن. أعطى التحليل العددي للغطاء النباتي أن الأنواع النباتية والتي تم تحديدها تابعة لثلاثة أوساط معيشية قائمة: البيئة المالحة المتمثلة في الشط، البيئة ذات التربة الخشنة المتمثلة في الرمل والبيئة المتأثرة بالنشاط الإنساني المتمثلة في الوادي. في هذه المنطقة ينشأ تدرجان اثنان متعلقين بالبيئة. الأول يدل على وجود تربة ناعمة مع ملوحة سطحية (الشط) مقابلة لتربة خشنة غنية بالرمل حيث تكثر الرمال وملوحة غير ظاهرة للعين (الرمل) و يحتوي التدرج الثاني تطور الرطوبة من الأسفل إلى الأعلى حيث تنخفض نسبة الملوحة (الوادي).

الحفاظ على النباتات من الأنواع الموجودة والمستوطنة على وجه الخصوص يجب أن يتم مع السكان المجاورين للمكان. مستويات التدخل للحفاظ النباتي تركز على النوع النباتي، الأوساط المعيشية للنبات وسلوك السكان. للقيام بعملية الحفاظ لـ185 نوع بما فيه 31 نوع نباتي متوطن اقترح تقسيم المناطق على أساس الغنى أو الثراء النباتي والتوطن (الكلي والموضعي) في 11 محطة دراسية أبرزت ثلاث مناطق للغة النباتي: منطقة عالية، منطقة متوسطة و منطقة دنيا.

الكلمات المفتاح: شط الحضنة، الأراضي الرطبة، النباتات المتوطنة، الجرد، المحافظة.

## RESUME

Chott El Hodna est une zone humide continentale, aride, salée et d'importance internationale. L'inventaire de sa flore a abouti à 185 taxons répartis en 37 familles botaniques et englobant 127 genres. La végétation endémique renferme 31 taxons (dont 16 taxons rares) appartenant à 16 familles botaniques et 28 genres.

Un zoning territorial en rapport avec les biotopes existants (Oued, Chott et R'mel) les sites et les stations d'étude à donné un site Sud (06 stations, 158 Taxons, 27 Endémiques dont 16 stationnelles) et un site Nord (05 stations, 122 Taxons, 15 Endémiques dont 02 stationnelles). Trois zones d'importance en endémiques furent identifiées: une zone d'endémisme élevé de 06 stations, une zone d'endémisme moyen de 03 stations et une zone d'endémisme faible de 03 stations.

L'importance floristique du site Sud du Chott entreprise dans une partie réunissant les biotopes existants (Oued, Chott et R'mel) que sur 79 relevés floristiques réalisés nous avons obtenu 116 taxons répartis dans 85 genres et 29 familles botaniques et qui renferment 20 taxons endémiques dont 08 endémiques rares.

L'analyse numérique de la végétation a révélé que les relevés floristiques et les taxons recensés sont inféodés à trois micro-habitats : un milieu salin : le Chott, un milieu de texture grossière : le R'mel et un milieu anthropisé : l'Oued. Dans ce milieu d'étude deux gradients écologiques se manifestent. Le premier montre une texture fine avec salinité très apparente en surface (le Chott) opposée à un milieu de texture grossière où le sable abonde et la salinité est non apparente (le R'mel). Le second recèle une évolution de bas en haut de l'humidité du sol et où la salinité diminue (l'Oued).

La préservation de la flore en général et des espèces endémiques en particulier doit s'opérer avec les habitants limitrophes des lieux. Les niveaux d'intervention s'axent les taxons, le biotope et le comportement de la population. Les 185 taxons dont 31 endémiques où un zoning est proposé basé sur cette richesse floristique totale et cet endémisme (total et stationnel) dans 11 stations d'études ce qui a donné trois zones de richesse floristique : la première élevée, la seconde moyenne et la dernière faible.

Mots-clés: Chott El Hodna, Zone Humide, Flore Endémique, Inventaire, Préservation.

## SUMMARY

Chott El Hodna is continental wetland, arid, salty and of international importance. The inventory of flora has led to 185 taxa distributed in 37 botanical families and 127 genera encompassing. The endemic vegetation contains 31 taxa (including 16 rare taxa) belonging to 16 botanical families and 28 genera.

A territorial zoning on in rural living standards-based (Oued, Chott and R'Mel), locations and stations study gave the (06 stations, 158 taxa, 27 endemic including 16 stationnel endemic) and a north site (05 stations, 122 taxa, 15 including 02 stationnel endemic). It has been identified three largest endemic areas: high endemicity area is made up of 06 stations; medium endemicity area region made up of 03 stations and finally the low endemicity area and also made up of 03 stations.

The floristic importance of South Chott site revealed that contains 79 vegetarian samples where 116 species, distributed in 85 class and 29 plant families and contains 20 endemic vegetarian including 08 type rare endemic species.

The numerical analysis of vegetation revealed that the floristic and identified taxa are subservient to three microhabitats: salty environment (Chott), a coarse textured environment (R'Mel) and anthropic environment (Oued).

In this region sometimes both classified two clinging to the environment arises. The first indicates the presence of soft soil with surface salinity (Chott) for an interview where the soil is rich in coarse sand abound and low salinity (R'Mel), and the second contains the evolution of the moisture gradient from the bottom to the top, where salinity decreases (Oued).

The preservation of flora in general and endemic species in particular must take place with the neighboring inhabitants of the place. The levels of intervention are focusing taxa, the habitat and behavior of the population. To carry out the preservation of the 185 taxa, including 31 endemic plant species, a proposed zoning bases on vegetable richness and endemism (total and stationnel) in 11 scholarships station highlighted three floristic richness zone: High zone, medium zone and minimum area.

Keywords: Chott El Hodna, Wetlands, Endemic plants, Inventory, Preservation.