

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abou Baker Belkaïd de Tlemcen

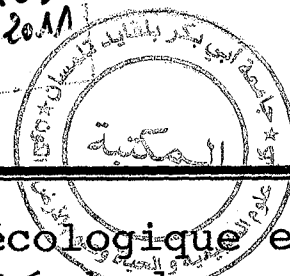
Faculté des sciences de la nature et de la vie, de la terre et de l'univers

Département des sciences agronomiques et forestières

Doc. Belk. 73/07

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCE

Inscrip. Sup. N° 1081
Date: 19.04.2011
C.D.P.



Contribution à l'étude phytoécologique et
préservation de la biodiversité de la zone
humide de la Macta (Algérie occidentale)

Présentée par
BELGHERBI Benamar

Soutenu devant le jury composé de :

▪ M. LETREUCH-BELAROUCI Nouredine	Professeur	Université de Tlemcen	Président
▪ M. BENABDELI Khéloufi	Professeur	Université de Mascara	Promoteur
▪ M ^{me} HARRACHE Djamila	Professeur	Université de Sidi Bel-Abbès	Examinatrice
▪ M. BOUHRAOUA Tarik-Rachid	Professeur	Université de Tlemcen	Examineur
▪ M. LABANI Abderrahmane	Maître de conférence « A »	Université de Saïda	Examineur

Année 2010-2011

- ✦ A mes parents.
- ✦ A ma grande et petite famille.
- ✦ A tous mes enseignants du cycle primaire
à la formation doctorale.

REMERCIEMENTS

Il m'est agréable de pouvoir rappeler, au début de ce travail, la dette de reconnaissance que j'ai contractée envers tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

Je voudrais ainsi remercier :

- M. **BENABDELI Khéloufi**, Professeur à l'universitaire de Mascara, qui a accepté d'être mon directeur de thèse, et m'a constamment guidé dans le développement de ce travail. Un grand merci pour la confiance qu'il m'a accordée au cours de la réalisation de cette thèse.
- M. **LEUTREUCH-BELAROUCI Noureddine**, Professeur à l'université de Tlemcen, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury.
- M^{me} **HARRACHE Djamila**, Professeur à l'université de Sidi Bel-abbés pour l'honneur qu'elle m'a fait de bien vouloir accepter d'examiner ce travail et de manifester ainsi son intérêt pour mes travaux.
- M. **BOUHRAOUA Tarik Rachid**, Professeur à l'université de Tlemcen, d'avoir accepté d'être membre de cet honorable jury et d'accepter d'apprécier ce travail.
- M. **LABANI Abderrahmane**, Maître de conférence « A » à l'université de Saida, de bien vouloir accepter d'examiner ce travail et faire partie de cet honorable jury.

Je tiens à exprimer ma vive reconnaissance à tous mes collègues enseignants et forestiers ayant contribué, chacun de sa part, à la mise en place de ce document et la naissance de ce travail de recherche.

Table de matières

Introduction.	01
---------------	----

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Les zones humides : définition et importance

1- Définition des zones humides	05
1.1- Définition de Ramsar	05
2- Les différentes catégories et types de zones humides	05
2.1- Les catégories de zones humides	05
2.2- Les différents types de zones humides	06
2.3- Les différents types de zones humides méditerranéennes	06
2.3.1- Les deltas	06
2.3.2- Les lagunes côtières et les marais salants	08
2.3.3- Les lacs d'eau douce	08
2.3.4- Les marais d'eau douce	08
2.3.5- Les plaines d'inondation et les forêts inondées	08
2.3.6- Les zones humides intertidales	09
2.3.7- Les lacs salés continentaux	09
2.3.8- Les oasis	09
2.3.9- Les salins	09
2.3.10- Les lacs de barrages	10
2.4- Fonctions et valeurs des zones humides	10
2.4.1- Les fonctions des zones humides	10
2.4.1.1- Fonctions hydrologiques	10
2.4.1.2 - Amélioration de la qualité des eaux	12
2.4.1.3- Fonctions biologiques	14
2.4.1.4 - Fonctions climatiques	15
2.4.2- Les valeurs des zones humides	15
2.4.2.1- Les valeurs culturelles et touristiques	15
2.4.2.2- Les valeurs éducatives, scientifiques et patrimoniales	16
2.4.2.3- Les valeurs économiques	16
2.5- Les zones humides en Algérie	17

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

2- Caractérisation écologique de la zone humide de la Macta	20
2.1- Critères d'inscription	20
2.2- Situation géographique	21
2.3- Situation administrative	22
2.4- Caractères géologiques	23
2.5- La pente	25
2.6- La topographie	26
2.7- Les altitudes	26
2.8- Les ressources en eau	28

2.8.1- Les cours d'eau	29
2.9- Pédologie	31
2.10- La flore	33
2.10.1- Localisation des peuplements des halipèdes	34
2.11- La faune	34
2.12- Etude climatiques	36
2.12.1- Température	36
2.12.2- L'amplitude thermique annuelle et indice de continentalité	37
2.12.3- Précipitations	38
2.12.4- Le régime saisonnier	38
2.12.5- Le vent	39
2.12.6- La neige	39
2.12.7- Les accidents météorologiques	39
2.12.8- Synthèse bioclimatique	40
2.12.8.1- L'indice de Koppen (1930-1934)	40
2.12.8.2- Indice de sécheresse estivale de Giacobbe et Emberger	40
2.12.8.3- Indice d'aridité de Giacobbe (1937-1958)	41
2.12.8.4- Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)	42
2.12.8.5- Quotient pluviométrique de Stewart (1969)	44
2.13- Aspect socio-économiques	45
2.13.1- La population	46
2.13.2- L'agriculture	46
2.32.3- L'élevage	47

PARTIE II : EXPERIMENTATION et RESULTATS

Chapitre 3 : Méthodologie et modèle d'application

3- Données et modèle d'application	50
3.1- Les données nécessaires à l'application	50
3.1.1- Données cartographiques	50
3.1.2- Images satellitaires	50
3.1.3- Les études	51
3.2 – Approche climatique et bioclimatique	51
3.1.4- Les données climatiques	51
3.3- Les outils de traitement utilisés	51
3.3.1- Les logiciels	51
3.3.2- Elaboration de la carte	52
3.4- Analyse du sol	53
3.4.1- Méthodologie et prélèvement	54
3.4.1.1- Les analyses physiques du sol	54
3.4.1.2- Les analyses chimiques du sol	55
3.4.1.3- Les mesures des éléments minéraux	56
3.5- Etude phytoécologique	56
3.5.1- Prospection préliminaire de terrain	56
3.5.2- Echantillonnage	57
3.5.3- Date et fréquence des sorties	57
3.5.4- Les relevés de végétation	57
3.5.5- Identification des plantes	58

Chapitre 4 : résultats et interprétation des analyses de sol

4.1- Les résultats physiques	59
4.1.1- La granulométrie	59
4.1.2- La matière organique	61
4.1.3- La perméabilité	61
4.1.4- La conductivité électrique	62
4.1.5- L'humidité	64
4.2- Les résultats chimiques	66
4.2.1- Le pH	66
4.2.2- Le calcaire total	67
4.2.3- Les sels minéraux	68

Chapitre 5 : Résultats et interprétation de l'analyse phytoécologique

5.1- Appréciation du rapport sol, végétation et eau	72
5.1.1- La carte de composition colorée	72
5.1.2- La carte d'indice de végétation	73
5.2- La composition systématique	74
5.3- Les formes biologiques	75
5.4- Les types morphologiques	75
5.5- Les éléments phytochoriques	77
5.6- La flore vasculaire halophyte	78
5.7- Indices de diversité	79
5.7.1- Indice de richesse spécifique	80
5.7.2- Indice de diversité spécifique de SHANNON [H']	80
5.7.3- L'indice de régularité de PLOU ou équitabilité [E]	80
5.8- Etude floristique multidimensionnelle	81

Chapitre 6 : Plan de gestion et proposition d'action d'aménagement

6.1- Les objectifs	100
6.2- Diagnostic de l'état actuelle de la zone	101
6.3- Caractérisation de la zone : les potentialités offertes	102
6.4- Orientation générale de protection	102
6.4.1- Les mesures de réhabilitation de l'entourage de la zone humide	102
6.4.2- Les mesures de protection de la zone humide proprement dite	103
6.4.2.1- Les aspects organisationnels	103
6.4.2.2- Les aspects législatifs	103
6.4.2.3- Les aspects techniques	104
6.5- Les mesures de préservation et de réhabilitation	107
6.5.1- Amélioration du fonctionnement hydrique	107
6.5.2- Maintien et entretien de la diversité végétale	108
6.5.3- Sauvegarder et développer la richesse faunistique	109
6.5.4- La gestion agricole	109
6.5.5- La gestion forestière	110
6.5.6- La gestion des zones de parcours	111
6.6- Autres recommandations	111
Conclusion	113

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les services rendus par les zones humides	16
Tableau 02 : Les zones humides inscrites entre 1983 et 2003	18
Tableau 03 : Les nouveaux sites intégrés dans la convention de Ramsar entre 2004 et 2009	19
Tableau 04 : Superficie des communes au niveau de la zone humide de la Macta	23
Tableau 05 : Répartition des superficies suivant les formations géologiques	24
Tableau 06 : Répartition des superficies suivant les classes des pentes	25
Tableau 07 : Répartition des superficies suivant les classes d'altitude	27
Tableau 08 : La faune aviaire recensée au niveau de la zone humide de la Macta	35
Tableau 09 : Les données géographiques de la station météorologique	36
Tableau 10 : Températures moyennes mensuelles de sidi Abdelmoumen	36
Tableau 11 : L'amplitude thermique annuelle	37
Tableau 12 : Hauteurs annuelles et mensuelles des précipitations	38
Tableau 13 : Le régime saisonnier	38
Tableau 14 : La vitesse des vents au niveau de la zone humide	39
Tableau 15 : Les valeurs de l'indice de KOPPEN	40
Tableau 16 : Indice de sécheresse estivale de GIACOBBE et EMBERGER	41
Tableau 17 : Type d'aridité selon l'indice d'aridité de GIACOBBE	41
Tableau 18 : Indice mensuel d'aridité d'après GIACOBBE	42
Tableau 19 : Quotient pluviométrique de STEWART	44
Tableau 20 : Le recensement de la population	46
Tableau 21 : Répartition des superficies cultivées par commune	47
Tableau 22 : Effectif d'élevage – campagne 2001-2008	47
Tableau 23 : Le nombre des nomades-Année 2008-	48
Tableau 24 : Documents cartographiques utilisés	50
Tableau 25 : Répartition du sol par classe de granulométrie	59
Tableau 26 : Classement du sol par état de matière organique	61
Tableau 27 : Distribution du sol par classe de perméabilité	62
Tableau 28 : Répartition du sol par classe de conductivité électrique	62
Tableau 29 : Répartition des sols par classe de pH	66
Tableau 30 : Répartition du sol selon les classes de taux de calcaire total	67
Tableau 31 : Les éléments responsables de la salinité	68

Tableau 32 : La proportion de la végétation par rapport au sol et l'eau	73
Tableau 33 : Les espèces halophytes de la zone humide de la Macta	79
Tableau 34 : Valeurs propres et taux d'inertie des axes factoriels	82
Tableau 35 : Les taxons contributifs pour l'axe 1	83
Tableau 36 : Les taxons contributifs pour l'axe 2	83
Tableau 37 : Quelques relevés représentatifs du groupe 1	87
Tableau 38 : Quelques relevés représentatifs du groupe 2	90
Tableau 39 : Quelques relevés représentatifs du groupe 3	94
Tableau 40 : Quelques relevés représentatifs du groupe 4	96
Tableau 41 : Quelques relevés représentatifs du groupe 5	99
Tableau 42 : Les coordonnées de bornage du noyau de protection	106
Tableau 43 : Résultats des analyses granulométriques	133
Tableau 44 : Résultats de la matière organique	134
Tableau 45 : Résultats de la perméabilité	134
Tableau 46 : Résultats de la conductivité électrique	135
Tableau 47 : Résultats de l'humidité	135
Tableau 48 : Résultats du pH	136
Tableau 49 : Résultats du calcaire total	136
Tableau 50 : Les concentrations de Na ⁺ , Cl ⁻ , K ⁺ et Ca ⁺⁺	137
Tableau 51 : tableau brut des espèces rencontrées au niveau de la zone humide de la Macta	138
Tableau 52 : Répartition des espèces par familles et par classes	148
Tableau 53 : Le type biologique, morphologique et phytochorique de la zone humide de la Macta	150

Liste des figures

Figure 01 : Localisation des grands types de zones humides dans un bassin versant	07
Figure 02 : Carte de localisation de la zone humide de la Macta	21
Figure 03 : Localisation de la zone humide par rapport aux communes	22
Figure 04 : La Carte géologique de la zone d'étude	24
Figure 05 : La Carte des pentes de la zone humide	25
Figure 06 : La Carte hypsométrique de la zone humide de la Macta	27
Figure 07 : La position de la zone humide de la Macta par rapport au bassin versant « Macta »	28
Figure 08 : Les principaux oueds drainant la zone humide de la Macta	31
Figure 09 : La carte pédologique de la zone humide	33
Figure 10 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures	36
Figure 11 : Précipitations mensuelles annuelles	38
Figure 12 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GUASSEN pour la période (1950-1983)	43
Figure 13 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GUASSEN pour la période (1983-2007)	43
Figure 14 : Climagramme d'EMBERGER	45
Figure 15 : Répartition des sols par classe de granulométrie	60
Figure 16 : Répartition du sol par catégorie de matière organique	63
Figure 17 : Répartition du sol par intensité de perméabilité	63
Figure 18 : Répartition du sol par catégorie de salinité	64
Figure 19 : Répartition des sols par classes d'humidité	65
Figure 20 : Répartition des sols par classes de pH	66
Figure 21 : Répartition du sol selon les classes du taux de calcaire total	67
Figure 22 : Les valeurs de concentration de NaCl	69
Figure 23 : Les valeurs de concentration de K ⁺	70
Figure 24 : Les valeurs de concentration de Ca ⁺⁺	71
Figure 25 : Carte composition colorée de la zone	72
Figure 26 : Carte de l'indice de végétation	73
Figure 27 : Répartition des familles au niveau de la zone humide de la Macta	74
Figure 28 : Le spectre biologique de la flore de la zone humide de la Macta.	76
Figure 29 : Les types morphologiques rencontrés au niveau de la zone humide de la Macta	76
Figure 30 : L'élément phytochorique de la zone humide de la Macta	77
Figure 31 : Distribution des espèces de la Macta dans le plan A ₁ -A ₂	80
Figure 32 : Forêt de <i>Tamarix</i> en 1882	92
Figure 33 : Forêt de <i>Tamarix</i> en 1949 (SIMONNEAU, 1952)	93
Figure 34 : Le reste de la forêt de <i>Tamarix</i> en 2007 (BELGHERBI et BENABDELI, 2010)	93

Liste des photos

Photo 01 : Oued «Sig» parcourant la zone humide	30
Photo 02 : Oued «Habra» traversant la zone humide de la Macta	30
Photo 03 : Aperçu du tracée de l'oued Tinn	30
Photo 04 : Oued «Habra» et oued «Sig» se rejoignant au Nord de la zone humide de la Macta	30
Photo 05 : Un sol disséqué pendant l'été	155
Photo 06 : L'allure du sol après retrait du marais	155
Photo 07 : Un tapis végétal clairsemés	155
Photo 08 : Submersion de la végétation	155
Photo 09 : Présence de flammant rose	155
Photo 10 : Nid d'oiseau en zone humide	155
Photo 11 : L'importance des terrains agricoles proximité de la zone humide	156
Photo 12 : Céréaliculture : la culture la plus dominante au niveau de la zone humide	156
Photo 13 : L'intensité de pacage au niveau de la zone humide de la Macta	156
Photo 14 : Présence des nomades au niveau de la zone humide de la Macta	156
Photo 15 : Le dromadaire est présent au dans la zone humide (Commune Mocta douze)	156
Photo 16 : Un groupe de dromadaire au cœur de la zone humide de la Macta	156
Photo 17 : Etape de détermination de la matière organique : Ouverture de l'étuve après une mise du sol à une température de 700°C	157
Photo 18 : Le pH mètre utilisé	157
Photo 19 : Dosage du calcaire à l'aide d'un calcimètre de Bernard	157
Photo 20 : Le conductimètre électrique utilisé	157
Photo 21 : Dosage du chlorure	157
Photo 22 : Dosage des sels minéraux à l'aide du spectrophotomètre à flamme	157
Photo 23 : Quelques touffes d' <i>Atriplex</i> souffrant de pâturage et de sécheresse	158
Photo 24 : Une touffe d' <i>Atriplex</i> bien venante	158
Photo 25 : <i>Verbascum Thapsus</i> L	158
Photo 26 : <i>Scolymus maculatus</i> L	158
Photo 27 : <i>Scorpiurus muricatus</i> L	158
Photo 28 : <i>Spergularia diandra</i> Guss	159
Photo 29 : <i>Hordeum maritimum</i> With	159
Photo 30 : <i>Anacyclus clavatus</i> Desf	159
Photo 31 : <i>Sinapis arvensis</i> L	159

Photo 32 : <i>Calendula algeriensis</i> B et R	159
Photo 33 : Sujet de <i>Tamarix</i> le long de l'oued Sig	160
Photo 34 : Association <i>Tamarix-Phragmites-Juncus</i>	160
Photo 35 : Sujet de <i>Plantago corononopus</i> L	160
Photo 36 : Sujet de <i>Cichorium spinosum</i> L	160
Photo 37 : Sujet de <i>Toriluis nodosa</i> L	161
Photo 38: Sujet de <i>Malva sylvestris</i> L	161
Photo 39: Sujet de <i>Sonchus arvensis</i> L	161
Photo 40: Sujet d' <i>Avena sterilis</i> L	161
Photo 41: L'importance de la Salicorne au niveau de la zone	162
Photo 42: La remontée du sel près de la salicorne	162
Photo 43: La salicorne en mélange avec la soude	162
Photo 44: Exemple d'une soude ne dépassant les 20 Cm	162
Photo 45: L' <i>Arthrocnemum</i> en mélange avec la salicorne	162
Photo 46: <i>Arthrocnemum</i> ne dépassant pas les 30 cm	162
Photo 47: <i>Mesembryanthemum nodiflorum</i> L	163
Photo 48: <i>Mesembryanthemum cristallinum</i> L	163
Photo 49: <i>Marrubium vulgare</i> L	163
Photo 50: <i>Acacia horrida</i> Willd	163
Photo 51: <i>Eucalyptus Bosistoana</i> F.V.M	163
Photo 52: <i>Cupressus semperverens</i> L	163
Photo 53: Dégradation de la végétation par le feu	164
Photo 54: Dégradation de la végétation par suite au campement des nomades	164
Photo 55: La pollution suite à la décharge illicite	164
Photo 56: Un feu vivant lors d'une sortie sur terrain	164
Photo 57: Dégradation de la végétation par le cheptel	164
Photo 58: L'installation des terrains agricoles au dépend de la végétation naturelle	164

Introduction

Les zones humides sont également des destinations de premier ordre pour des activités touristiques et de loisir (pêche, chasse, navigation ...).

C'est pour ces différentes raisons que le monde a connu la naissance de la convention sur les zones humides, signée à Ramsar, en Iran, en 1971. C'est un traité intergouvernemental servant de cadre à l'action nationale et à la coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources.

La Convention est entrée en vigueur en 1975 et en 2009 elle comptait 159 parties contractantes. Le nombre de zones humides inscrites s'élève à 1880 avec une superficie de l'ordre de 184 969 024 hectares.

L'adhésion de l'Algérie à la convention de Ramsar a été effective en Novembre 1984, deux sites ont été classés sur la liste des zones humides importances internationales : le lac Tonga et le lac Oubeira situés tous deux dans les complexes des zones humides d'El Kala (Wilaya d'El Tarf).

L'Algérie, jusqu'à présent a réussi à intégrer 46 zones humides d'importance internationales, d'une superficie de 6 237 230 ha. En Algérie, de part sa configuration physique et la diversité de son climat, les zones humides rencontrées sont très diversifiées. On y trouve plusieurs types (Chott, sebkha, marais, oasis,...)

En Algérie, les zones humides n'ont jamais fait l'objet d'études et de recherches particulières qu'à partir de 1984 lors de leur intégration au niveau de la convention de Ramsar. Parmi les zones humides qu'abrite l'Algérie, se retrouve une zone humide d'une superficie de 44 500 ha, localisée au Nord-ouest de l'Algérie, inscrite dans la convention de Ramsar en 2001. Elle fait limite avec la mer Méditerranéenne, et constitue un complexe intéressant par ses caractéristiques tant écologiques que physiques assez particulières. Elle offre des habitats singuliers (delta, marais et plaine d'inondation) pour certaines espèces animales et végétales ; c'est la zone humide de la Macta ou appelée également « marais de la Macta ».

La zone humide de la Macta a été retenue pour une étude phytoécologique, avec comme objectif une meilleure connaissance du tapis végétal. La végétation constitue un excellent indicateur de l'état actuel de cet écosystème, qui offre un habitat à un nombre important d'espèces végétales et animales. Une évaluation de la biodiversité de cette zone sera possible à travers le thème de thèse de doctorat en sciences intitulé : « *Contribution à l'étude phytoécologique et préservation de la biodiversité de la zone humide de la Macta (Algérie occidentale)* ».

Pour cela il est nécessaire de connaître et maîtriser tous les aspects tant floristiques qu'écologiques qui doivent constituer une base indispensable pour retenir une stratégie de préservation pour un développement durable.

Les travaux traitant l'étude de la végétation de cette zone humide sont peu nombreux, mis à part la carte de végétation de BOSQUET au 1/200 000^e datant de 1958, l'étude de SIMONNEAU en 1952 : « *La végétation halophile de la plaine de Perrégaux (Oran)* », celle de QUÉZEL et SIMONNEAU en 1960, intitulée : « *Quelques aspects de la végétation des terrains salés des plaines sub-littorales de l'Oranie orientale* » et celle de TAFER en 1993, intitulé « *Etude phyto-écologique et syndynamique des complexes de végétation halophile de la plaine de Mohammadia (Macta-Oran)* »

Par une exploitation de toute la documentation afférente à cette zone et par les investigations menées sur terrain pendant 7 ans et pour mieux connaître cet écosystème, les objectifs suivants ont été fixés:

- Mettre en place un listing des espèces végétales rencontrées au niveau de la zone humide de la Macta.
- Appréhender la répartition du tapis végétale en fonction des facteurs de l'environnement en l'occurrence le facteur sol, le facteur le plus déterminant.
- Essayer de proposer des solutions, qui peuvent s'adapter aux conditions locales.

La thèse s'articulera autour de deux trames essentielles :

- Une première trame intitulée, **partie bibliographique**, qui à pour objectif de relater les informations concernant les zones humides : définitions, fonctions et valeurs et d'exposer les données de base relatives à la zone d'étude.
- Une deuxième trame titrée, **expérimentation et résultats**, qui à pour but d'évoquer le protocole expérimentale poursuivi et d'en discuter les résultats escomptés.

PARTIE I : Etude bibliographique

- **Chapitre 1** : Les zones humides - définition et importance
- **Chapitre 2** : Présentation de la zone d'étude

Chapitre I : Les zones humides : Définition et importance

1- Définition des zones humides

Les zones humides, espaces de transition entre la terre et l'eau, constituent un patrimoine naturel particulier, en raison de leur richesse biologique et des fonctions naturelles qu'elles remplissent. Plusieurs définitions furent proposées sur les zones humides.

D'après BERNARD (1994) et YIN et LU (2006), aucune définition scientifique n'est universellement admise, sans doute en raison de la gamme de combinaisons possibles reflétées par la diversité des milieux, qualifiés de zone humides.

Selon DUGAN (1990), il existerait plus de 50 définitions utilisées couramment. On se contente dans ce chapitre de n'exposer que la définition de la convention de Ramsar ; la définition qui permet aux pays d'intégrer les différentes zones humides dans ce traité international.

1.1- Définition de Ramsar

Le traité international pour la conservation et l'utilisation durable des zones humide – Ramsar- a adopté en 1971 la définition suivante sur les zones humides* :

« Les zones humides sont 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'eaux marines dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres.

En outre la Convention dispose que « Les zones humides pourront inclure des zones de rives ou de côtés adjacents à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marines d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse».

2- Les différentes catégories et types de zones humides

2.1- Les catégories de zones humides :

CIZEL in SEYRIG, 2007 propose 3 catégories de zones humides :

- **zones humides « effectives »** : Qu'on observe réellement sur le terrain, définies par des critères hydrologiques, de végétation et de sol ;

* Définition tiré du site de ramsar : www.ramsar.org

- **zones humides « efficaces »** : Qui participent aux fonctions de stockage et épuration des eaux ;
- **zones humides « potentielles »** : Qui seraient effectives et efficaces en l'absence de drainage ou perturbation liées aux activités humaines en amont.

2.2- Les différents types de zones humides

Selon BERNARD (1994) et DONADIEU (1996) les grands types de zones humides sont (Fig. 01) :

- **Les zones humides marines et côtières** : On y rencontre les zones d'estuaires, les vasières littorales, les prés salés ou schorres, les slikkes, les mangroves, les marais et lagunes côtiers, les deltas, Les marais agricoles aménagés et les marais saumâtres aménagés.
- **Les zones humides continentales** : C'est les zones humides alluviales, les régions d'étangs, les lacs, les prairies humides, les tourbières, les zones humides de bas-fond en tête de bassin et les mares permanentes et temporaires plus ou moins.

2.3- Les différents types de zones humides méditerranéennes

Les zones humides méditerranéennes regroupent une grande variété d'habitats naturels : les deltas des fleuves, les lacs et marais (eau douce, saumâtre ou salée), les rivières permanentes ou oueds, les forêts inondables situées en bordures des fleuves, les salines ou les lacs des barrages.

2.3.1- Les deltas

C'est à l'embouchure des principaux fleuves que l'on trouve le plus fréquemment des zones humides côtières : les limons et les sables charriés vers la mer se déposent à l'endroit où le fleuve atteint les eaux calmes, non affectées par les marées, et donnent ainsi naissance à des dunes, à des marais et à de nouvelles langues de terre gagnant sur la mer, l'ensemble formant un delta.

Un delta naturel typique regroupe donc toute une gamme de zones humides dont la salinité augmente généralement au fur et à mesure que l'on s'approche de la mer (LETHIER, 1995).

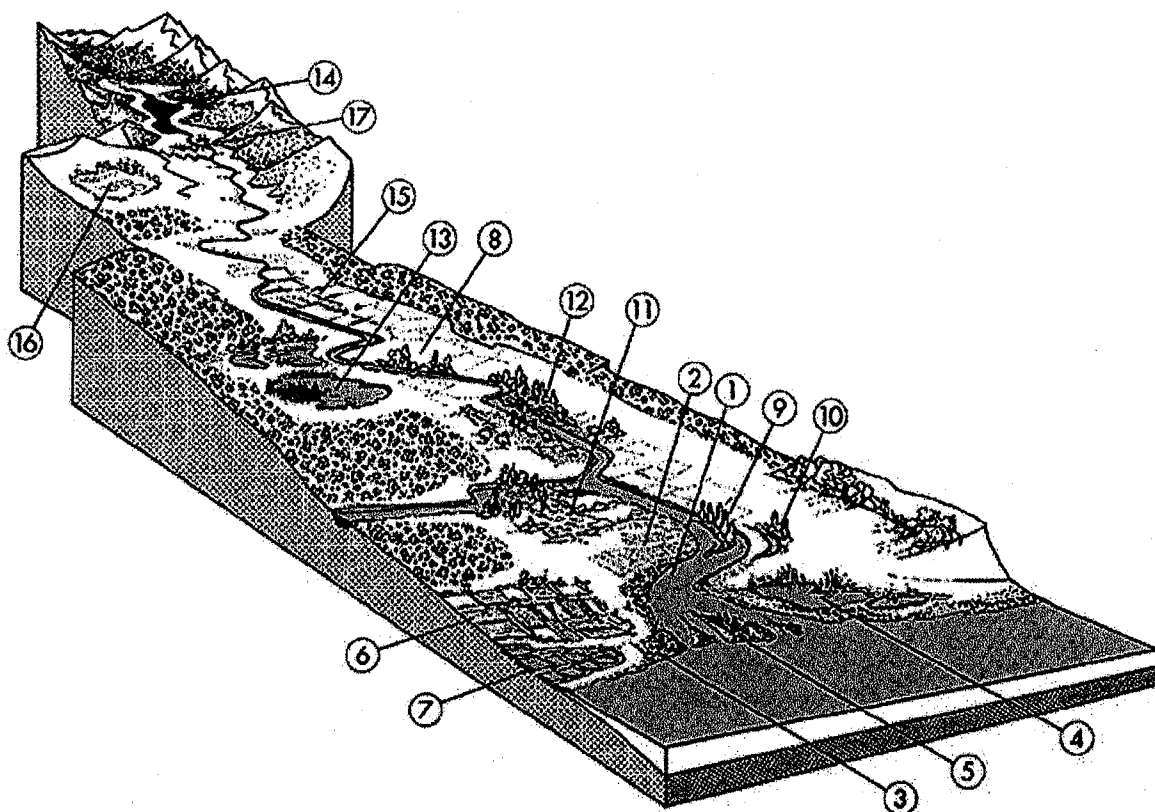


Figure 1 : Localisation de grands types de zones humides dans un bassin versant (ANONYME, 1996)

- 1 - Estuaires - vasières
- 2 - Prés salés ou schorres
- 3 - Slikkes
- 4 - Marais et lagunes côtiers
- 5 - Delta
- 6 - Marais agricoles aménagés
- 7 - Marais saumâtres aménagés
- 8 - Zones humides alluviales
- 9 - Ilots
- 10 - Bras-morts
- 11 - Prairies inondables
- 12 - Ripisylves
- 13 - Régions d'étangs
- 14 - Lacs
- 15 - Prairies humides
- 16 - Tourbières
- 17 - Zones humides de bas-fond

2.3.2- Les lagunes côtières et les marais salants

Les sédiments charriés par un cours d'eau se déposent normalement à quelques centaines de mètres au large, lorsque les courants marins ont réduit la vitesse d'écoulement du fleuve. Les courants modèlent ensuite les dépôts de sable en créant souvent des cordons littoraux parallèles à la côte, derrière lesquels se forment les lagunes. Celles-ci sont généralement reliées à la mer par un chenal et peuvent également être alimentées par le cours d'eau. L'extension des cordons littoraux peut provoquer la fermeture de certaines lagunes dont l'eau s'adoucit alors.

Les plus grandes zones de lagunes et de marais salants de la Méditerranée se trouvent le long des 200 km de côtes de Provence et du Languedoc-Roussillon dans le sud de la France. Elles se trouvent également à Venise à Trieste en Italie du nord et sur la côte tunisienne, sans oublier le delta du Pô. L'Égypte, quant à elle, abriterait près du quart des zones humides côtières subsistant en Méditerranée, qui sont en majorité sous forme de lagunes dans la vaste région du delta du Nil (BERNARD, 1994).

2.3.3- Les lacs d'eau douce

Ils se forment soit à l'intérieur des terres, soit par adoucissement d'une lagune marine isolée de la mer et alimentée par des cours d'eau (comme dans le delta du Nil, du Rhône et du Pô) (BERNARD, 1994). En Afrique du Nord, hormis les lagunes marines et deltaïques, on ne trouve que peu de lacs permanents (région d'El Kala en Algérie) où les eaux libres disparaissent rapidement du fait de l'importance de l'évaporation.

2.3.4- Les marais d'eau douce

Parmi les centaines de marais d'eau douce qui bordaient autrefois la Méditerranée, très peu d'entre eux subsistent aujourd'hui et leur régime d'inondation est presque toujours contrôlé par l'homme, du moins en partie. Ils englobent divers types de milieux, allant des roselières qui entourent les lacs aux prairies humides pâturées dans les deltas ou en bordure du lit majeur des fleuves (PEARCE et CRIVELLI, 1991).

2.3.5- Les plaines d'inondation et les forêts inondées

La plupart des zones humides que l'on trouvait autrefois dans les plaines d'inondation ont été drainées de manière systématique au cours des deux derniers millénaires. Parallèlement, les importantes forêts riveraines (saules et peupliers) qui bordaient le cours inférieur de la majorité des cours d'eau de la région méditerranéenne, ont presque entièrement disparu à la suite du déboisement ou du drainage. Il reste un petit nombre de marais d'eau douce dans les plaines

d'inondation du Pô et du Tage et dans le Languedoc en France et quelques forêts inondées autour du lac Skadar au Monténégro, dans les deltas du Pinios et du Nestos et autour du Lac Kerkini en Grèce ainsi que dans le delta du Kizilirmak et autour du lac Manyas en Turquie (LETHIER, 1995).

2.3.6- Les zones humides intertidales

Du fait de l'absence de marées dans la majeure partie de la mer Méditerranée, il y a très peu de grandes vasières entre la limite des hautes et basses eaux à l'exception de la partie du golfe de Gabès, située entre la côte du sud tunisien et les îles kneïs (LETHIER, 1995).

2.3.7- Les lacs salés continentaux

Les lacs salés (chott et sebkhas) comptent parmi les plus grandes zones humides du Bassin méditerranéen. Les plus importants se trouvent en Afrique du Nord où l'effet conjugué, de pluies torrentielles subites et du ruissellement rapide dans des paysages quasi désertiques, entraîne parfois la formation de vastes étendues d'eau dans des dépressions continentales.

Dans les chotts, La végétation permanente éparsse engendre des îlots de verdure chaque fois que l'eau est présente. Les invertébrés dans ces zones sont limités à une poignée d'espèces adaptées aux conditions xériques. Parmi les espèces précitées, les oiseaux d'eau sont rares.

Les sebkhas sont des dépressions peu profondes renfermant de l'eau pendant de plus longues périodes et ne s'assèchent généralement qu'au plus fort de l'été (D.G.F, 2001)

2.3.8- Les oasis

Au Sahara, en Afrique du Nord et dans une bonne partie du Levant, les eaux souterraines sont abondantes et proviennent d'infiltration au cours des ères plus humides dans l'histoire géologique de la région. On note l'exemple de l'Oasis de Ouled Sa à Adrar (25.400 ha) et l'Oasis de Tamantit et Sid Ahmed Timmi à Adrar (95.700 ha) (D.G.F, 2001)

2.3.9- Les salins

Les salins, lorsqu'ils sont exploités, constituent des zones humides à forte composante artificielle et sont de très grande valeur socio-économique. Dans les bassins de faible salinité certaines espèces, de végétaux et de poissons tolérant le sel, y prospèrent. En revanche, dans les bassins les plus salés, seuls les artémias (micro-crustacés) survivent. Les cycles saisonniers réguliers des salins permettent de garantir la disponibilité des ressources alimentaires et d'accueillir, par conséquent, une avifaune abondante (PEARCE et CRIVELLI, 1991).

2.3.10- Les lacs de barrages

Ils constituent un type de zones humides de plus en plus déterminant dans le Bassin méditerranéen. Les réservoirs, construits en montagne, peuvent remplacer, dans une certaine mesure, les zones humides des plaines en aval. Ils peuvent également jouer un rôle important quant à la formation des deltas.

Malheureusement, la plupart des réservoirs sont construits dans des zones très pentues ce qui limite beaucoup les possibilités de développement de marais peu profonds en périphérie et pour beaucoup d'entre eux, le niveau d'eau peut baisser de manière très importante et irrégulière, réduisant d'autant plus les chances de croissance de la végétation sur les rives (D.G.F, 2001).

2.4- Fonctions et valeurs des zones humides

2.4.1- Les fonctions des zones humides

2.4.1.1- Fonctions hydrologiques

Les zones humides contribuent au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau en agissant comme un filtre épurateur (SKINNER et ZALEWSKI, 1995) :

- **Filtre physique**, car elles favorisent les dépôts de sédiments y compris le piégeage d'éléments toxiques tels que les métaux lourds, la rétention des matières en suspension.
- **Filtre biologique**, car elles sont aussi le siège privilégié de dégradations biochimiques (grâce notamment aux bactéries), de désinfection par destruction des gènes pathogènes grâce aux ultra-violets, d'absorption et de stockage par les végétaux, de substances indésirables ou polluantes tels que les nitrates (dénitrification) et les phosphates à l'origine de l'eutrophisation des milieux aquatiques de certains pesticides et métaux...

❶ Expansion des crues

Grâce aux volumes d'eau qu'elles peuvent stocker, les zones humides évitent une surélévation des lignes d'eau de crue à l'aval. L'atténuation des crues peut avoir lieu sur l'intégralité du bassin versant. Toute zone humide peut contribuer au laminage d'une crue, tant au niveau des zones humides d'altitude qu'au niveau des lits majeurs des cours d'eau.

L'expansion des crues est faite par deux façons (AUCLERC, 1999 et ROY, 1999):

- ◆ **L'effet « Eponge »** : Toute dépression dans le paysage est susceptible de stocker un certain volume d'eau en surface et, dans une moindre mesure, dans les sols ou les sédiments sous-jacents (effet « d'éponge »). Les capacités de rétention des dépressions finissent par être saturées et leur efficacité s'annule.

La restitution des volumes stockés au cours d'eau a lieu par un mécanisme de ressuyage plus ou moins rapide.

- ◆ **L'effet d'étalement** : Dans les plaines alluviales, l'épandage du débit de crue de part et d'autre du cours d'eau dans les zones humides annexes (marais, bras morts, prairies humides...), provoque un abaissement de la ligne d'eau au droit et à l'aval de la zone concernée.

En fonction de la rugosité (obstacles opposant une résistance à l'écoulement) de la zone humide, la vitesse de l'eau sera modifiée : plus la rugosité est grande, plus la vitesse est ralentie.

Il a été constaté, sans que cela soit généralisable, que 5 % de la surface totale d'un bassin versant occupé par des zones humides dans un bassin pouvait réduire les pics de crue de 60% environ (AMMON et al, 1981 in FUSTEC et FROCHOT, 1996).

② Régulation des débits d'étiages

Certaines zones humides peuvent jouer un rôle naturel de soutien des débits d'étiage lorsqu'elles stockent de l'eau en période pluvieuse et la restituent lentement au cours d'eau. Cette régulation a toutefois un effet localisé et différé à l'aval de la zone humide. Cette fonction s'exprime en particulier au sein des bassins versants d'altitude où les caractéristiques des sols leur confèrent un effet d'éponge.

Les zones humides reposent sur un substrat plus ou moins poreux qui favorise l'emmagasinement de volumes d'eau à l'occasion d'épisodes d'inondation ou de précipitations pendant les périodes d'hiver et de printemps. L'inertie du milieu permet la restitution lente au cours des mois d'été de ces volumes stockés. Cet effet retard contribue à équilibrer le bilan hydrologique annuel du cours d'eau concerné (BIZE et al, 1972 ; FUSTEC et FROCHOT, 1996).

③ Recharge des nappes

La recharge naturelle d'une nappe résulte de l'infiltration des précipitations ou des apports d'eaux superficielles dans le sol et de leur stockage dans les couches perméables du sous-sol.

La recharge de la nappe depuis une zone humide s'exerce localement, au droit de la zone, avec un effet spatialement limité sur l'aquifère. Cette fonction naturelle peut être soutenue par l'action de l'homme pour améliorer la ressource en eau.

Une partie des apports d'eau superficielle parcourant la zone humide s'infiltré à travers le substrat semi-perméable. Un stockage souterrain ne peut avoir lieu que dans une nappe dont le niveau piézométrique est inférieur à celui de la zone humide (MICHELOT, 1994).

④ Recharge des débits solides des cours d'eau

L'érosion des berges ou des bancs de sédiments entraîne dans le chenal des cours d'eau des sédiments qui constituent le « débit solide ». Les zones humides, situées au bord des cours d'eau (ripisylves, prairies humides...), peuvent assurer une part notable de cette recharge. Cette fonction n'est pas uniquement assurée par les zones humides, puisque le débit solide des rivières provient également des éboulements de versants, ou des érosions de berges en milieu purement terrestre.

Le débit solide de la rivière est variable selon les sites. Les rivières de montagne, surtout si elles sont dépourvues de barrage, sont principalement alimentées en sédiments par l'érosion des versants. Par contre, l'érosion du chenal et des berges peut représenter une part très importante de l'apport dans la partie aval des cours d'eau (BRAVARD et PETIT, 1997)

2.4.1.2 - Amélioration de la qualité des eaux

① Régulation des nutriments :

Les interfaces eau/air, eau/sédiments, eau/terre et nappe libre/nappe captive, rassemblent les conditions les plus favorables pour la régulation des nutriments. Ces zones de transition sont donc à considérer avec une attention particulière (PINAY et DECAMPS, 1988). Leur traversée par les flux hydriques peut provoquer une diminution des teneurs en nutriments. Cela concerne notamment les flux d'azote (processus de dénitrification) et de phosphore (processus de déphosphatation). Le rôle de « pompe à nutriments » est attribué en particulier aux diverses plantes supérieures (macrophytes) :

- Réduction des nitrates (dénitrification) : Dans les eaux superficielles, les plantes aquatiques absorbent par leurs racines les nitrates pour leur métabolisme. D'autre part, la décomposition des végétaux morts utilise l'oxygène du milieu et peut créer ainsi des conditions réductrices, favorables à la dénitrification. Ces conditions se rencontrent par exemple lorsqu'une nappe libre devient captive sous une couche faiblement perméable. On rencontre fréquemment ce contexte dans les prairies humides et les marais fluviaux. Dans les zones de contact eau souterraine/eau superficielle, ainsi que dans les eaux souterraines l'absorption des nitrates par les racines intervient seule (PINAY et al, 1990).

- Régulation du phosphore (déphosphatation) : dans les eaux superficielles, dans les sols hydromorphes (gorgés d'eau) et dans les sédiments peuvent se manifester des phénomènes physicochimiques réversibles d'adsorption sur les argiles et la matière organique (PINAY et al, 1990).

Les processus biologiques sont irréversibles ou réversibles suivant les cas :

- Les végétaux supérieurs sont les principaux régulateurs.
- Les plantes vasculaires constituant les « herbiers flottants » prélèvent les éléments nutritifs directement dans les eaux. Les espèces submergées (dans l'eau) et enracinées s'approvisionnent à partir des éléments contenus dans les sédiments mais aussi dans la colonne d'eau. Les autres espèces utilisent essentiellement les éléments nutritifs disponibles dans les sédiments et les sols hydromorphes.
- Les algues fixent le phosphore durant leur croissance. Une fois morts, ces organismes sédimentent ; et diverses transformations conduisent à un relargage de phosphore. Ainsi un stock de phosphore soluble redevient disponible pour un nouveau développement algal.
- La biomasse microbienne immobilise une partie du phosphore soluble surtout - dans certaines tourbières. Le développement de la biomasse microbienne implique l'absorption et l'immobilisation d'une partie du phosphore soluble. Ce processus peut être négligeable dans des milieux où la composante minérale est grande, mais important dans les sols organiques de certaines tourbières.

② Rétention des toxiques (micropolluants)

Les substances toxiques, appelées aussi « micropolluants », appartiennent à deux types : les composés métalliques (métaux lourds) et les composés organiques (hydrocarbures, solvants chlorés, phytosanitaires employés en agriculture...). Les zones humides piègent des substances toxiques par sédimentation ou fixation par des végétaux. Cette fonction contribue à l'amélioration de la qualité des eaux à l'aval, mais l'accumulation des substances peut créer une ambiance toxique défavorable à l'équilibre écologique de la zone humide. Tous les types de zones humides sont concernés dès lors qu'ils reçoivent des rejets toxiques.

Les micropolluants toxiques atteignent les zones humides par ruissellement et érosion sur le bassin versant, par inondation et par transport éolien. Les matières en suspension en sont souvent le support. Les eaux souterraines contribuent très peu à ce mécanisme. La rétention a lieu par différents processus : physique (précipitation, adsorption), chimique ou biologique

(absorption, bioaccumulation et bioconcentration). Selon le type de micropolluants toxiques la rétention est plus ou moins irréversible du fait de la variabilité et de l'intensité des processus de relargage ou de biodégradation (REAL, 1997).

③ Interception des matières en suspension

Les matières en suspension, mobilisées par l'érosion, sont transportées par les eaux de ruissellement et les cours d'eau lors des épisodes pluvieux ou des crues. Lors de la traversée d'une zone humide, la sédimentation provoque la rétention d'une partie des matières en suspension. Ce processus naturel est à l'origine de la fertilisation des zones inondables puis du développement des milieux pionniers. Il joue un rôle essentiel dans la régénération des zones humides mais induit à terme le comblement de certains milieux (lacs, marais, étangs).

Cette fonction d'interception des matières en suspension contribue à réduire les effets néfastes d'une surcharge des eaux tant pour le fonctionnement écologique des écosystèmes aquatiques que pour les divers usages de l'eau. En outre, elle favorise l'interception et le stockage de divers éléments polluants associés aux particules (MULLER, 1998)

Au sein des zones humides, la sédimentation est le principal processus qui intervient dans la rétention des matières en suspension. Elle est induite par un ralentissement du courant lié à l'étalement de la lame d'eau et à la végétation.

A l'interface eau douce-eau salée, la floculation de certaines argiles peut entraîner leur dépôt. Ce processus peut être favorisé par l'établissement d'associations entre les argiles et les molécules organiques. Des phénomènes de précipitation d'oxydes, d'hydroxydes et de complexes carbonatés se manifestent également dans ces secteurs (FUSTEC et FROCHOT, 1996)

2.4.1.3- Fonctions biologiques

Les zones humides assument dans leur globalité les différentes fonctions essentielles à la vie des organismes qui y sont inféodés (FUSTEC et FROCHOT, 1996 ; FUSTEC et LEFEUVRE, 2000):

- **Fonction d'alimentation** : découlant de la richesse et de la concentration en éléments nutritifs observés dans ces zones, les marais assurent ainsi une mise à disposition de ressources alimentaires pour de nombreuses espèces animales localement et à distance par exportation de matière organique ;

- **Fonction de reproduction** : la présence de ressources alimentaires variées et la diversité des habitats constituent des éléments essentiels conditionnant la reproduction des organismes vivants ;

- **Fonction d'abri**, de refuge et de repos notamment pour les poissons et les oiseaux.

Toutes ces fonctions biologiques confèrent aux zones humides une extraordinaire capacité à produire de la matière vivante ; elles se caractérisent ainsi par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux.

Les zones humides constituent l'habitat naturel de nombreux animaux (invertébrés, poissons, batraciens, oiseaux et mammifères) à l'origine de multiples chaînes alimentaires qui intéressent directement les activités humaines. Ces milieux sont à l'origine de nombreux produits végétaux et animaux dont tirent profit, directement ou indirectement les populations rurales et urbaines.

Cette production de matière végétale et animale atteint son plus haut niveau dans les marais côtiers et les estuaires. Cette production est estimée à vingt tonnes à l'hectare. Cette forte productivité est liée aux échanges de matières organique et minérale entre les compartiments terrestres et aquatiques, qu'ils soient continentaux ou océaniques. En comparaison, les forêts ont en moyenne une productivité deux fois plus faible, et les terres cultivées quatre fois plus faibles (BARBAULT, 1991 ; CHAUVET et OLIVIER, 1993).

2.4.1.4 – Fonctions climatiques

Les zones humides participent aussi à la régulation des microclimats. Les précipitations et la température atmosphérique peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau au travers des terrains et de la végétation (évapotranspiration) qui caractérisent les zones humides. Elles peuvent ainsi tamponner les effets des sécheresses au bénéfice de certaines activités agricoles (MERMET, 1995).

2.4.2- Les valeurs des zones humides

2.4.2.1- Les valeurs culturelles et touristiques

Les zones humides font en effet partie du patrimoine paysager et culturel. Elles forment en quelque sorte la vitrine d'une région et contribuent à l'image de marque de celle-ci.

Elles sont aussi le support d'activités touristiques ou récréatives socialement et économiquement importantes. Les zones humides constituent aujourd'hui un pôle d'attraction important recherché en particulier par les citoyens. Ainsi, la frange littorale atlantique ou méditerranéenne, les pays de lacs et d'étangs attirent une foule de touristes avides d'activités nautiques. A côté de cette fréquentation de masse, un tourisme vert plus respectueux de l'environnement se développe dans ces espaces naturels. Certains visiteurs viennent ainsi profiter

de la beauté des paysages et de la quiétude des lieux. D'autres y pratiquent hormis les randonnées, les activités de chasse, de pêche et d'observation de la nature.

2.4.2.2- Les valeurs éducatives, scientifiques et patrimoniales

L'exubérance des manifestations biologiques des zones humides constitue un excellent support pédagogique pour faire prendre conscience de la diversité, de la dynamique et du fonctionnement des écosystèmes. Les opérations de sensibilisation et d'information sont essentielles pour la prise de conscience des enjeux économiques et écologiques de ces milieux.

D'un point de vue scientifique, il reste encore bien des aspects fonctionnels à élucider. Une meilleure compréhension des processus naturels façonnant les zones humides apparaît indispensable pour une gestion à long terme de ces milieux dans le cadre d'un développement durable.

2.4.2.3- Les valeurs économiques

Une étude faite par COTANZA et al (1997) a donné une évaluation des services rendus par les écosystèmes des différents types de zones humides définis par la Convention de Ramsar (Tab. 01).

Les auteurs de l'étude, tout en reconnaissant qu'il ne s'agit que d'une première approximation de la valeur des services des écosystèmes, considèrent cependant que c'est une estimation minimale. Attribuer une valeur monétaire aux fonctions des zones humides offre un moyen efficace de convaincre les décideurs de conserver et d'assurer l'utilisation rationnelle de ces écosystèmes.

Tableau 01: Les services rendus par les zones humides (D'après COSTANZA et al, 1997)

	Valeur totale (USD) par ha/an	Valeur totale du flux monétaire mondial (USD/an)
Estuaires	22,382	4.100.000.000.000
Herbiers marins/lits d'algues	19,004	3.801.000.000.000
Récifs corallines	6,075	375.000.000.000
Marais cotidaux/ mangroves	9,990	1.648.000.000.000
Marécages/plaines d'inondation	19,580	3.231.000.000.000
Lacs/cours d'eau	8,498	1.700.000.000.000

2.5- Les zones humides en Algérie

L'Algérie est un des pays riche en zones humides ; vu son caractère géographique (les grands ensembles physiques : plaines, hauts plateaux, désert et montagnes) ; elle comprend une diversité importante en ce type d'écosystème. On y rencontre parmi les plus particuliers : les sebkhas, les chotts et les oasis. Ces milieux font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique.

Ce n'est qu'en 1982 que l'Algérie a promulgué, le 11 décembre 1982, le décret n°82-434 portant l'adhésion de l'Algérie à la convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats de la sauvagine.

Les deux premières zones humides inscrites sont les lacs Tanga et Oubeïra en 1982 avec une superficie respectivement de 2700 ha et 3160 ha. Une troisième zone, vient s'ajouter aux deux précédentes, et concerne la réserve naturelle du lac des oiseaux en mai 1999 avec une superficie de 170 ha. Les trois sites sont situés à El Kala.

Depuis, l'Algérie a inscrit plusieurs zones humides. En 2003, vingt six (26) de zones humides sont intégrées dans la convention de Ramsar, représentant une superficie de 2.792.332 ha (Tab. 02). Parmi ces zones humides figure la zone humide de la Macta.

Entre 2004 et 2009, l'Algérie et grâce à un troisième projet financé par le programme "eaux vivantes" du Fond Mondial pour la Nature (WWF-International) a pu inscrire 20 sites. Ces derniers viennent enrichir la liste des zones humides en Algérie. La superficie des sites s'élève à 1.659.685 ha (Tab. 03).

Le nombre de zone humide en Algérie, entre 1983 et 2009, s'élève à 46 sites avec une superficie de l'ordre de 4 452 017 ha.

Tableau 02: Les zones humides inscrites entre 1983 et 2003

N°	Nom de la zone humide	Date de désignation	Superficie (ha)	Wilaya
1	Lac Tonga	1983	2.700	El Tarf
2	Lac Oubeïra	1983	3160	El Tarf
3	Le lac des oiseaux	1999	170	El Tarf
4	Chott Ech Chergui	2001	855.500	Saïda, Nâama et Bayadh
5	Guerbes	2001	42.100	Skikda
6	Chott El Hodna	2001	362.000	M'Sila-Batna
7	Valée d'Iherir	2001	6.500	Illizi
8	Guelates d'issikarassene	2001	35.100	Tamanrasset
9	Chott Merouane et Oued Khrouf	2001	337.700	El Oued-Biskra
10	Marais de la Macta	2001	44.500	Mascara-Oran-Mostaganem
11	Oasis de Ouled Saïd	2001	25.400	Adrar
12	Sebkha d'Oran	2001	56.870	Oran
13	Oasis de Tamentit et Sid Ahmed Timmi	2001	95.700	Adrar
14	Oasis de Moghrar et Tiout	2003	195.500	Naama
15	Zehrez Chergui	2003	50985	Djelfa
16	Zehrez Gharbi	2003	52.500	Djelfa
17	Guelates d'Affilal	2003	20.900	Tamanrasset
18	Grotte de Ghar Boumâaza	2003	20.000	Tlemcen
19	Marais de la Mekhada	2003	8.900	El Oued-Biskra
20	Chott Melghir	2003	551.500	El Oued-Biskra
21	Lac de Réghaïa	2003	842	Alger
22	Lac Noir	2003	5	El Tarf
23	Aulnaies de Aïn Khïar	2003	170	El Tarf
24	Lac de Béni Bélaïd	2003	600	Jijel
25	Cirque de Aïn Ouarka	2003	2.350	Nâama
26	Lac de Fetzara	2003	20.680	Annaba
Total			2.792.332	

Tableau 03: Les nouveaux sites intégrés dans la convention de Ramsar entre 2004 et 2009

N°	Nom de la zone humide	Année d'inscription	Superficie (ha)	Wilaya
1	Chott Aïn El Beïda	12/12/04	6,853	Ouargla
2	Chott El Beïdha–Hammam Essoukhna	12/12/04	12,223	Sétif, Batna
3	Chott Oum El Raneb	12/12/04	7,155	Ouargla
4	Chott Sidi Slimane	12/12/04	616	Ouargla
5	Chott Tinsilt	12/12/04	2,154	OumEl Bouaghi
6	Dayet El Ferd	12/12/04	3,323	Tlemcen
7	Garaet Annk Djemel et El Merhsel	12/12/04	18,140	Oum El Bouaghi
8	Garaet El Taref	12/12/04	33,460	Oum El Bouaghi
9	Garaet Guellif	12/12/04	24,000	Oum El Bouaghi
10	Garaet Timerganine	18/12/09	1,460	Oum El Bouaghi
11	Lac de Télamine	12/12/04	2,399	Oran
12	Les Salines d'Arzew	12/12/04	5,778	Oran, Mascara
13	Oglat Ed Daría	12/12/04	23,430	Nâama
14	Réserve Intégrale du Lac El Mellah	12/12/04	2,257	El Tarf
15	Sebkhet Bazer	12/12/04	4,379	Sétif
16	Sebkhet El Hamiet	12/12/04	2,509	Sétif
17	Sebkhet El Melah	12/12/04	18,947	Ghardaia
18	Site classé Sebkhet Ezzmoul	18/12/09	6,765	Oum El Bouaghi
19	Site Ramsar du lac Boulhilet	18/12/09	856	Oum El Bouaghi
20	Vallée de l'oued Soummam	18/12/09	12,453	Tizi-ouzou
Total			1.659.685	

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

2- Caractérisation écologique de la zone humide de la Macta

La zone humide de la Macta, est un site d'une superficie de 44.500 Ha, inscrit par le gouvernement algérien sur la liste des zones humides d'importance internationale établie dans le cadre de la convention Ramsar en 2001.

2.1- Critères d'inscription

Un site pour qu'il soit inscrit comme étant une zone humide doit impérativement remplir certains critères, parmi les dix proposés par la convention de Ramsar (Annexe. 1), c'est les critères 1, 3, 5 ci-après qui ont été retenus pour la Macta (D.G.F, 2001) :

- **Critère 1** : La zone humide de la Macta représente un type de zone humide rare en Afrique du Nord en raison de la diversité des milieux qu'ils renferment et notamment les sansouires qui rappellent les milieux de la Camargue de France. Ce site est unique grâce à la présence d'une diversité des groupements des salsolacées annuelles qu'ils renferment et qui forment rarement de telles associations dans d'autres régions.
- **Critère 3** : La zone humide de la Macta abrite une grande diversité biologique. On y retrouve une grande variété d'espèces végétales halophytes, de nombreux invertébrés ainsi que des poissons.

En 1970 des ornithologues étrangers ont recensés : 47 espèces d'oiseaux d'eau dont 17 limicoles, 11 espèces marines et 16 espèces de rapaces ainsi que de nombreuses espèces terrestres.

- **Critère 5** : La zone humide de la Macta a fait l'objet de recensement depuis les années 1970 par de nombreux ornithologues (LEDANT, METZMACHER et JACOBS) et l'administration forestière. Les effectifs ont largement dépassé les 20.000 oiseaux en 1977 (24.564), en 1978 (75.483) dont 55.000 limicoles et 40.799 oiseaux en 1979. Ce nombre a connu une régression à cause de la sécheresse influençant sur la dispersion, la densité végétale et sur l'assèchement des cours d'eau.

2.2- Situation géographique

La zone humide de la Macta se trouve à environ 15 Km au nord-ouest de la ville de Mohammadia (Wilaya de Mascara) et à 50 Km à l'est d'Oran (Fig. 02). Sous forme d'une dépression triangulaire, elle est étroite au nord dont elle est délimitée par le cordon dunaire par rapport au golf d'Arzew et elle s'élargie au sud. Elle est limitée par la route nationale n° 04 (Oran-Alger) ; au nord-ouest par le massif de la Sebkhha d'Arzew, au nord-est par la retombée sud du plateau de Mostaganem, les plaines de Sig et de l'Habra la prolongent dans sa largeur est-ouest.

La zone humide de la Macta s'insère entre les coordonnées cartographiques suivantes (Lambert Nord d'Algérie) : ($X_1 = 236$, $X_2 = 260$) et ($Y_1 = 252$, $Y_2 = 280$)

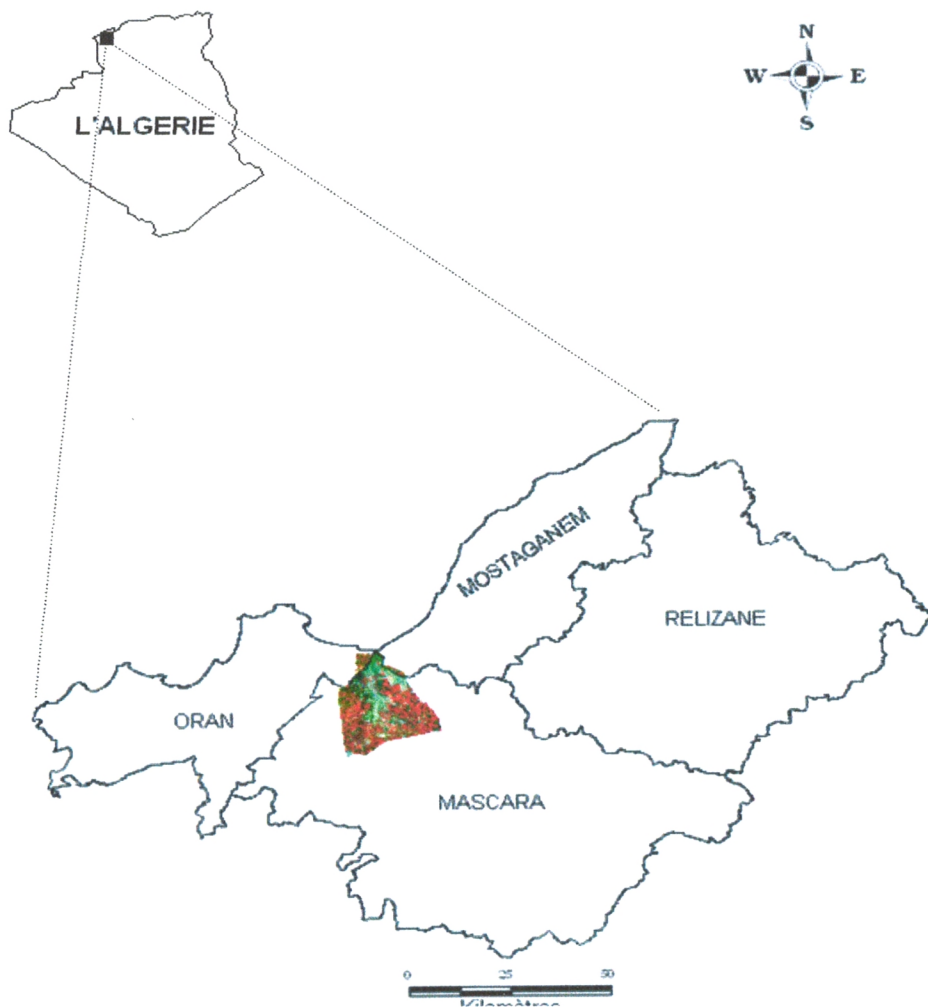


Figure 02 : Carte de localisation de la zone humide de la Macta

2.3- Situation administrative

La zone humide dans sa globalité chevauche sur trois wilayas, à savoir la wilaya de Mascara, la wilaya de Mostaganem et la wilaya d'Oran (Fig. 03). Les communes touchées par la zone humide de la Macta sont :

- Wilaya de **Mascara**
 - Commune de Mohammadia
 - Commune de Sidi Abdelmoumen
 - Commune de Mocta-douze
 - Commune de Sig
 - Commune de Bouhenni
 - Commune de Alaimia
 - Commune de Ras Ain Amirouche
- Wilaya d'**Oran**
 - Commune de Mersat el Hadjadj
- Wilaya de **Mostaganem**
 - Commune de Fornaka

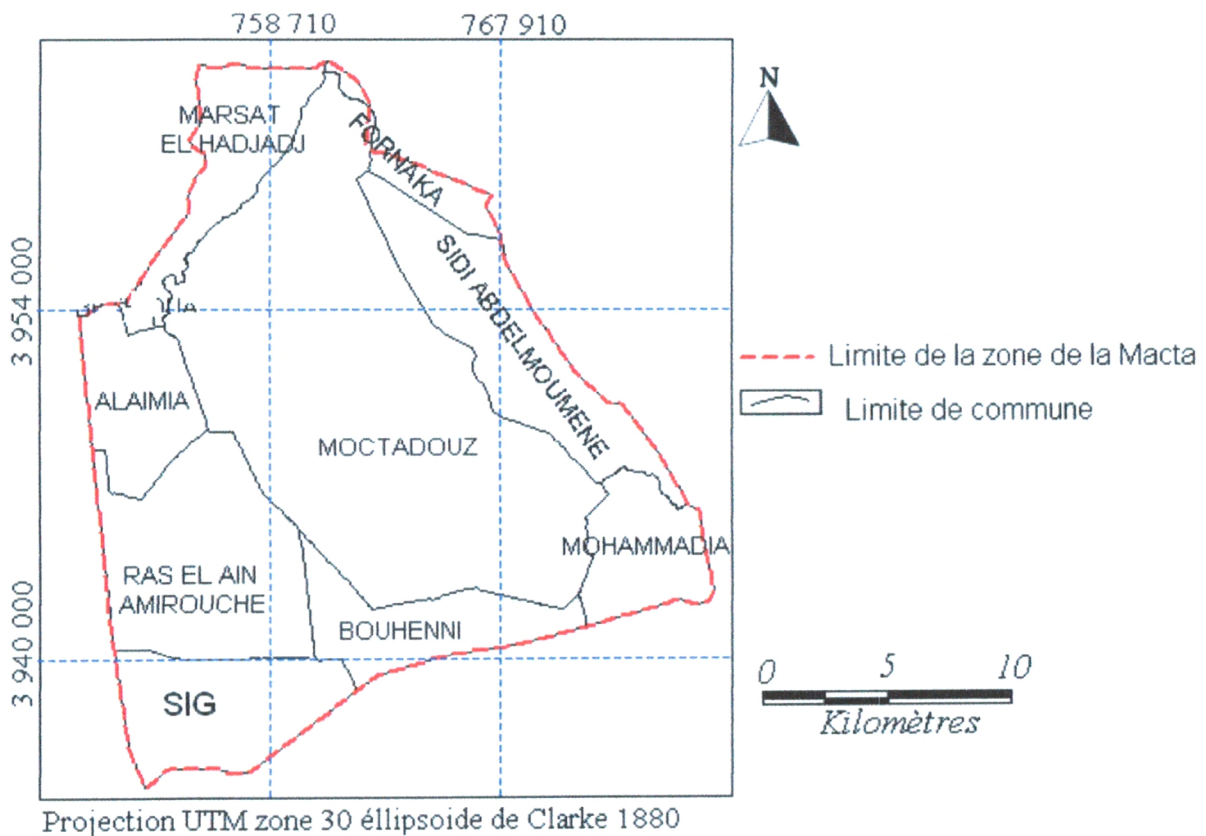


Figure 03 : Localisation de la zone humide par rapport aux communes

Presque la totalité de la superficie de la zone humide de la Macta est localisée au niveau de la wilaya de Mascara soit une superficie de 41 399,79 ha (soit 93 %) ; pour la wilaya d'Oran et de Mostaganem, la superficie est respectivement de 904,66 ha (soit 2,04%) et 2 195,55 ha (soit 4,93%) (Tab.04).

Tableau 04 : Superficie des communes au niveau de la zone humide de la Macta

Commune	Superficie (ha)	Taux (%)
Mocta Douze	18 909	42,49
Alaimia	2 657,7	5,97
Ras Ain Amirouche	6 098,5	13,70
Sig	3 649,86	8,20
Bou-henni	2 886,55	6,49
Mohammadia	2 421,21	5,44
Sidi Adelmoumen	4 776,97	10,74
Total wilaya de Mascara	41 399,79	93,03
Fornaka (wilaya de Mostaganem)	904,66	2,04
Marsat el Hadjadj (wilaya d' Oran)	2 195,55	4,93
Total	44 500	100

2.4- Caractères géologiques

La zone humide de la Macta est un des éléments de la série des dépressions synclinales qui s'étendent de Miliana à Oran, entre l'Atlas Tellien, au Sud, et les massifs littoraux, au Nord. L'Atlas Tellien est formé par un socle de terrains triasiques, créacés et nummulitiques, plissé à la fin de l'Eocène et sur lequel sont venues se déposer des alluvions miocènes et pliocènes. L'ensemble fut affecté de mouvements tectoniques successifs qui se poursuivent jusqu'au quaternaire. La multiplicité de ces poussées orogéniques, les effondrements et les accidents divers (phénomènes volcaniques, affaissements, plis posthumes), qui les accompagnèrent, ont donné naissance à un relief particulièrement varié et heurté : les lignes directrices en sont souvent difficile à dégager (DALLONI, 1919).

Les plaines s'étendent entre ces mailles montagneuses, on y distingue la plaine de Relizane, de Mohammadia (Macta) et, plus à l'Ouest, la Sebkhia d'Oran et la plaine de Mléta ; elles présentent la même topographie.

La zone humide se présente sous la forme d'une dépression presque triangulaire, entourée de hauteurs. C'est à la fois une zone synclinale et une zone effondrée. La communication avec la mer se fait par le trouer de la Macta, appelé embouchure de la Macta.

Quatre formations géologiques : le quaternaire continentale, le calabrien, pliocène marin et le pliocène continental occupent la zone (Tab. 05 et Fig. 04)

Le quaternaire continental représente, à lui seul, une superficie de 43 690 ha soit un taux de 98,18%.

Tableau 05 : Répartition des superficies suivant les formations géologiques

Formation géologique	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Quaternaire continental	43 690	98,18
Calabrien	55,36	0,12
Pliocène continental	601	1,35
Pliocène marin	153,64	0,35
Total	44 500	100

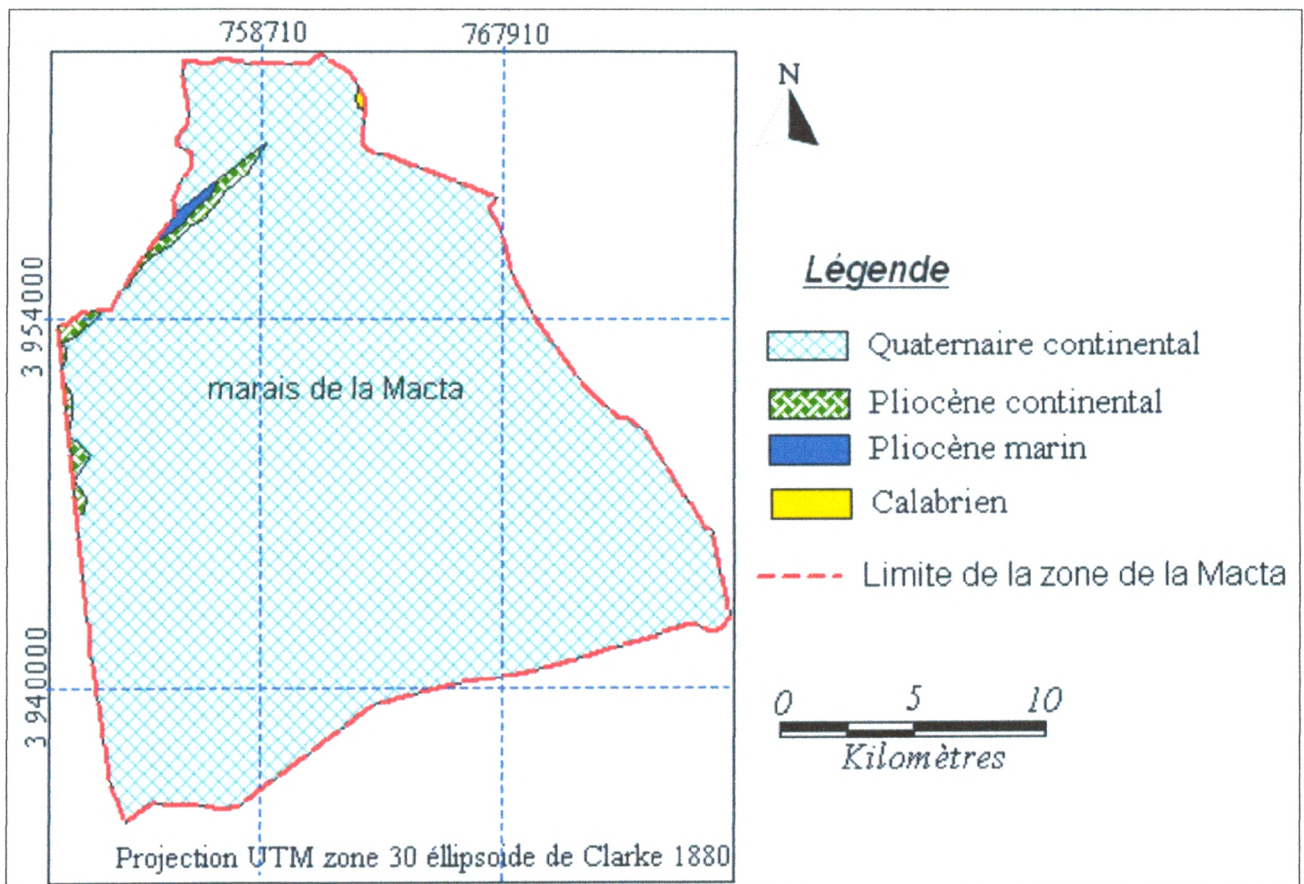


Figure 04 : Carte géologique de la zone d'étude (DALLONI et al, 1961)

2.5- La pente

La pente est généralement très faible dans la zone humide, c'est la classe de pente (0.5-2%) qui prédomine ; elle couvre une superficie de près de 21 390 ha, soit la moitié de la surface (48,07%). La classe de pente (0-0.5%), venant en deuxième position, représente une superficie de 19 550 ha, environ 43.93% (Tab. 06 et Fig. 05).

Tableau 06 : Répartition des superficies suivant les classes de pentes

Classes	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
0-0.5%	19 550	43,93
0.5-2%	21 390	48,07
2-5%	2 307	5,19
5-10%	771,80	1,73
10-25%	481,20	1,08
Total	44 500	100

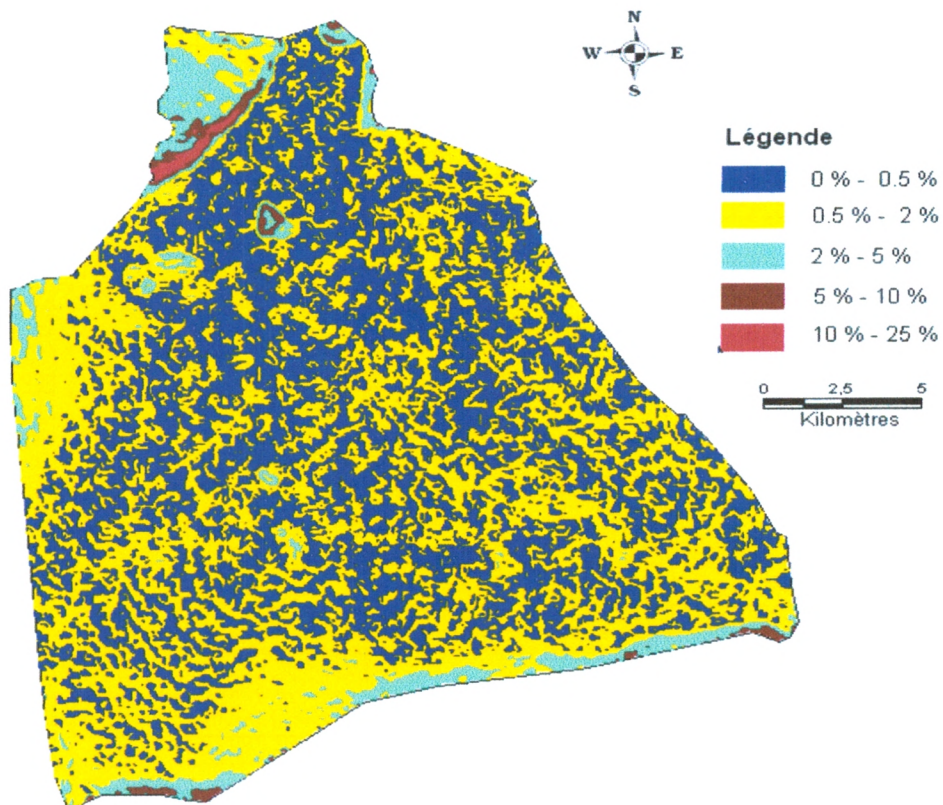


Figure 05 : la carte des pentes de la zone humide.

2.6- La topographie

La zone humide de la Macta est constituée par un ensemble de trois (03) plaines :

- **La plaine de Sig** : Elle se trouve localisée vers le sud-ouest de la zone, limitée, à l'Ouest par le dôme de la forêt de Moulay Ismaël et le plateau des Hamyans, au Sud, par le glacis alluvial des monts des Ouled Ali, à l'Est, par le cône de déjection de l'Oued Khrouf. Elle se compose de deux dépressions séparées l'une de l'autre par le cône de déjection de l'Oued Sig. Pour GAUCHER et SIMONNEAU, 1952 : «Ces dépressions constituent un caractère remarquable de la topographie de la plaine Sigoise».

- **La Plaine de Mohammadia** : Elle est localisée vers le sud-est allant jusqu'au centre de la zone humide. Elle est la plus importante du point de vue superficielle et apparaît comme « un gigantesque delta intérieur des oueds Habra, Mellah et Tinn.» (SIMONNEAU, 1952). Elle se compose, aussi, de deux dépressions situées de part et d'autre du cône de déjection de l'oued Habra.

- **La plaine de la Macta** : Elle débute du centre de la zone pour se terminer au Nord. Elle se présente comme une vaste prairie salée presque absolument plate. Un seul accident topographique remarquable, le Sbara (côte : 34 m 91), témoin superficiel d'un affleurement argileux continu en profondeur qui empêche le drainage naturel des eaux vers la mer, domine cette vaste plaine (SIMONNEAU, 1952).

2.7- Les altitudes

Les altitudes de la zone d'étude varient de -2 à 50 m. La classe (0-10 m) représente près de la moitié de la zone d'étude avec une superficie de 19 390 ha (soit 43,57%) ; viens en second lieu la classe d'altitude de (10-20m) par une superficie de 11 130 ha (soit 25,01%) (Tab. 07 et Fig. 06)

Les altitudes les plus élevées, dépassant les 30 m, sont rencontrées à la limite sud et d'une petite portion de superficie en Ouest et nord-ouest ; ainsi que le monticule de Sbara à l'intérieur de la zone.

Tableau 07 : Répartition des superficies suivant les classes d'altitude.

Classes (m)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
-2-0	2 880	6,47
0-10	19 390	43,57
10-20	11 130	25,01
20-30	6 078	13,66
30-50	5 022	11,29
Total	44500	100

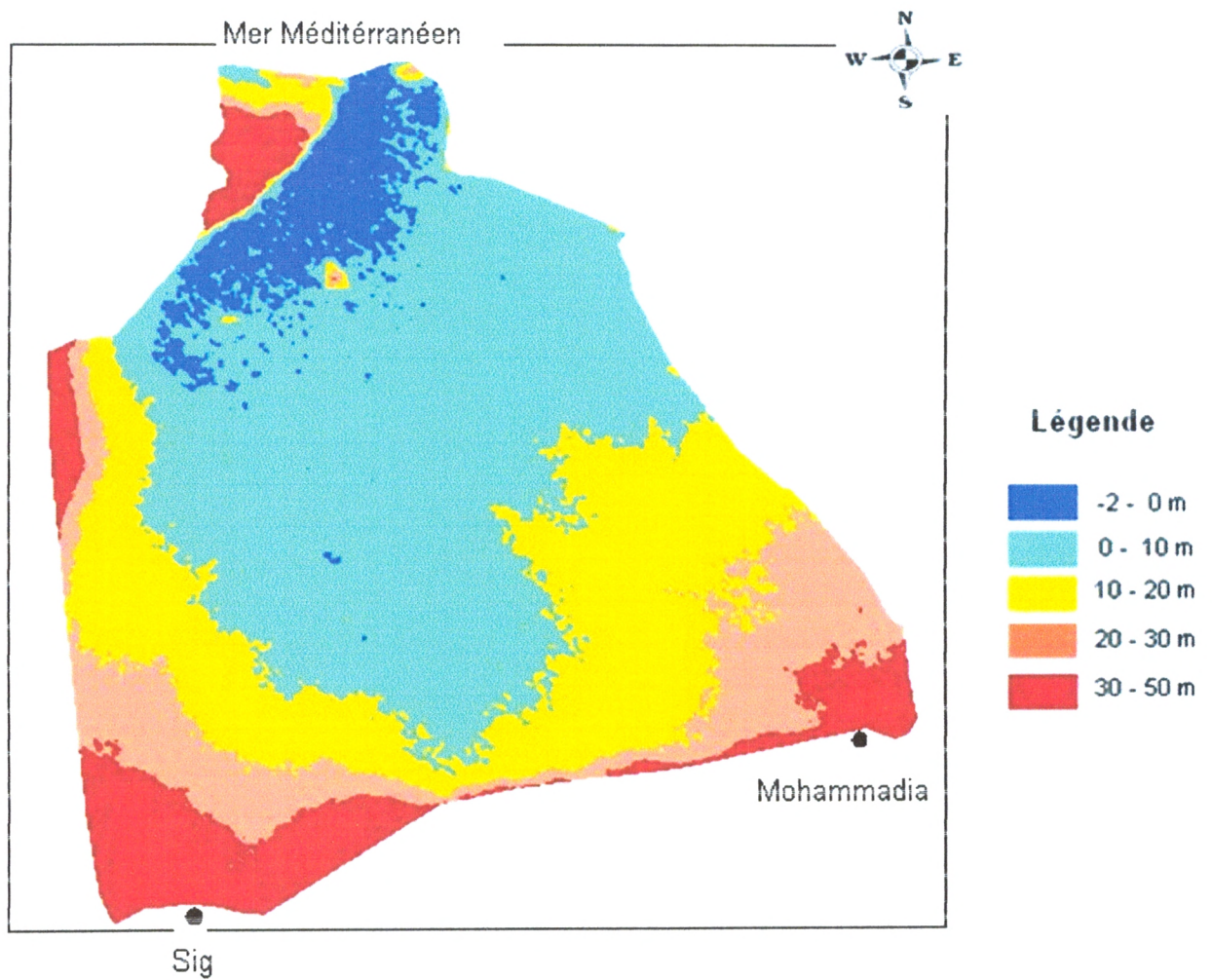


Figure 06: Carte hypsométrique de la zone humide de la Macta

2.8- Les ressources en eau

La pente, au niveau de la zone d'étude, est trop faible pour fixer les talwegs des eaux courantes, elles changent de lit constamment. A chaque crue, les oueds et les chabets fournissent de nouveaux apports alluvionnaires. Les alluvions déposées précédemment, qui ne « peuvent être entraînées par les crues suivantes sont entourées. Ainsi, le lit des oueds oscille entre deux positions extrêmes d'équilibre, qui sont les bords latéraux de leur cône de déjection. D'où l'extrême confusion de l'hydrographie, réseau de lits où d'anciens lits d'oueds et de chabets... » (GAUCHER, 1939).

Les rivières ont des lits relativement bien organisés dans la partie supérieure de leurs cours où la pente est forte. L'indécision du réseau hydrographique de la zone humide est vraiment remarquable. De nombreux travaux ont été entrepris pour endiguer ces eaux folles depuis le début de la colonisation. Toutes les tentatives effectuées depuis 1871 se sont soldées par des échecs (SIMONNEAU, 1952).

La zone humide de la Macta fait partie du grand bassin versant appelé «Macta » qui est d'une superficie de 1 368 677 ha. La zone humide par sa position représente un point aval du bassin versant (Fig. 07)

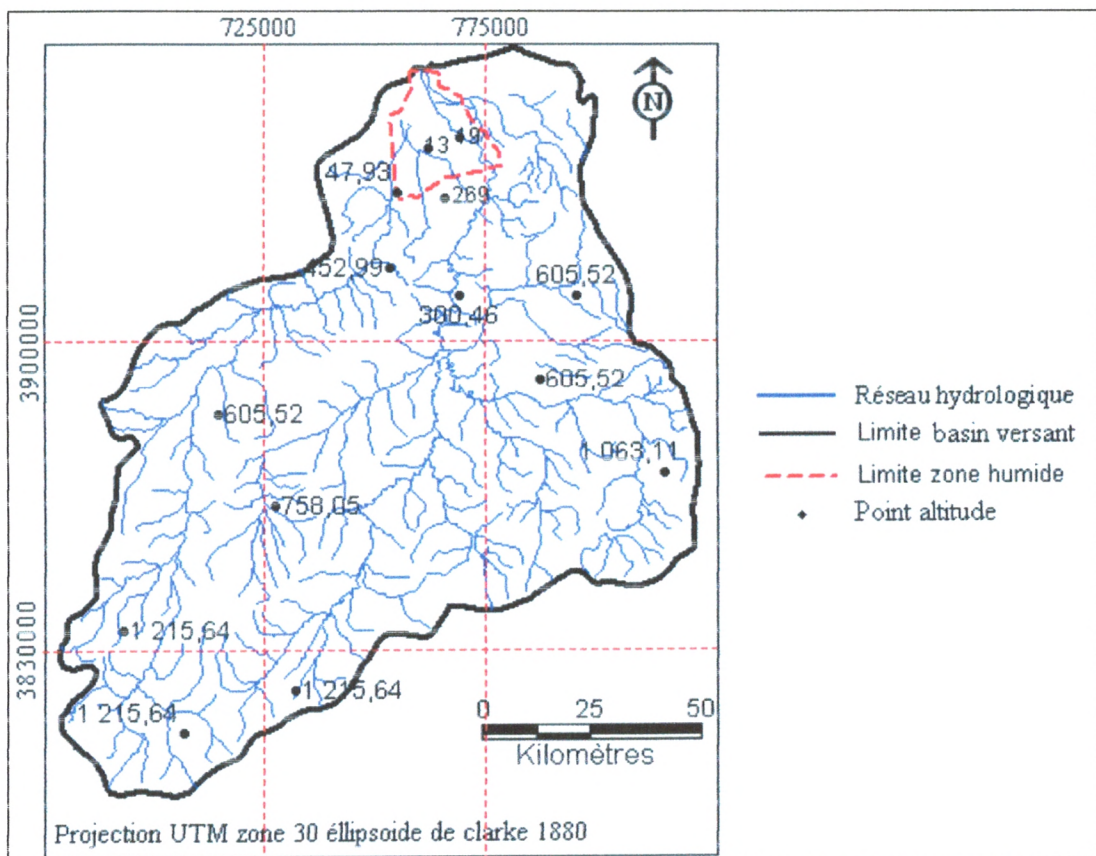


Figure 07 : Positionnement de la zone humide de la Macta par rapport au bassin versant

2.8.1- Les cours d'eau :

Les cours d'eau dont est tributaire la zone humide de la Macta sont nombreux (oued Tankara, oued Oggaz, oued Krouf, oued Mellah, oued Sig, oued Habra et oued Tinn). Les trois (03) oueds principaux drainant la zone d'étude sont d'Ouest en Est (Fig. 08) :

- **Oued de Sig** : Un des trois principaux oueds qui se déversent dans la plaine. En amont, son lit est entravé par les ouvrages suivants : le barrage de Cheurfa d'une capacité : 7 200 000 m³ et le petit barrage d'une capacité : 300 000 m³. Le tracé de l'oued au niveau de la zone est d'une distance de 23,43 Km (Photo. 01 et 04).

A trois reprises, depuis 1871 la canalisation de son cours inférieur a été tentée pour éviter la formation de marécages en amenant l'eau directement à la Macta : tous ces travaux ont été vains. L'oued s'est remis à divaguer dès qu'il a eu comblé les lits artificiels (SIMONNEAU, 1951).

- **Oued Habra** : C'est le plus important des cours d'eau qui se déversent dans la zone humide de la Macta. Actuellement deux ouvrages barrent le cours supérieur de l'oued Habra : Le barrage de Bou-Hanifia avec une capacité de 72 000 000 m³ et le barrage du Fergoug avec une capacité de 30 000 000 m³. Dans la plaine, en aval de Mohammadia, l'oued Habra, d'après GAUCHER (1939) coule sur une crête. Le tracé de l'oued au niveau de la zone est d'une distance de 30,51 Km (Photo. 02 et 04).

- **L'oued Tinn** : Selon SIMONNEAU (1951) l'oued Tinn se perdait autre fois dans les marais de l'Haciane Mengoub. Des travaux d'endiguements et de canalisation, entrepris dès 1871, amènent tant bien que mal ses eaux jusqu'au marais de la Macta, Toutefois son débit reste faible. L'oued Tinn est rendu important par les apports du Mekrallouf, qui était autre fois, pour GAUCHER (1939) un affluent de l'oued Mellah. La longueur de l'oued au niveau de la zone est d'une distance de 13,61 Km (Photo. 03).

En résumé, la Macta est une zone côtière humide correspondant à un système deltaïque estuaire qui est :

- Au départ limnétique; eau douce (**zone humide artificielle**) : Elle provient des précipitations des cours d'eau et des affluents qui drainent le bassin versant de la Macta et des barrages édifiés en travers.
- Peu saumâtre ; eau mélangée (**zone humide continentale**) : C'est l'eau qui forme le marais de la Macta. Elle provient des oueds et des barrages cités, des nappes phréatiques sous adjacentes. La fluctuation de son niveau dépend des volumes des crues.
- Finalement salée ; eau salée (**zone humide merne côtière**) : C'est l'eau maritime du golf d'Arzew et du fleuve de la Macta soumis aux faibles oscillations de marée haute durant les forts courants de la mer qui parcourent le détroit de l'Ouest à l'Est et l'inverse pendant la marée.



Photo 1 : Oued «Sig » parcourant la zone humide



Photo 2 : Oued «Habra» traversant la zone humide de la Macta



Photo 3 : Aperçu du tracée de l'oued Tinn



Photo 4 : Oued Habra et oued Sig se rejoignant au Nord de la zone humide de la Macta

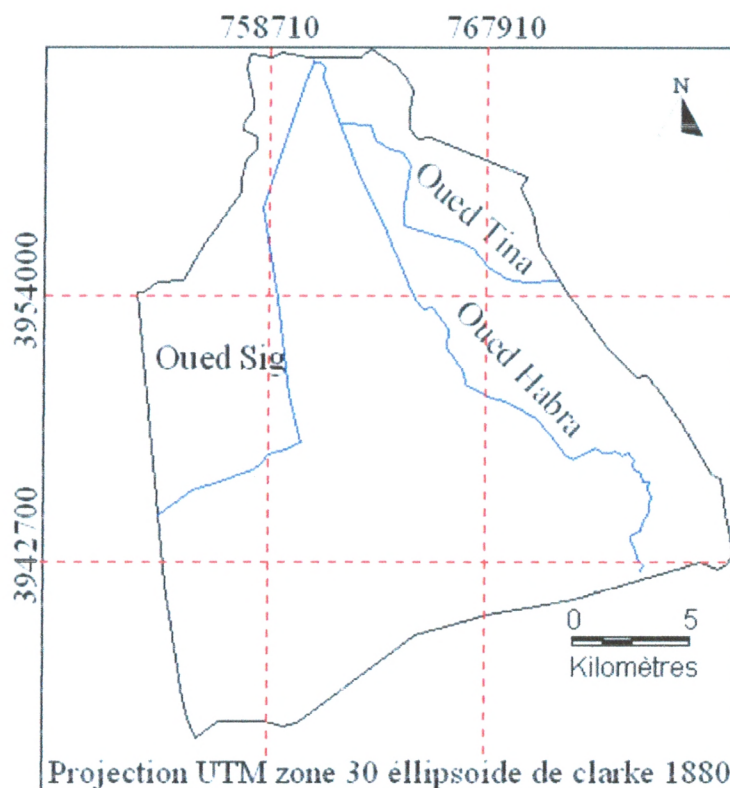


Figure 08 : Les principaux oueds drainant la zone humide de la Macta

2.9- Pédologie

Pour GAUCHER et SIMONNEAU (1952) « les propriétés pédologiques et agrologiques des sols sont déterminées en Oranie orientale soit par les caractéristiques du niveau des alluvions quaternaires auxquels ils appartiennent, soit par l'origine et le mode d'alluvionnement de leurs éléments». Les sols et les dépôts quaternaires de la zone humide s'intègrent dans les deux niveaux suivants :

- Le premier comprend sensiblement les «alluvions anciennes», qui se constituent par des alluvions fines, terrigènes, limoneuses, souvent argileuses en profondeur. Ces terrains s'étendent largement à la périphérie de la zone humide. Ils sont de couleur généralement rouge, parfois légèrement orangée, d'autre fois rouge carmin à rouge foncé, assez peu argileux, à structure grumeleuse et toujours perméable.
- Le deuxième correspond aux «alluvions récentes» ; il est toujours séparé du niveau précédent par une rupture de pente, il est assez répandu dans l'ensemble de la zone humide. Les terrains se rattachent à la sédimentation flandrienne sont constitués par des éléments provenant du précédente niveau. Il s'ensuit des sols analogues, présentant les mêmes caractères : couleur rougeâtre, structure grumeleuse, bonne perméabilité.

En s'avancant dans la zone humide et dans les vallées des oueds, les propriétés des terres varient quelque peu avec la nature des alluvions déposées (SIMONNEAU, 1952) :

- Ainsi, celles de Oggaz ont données naissance à des terres nettement argileuses, gris brunâtre ou gris noirâtre, assez compactes, mais à perméabilité satisfaisante.
- Les alluvions de l'oued Khrouf sont régulièrement limoneuses, de couleur jaune grisâtre, à structure grumeleuse avec une légère tendance et à bonne perméabilité.
- Les alluvions de l'oued Sig, sablonneuses en amont et limoneuses en aval, ont donné naissance à des terres légères et perméables, de couleur orange quand le sable domine, gris jaunâtre quand c'est le limon.
- Les alluvions de l'oued Habra sont analogues, mais dans leur ensemble, plus sablonneuses. Toutes ces terres sont peu chargées en sel et, par conséquent, relativement peu envahies par les halipèdes.

L'exploitation de la carte pédologique (Fig. 09), met en relief la dominance du sol salin, en plus des sols rencontrés à savoir : sols des marais, sols alluviaux, sols à encroute et sols décalcifiés.

Le sol salin disponible est divisé en deux catégories :

- **Les solontchaks** : le terme solontchak fût d'après GLINKA utilisé pour la première fois par (VILENSSKii, 1924 in TAFER, 1993) pour désigner les sols halomorphe riche en sels solubles et ne présentant pas d'horizons pédologiques différenciés. C'est le type de sol qui domine largement (Annexe. 9 – Planche 1 – Photo 5 et 6).

- **Les solonetz** : sont des sols halomorphes à profil pédologiques différencié de type A. B. C. L'horizon A étant d'épaisseur variable (0-30cm), l'horizon B est caractérisé par sa structure prismatique où colonnaire. Ce type n'est pas vraiment représenté

Le sol des marais, situé presque au Nord de la zone humide, se trouve localisés au niveau du marais - la portion de zone où l'eau est plus au moins permanente-.

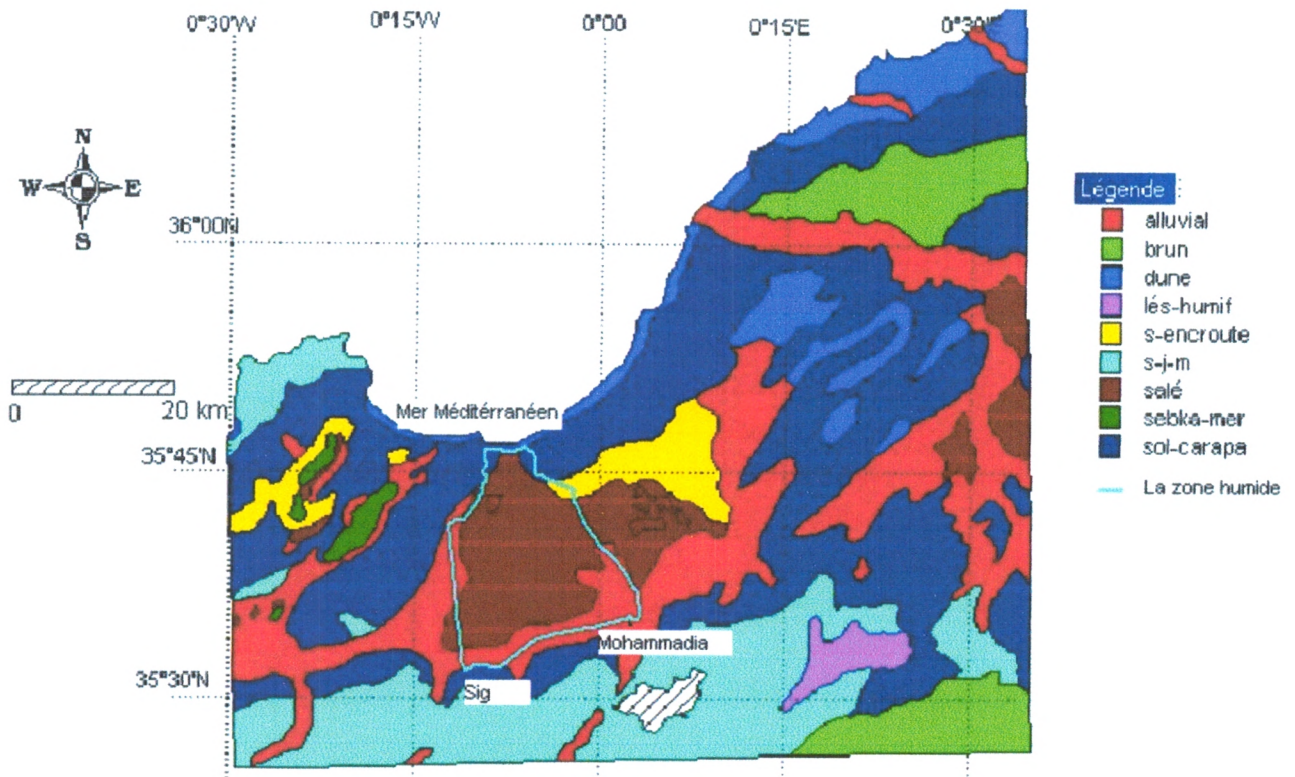


Figure 09 : La carte pédologique de la zone humide (BOULAINÉ et al, 1955)

2.10- La flore

Le secteur oranais, auquel appartient la zone humide, est peu arrosé ; les précipitations atmosphériques ne dépassent guère 400 mm par an en moyenne.

Du point de vue floristique, il est caractérisé par la présence de nombreuses espèces halophytes et méditerranéennes et un nombre appréciable d'espèces endémiques. «...la flore des steppes y pénètrent largement : l'alfa, par exemple se trouve partout sur le littoral, ainsi que le *Planago albicans*, *Artemisia herba alba*, etc.... ». (MAIRE, 1926).

La flore naturelle est essentiellement tellienne ; l'association *Oleo-lentiscetum* (MAIRE, 1926) possède un habitat limité aux alluvions anciennes. Elle occupe, en outre, les montagnes qui surplombent la plaine au Sud et à l'Ouest : Djebel Touakés, Djebel Bou sella, Plateau de Moulay Ismaël, etc. Le *Zizyphetum* (MAIRE, 1926) arrive à se maintenir dans quelques régions alluvionnaires de la plaine.

Généralement, il existe une grande diversité végétale autour de la zone humide de la Macta dominée par les groupements des halipèdes.

DOUMERGUE (1988) avait remarqué, la similitude qui existait entre la flore du Tell oranais et celle du Sud de l'Espagne, écrivant «la flore de cette région a de grandes analogies avec celle de l'Europe méridionale. C'est surtout avec celle de l'Andalousie qu'elle a la plus d'affinité».

2.10.1- Localisation des peuplements des halipèdes

Dans les trois grandes régions naturelles de la zone humide, les halipèdes sont installées sur des étendues variables (Annexe 9 – planche 1 – photo 7 et 8) :

- **Etendue -plaine de la Macta-** : La végétation halophile s'y retrouve presque partout, mais l'importance des peuplements est extrêmement irrégulière (SIMONNEAU, 1952). Sur la colline du Sbara, les espèces indifférentes au sel prédominent. La régression des halipèdes s'explique par l'exhaussement des terrains et le lessivage du sol rendu possible par cette élévation même.

Les berges des oueds, qui serpentent et se perdent dans cette vaste plaine, à pente presque nulle, et celles de la rivière de la Macta sont peuplées par une flore hélophile, qui croît intimement mêlée avec les halipèdes.

D'ailleurs, pendant l'hiver, lors des crues des oueds, la submersion totale de la région pendant quelques semaines est possible avec dépôt d'alluvions limono-sableuses ou limono-argileuses. La flore hélophile prend une importance considérable, supplantant momentanément tous les groupements de végétaux halophiles sur des grandes étendues (SIMONNEAU, 1952).

- **Etendue - plaine de Sig -** : Les halipèdes occupent la presque totalité de la plaine de Sig, elles envahissent aussi le périmètre irrigable du Sig où elles constituent deux zones importantes : une première, en rive gauche de l'oued Sig, suit sensiblement la zone où divague l'oued Tankara et une seconde, en rive droite de l'oued Sig.

Les halipèdes atteignent l'oliveraie, plantation, très ancienne, disparaissait régulièrement à la cadence d'un ou deux rangs tous les ans, les oliviers mourant intoxiqués par le sel (SIMONNEAU, 1952).

- **Etendue - Plaine de Mohammadia -** : Elles peuplent la totalité de la partie Nord de la plaine de l'Habra et de la vallée de l'oued Tinn, au Sud des collines de Fernaka, comme dans la plaine du Sig, ils ont envahi le périmètre irrigable. Ils constituent deux grandes taches : une, en rive gauche de l'oued Habra, s'étale dans la « cuvette de Bou-Henni » et une en rive droite de l'oued Habra, les halipèdes occupent plus ou moins complètement la partie septentrionale de la plaine (zone d'épandage de l'oued Tinn) (SIMONNEAU, 1952).

2.11- La faune

La zone humide de la Macta est connue par sa diversité biologique ; une variété d'espèces végétales halophytes ainsi que de nombreux animaux en particuliers la faune aviaire.

La zone humide de la Macta a fait l'objet de recensement depuis les années 1970 par de

nombreux ornithologues (LEDANT, METZMACHER et JACOBS) et l'administration forestière. Les effectifs ont largement dépassé les 20.000 oiseaux en 1977 (24.564), en 1978 (75.483) dont 55.000 limicoles et 40.799 oiseaux en 1979.

Suite à de nombreuses sorties effectuées par l'administration des forêts et certains travaux de mémoires réalisés au niveau de l'université de Mascara (BAHIDI et BAIT, 2008), l'avifaune recensée au niveau de la zone humide de la Macta représente 33 espèces répartit sur 9 familles (Tab.08)(Annexe 9 – Planche 1 – Photo 9 et 10)

Tableau 08 : La faune aviaire recensée au niveau de la zone humide de la Macta

Famille	Espèces
Anatidés	Canard colvert Canard souchet Canard pilet Canard chipeau Canard siffleur Tardone de belon Fuligule milouin Fuligule morillon Sarcelle marbrée Sarcelle d'hivers Oie cendrée
Rallidés	Poule d'eau Foulque macroule
Recurvirostridés	Echasse blanche Avocette élégante
Ardéidés	Aigrette garzette Héron cendré Héron garde bœufs Héron pourpé
Ciconiidés	Cigogne blanche
Scolopacidés	Bécasseau minute Bécasseau maubèche Bécassine des marais
Phoénicoptéridés	Flammant rose
Laridés	Goéland d'audouin Mouette rieuse
Charadriidés	Petit gravélot

2.12- Etude climatique

La région étudiée fait partie de l'Atlas tellien, caractérisée par un hiver modéré et connaît une concentration de la pluviosité mensuelle irrégulière et la forme torrentielle, un été chaud, se caractérisant par des températures élevées. Les données climatiques exploitées sont ceux de la station météorologique de Sidi Abd El Moumen.(Tab.09).

Tableau 09: Les données géographiques de la station météorologique

Station	Latitude	Longitude	Altitude(m)	Wilaya
Sidi Abd El Moumen	35°.41'N	0°.10'E	21	Mascara

2.12.1- Température

La température joue un grand rôle biologique, grâce à ces effets et ces influences sur le milieu et sur la répartition des êtres vivants.

Tableau 10 : Températures moyennes mensuelles de Sidi Abdel Moumen.
Période (1950-1983) et (1983-2007)

Mois		Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nové	Déce	Total
Période (1950-1983)	m	5.2	5.8	6.10	12.05	12.44	15.01	17.87	18.66	15.38	11.11	8.88	5.66	
	M	18.32	19.34	21.3	22.29	23.76	28.75	33.77	37.08	34.84	29.45	24.77	24.48	
	T	11,76	12,57	14,92	17,17	19,1	23,38	26,32	26,37	23,37	19,33	15,11	12,24	221,64
Période (1983-2007)	m	5.49	6.2	6.58	10.02	13.04	16.6	19.42	20.38	17.88	13.7	10.09	5.67	
	M	17.1	18.9	20.6	23.1	25.9	29.8	33.6	34.6	31.2	27.1	21.8	17.2	
	T	11,29	12,55	13,6	16,6	19,5	23,2	26,51	27,5	24,54	20,4	15,94	11,43	222,97

(Source : station météorologique de Sidi abdelmoumen).

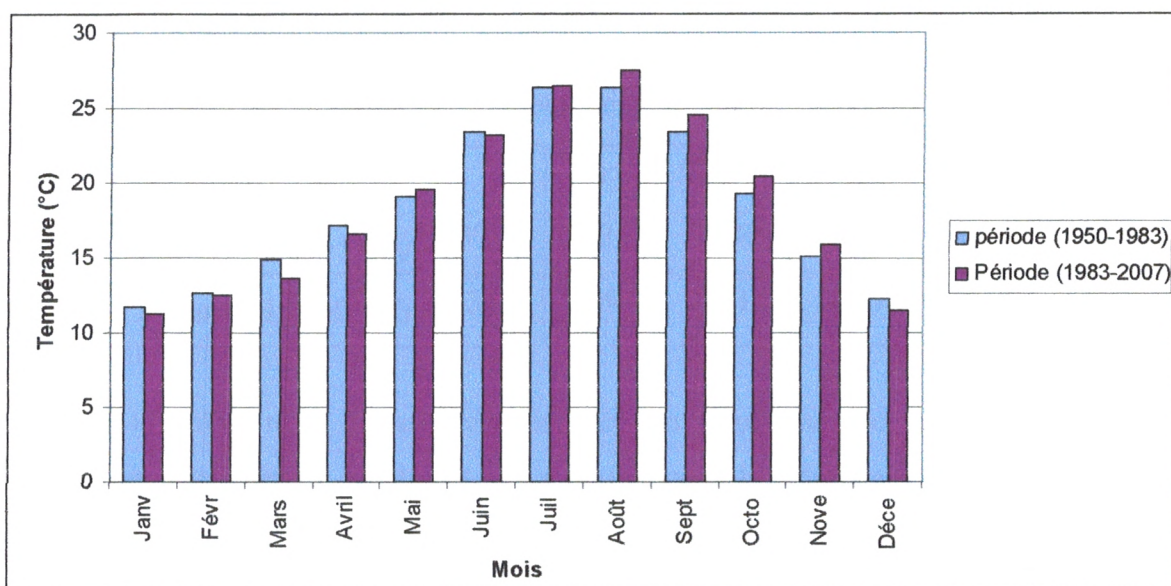


Figure 10 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures

2.12.3- Précipitations

Tableau 12 : Hauteurs annuelles et mensuelles des précipitations
Période (1950-1983) et (1983-2007).

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nove	Déce	Total
Période (1950-1983)	36,90	43,45	43,77	45,56	21,60	11,56	0,80	1,90	11,70	39,40	37,04	62,75	356,43
Période (1983-2007)	32	28,3	33,9	23,8	18,6	4	1,7	2	17,6	17,8	39	24,3	243,00

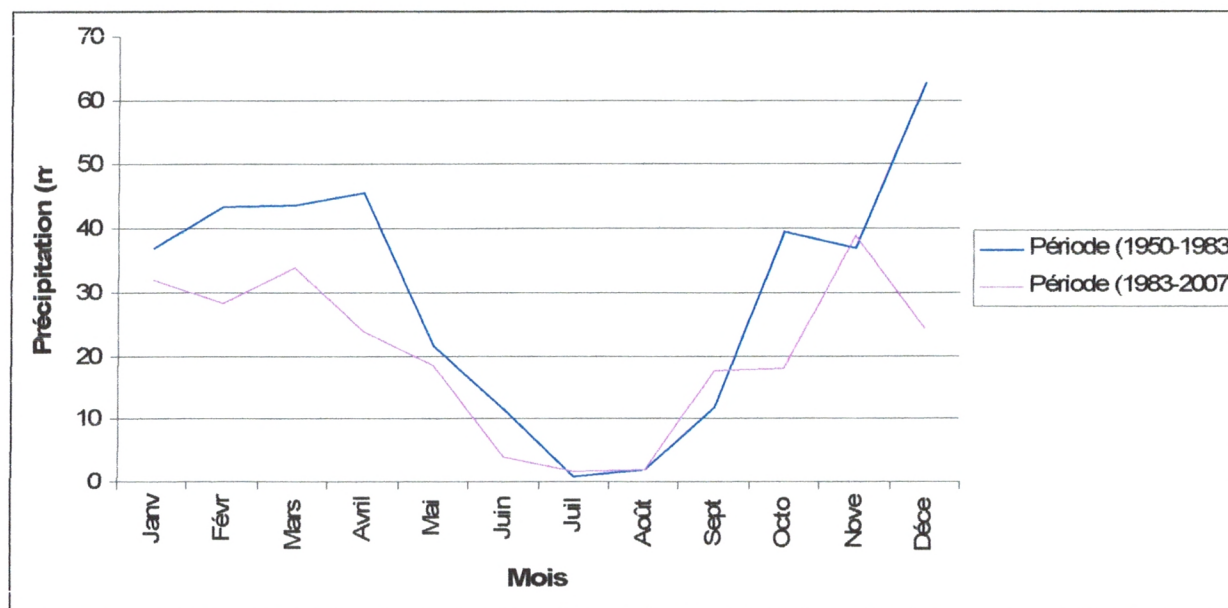


Figure 11 : Précipitations mensuelles annuelles comparées

Une comparaison des données pluviométriques souligne une diminution de 113,43 mm entre les deux périodes. La première période était plus arrosée que la deuxième (Tab. 12 et Fig. 11).

2.12.4- Le régime saisonnier

Pour une meilleure connaissance de la répartition des précipitations au cours de l'année et de leur impact sur la dynamique de la végétation, la connaissance du régime pluviométrique s'impose.

Tableau 13 : Le régime saisonnier

Station/Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Type de régime
Période (1950-1983)	143,1	110,93	14,26	88,14	HPAE
Période (1983-2007)	84,6	76,3	7,7	74,4	HPAE

Le régime pluviométrique de la zone est de type H.P.A.E (Tab. 13), avec des pluies concentrées pendant l'hiver et le printemps.

2.12.5- Le vent

Les vents dominants presque toute l'année sont ceux de l'Ouest et du nord-ouest, avec une vitesse du vent qui varie entre 11,2 et 23 m/s (Tab. 14). Les vents chauds et secs (Sirocco) soufflent généralement à partir du mois de Mai.

Tableau 14 : La vitesse du vent au niveau de la zone humide

Mois	Janv	Fevr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Vitesse (m/s)	19.3	18	23	20	19	17	13	11.2	13.5	19	20	23

2.12.6- La neige

La neige est rare, les flocons fondent avant d'arriver au sol. Le 15 janvier 1867, le 19 janvier 1915, le 15 février 1931 et le 9 février 1939, les montagnes limitant la plaine au sud ont été couvertes de neige pendant quelques heures (SIMONNEAU, 1952). Les travaux de SELTZER (1946), CHAUMONT et PAQUIN (1975) et l'A.N.R.H (1993) ne signalent aucune chute de neige dans la zone d'étude.

2.12.7- Les accidents météorologiques

- **les orages** : Ils se produisent en toute saison. Ils sont fréquents et violents en hiver. Sauf pendant l'été où ils sont secs et de courte durée. Ils sont toujours accompagnés de pluies torrentielles.
- **La grêle** : Elle est extrêmement rare.
- **Les brouillards** : Ils sont courants en hiver, mais ils ne sont pas vraiment très importants.
- **Les gelées** : Les gelées enregistrées, varient de (5 à 10 jours /an) dans la plaine de l'Habra et de la Macta (essentiellement en Décembre, Janvier et Février).
- **Les rosées** : Les rosées nocturnes sont fréquentes au Printemps. Elles jouent alors un certain rôle : en maintenant la fraîcheur du sol, elles sont favorables à la végétation. Au lever du soleil, le liquide s'échauffe brûlant littéralement les fleurs qui deviennent stériles.

2.12.8- Synthèse bioclimatique :

2.12.8.1- L'indice de Koppen (1930-1934):

Koppen propose la formule : $N = T + Y$

- N: Indice de Koppen
- T : température moyenne annuelle en °C.
- Y : facteur variant suivant le régime des précipitations

Koppen détermine pour :

- 44 des régions à pluie estivale.
- 22 des régions méditerranéennes.
- 33 des régions de régime uniforme.

Si $N > P$: la localité considérée est sous un climat steppique.

Si $N / 2 > P$: la localité est située dans un climat désertique.

P : moyenne des précipitations annuelles en cm.

Tableau 15 : Les valeurs de l'indice de Koppen

Station	T	Y	N	P (mm)
Période (1950-1983)	18,47	22	40,47	29,7
Période (1983-2007)	18,58	22	40,58	20,25

Le tableau 15, montre que la zone humide de la Macta est soumise à un climat steppique. Cet indice est vérifié étant donné que plusieurs espèces de steppe ont été décrites par (SIMONNEAU, 1952) telles que : *Hedysarum spinosissium*, *Euphorbia terracina*, *Brassica tournefortii*.

2.12.8.2- Indice de sécheresse estivale de Giacobbe et Emberger

Le quotient pluviométrique (Q2) qui a été défini par EMBERGER ne tient pas compte de la xéricité du climat. Pour un même Q2 et un m différente selon l'intensité de la sécheresse.

C'est pour cela que ce même auteur (1941), à la suite de GIACOBBE (1937) a été amené à caractériser le degré de sécheresse d'un climat par l'indice de sécheresse estivale ($S=PE/M$), où PE présente le total des précipitations moyennes estivales, et M, la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud. Il arrive à considérer comme période dans l'aire de végétation Méditerranéenne la période où S est inférieur à 7.

Tableau 16 : Indice de sécheresse estivale de GIACOBBE et EMBERGER.

Station	PE	M	P _E /M
Période (1950-1983)	14,26	34.60	0,41
Période (1983-2007)	7,7	37,08	0,20

On remarque que l'indice de sécheresse estivale est largement inférieur à 7 (Tab. 16), donc la végétation de la zone humide de la Macta appartient à l'aire de la végétation méditerranéenne.

2.12.8.3- Indice d'aridité de Giacobbe (1937-1958)

Cet indice caractérise le degré de siccité du climat. Il est défini par :
$$I = 100 \frac{P}{M(M - m)}$$

- **P** : totale des précipitations en mm du mois ou des trois mois de la saison.
- **M** : la moyenne des maximums en °C de la période considérée.
- **m** : la moyenne des minimums en °C de la période considérée.

L'avantage de cet indice est qu'il peut être appliqué autant bien pour le mois que pour la saison. Dans notre cas nous avons utilisé l'indice d'aridité mensuel (Tab. 17).

Tableau 17 : Type d'aridité selon l'indice d'aridité de GIACOBBE (1937-1958)

Type d'aridité	Valeur de l'indice mensuel
Très aride	< 1
Arde	1-7
Semi-aride	7-17
Sub-humide	>17

Le calcul de l'indice mensuel a révélé les données agencées comme suit :

Tableau 18 : Indice mensuel d'aridité d'après GIACOBBE

Période	M/S	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
	(1950-1983)	P	36,9	43,45	43,77	45,56	21,6	11,56	0,8	1,9	11,7	39,4	37,04	62,75
	M-m	13,12	13,54	15,2	10,24	11,32	13,74	15,9	18,42	19,46	18,34	15,89	18,82	
	I	7,58	8,65	7,77	12,00	5,15	2,27	0,14	0,28	1,62	5,79	6,29	8,99	
Période	M/S	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
	(1983-2007)	P	32,0	28,3	33,9	23,8	18,6	4,00	1,70	2,00	17,6	17,8	39,0	24,3
		M-m	11,61	12,7	14,02	13,08	12,86	13,2	14,18	14,22	13,32	13,4	11,71	11,53
		I	7,97	6,44	6,99	5,26	4,18	0,88	0,35	0,41	3,82	3,84	9,63	6,09

On constate que :

- La période très aride regroupe trois mois pour la période récente : Juin, Juillet et Août et deux mois pour la période ancienne : Juillet et Août.
- La période aride, regroupe cinq mois pour la période ancienne : Mai, Juin, Septembre, Octobre et Novembre ; par contre la période récente totalise sept mois ; Février, Mars, Avril, Mai, Septembre, Octobre et Décembre.
- La période semi-aride comprend cinq mois pour la période ancienne à savoir : Janvier, Février, Mars, Avril et Décembre à l'encontre de la période récente avec deux mois : Janvier et Novembre.

2.12.8.4- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1953)

BAGNOULS et GAUSSEN ont proposé de déterminer la durée de la saison sèche à l'aide d'une représentation graphique. Celle-ci consiste à tracer sur un diagramme deux courbes dont l'une représente la moyenne des températures mensuelles, l'autre la pluviométrie mensuelle. D'après ces auteurs, un mois est considéré comme sec lorsque la moyenne des pluies est inférieure ou égale au double de la température ($p < 2T$). Cette représentation graphique ne tient pas compte des réserves hydriques contenues dans le sol. La plaine de la Macta réceptionne d'importantes quantités d'eau provenant de son immense bassin versant dans les nappes de surface, l'eau se maintient pendant plusieurs mois de l'année. La période de sécheresse sera certainement moins importante que celle déterminée à partir du diagramme de BAGNOULS et GAUSSEN.

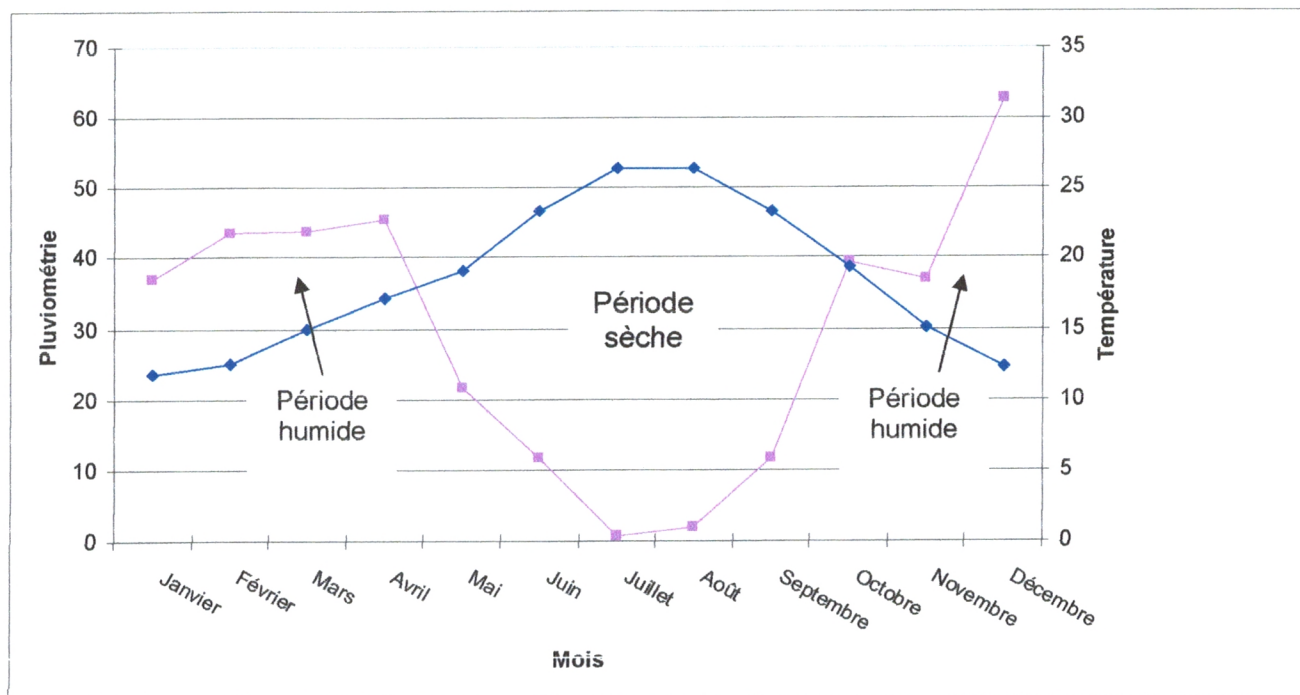


Figure 12: Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la période (1950-1983).

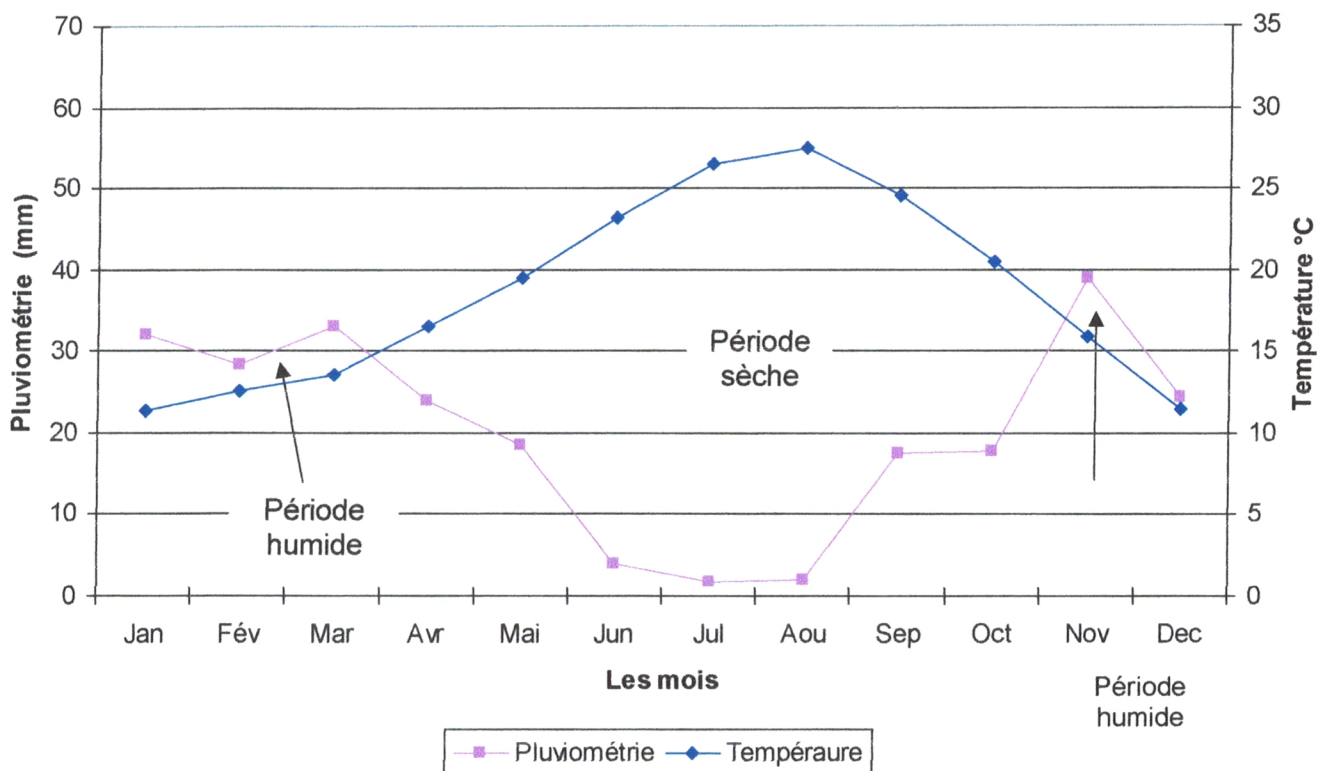


Figure 13 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la période (1983-2007).

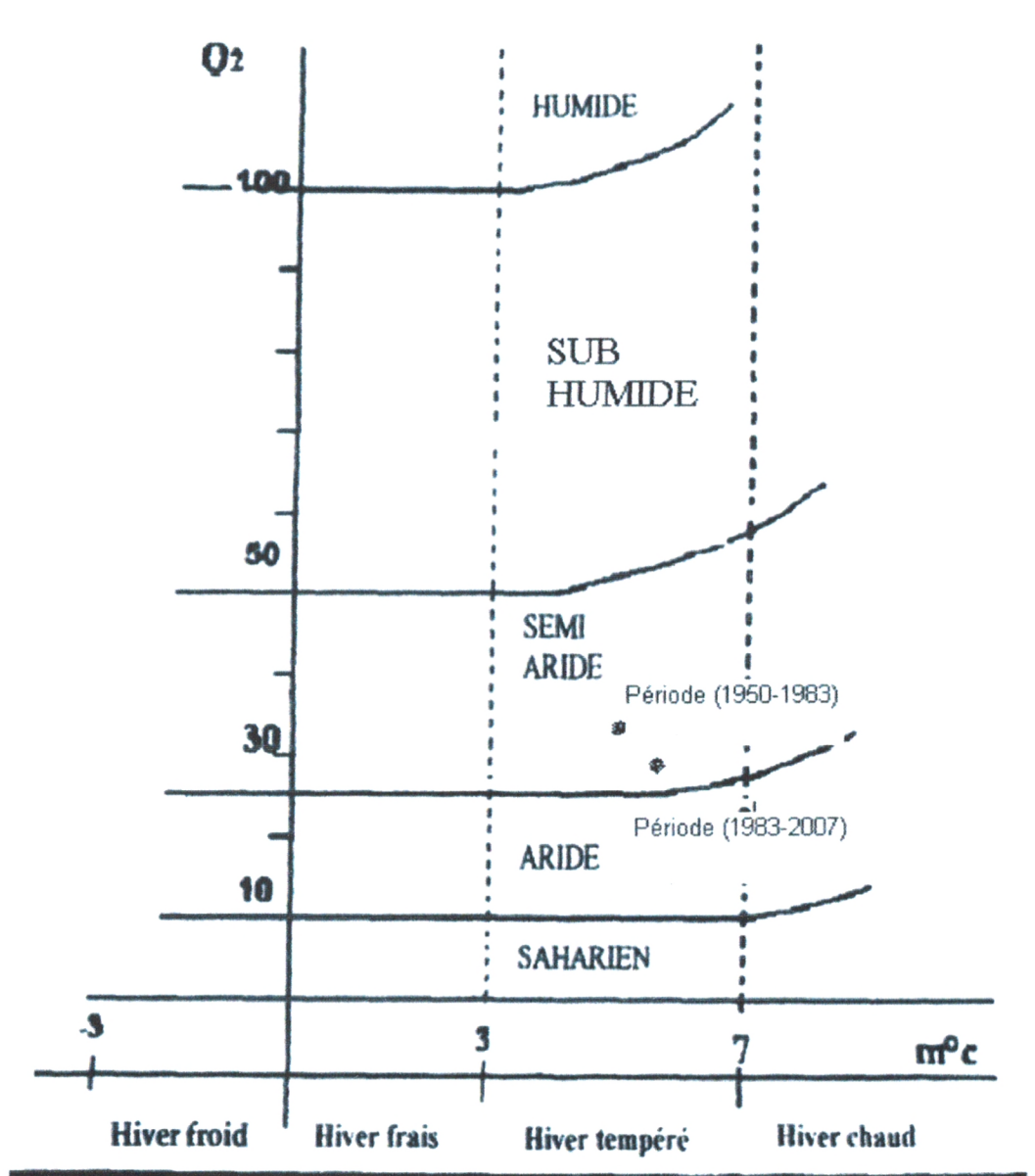


Figure 14 : Climagramme d'Emberger

2.13- Aspect socio-économiques

Situés près des grands pôles économiques (au Nord de la zone industrielle d'Arzew, à l'Est la zone d'activité de Fornaka-Mostaganem), les Marais de la Macta constituent un prolongement naturel du périmètre irrigué Habra-Sig vers le golf d'Arzew.

La plaine des Marais se trouve actuellement confrontée à de fortes pressions de pâturage et d'activités agricoles illicites détruisant le tapis végétal spontané, constitue l'endroit idéal pour la nidification de la faune sédentaire et migratoire.

2.13.1- La population

La population vivant à proximité de la zone humide de la Macta s'éleve à 241 284 habitants en 2005 ; cette population est passée à 247 413 habitants en 2008, soit une augmentation de 6 129 habitant en trois ans (2 043 habitants/an). Cette population est concentrée dans le chef lieu de la commune avec un total de 157 758 habitant soit un taux de 63,76%. Le reste est en agglomération secondaire soit 63 547 habitants (25,68% en 2008) (Tab. 20).

Tableau 20: Le recensement de la population

Commune	Superficie (Km ²)	nombre de population		Densité		Agglomération chef lieu		Agglomération secondaire	
		2005	2008	2005	2008	2005	2008	2005	2008
Mohammadia	162	80 721	84 750	498	523	59 254	62 074	15 294	15 985
Mocta Douz	194	9 756	9 312	50	48	6 645	5 860	2 807	2 474
Sidi Abd el Moumen	93	15 050	14 826	162	159	2 866	2 825	9 180	9 299
Alaïmia	83	7 635	7 506	92	90	2 436	2 492	3 104	3 522
Ras Ain Amirouche	118	6 994	7 656	59	65	1 891	2 387	2 372	2 667
Sig	125	68 751	70 043	550	560	63 516	60 919	3 518	4 987
Bouhenni	135	11 582	11 621	86	86	8 226	7 084	3 356	3 609
Oggaz	141	11 446	11 479	81	81	4 474	4 316	6 605	6 329
Marsa el hadjaj	52	12 600	13 100	241	251	6 437	6 300	4 477	4 505
Fornaka	47	16 749	17 120	356	364	3 693	3 501	10 070	10 170
Total		241 284	247 413	2 176	2 229	159 438	157 758	60 783	63 547

2.13.2- L'agriculture

L'agriculture est la fonction qui domine l'activité humaine dans cette zone. Depuis fort longtemps, et malgré les changements profonds ayant touché certaines communes, la région garde sa vocation principale : l'agriculture. La culture dominante au niveau de la région est la céréaliculture. Sa superficie est passée de 9751 ha en 2001 à 14 688 ha en 2008 ; soit une moyenne de 617 ha par an. En deuxième position vient l'arboriculture avec une superficie qui est passée de 8 075 ha en 2001 à 8 819 en 2008. La commune de Sig totalise la superficie la plus importante de verger à base d'oléicultures (Tab. 21)(Annexe 9 – Planche 2 – Photo 11 et 12).

Tableau 21 : Répartition des superficies cultivées par commune

Commune	Superficie Totale (ha)	Surface agricole utile (ha)	Vergers (ha)		Maraîchage (ha)		Céréales (ha)	
			2001	2008	2001	2008	2001	2008
Mohammadia	16 200	7 974	2 024	1 978	125	100	730	2 125
Mocta Douz	19 350	5 646	661	681	30	12	1 250	1 990
Sidi Abd el Moumen	9 315	4 550	860,31	909	6	30	1 168	1 667
Alaïmia	8 260	4 116	98	177	89	86	1 520	2 591
Ras Ain Amirouche	11 810	3 559	785	1 406	149	71	845	995
Sig	12 546	4 228	2 217	2 151	52	34	845	780
Bouhenni	13 535	7 886	591	678	45	66	1 284	1 975
Marsa el hadjaj	3 748	3 989	---	---	566	811	859	1 020
Fornaka	4 700	5 037	839	839	30	52	1 250	1 545
Total			8 075	8 819	1 092	1 262	9 751	14 688

2.13.3- L'élevage

La population qui vit au niveau de la zone humide de la Macta et, aux environs de cette dernière, pratique, en plus de l'agriculture, l'élevage. Les neuf communes qui entourent la zone humide de la Macta ont un effectif d'ovins qui est passé de 94 569 en 2001 à 103 963 en 2008. La commune de Sidi Abdelmoumen vient en premier rang avec 19 831 tête en 2008 ; par contre c'est la commune de Fornaka qui enregistre le taux le plus faible.

L'élevage du bovin vient en deuxième position, il connaît une régression, il est passé de 4 111 têtes en 2001 à 3 623 têtes en 2008. Toutes fois, il est à signaler l'importance qui est donnée par la population de ces communes quant à l'élevage des caprins. Cet élevage totalise un nombre de 4 082 têtes en 2008. Le nombre le plus important est rencontré au niveau de la commune de Mocta Douze (Tab. 22) (Annexe 9 – Planche 2 – Photo 13 et 14).

Tableau 22 : effectif d'élevage, compagne 2001-2008.

Commune	Superficie Totale (ha)	Pacage et Parcours (ha)	Ovins (Tête)		Bovins (Tête)		Caprins (Tête)	
			2001	2008	2001	2008	2001	2008
Mohammadia	16 200	795	10 256	11 867	794	531	776	805
Mocta Douz	19 350	2 320	6 981	16 020	207	179	530	835
Sidi Abd el Moumen	9 315	1 077	17 092	19 831	521	393	501	605
Alaïmia	8 260	141	15 130	13 540	610	431	291	390
Ras Ain Amirouche	11 810	614	18 280	14 535	545	635	390	560
Sig	12 546	---	8 900	9 200	874	989	510	402
Bouhenni	13 535	630	15 630	16 180	290	230	491	485
Marsa el hadjaj	3 748	110	2 100	2 050	200	155	---	---
Fornaka	4 700	5 037	200	740	70	80	50	42
Total			94 569	103 963	4 111	3 623	3 489	4 082

La zone humide de la Macta reçoit chaque année un nombre important de nomades. Ces derniers s'installent pendant une période assez longue profitant des potentialités offertes par la zone pour le bétail. Les données recueillies auprès des services concernés (Direction de l'agriculture et la conservation des forêts) pour l'année 2008, illustrent que les nomades s'installent au niveau de deux communes Sidi Abdel Moumen et Mocta Douze (Tab. 23).

Les sorties effectuées sur terrains, nous permettent de voir, l'effectif assez important des nomades et de leurs cheptels. En plus aux ovins, ovins et caprins, le dromadaire est présent (Annexe 9 – Planche 2 – Photo 15 et 16).

Tableau 23 : Le nombre des nomades –Année 2008-

Commune	Ménage	Masculin	Féminin
Sidi Abdel Moumen	06	33	28
Mocta douze	33	115	107
Total	39	148	135

PARTIE II : *Expérimentation et résultats*

- **Chapitre 3** : Méthodologie et modèle d'application
- **Chapitre 4** : Résultats et interprétation des analyses du sol
- **Chapitre 5** : Résultats et interprétation de l'analyse phytoécologique
- **Chapitre 6** : Plan de gestion et proposition d'action d'aménagement

Chapitre 3 : Méthodologie et modèle d'application

3- Données et modèle d'application

3.1- Les données nécessaires à l'application

Les données utilisées pour une étude phytoécologique de la zone humide de la Macta se résument essentiellement en quatre catégories : les documents cartographiques, l'image satellitaire, les données climatiques et les informations extraites des différentes études menées sur la zone.

3.1.1- Données cartographiques

Les différentes cartes utilisées pour mener à bien ce travail de recherche sont récapitulées dans le tableau suivant.

Tableau 24 : Documents cartographiques utilisés

Type de carte	Nom	Année	Numéro	Echelle	Source
Carte topographique	Sig	1990	NI-30-XXIV-4 Est	1/50.000	INC
Carte topographique	Mohammadia	1990	NJ-31-XIX-3 Ouest	1/50.000	INC
Carte topographique	Arzew	1990	NI-30-XXIV-2 Est	1/50.000	INC
Carte topographique	Mostaganem	1990	NJ-31-XIX-1 Ouest	1/50.000	INC
Carte géologique	Nord d'Algérie	1961	---	1/200.000	GGA
Carte de reconnaissance des sols d'Algérie	Mostaganem	1955	---	1/200.000	GGA

3.1.2- Images satellitaires

Pour bien mener l'étude phytoécologique, l'exploitation et le traitement de l'imagerie satellitaire ont été déterminants ; l'image Landsat ETM+ d'une résolution de 30 m a été utilisée.

Le choix de ce type d'image satellitaire a été conditionné à la fois par la présence de scène renfermant la zone et par la disponibilité de cette dernière.

Les caractéristiques principales de l'image Landsat ETM+ sont :

- Scène n° : 198/035F
- Date : 29/05/2003
- Visée : Verticale

3.1.3- Les études

A ces deux types principaux de données (cartographiques et satellitaires) s'ajoutent les informations recueillis à partir des différents documents existants.

Les références bibliographiques récoltées et exploitées se répartissent essentiellement en deux groupes :

- Les références concernant les zones humides (définition, fonctions et valeurs) et ceux se rapportant à la zone d'étude (les informations de base : populations, agriculture, etc...).
- Les références se rapportant à la méthodologie et au protocole expérimental poursuivi.

3.2- Approche climatique et bioclimatique

3.2.1- Les données climatiques

Il est démontré depuis HUMBOLDT (1805) que le climat joue un rôle essentiel dans le déterminisme de la répartition des végétaux ; EMBERGER (1930, 1971) a particulièrement souligné ce rôle en ce qui concerne la végétation méditerranéenne.

Pour discerner l'influence du climat sur la végétation de la zone humide de la Macta, plusieurs actions ont été entreprises et ont été détaillée dans le chapitre étude du milieu :

- Un choix judicieux de la station météorologique représentative de la zone.
- Collecte de données climatiques anciennes et récentes, et ce pour appréhender l'évolution de ce dernier.
- Etablir une synthèse climatique en calculant les différents indices.

3.3- Les outils de traitement utilisés

Les supports utilisés, en plus de ceux consacrés aux différentes analyses pédologiques, sont des logiciels informatiques :

3.3.1- Les logiciels

▪ **Logiciel ENVI 4.1** (Environnement for Vizualising Images) : il a été utilisé pour traiter les images. Il permet la visualisation et l'analyse de données de grandes tailles et de la plupart des formats. Sa puissance réside dans le fait qu'il comporte une bibliothèque d'algorithmes comprenant des fonctions de transformation de données, des fonctions de filtre ainsi que des fonctions de classification.

Le format utilisé par ENVI 4.1 est un format raster brut associé à un fichier entête ASCII (texte).

Il est possible de discriminer les différentes formations végétales naturelles ou cultivées à partir du canal 3 ; le canal proche infrarouge. Les bandes rouge et vert permettent de particulariser les surfaces réfléchantes dans le visible : habitation, routes, pistes, sol nu, etc.

▪ **L'indice de végétation** : L'utilisation de l'indice de végétation n'est en fin de compte qu'une approche empirique pour identifier et suivre l'évolution temporelle des couverts végétaux, ainsi que pour évaluer certains paramètres du couvert comme la biomasse aérienne chlorophyllienne. Les indices de végétation sont calculés soit à partir de mesures de réflectance sur le terrain, soit de comptes numériques fournis par des données satellitaires (GIRARD et GIRARD, 1999).

Un nombre important d'indices de végétation ont été développés afin de permettre une meilleure caractérisation spectrale de la végétation verte et de diminuer l'influence des facteurs perturbateurs tels que les la végétation sénescentes et l'angle solaire. (CALOZ et COLLET, 2001)

Les canaux les plus utilisés dans le calcul des indices de végétation sont le rouge (R) et le proche infrarouge (PIR) puisque ces dans ces deux canaux que le contraste entre le sol et la végétation est plus accentué.

L'indice de végétation normalisé (NDVI) pour différencier les deux composantes écosystémiques : sol et plante d'une part et l'estimation de l'émissivité de surface a été utilisé.

$$SR = PIR / R$$

3.4- Analyse de sol

L'étude de sol permet de comprendre partiellement la répartition de la végétation à travers les caractères suivants (Annexe 2) :

- Les caractères physiques :
 - La granulométrie
 - La perméabilité
 - L'humidité
 - La matière organique
 - La conductivité électrique
- Les caractères chimiques :
 - Le pH du sol.
 - Le calcaire total.
 - Dosage des éléments (Na^+ , Cl^- , K^+ et Ca^{++})

3.4.1- Méthodologie et prélèvement :

Les échantillons du sol ont été prélevés au niveau de chaque relevé phytoécologique à une profondeur ne dépassant pas les 60 cm (profondeur du système racinaire). Les prélèvements ont été effectués à la tarière, mis en sachets de papier et dotés d'un code, puis ils sont acheminés au laboratoire en vue d'analyse. Ils subissent un dessèchement à l'air libre puis un broyage et enfin un tamisage.

3.4.1.1- Les analyses physiques du sol

- **La granulométrie :** D'après BAIEZ et JABIOL (1995) l'analyse granulométrique est la méthode la plus précise qui permet de déterminer la texture du sol. Elle donne les pourcentages des différents groupes granulométriques dans un échantillon de terre, ces groupes sont discernés selon le diamètre des particules:

A : argile	0.002mm	} Terre fine
LF : limon fin	0.002 à 0.02 mm	
LG : grossier	0.02 à 0.05 mm	
SF : sable fin	0.05 à 0.2 mm	
SG : sable grossier	0.2 à 0.2 mm	
Cailloux	0.2 mm à 2 cm	
Pierres	> 2 cm	

La méthode appliquée pour la détermination de la texture est celle de CASAGRANDE (1934) basée sur la vitesse de sédimentation des particules dont la vitesse de chute est régie par la loi de Stokes.

- **L'humidité du sol :** C'est la teneur en eau d'un sol ; la proportion d'eau contenue dans le sol est définie par le pourcentage en poids d'eau par rapport au poids du sol sec. L'humidité peut être déterminée sur un échantillon de sol soit au laboratoire soit sur le terrain. Dans notre cas les analyses d'humidité ont été effectuées au laboratoire. La méthodologie a été inspirée de BAIEZ et JABIOL (1995).

▪ **Détermination de la matière organique :** La teneur en matière organique est nécessaire pour le sol car elle joue un rôle majeur (BAIZE et JABIOL, 1995) :

- Dans la formation des agrégats grâce, en particulier, à ses propriétés électrochimiques permettant la création de complexe argilo-humiques ;
- Comme réserve en éléments minéraux et particulièrement en azote : ces éléments qui font partie de la structure biochimique de la matière organique sont restitués au sol, sous forme disponible pour les plantes, à une vitesse très variable : c'est la minéralisation.

La méthode appliquée pour la détermination de la matière organique est la méthode de calcination (AUBERT, 1978) (Annexe 9 – Planche 3 – Photo 17)

- **La perméabilité :** Elle exprime le taux de filtration de l'eau et même la dose d'irrigation en agriculture. La méthode poursuivie pour la détermination de la capacité de filtration d'un sol est celle de LAMBERT (1975).

▪ **Mesure de la conductivité électrique :** La conductivité des sols influence le potentiel d'oxydo-réduction, le pH et l'activité microbienne du sol (BINKLEY et VITOUSEK, 1989). Cette mesure est un index du contenu en sels dans le sol (NOON, 1996). Tous sols qui renferment de sels solubles en quantités anormalement enlevées sont qualifiés comme sols salés. Dans un sol, les sels solubles peuvent se trouver sous forme cristallisée (cristaux, efflorescence), c'est le cas des sels peu solubles comme le gypse le plus souvent, il s'agit des sels sous forme dissoute des anions et cations, étant présents dans la solution des sols. Celle-ci, présentent une composition cationique en équilibre avec le cation échangeable retenue par le complexe absorbant.

« La capacité du sol à conduire le courant électrique est en fonction de la concentration en électrolytes de la solution du sol » (RIEU et CHEVERY, 1976).

3.4.1.2- Les analyses chimiques du sol

▪ **Mesure du pH :** Le pH (potentiel en hydrogène) est le logarithme de l'inverse de la concentration des ions de H⁺ dans une solution.

Le principe consiste à mesurer la force électromotrice d'une solution aqueuse du sol (Rapport eau/sol) est égale à 2.5 à l'aide d'un pH-mètre (Annexe 9 – Planche 3 – Photo 18).

$$\text{pH} = - \log (\text{H}^+) = \log 1/(\text{H}^+)$$

▪ **Le calcaire total** : Le calcium est présent dans les sols sous la forme de calcaire (carbonate de calcium). Il exerce une action capitale sur les conditions physico-chimiques du sol et de ce fait sur l'ensemble de ses propriétés biologiques (LEMEE, 1978)

Pour déterminer le taux de calcaire au niveau du sol la méthode de «Calcimètre de BERNARD » a été utilisée (LAMBERT, 1975) (Annexe 9 – Planche 3 – Photo 19).

3.4.1.3- Les mesures des éléments minéraux

▪ **Dosage de chlorure** : Des ions Cl^- sont dosés en milieu neutre par précipitations avec une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium comme indicateur. La fin du dosage est indiquée par l'apparition d'une teinte rouge brique due à la formation d'un précipité de chromate d'argent (Annexe 9 – Planche 3 – Photo 21).

La méthode utilisée est celle dite la méthode de charpentier – vol hard (RODIER et al, 1996).

▪ **Dosage de sodium, potassium, calcium** : Le dosage du sodium, du potassium et du calcium s'effectue directement à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme (Annexe 9 – Planche 3 – Photo 22).

3.5- Etude phytoécologique

3.5.1- Prospection préliminaire de terrain

Il est admis qu'avant toute campagne de relevés de végétation, le domaine d'étude doit faire l'objet d'une prospection préliminaire en guise de familiarisation avec le milieu pour ensuite pouvoir « optimiser » le travail effectif de la prise de données (GILLET, 2000).

Munie de la carte de composition colorée et des cartes topographiques, plusieurs sorties ont été effectuées dans la zone humide de la Macta. Ces derniers ont permis de :

- Matérialiser les limites de la zone d'étude,
- Identifier les grands types physiologiques et floristiques de la végétation existante et leur agencement spatial,
- Apercevoir l'influence anthropique (utilisation du sol, pression.....),
- Apprécier les problèmes majeurs agissant sur le milieu (accessibilité, danger,...)

3.5.2- Echantillonnage

Les informations obtenues par les études préliminaires permettent d'affiner le plan d'échantillonnage. Une étude floristique fiable d'une zone quelconque repose essentiellement sur le choix de la méthode d'échantillonnage et à la façon d'application de cette dernière sur le terrain. Le nombre d'échantillons et leur répartition doivent caractériser fidèlement l'ensemble de l'aire qu'ils représentent (ELLENBERGER, 1977). Plus le nombre d'observations est élevé, plus l'intervalle de confiance de la fréquence centésimale obtenue est réduit, et donc plus la mesure est sûre (DAGET et POISSONET, 1971).

Le plan d'échantillonnage appliqué a été choisi en faveur d'un échantillonnage au hasard ; il correspond au mode de détermination des unités à étudier tel que chacune d'elle ait la même chance d'être retenue (DAGET et GORDON, 1982 ; WONNATCOTT et WONNATCOTT, 1990). Ce type d'échantillonnage permet une analyse statistique rigoureuse des observations, mais exige un grand nombre de relevés (POISSONET et POISSONNET, 1969).

Tous les relevés effectués ont été localisés sur les feuilles topographiques notés par leurs coordonnées géographiques.

La surface du relevé retenue est de 100 m², c'est l'aire minimale idéale pour les synusies herbacées (BOST, 1991 et GILLET, 2000).

3.5.3- Date et fréquence des sorties

Le calendrier des sorties été induit par la nécessité de ne récolter sur le terrain que les espèces en floraison afin de permettre une bonne identification de la flore.

Les sorties se sont échelonnées entre le mois de février et la fin du mois d'août pendant sept (7) ans.

3.5.4- Les relevés de végétation

Le résultat d'application des relevés consiste à dresser une liste des espèces végétales rencontrées au niveau de la zone en affectant certains indices ou coefficients qualitatifs et /ou quantitatifs. C'est les coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité selon l'échelle de Braun-Blanquet (BRAUN-BLANQUET, 1952 et GOUNOT, 1969) qui sont utilisés :

- **Le coefficient d'abondance-dominance** : Il est évalué par une échelle de six indices :
 - + éléments peu ou très peu abondants, recouvrement inférieur à 1%
 - 1 éléments assez abondants, recouvrement inférieur à 5%
 - 2 éléments très abondants, recouvrement entre 5 et 25%
 - 3 recouvrement compris entre 25 et 50%, abondance quelconque

- 4 recouvrement compris entre 50 et 75%, abondance quelconque
- 5 recouvrement compris entre 75 et 100%, abondance quelconque
- **Le coefficient de sociabilité** : Cet indice est constitué de cinq classes :
 - 5 en peuplement
 - 4 en petites colonies
 - 3 en troupes
 - 2 en groupes
 - 1 en isolement

3.5.5- Identification des plantes

Les plantes récoltées ont été acheminées au laboratoire ; un herbier a été constitué en attribuant à chaque spécimen végétal un code numérique. Plusieurs clés d'identifications ont été utilisées pour l'identification des espèces végétales. La flore de l'Afrique du Nord (MAIRE, 1923-1941, 1952-1987), la flore de l'Algérie et du Sahara (QUEZEL et SANTA, 1962-1963), la flore et végétation du Sahara (OZENDA, 1958), la flore pratique du Maroc (FENNANE et al, 1999) et certains sites internet par le biais des flores numériques ont été utilisées.

Chapitre 4 : Résultats et interprétations des analyses du sol

4.1- Les résultats physiques

4.1.1-La granulométrie

Les résultats obtenus (Annexe. 4- Tab. 43) ont été appliqués au triangle de texture de JAMAGNE (Annexe. 03) pour déterminer la texture du sol. Les valeurs obtenues (Tab. 25 et Fig. 15), montrent que le sol de la zone humide de la Macta est diversifié, huit classes ont été mises en évidence.

La lecture des résultats, a permis de distinguer que près de la moitié du sol échantillonné est de texture argileuse, soit 45,11%, suivi par la texture limon-sablo-argileuse, la texture limon-argilo-sableuse et la texture limono-sableuse avec respectivement un taux de 21,8%, 13,53% et 9,02%.

En additionnant tous les échantillons du sol contenant de l'argile même en quantité infime, le taux augmentera de 45% à 90,21%. Ces données confirment le caractère de la zone d'étude comme « zone humide ». Il est admet qu'un sol argileux est un sol qui absorbe de l'eau jusqu'à état de turgescence. A cet état l'eau de pluie s'accumulent au niveau du sol et constitue le marais. D'après RICHARDS (1969), le pourcentage de saturation en eau et d'humidité équivalente est de plus de 75% pour le sol argileux.

Tableau 25 : Répartition du sol par classe de granulométrie

Texture	Relevés	Total	Taux
Argile	1,3,4,6,9,11,12,13,14,16,17,18,19,21,26,27,32,35,36,39,40,42,43,45,47,53,56,59,60,61,63,67,69,70,71,73,77,82,87,91,93,94,96,97,100,105,106,111,113,118,121,122,123,124,125,126,128,129,130,132	60	45,11
Limon argilo-sableux	2,34,46,50,51,55,57,72,74,80,81,90,98,99,103,107,108,110	18	13,53
Limoneux - sableux	5,8,15,20,23,24,41,64,75,88,95,131	12	9,02
Limon sablo-argileux	7,22,25,28,29,30,31,33,37,38,44,52,54,58,62,68,79,85,86,101,102,104,112,114,116,117,119,120,133	29	21,80
Argilo-sableuse	10,49,65,66,78,83,84,92,109	9	6,77
Sableux-argileux	76,89	2	1,50
Sableux-limoneux	48	1	0,75
Argilo-limoneux	115,127	2	1,50
Total		133	100

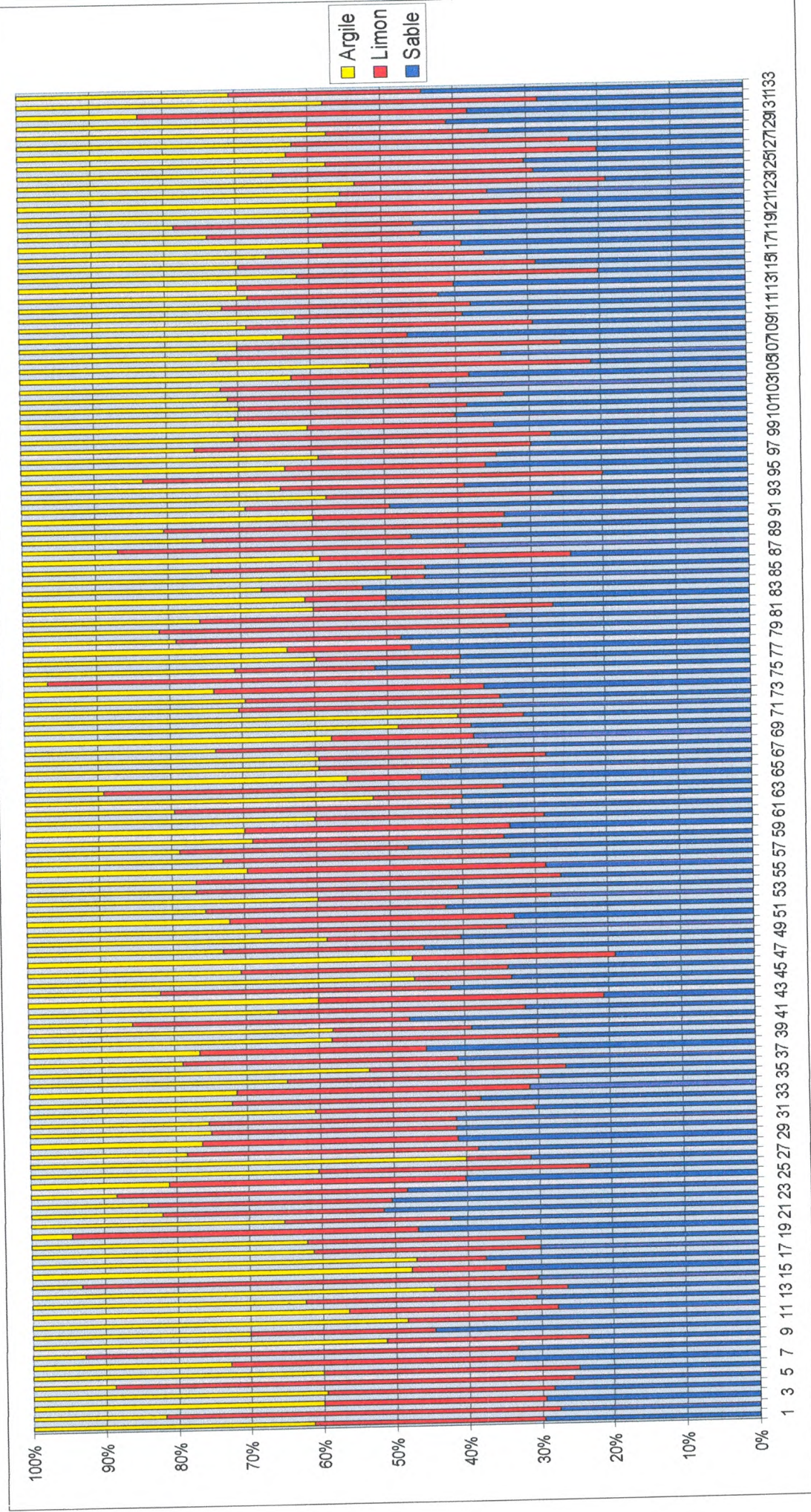


Figure 15 : Répartition des sols par classe de granulométrie

4.1.2- La matière organique

Les valeurs enregistrées en taux de la matière organique varient entre 0,45 (valeur minimale) et 6,70 (valeur maximale) (Annexe. 4- Tab. 44). Les résultats font ressortir que le sol de la zone se caractérise par une richesse moyenne en matière organique, totalisant 76 relevés présentant un taux de 57,15 %. Le reste de la superficie enregistre un taux en matière organique riche, pauvre et très pauvre avec respectivement 16,54 %, 21,80 % et 4,51% (Tab. 26 et Fig. 16).

Les valeurs enregistrées sont fidèles au caractère de la zone car à une humidité importante la décomposition de la litière est très lente et le processus ne s'achève pas. « A une température suffisante, une humidité élevée, prive les organismes du sol et les réactions chimiques d'oxygène d'où accumulation d'humus hydromorphe » (SOLTNER, 1989).

Cette faiblesse en matière organique est due au fait que le sol de la zone humide est caractérisé par une saturation en eau temporaire qui freine les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère. Il peut en résulter un déficit plus au moins prolongé en oxygène qui modifie l'activité biologique du sol et ralentit la minéralisation de la matière organique (ANONYME, 2005).

Tableau 26 : Classement du sol par état de matière organique

Taux de matière organique (%) (LAMBERT, 1975)	Numéros de Relevés	Total	Taux
Très pauvre < 1	8,16,17,51,65,70	6	4,51
Pauvre (1 à 2)	7,10,13,15,18,24,34,35,36,40,45,47,50,56,59,63,66,68,69,73,74,76,87,92,105,110,111,127,133	29	21,80
Moyenne (2 à 4)	1,2,3,4,5,6,9,11,14,19,20,21,22,23,25,26,27,29,30,31,32,37,38,39,41,42,43,44,46,48,49,52,53,54,55,57,58,60,61,64,67,71,72,75,77,78,82,83,84,85,86,88,90,91,93,94,95,99,101,103,104,109,112,113,114,116,119,120,122,123,124,125,126,129,130,132	76	57,15
Riche > 4	12,28,33,62,79,80,81,89,96,97,98,100,102,106,107,108,115,117,118,121,128,131	22	16,54
Total		133	100

4.1.3 La perméabilité

Les résultats enregistrés (Annexe. 4 – Tab. 45), de la perméabilité des 113 relevés oscillent entre (0,11 et 0,92) cm/h.

Selon le tableau n° 27, il ressort que les sols de la zone humide de la Macta ont une perméabilité peu faible à moyenne, soit un taux respectif de 36,84% et 39,10% ; avec une légère dominance du sol à perméabilité moyenne. Il existe une portion importante de sol enregistrant une perméabilité faible avec un taux de 21,81% (Tab. 27 et Fig. 17).

Ces résultats coïncident avec le caractère de la zone d'étude à savoir qu'un sol argileux est généralement peu perméable voir imperméable car la porosité du sol est colmatée par engorgement entre les feuillés composant l'argile ; et l'eau ne s'infiltré pas au couches inférieures.

La texture et la structure d'un sol conditionnent la circulation de l'eau car elles auront respectivement une incidence sur la porosité texturale, stable et immuable, et, sur la porosité structurale qui évolue en fonction des usages du sol et du climat (I.N.R.A, 2000).

Tableau 27 : Distribution du sol par classe de perméabilité

Perméabilité (DUCHAUFOR, 1988)	Les relevés	Total	Taux
Très faible < 0,1	132	1	0,75
Faible (0,1 – 0,2)	2,5,6,16,28,30,31,33,40,46,54,62,65,66,68,78,86,87,89,90,91,94,95,99 106,110,120,126,127	29	21,81
Peu faible (0,2 – 0,4)	4,8,11,14,15,17,18,20,21,22,24,26,32,39,41,44,45,48,49,51,53,55,56, 57,59,61,67,69,73,75,77,81,84,96,97,101,102,103,104,105,108,111, 113,115,117,118,122,129,133	49	36,84
Moyenne (0,4 -0,8)	1,3,7,9,10,12,13,19,23,25,27,29,34,35,36,37,38,42,43,47,50,52,58,60, 63,64,70,71,72,74,76,79,80,82,83,85,88,92,93,98,100,107,112,114, 116,119,121,123,124,125,128,130	52	39,10
Forte	109,131	2	1,50
Total		133	100

4.1.4- La conductivité électrique

La mesure de la conductivité montre que le sol analysé à une conductivité électrique qui varié entre 0,15 et 8,25 (Annexe. 4- Tab. 46).

Tableau 28 : Répartition du sol par classe de conductivité électrique

Degré de salinité (SERVANT, 1975)	N° de relevé	Total	Taux
Faiblement salé (0,20 – 0,65)	1,7,10,14,22,28,31,34,36,37,41,46,47,50,53,60,72,75,86,90,96 98,99,100,104,105,106,110,111,115,116,118,120,123,126,129	36	27,07
Moyennement salé (0,65 – 1,40)	9,11,12,13,19,20,23,27,29,30,42,49,59,61,67,68,73,74,77,82,87 88,91,97,107,108,109,112,113,114,119,121,125,128,130,133	36	27,07
Salé (1,40 – 2,20)	5,16,17,21,26,78,81,83,84,89,101,117,127,131	14	10,53
Fortement salé (2,20 – 3,75)	2,8,18,25,32,35,40,48,54,55,65,92,94,95,102,103,122,124,132	19	14,28
Très fortement salé (3,75 – 6,00)	3,4,6,15,24,33,38,39,43,44,45,51,52,56,57,58,62,63,64,66,69,70 71,76,79,80,85, 93	28	21,05
Total		133	100

La salinité des sols de la zone humide de la Macta varie de faiblement salé à très fortement salé. La moitié du sol échantillonné comptabilise un taux de salinité important ; sachant que la fraction allant de salé à très fortement salé atteint un taux de 46 %.

Le reste représente respectivement le même taux entre faiblement salé et moyennement salé, soit un taux de 27,07 % (Tab. 28 et Fig. 18).

Ces résultats démontrent clairement que le sol de la zone humide de la Macta est un sol de type salin. Cette salinité est due :

- D'une part aux apports de la mer surtout du coté Nord
- Et d'autre part, par les apports alluvionnaires venant se déposés suite au phénomène d'érosion, des montagnes entourant la zone d'étude.

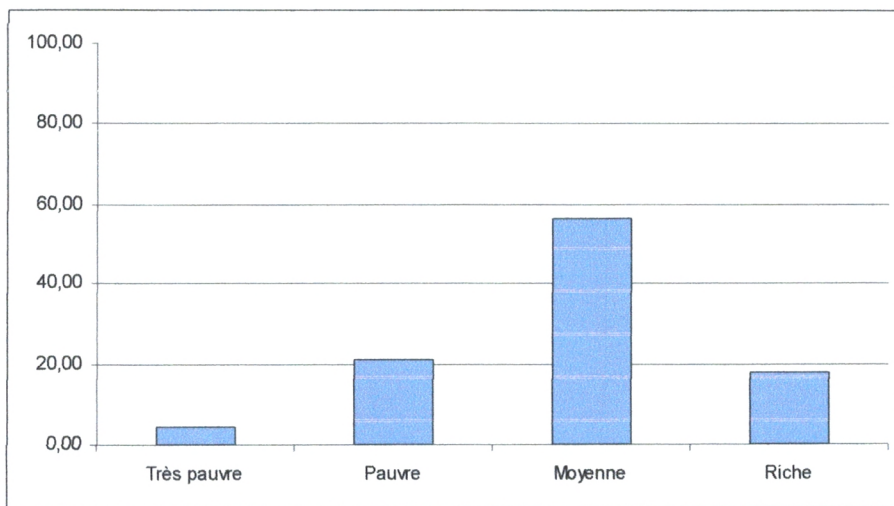


Figure 16 : Répartition des sols par catégorie de matière organique

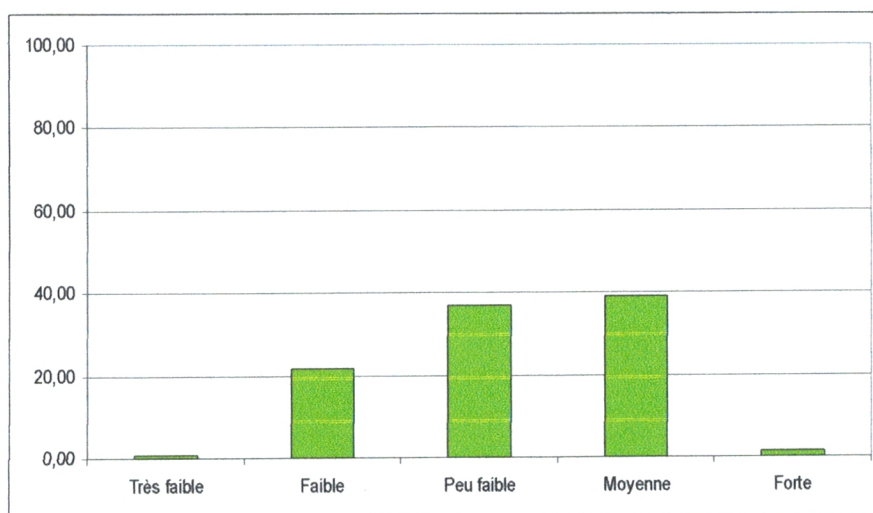


Figure 17 : Répartition des sols par intensité de perméabilité

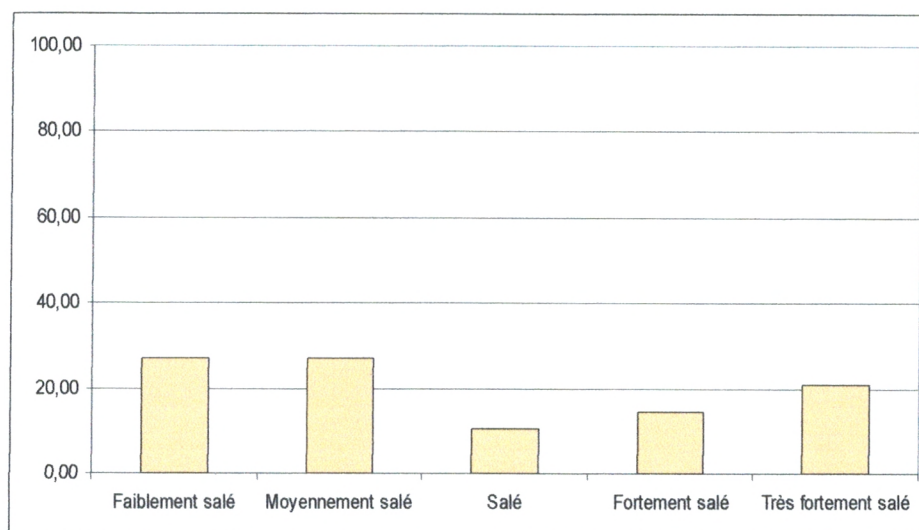


Figure 18 : Répartition des sols par catégorie de salinité

4.1.5 L'humidité

Les résultats montrent que les valeurs de l'humidité du sol oscillent entre 0,5 et 34,20 (Annexe. 4 - Tab. 47 et Fig. 19). Les chiffres enregistrés montrent que le sol de la zone humide de la Macta n'a pas le même taux d'humidité. Cette fluctuation de l'humidité entre sol sec et sol humide est due au fait que les relevés ont été effectués pendant toute l'année (printemps et été).

Le taux d'humidité reste important dans certains relevés à cause :

- d'une part, au type de sol qui est de texture argileuse permettant d'emmagasiner l'eau pendant une période assez longue.
- d'autre part, certains relevés ont été effectués dans une période où le sol était encore engorgé d'eau suite aux précipitations.
- certains relevés ont été réalisés dans la zone du marais, d'où un sol saturé en eau pendant toute l'année.

Le caractère tourbeux du sol confère à ce dernier une capacité de rétention d'eau très élevée et une difficulté de restitution de l'eau retenue. Une tourbière « asséchée », présentant une nappe à 2 m de la surface peut conserver un fort niveau d'humidité dans ces niveaux supérieures (ANONYME, 2005).

Les sols dotés d'une faible humidité sont généralement localisés au sud, au sud-ouest et au sud-est ; là où la nappe phréatique est située à plus de 4 m de profondeur.

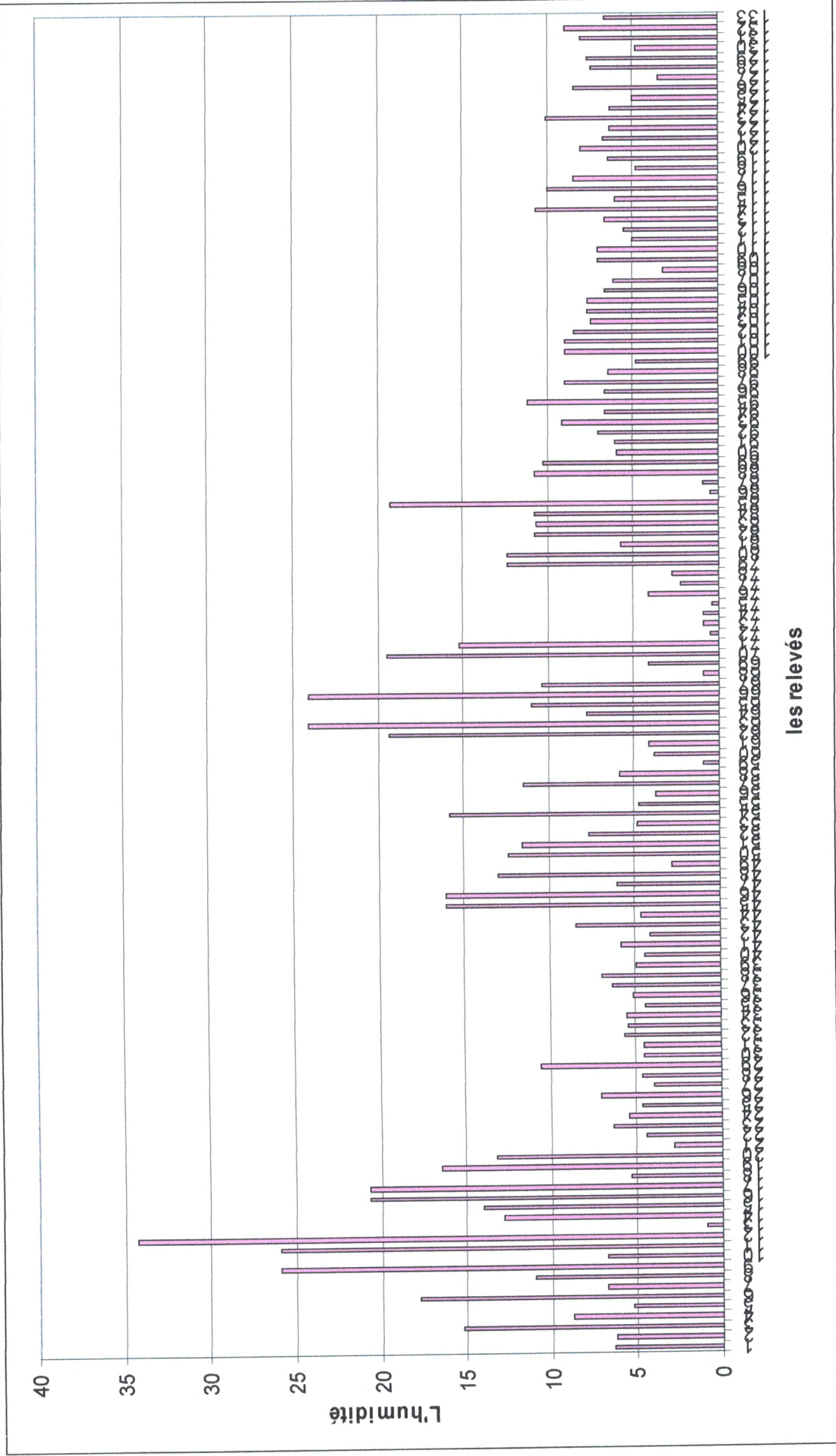


Figure 19 : Répartition des sols par classe d'humidité

4.2- Les résultats chimiques

4.2.1- Le pH

Les résultats obtenus montrent que les valeurs du pH varient (entre 6,3 et 8,68) (Annexe. 4 – Tab. 48). Ces résultats révèlent que la plupart des relevés ont un pH basique soit un taux de 80,45 % ; 25 relevés seulement ont un pH neutre soit un taux de 18,80% (Tab. 29 et Fig. 20)

Ces résultats viennent conforter les autres ; le sol de la zone humide de la Macta est un sol basique. Le pH ne suit pas forcément la salinité du substrat, il peut être lié à la quantité du calcaire présente dans le sol. (SARI, 2004).

Tableau 29 : Répartition du sol par classe de pH

pH (BAIZE et GIRARD, 1995)	N ° de relevé	Total	Taux
Faiblement acide (5 – 6,5)	112	1	0,75
Neutre (6,5 – 7,5)	15-45-58-76-81-91-92-93-96-99-102-106-113-118-119-120-122-123-125-126-128-130-131-132-133	25	18,80
Basique (7,5 – 8,5)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-77-78-79-80-82-83-84-85-86-87-88-89-90-94-95-97-98-100-101-103-104-105-107-108-109-110-111-114-115-116-117-121-124-127-129	107	80,45
Total		133	100

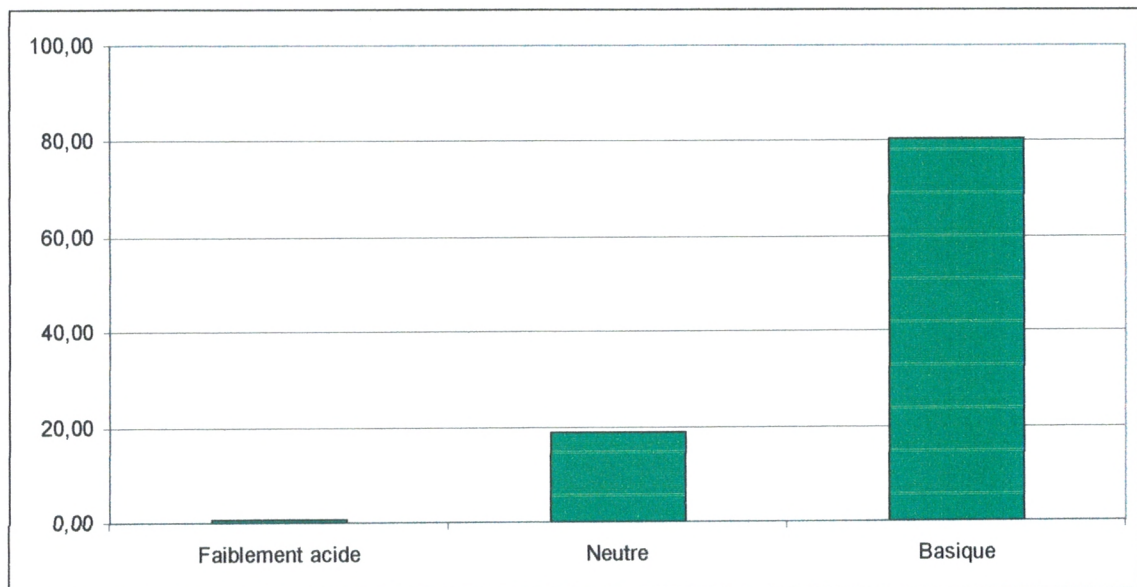


Figure 20 : Répartition des sols par classe de pH

4.2.2- Le calcaire total

Les résultats acquis montrent que les valeurs du calcaire total du sol oscillent entre 6,10 et 18,50 (Annexe. 4 – Tab. 49)

D’après le tableau n° 30 et la figure n°21, les résultats du CaCO₃ indiquent que le sol de la zone humide de la Macta est subdivisé en :

- Un sol peu calcaire, totalisant 79 relevés et un taux de 60% environ
- Et un sol moyennement calcaire, avec 54 relevé représentant un taux d’environ de 40%.

Ces résultats montrent clairement que le sol de la zone humide de la Macta n’est pas un sol riche en calcaire.

Tableau 30 : Répartition du sol selon les classes du taux de calcaire total

Teneur en calcaire (%) (EMBERGER, 1975)	N° de relevé	Total	Taux
Peu calcaire (5 – 10)	1-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-14-15-16-17-19-22-23-27-28-29 33-34-35-37-39-40-44-45-48-50-52-55-56-57-59-60-62-63 64-65-66-69-70-71-72-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85 86-88-89-90-91-93-98-99-100-104-109-115-117-121-122 124-125-126-127-128-129-130	79	59,40
Moyennement calcaire (10 – 25)	2-13-18-20-21-24-25-26-30-31-32-36-38-41-42-43-46-47 49-51-53-54-58-61-67-68-73-74-87-92-94-95-96-97-101 102-103-105-106-107-108-110-111-112-113-114-116-118 119-120-123-131-132-133-	54	40,60
Total		133	100

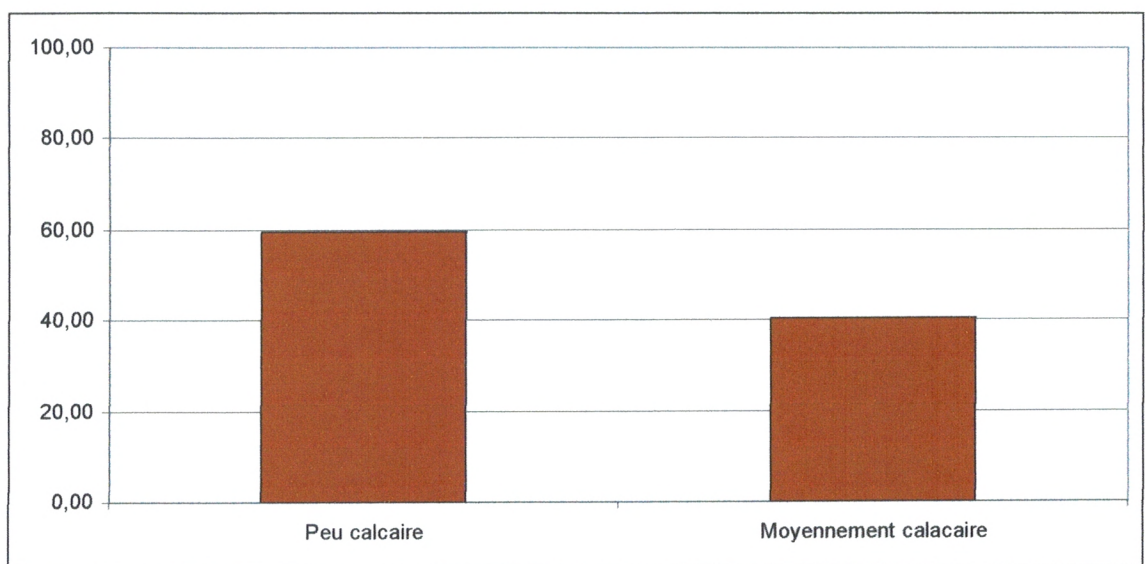


Figure 21 : Répartition des sols par taux de calcaire total

4.2.3- Les sels minéraux

Pour mieux cerner le problème de la salinité des sols au niveau de la zone humide de la Macta, il est important de procéder aux différentes analyses relatives aux sels minéraux. Ces analyses (dosage des éléments minéraux) vont permettre de savoir quel est l'élément responsable de cette salinité.

Les éléments minéraux déterminants de ces analyses sont : le sodium (Na^+), le chlore (Cl^-), le potassium (K^+) et enfin le calcium (Ca^{++})

Les valeurs de concentration du Na^+ varient entre 0,01 et 2,26 g/l, les valeurs du chlorure oscillent entre 0,07 et 17,57 g/l, les valeurs de concentration de K^+ varient entre 0,001 et 0,71 g/l et les valeurs du Ca^{++} varient entre 0,01 et 1,99 g/l (Annexe. 4- Tab. 50 et Fig. 22, 23 et 24).

Le dosage des éléments minéraux conforte les résultats de la conductivité électrique. Les valeurs de salinité forte et très forte en conductivité électrique coïncident avec les valeurs élevées de dosage des éléments.

La salinité de la zone humide de la Macta est due en grande partie à la présence du NaCl en quantité plus ou moins importante au niveau du sol. Sur les 54 échantillons du sol, 27 d'entre elles ont une salinité qui est due à la présence de chlorure de sodium (50%) suivi par ceux dont la salinité est due à la présence du potassium et de calcium avec respectivement 15 relevés (27,78%) et 12 relevés (22,22%) (Tab. 31).

La salinité de la zone humide de la Macta n'est pas induite uniquement par la nature d'un seul élément. Les résultats avancés confirment que les quatre éléments dosés sont responsables de cette salinité.

La salinité du sol a une certaine influence sur le développement de la végétation : « la présence de quantités importantes de sels dans la solution du sol abaisse le potentiel hydrique et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu «physiologiquement sec» (TREMBLIN, 2000).

Tableau 31 : Les éléments responsables de la salinité

La salinité / élément minéral	Les relevés	Total	Taux
La salinité du au Na cl	3,4,5,15,16,17,39,43,45,52,62,63,64,69,70,71,79,80 81,83,84,85, 93,101,102,117,131	27	50
La salinité du au K^+	6,32,40,48,54,55,65,66,89,92,94,95,102,124,127	15	27,78
La salinité du au Ca^-	18,21,24,26,33,35,38,51,58,78,103,122	12	22,22
Total		54	100

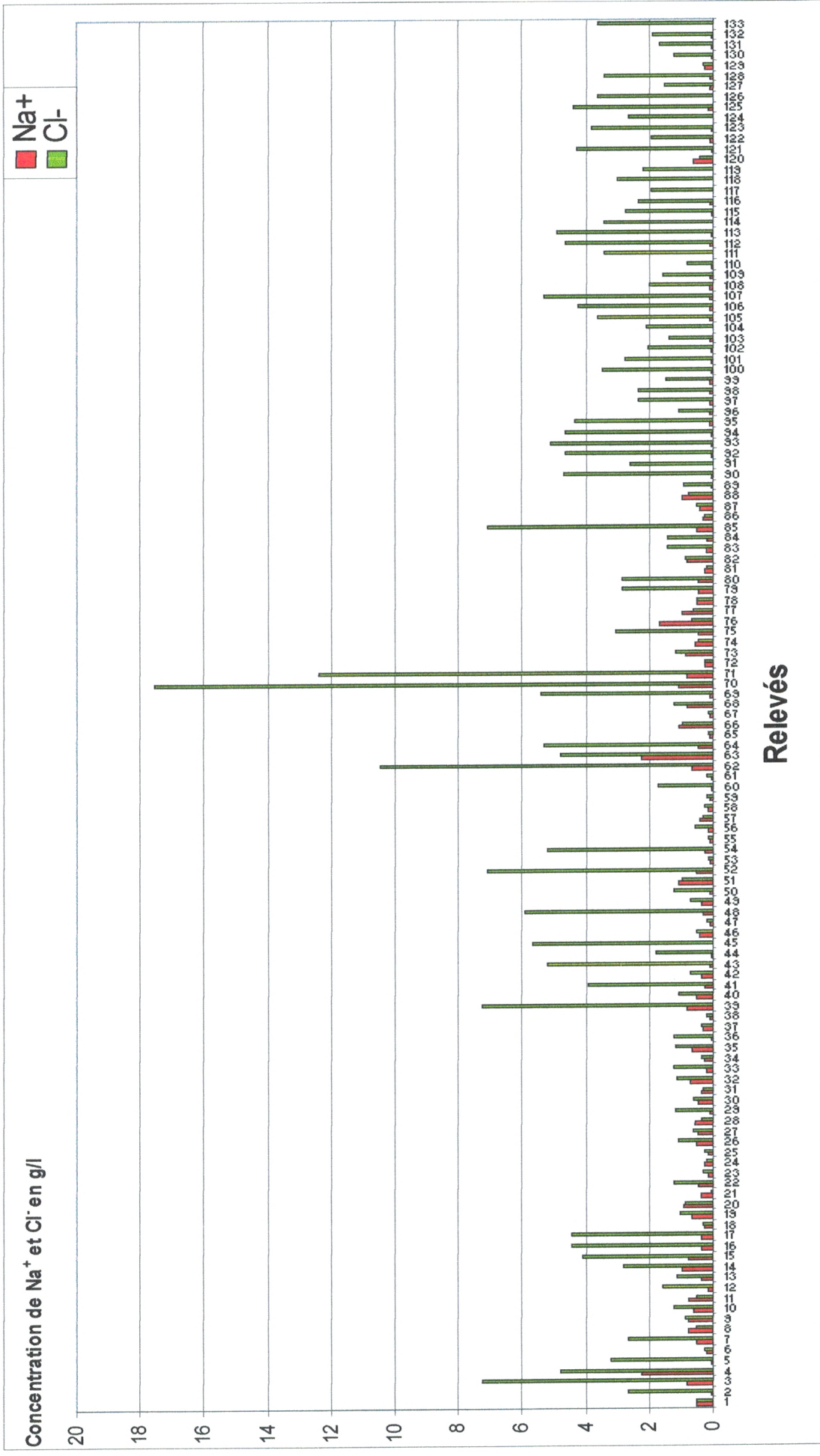


Figure 22 : Les valeurs de concentration de NaCl

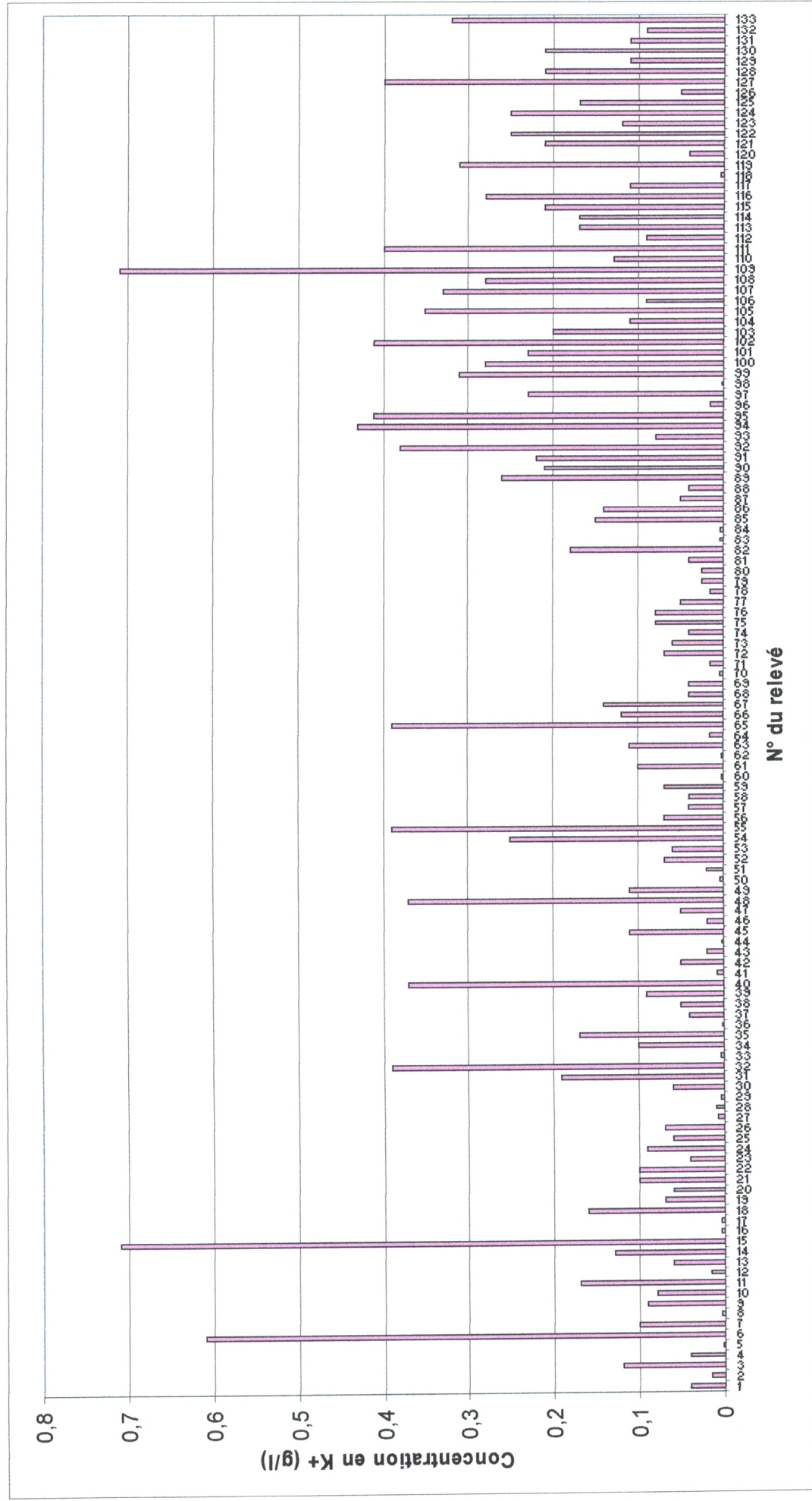


Figure 23 : Les valeurs de concentration de K⁺

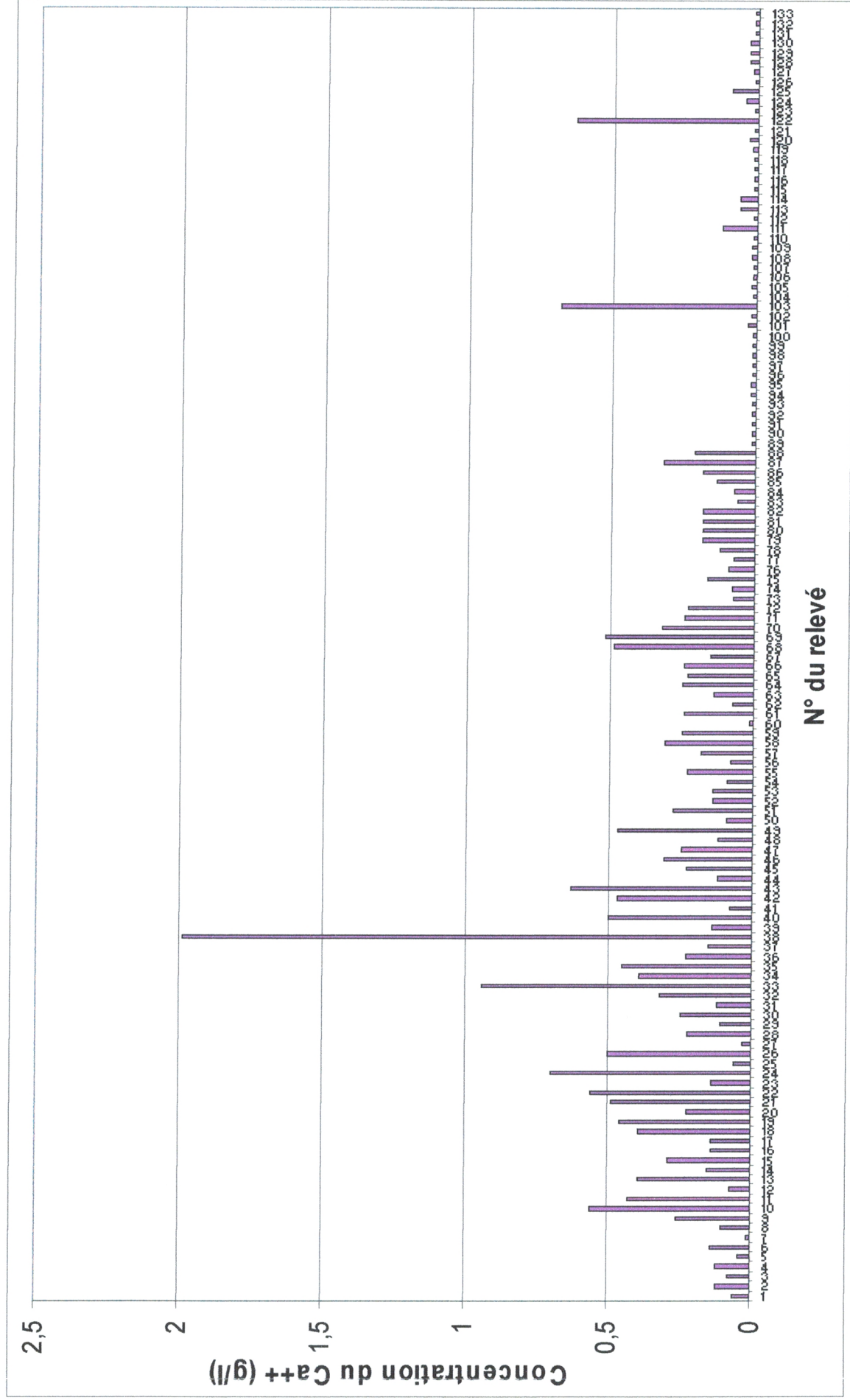


Figure 24 : Les valeurs de concentration de Ca⁺⁺

Chapitre 5 : Résultats et interprétations de l'analyse phytoécologique

5.1- Appréciation du rapport sol, végétation et eau

L'application de la télédétection et de l'imagerie satellitaire nous a permis de visualiser et d'apprécier, en une première étape, les grands ensembles (sol, végétation, eau).

La discrimination entre le sol, la végétation et l'eau s'est faite par la carte de composition colorée et la carte de l'indice de végétation.

5.1.1- La carte de composition colorée

La carte de composition colorée (Fig. 25) réalisée dans les plans image infrarouge, rouge et vert permet de visualiser et d'estimer, comme pour le cas de notre étude, la proportion de la végétation de la zone humide.

La couleur rouge de la carte indique la végétation naturelle et les terrains agricoles, la couleur noir, nous informe sur la proportion de l'eau (le marais de notre cas) et la couleur bleu verdâtre renseigne sur les terrains de parcours ainsi que le sol nu.

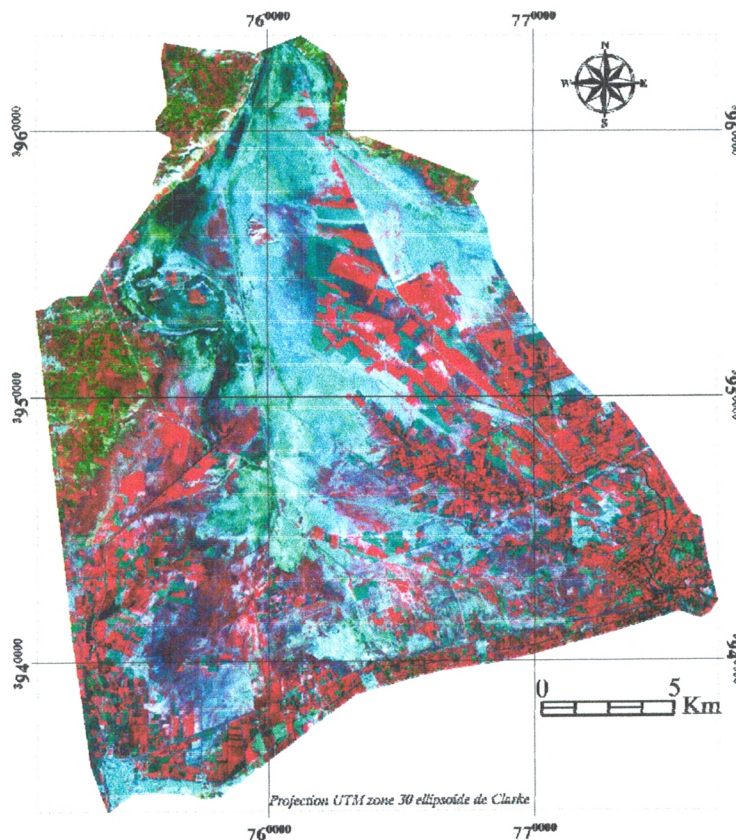


Figure 25 : Carte composition colorée de la zone

5.1.2- La carte d'indice de végétation

La carte d'indice de végétation, en plus à l'information offerte sur le sol et l'eau, elle permet de connaître la densité et la couverture de la végétation.

D'après la figure n° 26 et le tableau n° 32, la végétation occupe une superficie de 23 195 ha soit un taux de 52,12 % et que sol nu représente une surface de 3 989 ha soit un taux de 8,96 %.

Tableau 32 : La proportion de la végétation par rapport au sol et l'eau

	Superficie (ha)	Pourcentage %
Plan d'eau	199	0,45
Sol nu	3 989	8,96
Sol peu ou pas couvert	17 117	38,47
Végétation dense	14 098	31,68
Végétation très dense	9 097	20,44
Total	44 500	100

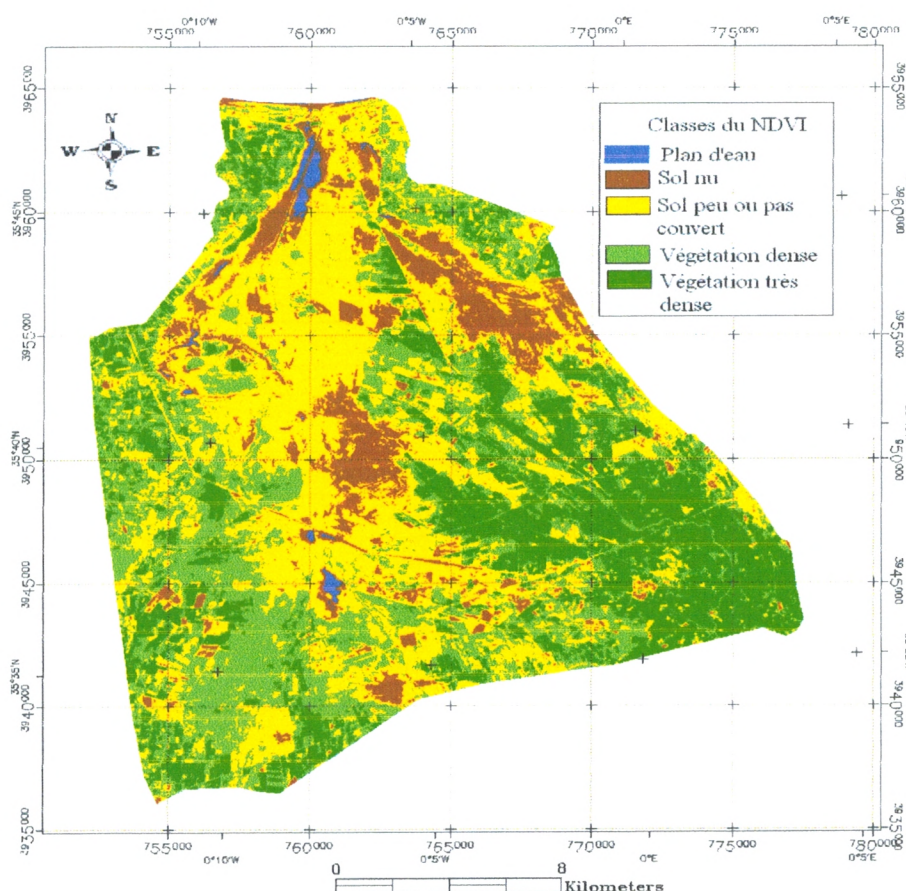


Figure 26 : Carte de l'indice de végétation

5.2- La composition systématique

Les décisions taxonomiques concernant l'organisation des familles découlent de GREUTER et al. (1984-1989) pour les gymnospermes. Pour les angiospermes, nous nous sommes basés sur la classification de CRONQUIST (1981) et JUDD et al (2002).

La richesse spécifique de la zone humide de la Macta, évaluée dans la présente thèse, par le biais de 133 relevés de végétation est estimée à 83 espèces groupées en 75 genres et 35 familles (Annexe. 5 – Tab. 51 et Fig. 27). Ces espèces se répartissent entre une espèce pour les gymnospermes et 82 espèces en angiospermes dont : 10 espèces monocotylédones et 72 espèces dicotylédones) (Annexe. 6 - Tab. 52)

Les familles les plus riches sont les *Chénopodiaceae*, *Astéraceae*, *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, et *Apiaceae* avec respectivement 28,40%, 17,24%, 13,18%, 7,10% et 4,26% de taxons.

Il ressort de ces résultats que la zone humide de la Macta enregistre une richesse floristique assez importante malgré l'ampleur de la dégradation à laquelle elle est soumise.

Les *Chénopodiaceae*, *Astéraceae*, *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, et *Apiaceae* sont des familles particulièrement liées à la zone humide.

La dominance de la famille des *Chénopodiaceae*, composée surtout de plantes halophytes, détermine clairement le statut de la zone humide comme étant une zone à sol salin.

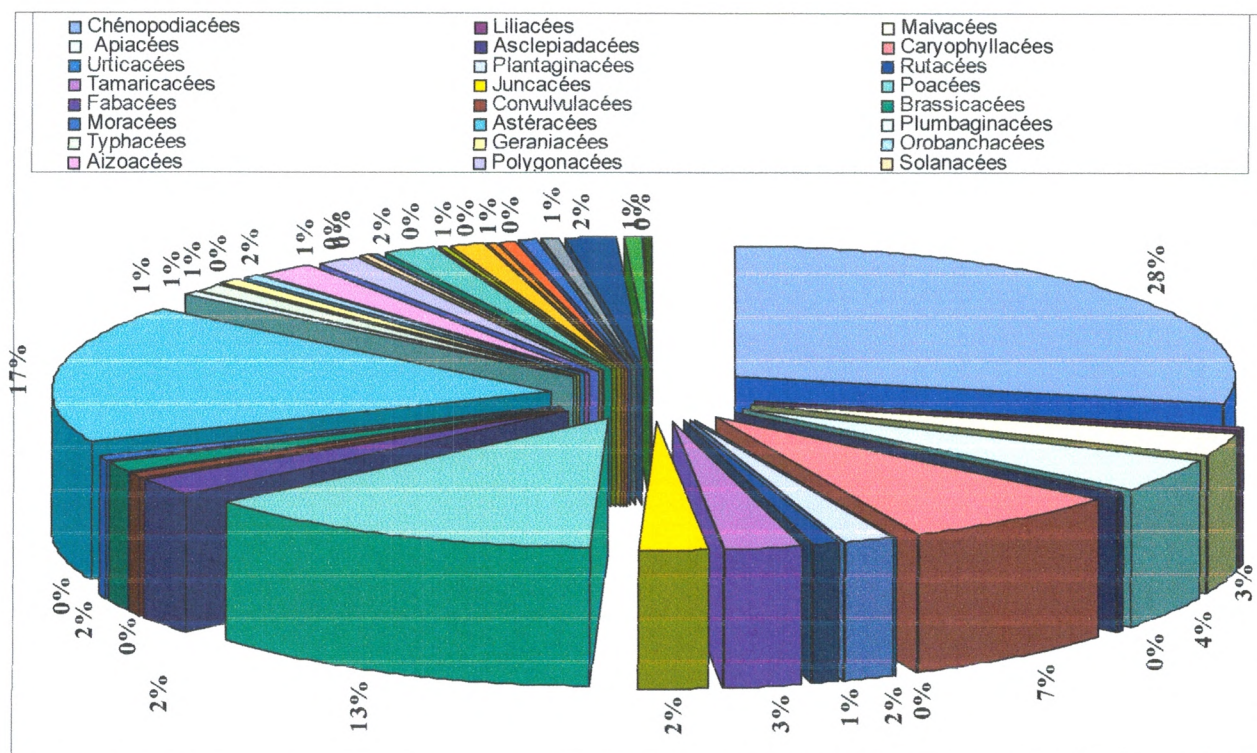


Figure 27 : Représentation des familles au niveau de la zone humide de la Macta

5.3- Les formes biologiques

Le type biologique d'une plante est la résultante sur la partie végétative de son corps, de tous les processus biologiques y compris ceux qui sont modifiés par le milieu pendant la vie de la plante et qui ne sont pas héréditaires (POLUMIN, 1967).

Nombreux sont les systèmes classant les divers formes composant la végétation. La plus satisfaisante, bien qu'elle ne soit pas parfaite, est celle de RAUNKIAER, car elle est simple, claire, et vise un but d'explication biologique, ou plus exactement écologique (GORDON et al, 1983).

RAUNKIAER (1934) part, en effet, du raisonnement que les plantes, du point de vue biologique, sont avant tout, organisées pour traverser la période critique du cycle saisonnier, qui peut être l'hivers à cause du froid ou l'été à cause de la sécheresse (Annexe. 7).

L'étude du spectre biologique, qui correspond aux pourcentages des types biologiques des espèces présentes dans la zone humide de la Macta, montre que les thérophytes (51,21%), les chaméphytes (23,71%) et les hémicryptophytes (20,55%) sont les plus représentées avec une dominance plus importante du thérophytes (Annexe. 6 - Tab. 53 et Fig. 28).

Les thérophytes sont dans cette étude, la forme biologique la mieux adaptée aux conditions d'une telle zone. L'abondance des thérophytes peut être expliquée par la forte représentativité des habitats à immersion saisonnière, propices au développement de plantes annuelles à germination et croissance rapides. Les marécages semi permanents restent favorables aux hémicryptophytes, qui présentent un caractère assez hygrophile (CHEVASSUT, 1956), et dans une certaine mesure aux géophytes. Pour ELLENBERG et al (1968) « les chaméphytes sont mieux adaptés à l'aridité ».

D'après VIDAL et al (1998) les thérophytes et les hémicryptophytes sont classiquement considérées comme étant particulièrement adaptées aux forts régimes de perturbation et aux conditions de stress induites par les fluctuations imprévisibles du climat méditerranéen.

5.4- Les types morphologiques

La classification des espèces végétales rencontrées au niveau de la zone humide de la Macta, par type morphologique, montre la dominance des herbacées annuelles avec 50 % suivi par les herbacées vivaces (27%) et les ligneux vivaces (23%) (Annexe. 6 - Tab. 53 et Fig. 29).

Ces données illustrent la particularité de la zone humide de la Macta comme étant une zone peuplée surtout par une végétation herbacée. L'accroissement des herbacées annuelles, est due à l'envahissement des thérophytes, qui sont en générale des herbacées annuelles.

Les ligneux vivaces présents au niveau de la zone humide de la Macta sont représentés surtout par les phanérophytes qui ne sont, dans l'ensemble, que des arbres.

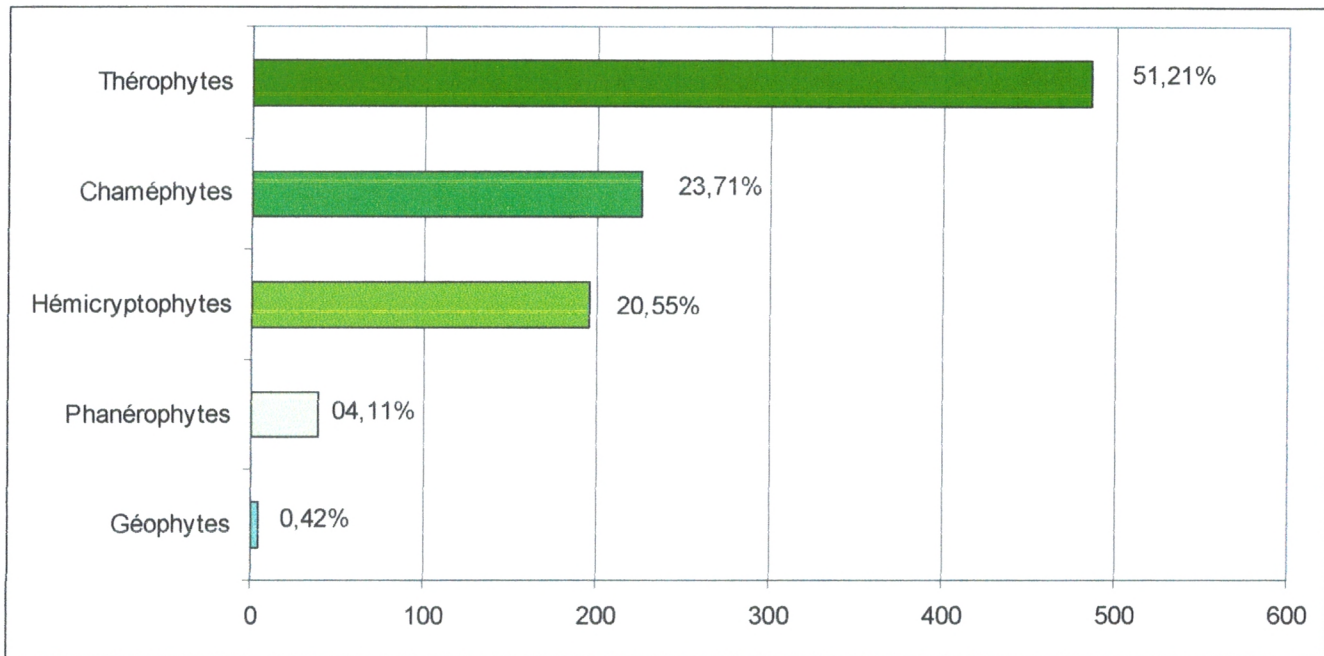


Figure 28 : Le spectre biologique de la flore de la zone humide de la Macta

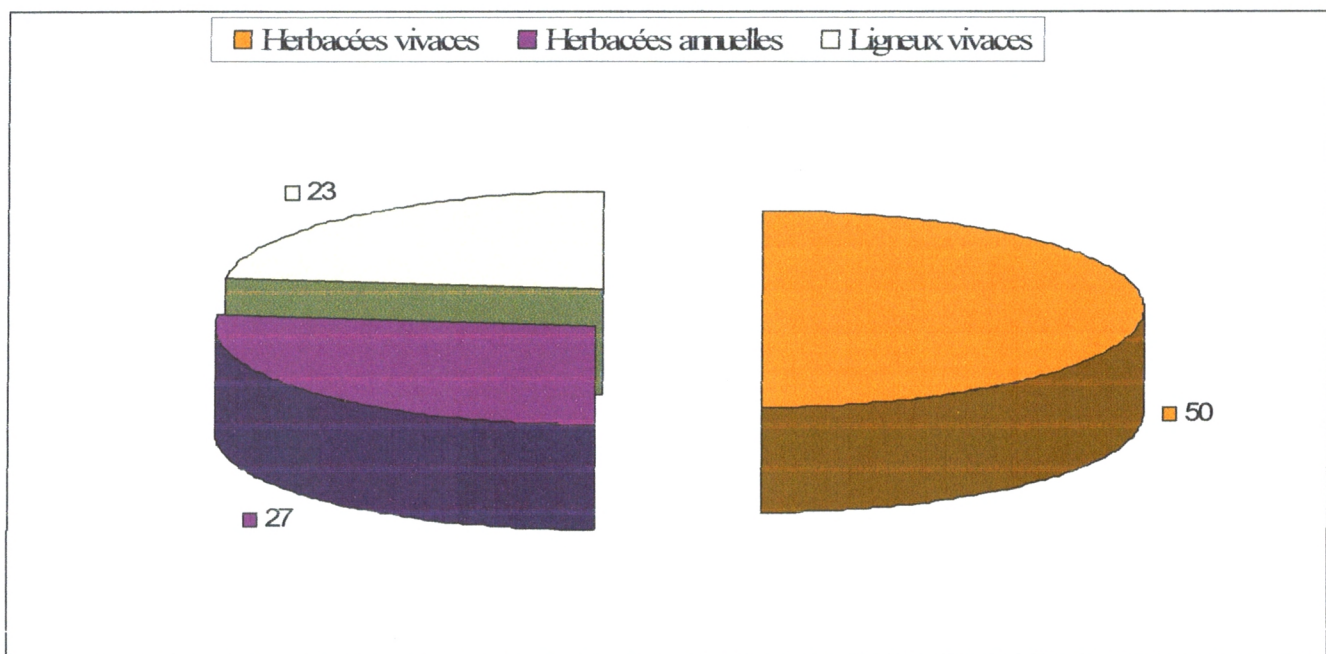


Figure 29 : Les types morphologiques rencontrés au niveau de la zone humide de la Macta

5.5- Les éléments phytochoriques

L'analyse phytochorique entamée au niveau de ce travail renseigne sur l'origine géographique de chaque espèce récoltée d'une part et de connaître au mieux la diversité de la zone d'autre part. Plusieurs travaux ont été réalisés sur ce domaine, ceux de AXELORD (1973), AXELORD et RAVEN (1978) et QUEZEL (1978, 1985 et 1995).

L'origine des espèces dans la zone humide de la Macta est très diversifiée (Fig. 30), les cosmopolites et les subcosmopolites (41%) et les euro-méditerranéens (25%) représentent la moitié des espèces rencontrées. Le reste totalise un taux de 34% (Annexe. 6 - Tab. 53 et Fig. 30 et Annexe. 8).

On additionnant les espèces rencontrées, d'origine méditerranéennes, le taux s'élève à 35,62%. L'élément méditerranéen au sens large est de loin, le contingent le plus important dans la zone humide de la Macta.

A la lumière de ces résultats, la zone humide de la Macta du point de vue éléments biogéographiques, montre une diversité en origine des espèces présentes.

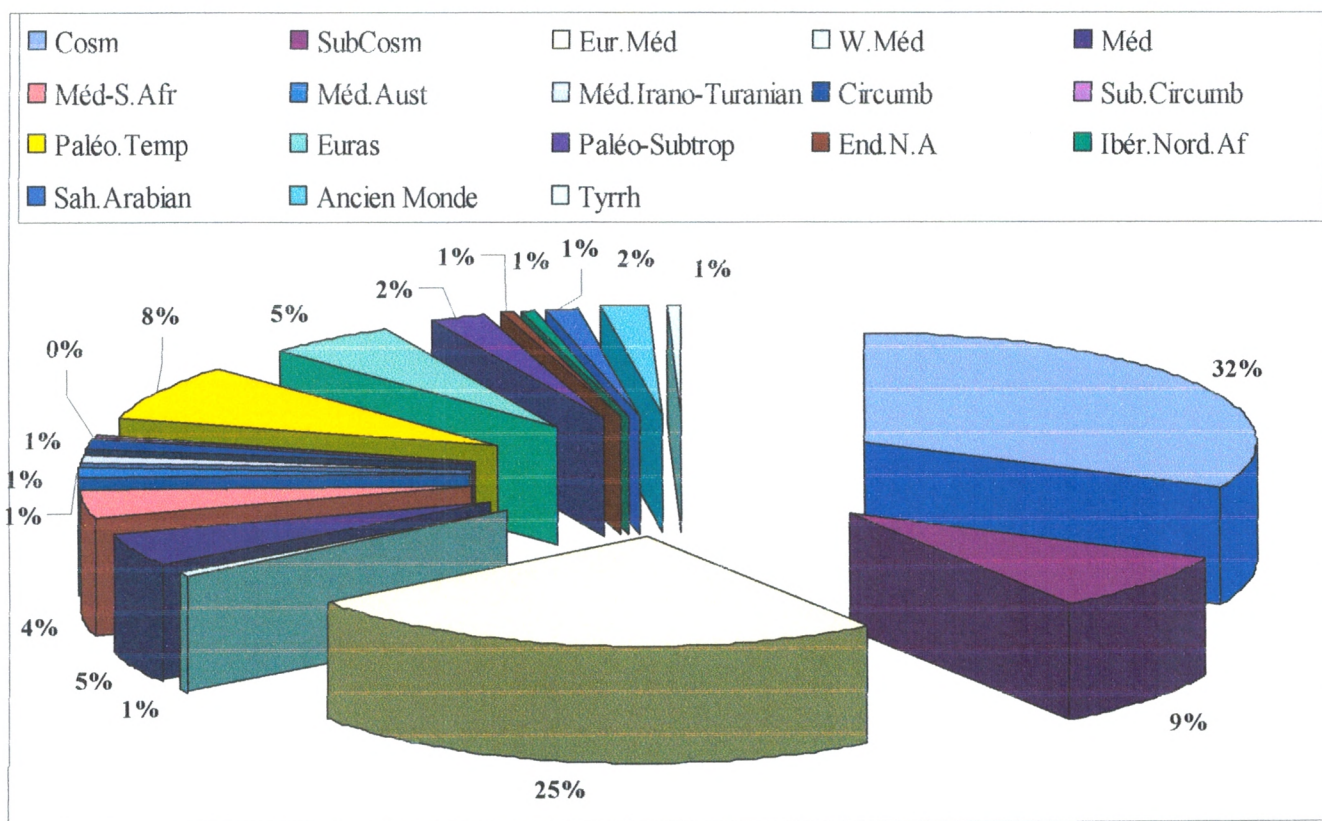


Figure 30 : L'élément phytochorique de la zone humide de la Macta

5.6- La flore vasculaire halophyte

Le monde des espèces halophytes accuse une place intéressante dans le règne végétale non pas par le nombre, estimé par LE HEOUROU (1993) à 6000 espèces soit 2% des phanérogames, mais par sa présence aussi importante colonisant des écosystèmes assez particuliers reconnaissables par leur taux de salinité élevé. Selon le même auteur, la région sous climat méditerranéen, de l'océan atlantique à la mer Aral et la vallée indienne, compte 1100 espèces, environ 5% de sa flore terrestre.

La contribution de AHARONSON et *al* (1969) donne une appréciation sur le taux des espèces halophiles par famille : le 1/4 des espèces halophytes sont des chénopodiacées, 1/10 graminées, 1/20 légumineuses, 1/25 composées et plumbaginacées, 1/33 aizoacées et cyperacées, 1/50 tamaricacées et zygophylacées

La détermination et la classification des espèces dites halophytes de la zone humide de la Macta a succité l'utilisation d'une série de travaux comme ceux de : SIMONNEAU (1952) ; PRESS J.R et *al* (1987) ; EL HAMROUNI (2001) ; ANONYME (2002) ; HAMMADA et *al* (2002) ; HAMMADA et *al* (2004) ; FENNANE et IBN TATTOU (2005) ; BELAQZIZ (2006) et HAMMADA (2007).

Les espèces halophytes rencontrées au niveau de la zone humide de la Macta sont au nombre de 19 taxons soit un taux de 23 % par rapport aux espèces représentées. En tenant compte de la fréquence des espèces, sur les 133 relevés, les espèces halophytes représentent une présence absolue de 511/981 soit un taux de 52,09 %. Ce chiffre montre clairement que les espèces les plus dominantes et dont le recouvrement reste le plus important sont les halophytes (Tab. 33)

La famille des Chénopodiacées est la mieux représentée avec 07 espèces et une présence absolue de 50,29% suivi par la famille des Poacées avec deux espèces et une présence absolue de 13,89 %, de la famille des Aizoacées avec deux espèces et une présence absolue de 7,43%.

Les espèces halophytes totalise un taux de présence absolue important au niveau de la zone humide de la Macta sont : *Atriplex halimus* L (12,72%), *Spergularia diandra* Guss (12,52%), *Suaeda fruticosa* L (11,55%), *Hordeum maritimum* With (10,17%), *Salicornia fruticosa* L (8,81%) et *Beta macrocarpa* Gauss (7,04%).

Tableau 33 : Les espèces halophytes de la zone humide de la Macta

Famille	espèce	Présence absolue	Taux (%)
Chenopodiaceae	<i>Atriplex halimus</i> L	65	12,72
	<i>Beta macrocarpa</i> Gauss	36	7,04
	<i>Salicornia fruticosa</i> L	45	8,81
	<i>Sueada fruticosa</i> L	59	11,55
	<i>Salsola kali</i> L	25	4,89
	<i>Sueada maritima</i> L	14	2,74
	<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric	13	2,54
S/Total		257	50,29
Poaceae	<i>Hordeum maritimum</i> With	52	10,17
	<i>Phragmites communis</i> L	19	3,72
S/Total		71	13,89
Plantaginaceae	<i>Plantago coronopus</i> L	16	3,13
Tamaricaceae	<i>Tamarix africana</i> Poiret	25	4,89
Juncaceae	<i>Juncus maritimus</i> Lamk	23	4,50
Asteraceae	<i>Centaurium pulchellum</i> Swarts	3	0,58
	<i>Polypogon monspeliensis</i> L	8	1,57
S/Total		11	2,15
Aizoaceae	<i>Mesembryantum crystallinum</i> L	10	1,95
	<i>Mesembryantum nodiflorum</i> L	28	5,48
S/Total		38	7,43
Caryophyllaceae	<i>Spergularia diandra</i> Guss	64	12,52
Plumbaginaceae	<i>Limonium delicatulum</i> De Gir	3	0,59
	<i>Limonium feralaceum</i> L	3	0,59
S/Total		6	1,18
Total		511	100

5.7- Indices de diversité

L'indice de diversité est un modèle mathématique qui permet de quantifier la diversité, sa répartition spatiale et ses variations dans le temps. Dans la littérature, il y a plusieurs indices utilisés. Nous nous sommes contentés d'utiliser les indices les plus simples et les plus utilisés dans l'étude de la biodiversité à savoir la richesse spécifique (S), l'indice de SHANNON (H') et l'indice de régularité de PIELOU ou l'équitabilité (E).

5.7.1- Indice de richesse spécifique

Cet indice représente le nombre d'espèces rencontrées pendant une date bien précise (BLONDEL, 1969). La richesse spécifique de la zone humide de la Macta s'élève à **83** espèces.

5.7.2- Indice de diversité spécifique de SHANNON [H']

Selon FRONTIER et PICHOD-VIALE (1993), l'indice de diversité spécifique de SHANNON est un indice de diversité, indépendant d'une hypothèse de distribution. Cet indice mesure précisément la quantité moyenne d'information donnée par l'indication de l'espèce d'un individu de la collection – moyenne calculée sur la collection à partir des proportions d'espèces que l'on y a observées-. Il permet d'effectuer une mesure de la composition en espèces d'un écosystème, en termes du nombre d'espèces et de leurs abondances relatives. Il est exprimé par la formule suivante :

$$H' = - \sum P_i * \log_2 P_i \text{ d'où } P_i = n_i/N$$

P_i : probabilité de rencontre l'espèce i dans le groupement. Pour notre étude nous avons utilisé le recouvrement relatif de l'espèce dans le groupement au lieu de sa probabilité d'apparition.

n_i : l'effectif de l'espèce i ou le recouvrement relatif de l'espèce i .

N : l'effectif total ou le recouvrement relatif total d'individus.

L'indice de SHANNON s'exprime en «bits par individus». Il varie entre 0,5 et 5 bits/individus, dans le même sens que la richesse spécifique et en fonction des mêmes paramètres dynamiques et environnementaux (LACOSTE et SALANON, 1999). Quand il est faible, il correspond à un peuplement dominé par une espèce, ou un peuplement composé d'un petit nombre d'espèces avec une grande diversité biologique, par contre, quand il est élevé, il correspond à un peuplement composé par un grand nombre d'espèces et une faible diversité biologique.

Dans la zone humide de la Macta, cet indice est évalué à **1,84**. Cela s'explique par le fait que la zone est peuplée par un nombre d'espèces végétales restant faible mais avec une diversité importante.

5.7.3- L'indice de régularité de PLOU ou équitabilité [E]

L'évaluation de la diversité spécifique d'un échantillon est généralement complétée par un indice d'équitabilité (E). Celle-ci représente le rapport entre la diversité spécifique de Shannon maximale théorique et le logarithme de richesse spécifique de l'échantillon. Il est exprimé par la formule :

$$E = \frac{H'}{\log_2 N}$$

Selon RAMADE (1981) « l'équitabilité d'un peuplement comportant dix espèces différentes sera maximale si les populations de chacune de ces espèces comportent le même nombre d'individus et au contraire l'équitabilité est faible si une de ces espèces représente à elle seule 99 % du nombre total d'individus présents dans ce peuplement ».

Cette quantité varie de 0 à 1, elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus (RAMADE, 1994).

Cet indice permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité de SHANNON ne peut pas déciller. Ainsi, plus il se rapproche de un plus il est synonyme d'un peuplement équilibré.

Dans notre cas cet indice est faible (**0,29**) car la zone humide de la Macta est constituée par un peuplement déséquilibré suite aux différentes agressions permanentes d'origine naturelle et anthropique qu'elle subit comme :

- Période de sécheresse.
- Défrichement
- Pâturage prolongé.

5.8 - Etude floristique multidimensionnelle

L'approche phytoécologique de la végétation a été abordée à l'aide de l'analyse factorielle correspondances (AFC) ; celle-ci a été appliquée à un tableau comportant en lignes 83 espèces exprimées en abondance-dominance et 133 relevés en colonne (Annexe 5 – Tab. 51). L'objectif de cette analyse est le regroupement des espèces suivant leur affinité floristique.

Une première analyse de la représentation multidimensionnelle de ce tableau a montré un chauvechement important des relevés ce qui rend très difficile de discerner les groupes de végétation en fonction des paramètres écologiques pris en charge.

Cette situation très confuse est du essentiellement à :

- La présence des espèces non fidèles à la zone humide de la Macta. Ces espèces représentent tous les arbres reboisés au niveau de la zone. On cite en l'occurrence : *Eucalyptus bosistoana* FVM, *Acacia horrida* Willd, *Cupressus sempervirens* L, *casuarina equisetifolia* L, *Ficus carica* L.

- L'existence d'un nombre important d'espèces ayant une présence absolue très faible dans les relevés effectués ; c'est des espèces à poids faible statistiquement parlant. On cite à titre d'exemple : *Chamaerops humilis* L, *Daucus carota* L, *Marrubium vulgare* L

VEDRENNE (1982), cite que « Ces espèces rares "espèces à faible présence relative", dont l'importance s'avère souvent surestimée, nuisent généralement à une bonne structuration et un bon étalement du nuage des points-placettes sur les plans factoriels, sans pour autant apporter d'information écologique pertinente ».

Afin de s'affranchir de cette distorsion et d'accéder à une perception plus nette de l'organisation des phytocénoses, les analyses ne prendront en compte que les espèces dont le nombre d'occurrences est important.

L'analyse factorielle des correspondances est possible pour les deux premiers axes, dont la connaissance de l'écologie des taxons, les plus contributifs, permet la mise en évidence de gradients écologiques pertinents intervenants dans la structuration des phytocénoses de la zone (Tab. 34)

Tableau 34 : Valeurs propres et taux d'inertie des axes factoriels

Axes	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
Valeurs propres	3,728	2,706	1,861	1,743	1,503
Taux d'inertie (%)	13,315	9,665	6,646	6,225	5,368
Cumul d'inertie (%)	13,315	22,981	29,627	35,852	41,219

Une interprétation de la répartition des espèces selon les deux premiers axes doit être prise en considération. Cette interprétation a permis de comprendre et d'établir par la suite la relation entre les groupes de végétation et les facteurs de l'environnement :

- Concernant l'axe 1 d'une valeur propre de 3.72 et d'un taux d'inertie de 13.31, on distingue que les espèces se distribuant autour de cet axe sont dans la plupart des espèces dite « halophytes » à l'exception de certaines espèces qui ne sont pas des halophytes comme : *Cichorium spinosum* L, *Phalaris paradoxa* L, *Scolymus maculatus* L, *Verbascum thapsus* L (Tab. 35).

Tableau 35 : Les taxons contributifs pour l'axe 1

Côté négatif de l'axe 1	Côté positif de l'axe 1
<i>Salicornia fruticosa</i> L	<i>Phragmites communis</i> L
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric	<i>Juncus maritimus</i> L
<i>Salsola kali</i> L	<i>Tamarix africana</i> Poiret
<i>Suaeda fruticosa</i> L	<i>Scolymus maculatus</i> L
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i> L	<i>Verbascum thapsus</i> L
<i>Spergularia diandra</i> Guss	<i>Atriplex halimus</i> L
	<i>Cichorium spinosum</i> L
	<i>Plantago coronopus</i> L

• Concernant l'axe 2 d'une valeur propre de 2.70 et d'un taux d'inertie de 9.66, on remarque que les espèces se partageant autour de cet axe sont dans la majorité des espèces des champs incultes en mélange avec certaines espèces halophytes du côté négatif de l'axe et espèces dites halophytes dans la plupart du côté positif de l'axe (Tab. 36).

Tableau 36 : Les taxons contributifs pour l'axe 2

Côté négatif de l'axe 1	Côté positif de l'axe 1
<i>Hordeum maritimum</i> With	<i>Phragmites communis</i> L
<i>Tragopogon dubius</i> Scop	<i>Juncus maritimus</i> L
<i>Anacyclus clavatus</i> Desf	<i>Tamarix africana</i> Poiret
<i>Verbascum thapsus</i> L	<i>Plantago coronopus</i> L
<i>Torilius nodosa</i> L	<i>Salicornia fruticosa</i> L
<i>Malva sylvestris</i> L	<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric
<i>Calendula algeriensis</i> B et R	<i>Salsola kali</i> L
	<i>Suaeda fruticosa</i> L
	<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i> L

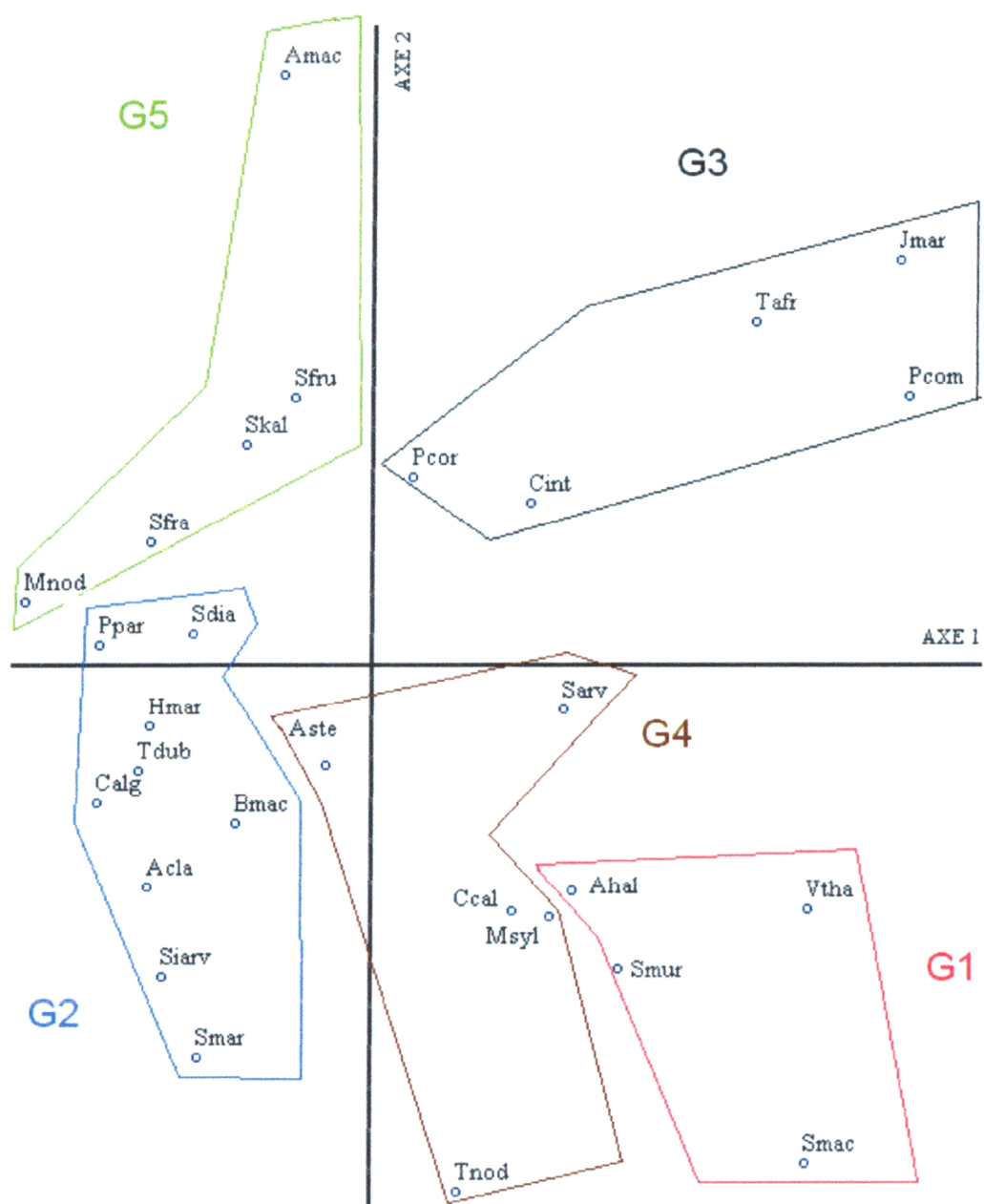


Figure 31 : Distribution des espèces de la Macta dans le plan A₁-A₂

L'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) a permis de déterminer cinq (05) groupes de végétation. Ces groupes de végétation sont rassemblés en fonction des facteurs de l'environnement en l'occurrence le facteur sol, le facteur le plus déterminants (Fig. 31) :

❶ **Groupe 1** : Le premier groupe est constitué des espèces suivantes : *Atriplex halimus* L, *Scolymus maculatus* L, *Scorpiurus muricatus* L et *Verbascum thapsus* L. Ce lot d'espèces est constitué par une seule espèce halophyte ; l'*Atriplex halimus* L (Annexe. 9 – Planche 4 - Photo. 23 et 24), dominant ce groupe par sa présence sur 65 relevés, les autres espèces du même groupe sont de 16 relevés pour *Scolymus maculatus* L (Annexe. 9 – Planche 4 - Photo. 26) et 16 relevés pour *Verbascum thapsus* L (Annexe. 9 – Planche 4 - Photo. 25) et 15 relevés pour *Scorpiurus muricatus* L (Annexe. 9 – Planche 4 - Photo. 27). En ce référant à l'espèce dominante et en égard des différentes analyses effectuées, il s'avère que ce groupe repose en grande partie sur un sol argileux (29/65 relevés) (R1, R12, R19, R21, R27, R39, R47, R56, R59, R60, R91, R93, R96, R97, R105, R106, R111, R113, R118, R121, R122, R123, R124, R125, R126, R128, R129, R130, R132), un sol à texture limono-sablo-argileux (15/65 relevés) (R7, R25, R29, R30, R31, R38, R44, R54, R58, R104, R112, R114, R116, R117, R133) et un sol limono-argilo-sableux (10/65 relevé) (R34, R46, R51, R81, R90, R98, R103, R107, R108, R110).

Le sol de ce groupe est caractérisé par une richesse moyenne en matière organique (39/65 relevés) soit 60% (R1, R19, R21, R25, R27, R29, R30, R31, R38, R39, R44, R46, R49, R54, R58, R60, R75, R78, R83, R84, R90, R91, R93, R95, R103, R104, R109, R112, R113, R114, R116, R122, R123, R124, R125, R126, R129, R130, R132), d'une perméabilité variant entre peu et moyenne perméabilité [25/65 relevés pour la première (R21, R33, R39, R44, R49, R51, R56, R59, R75, R84, R87, R97, R98, R103, R104, R105, R106, R108, R109, R112, R114, R116, R122, R123, R130) et 24/65 relevés pour la deuxième (R1, R7, R10, R12, R19, R25, R27, R29, R34, R38, R47, R58, R60, R83, R93, R108, R113, R117, R122, R124, R125, R126, R129, R131)], d'une salinité, variant entre faiblement salé à moyennement salé [22/65 relevés pour la première (R1, R7, R10, R31, R34, R46, R47, R60, R75, R90, R96, R98, R104, R105, R106, R110, R111, R116, R118, R123, R126, R129) et 20/65 relevés pour la deuxième (R12, R19, R27, R29, R30, R49, R59, R91, R97, R107, R108, R109, R112, R113, R114, R121, R125, R128, R130, R133)].

Le sol de ce groupe est caractérisé par un potentiel d'humidité moyen, 34/65 relevés soit un taux de 52,30% (R1, R7, R10, R38, R58, R81, R90, R91, R92, R93, R96, R97, R98, R103, R104, R105, R106, R107, R109, R110, R111, R112, R113, R117, R121, R122, R124, R125, R126, R128, R129, R131, R132, R133), d'un pH basique avec 46/65 relevés soit un taux de 70,76% (R1, R7, R10, R12, R19, R21, R25, R27, R29, R30, R31, R34, R38, R39, R44, R46, R47, R49, R51, R54, R56, R59, R60, R75, R78, R83, R84, R89, R90, R95, R97, R98, R103, R104, R105, R107, R108, R109, R110, R111, R114, R116, R117, R121, R124, R129) et d'un taux de calcaire variant entre peu à moyennement calcaire [34/65 relevés pour la première (R1, R7, R10, R12, R19, R27, R29, R34, R39, R44, R56, R59, R60, R75, R78, R81, R83, R84, R89, R90, R91, R93, R98, R104, R109, R117, R121, R122, R124, R125, R126, R128, R129, R130) et 31/65 pour la deuxième (R21, R25, R30, R31, R38, R46, R47, R49, R51, R54, R58, R92, R95, R96, R97, R103, R105, R106, R107, R108, R110, R111, R112, R113, R114, R116, R118, R123, R131, R132, R133)].

Les sorties sur terrain ont permis de distinguer que ce groupe se répartit du centre vers le sud et du côté Sud-est de la zone humide. L'*Atriplex halimus* L reste une des plus importante espèce de la zone de part la superficie occupée et de sa valeur nutritive pour les animaux. Le cortège floristique, en plus des espèces citées auparavant, est composé de *Sonchus arvensis* L, *Anacyclus clavatus* Desf, *Beta macrocarpa* Gauss, *Hordeum maritimum* With, *Torilius nodosa* L, *Erodium malacoide* L et *Malva sylvestris* L (Tab. 37).

Selon SIMONNEAU (1952) « La touffe d'*Atriplex halimus* L croit en grosses touffes, elle peut atteindre 1,50 m de hauteur et 2 à 3 m de diamètre. » ; actuellement la touffe d'*Atriplex halimus* L ne dépasse guère les 0,70 m de hauteur et les 1 à 1,5 m de diamètre car elle est constamment broutée par le cheptel d'une part et par la sécheresse qui a sévit ces dernières années, interrompant le développement de cette espèce. L'apparition des espèces épineuses dans ce groupe tel que *Scolymus maculatus* L est un autre fait à signaler dans la composition floristique. « Cette présence ne peut s'expliquer que par la faiblesse des précipitations constatée depuis une trentaine d'année, ainsi qu'à l'utilisation quasi-permanente de cet espace comme terrain de parcours » (BELGHERBI et BENABDELI, 2010). Cet ensemble est loin des submersions hiverno-automnales du marais.

Tableau 37 : Quelques relevés représentatifs du groupe 1

Espèces / Relevés	R27	R59	R60	R90	R111	R112	R113
<i>Atriplex halimus</i> L	3,3	1,2	1,2	2,2	3,2	4,3	4,2
<i>Anacyclus clavatus</i> Desf		+	3,3		2,4		
<i>Phalaris paradoxa</i> L					3,3		
<i>Scolymus maculatus</i> L		+		3,2	1,4	3,2	2,1
<i>Centaurea aspera</i> L					+		1,1
<i>Beta macrocarpa</i> Gauss	4,4	+			+		+
<i>Scorpiurus muricatus</i> L					+		4,3
<i>Hordeum maritimum</i> With	3,3	2,2	3,3		+		
<i>Convolvulus arvensis</i> L		2,2			+		
<i>Plantago coronopus</i> L			+		+		
<i>Malva sylvestris</i> L	3,4				1,1		
<i>Torilius nodosa</i> L		3,3	2,1		1,1		
<i>Sonchus arvensis</i> L	+	+			1,1		
<i>Asphodelus microcarpus</i> Salzm et Viv		+			1,1		
<i>Tamarix africana</i> Poiret		+				2,2	2,2
<i>Juncus maritimus</i> Lamk						1,1	
<i>Xanthium spinosum</i> L						1,1	
<i>Centaureum pulchellum</i> Swarts						1,1	
<i>Citrus aurantiuim</i> L						1,1	
<i>Salicornia fruticosa</i> L	2,2						
<i>Ferula communis</i> L			3,3				
<i>Sapindus utilis</i> Trab.		+					
<i>Marrurbuim vulgare</i> L				2,2			
<i>Sueada fruticosa</i> L	3,3						
<i>Phragmites communis</i> Trin	2,3						
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L						1,1	
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill	2,3			3,2			
<i>Erodium malacoide</i> L			3,3	2,2	+		
<i>Cichorium spinosum</i> L				1,1			
<i>Verbascum thapsus</i> L				+		4,1	
<i>Oxalis corniculata</i> L				+	+		
<i>Centaurea solstitialis</i> L			1,2		+		
<i>Sueada maritima</i> L					2,1		
<i>Salsola kali</i> L	2,2						
<i>Tragopogon dubius</i> Scop		+	2,3				
<i>Centaurea calcitrapa</i> L		+	1,1				
<i>Solanum nigrum</i> L		+					
<i>Broussonetia papyrifera</i> L	+	+					
<i>Calendula algeriensis</i> B et R			3,3				
<i>Sinapis arvensis</i> L		+	+				
<i>Lavatera critica</i> L		1,2	1,1				
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i> L	1,1	1,2	1,1				

② **Groupe 2** : Le deuxième groupe est constitué de : *Spergularia diandra* Guss, *Hordeum maritimum* With, *Beta macrocarpa* Gauss, *Phalaris paradoxa* L, *Tragopogon dubius* Scop, *Anacyclus clavatus* Desf, *Sinapis arvensis* L, *Calendula algeriensis* B et R et *Suaeda maritima* L (Tab. 38)

Cet ensemble est constitué de trois espèces halophytes (*Spergularia diandra* Guss, *Hordeum maritimum* With et *Suaeda maritima* L) ; les autres espèces sont des espèces des terrains friches, des pelouses et des cultures. C'est l'espèce *Spergularia diandra* Guss (Annexe. 9 – Planche 5 - Photo. 28) qui domine ce groupe (64 relevés) avec une présence aussi importante de *Hordeum maritimum* With (52 relevés) (Annexe. 9 – Planche 5 - Photo. 29). Les autres espèces totalisent successivement : 36 relevés pour *Beta macrocarpa* Gauss, 33 relevés pour *Phalaris paradoxa* L, 29 relevés pour *Tragopogon dubius* Scop, 22 relevés pour *Anacyclus clavatus* Desf (Annexe. 9 – Planche 5 - Photo. 30), 16 relevés pour *Sinapis arvensis* L (Annexe. 9 – Planche 5 - Photo. 31), 14 relevés pour *Calendula algeriensis* B et R (Annexe. 9 – Planche 5 - Photo. 32) et 14 relevés pour *Suaeda maritima* L.

Cette ensemble repose sur un sol argileux (27/64 relevés) (R3, R12, R13, R18, R19, R21, R32, R35, R36, R40, R43, R45, R53, R56, R60, R69, R70, R71, R73, R77, R82, R87, R91, R106, R125, R126, R128) pour *Spergularia diandra* Guss, 24/52 relevés (R1, R4, R12, R13, R14, R18, R19, R21, R27, R32, R35, R39, R40, R43, R47, R56, R59, R60, R61, R97, R111, R121, R130) pour *Hordeum maritimum* With.

Le sol de ce groupe est caractérisé par une richesse moyenne en matière organique (35/64 relevés) soit 54,68% (R3, R5, R19, R20, R21, R23, R29, R32, R43, R44, R48, R49, R52, R53, R54, R55, R58, R60, R64, R71, R72, R75, R77, R78, R82, R83, R84, R85, R86, R88, R91, R104, R125, R114, R119 et R126) pour *Spergularia diandra* Guss, et 32/52 relevés (R1, R2, R4, R5, R14, R19, R20, R21, R22, R27, R29, R32, R39, R41, R42, R43, R44, R46, R48, R49, R52, R54, R55, R58, R60, R61, R83, R84, R85, R103, R104 et R130) pour *Hordeum maritimum* With.

La perméabilité pour cet ensemble est d'une intensité moyenne ; la *Spergularia diandra* Guss totalise 36/64 relevés à perméabilité moyenne soit un taux de 56,25% (R3, R5, R19, R20, R21, R23, R29, R32, R43, R44, R48, R49, R52, R53, R54, R55, R58, R60, R64, R71, R72, R75, R77, R78, R82, R83, R84, R85, R86, R88, R91, R104, R114, R119, R125 et R126) ; *Hordeum maritimum* With quant à elle totalise 22/52 relevés (R4, R8, R14, R18, R20, R21, R22, R32, R41, R44, R48, R49, R50, R55, R56, R59, R61, R84, R97, R103, R104 et R130).

L'humidité du sol de ce groupe variée entre un potentiel faible, moyenne et humide pour les deux espèces ; *Spergularia diandra* Guss totalise 22/64 relevés à potentiel d'humidité faible (R13, R21, R35, R40, R44, R49, R53, R55, R56, R60, R69, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R86, R87 et R127), 21/64 relevés à potentiel d'humidité modéré (R5, R7, R18, R23, R24, R32, R36, R43, R52, R58, R64, R81, R91, R92, R104, R106, R115, R119, R125 et R126 et R128) et 22/64 à potentiel d'humidité important (R3, R8, R12, R15, R19, R20, R29, R45, R48, R50, R54, R62, R65, R70, R71, R80, R82, R83, R84, R85, R88 et R114), quant à l' *Hordeum maritimum* With totalise 16/52 relevés à potentiel d'humidité faible (R13, R21, R22, R27, R35, R39, R40, R42, R44, R49, R55, R56, R59, R60, R61 et R130), 20/52 relevés à potentiel d'humidité modéré (R1, R2, R4, R5, R7, R10, R18, R32, R33, R34, R41, R43, R47, R52, R58, R97, R103, R104, R111 et R121) et 16/52 relevés à potentiel d'humidité important (R8, R12, R14, R19, R20, R29, R46, R48, R50, R54, R65, R79, R80, R83, R84 et R85).

La salinité du sol pour ce groupe varié entre salé, fortement salé et très fortement salé. La *Spergularia diandra* Guss totalise 33/64 relevés (R3, R5, R8, R15, R18, R21, R24, R32, R35, R40, R43, R44, R48, R52, R54, R55, R56, R58, R62, R64, R65, R69, R70, R71, R76, R80, R81, R85, R78, R83, R84, R92 et R127) soit un taux de 51,56% et 18/64 relevés moyennement salé (R12, R13, R19, R20, R23, R29, R49, R73, R74, R77, R82, R87, R88, R91, R114, R119, R125 et R128) ; l' *Hordeum maritimum* With quant à elle totalise 26/64 relevés entre salé, fortement salé et très fortement salé (R2, R4, R5, R8, R18, R21, R32, R33, R35, R39, R40, R43, R44, R48, R52, R54, R55, R56, R58, R65, R79, R80, R83, R84, R85 et R103) et 26/64 relevés entre faiblement salé et moyennement salé (R1, R7, R10, R12, R13, R14, R19, R20, R22, R27, R29, R34, R41, R42, R46, R47, R49, R50, R59, R60, R61, R97, R104, R111, R121, R130)

Le pH du sol pour ces deux espèces est de même, il est déterminé au profit d'un pH basique ; la *Spergularia diandra* Guss totalise 52/64 relevés et *Hordeum maritimum* With totalise 50/52 relevés. Quant au taux du calcaire total, ce groupe est caractérisé par un sol pauvre en calcaire, la *Spergularia diandra* Guss totalise 45/64 relevés et l' *Hordeum maritimum* With totalise 35/52 relevés.

Ce groupe est constitué par des espèces formant généralement le cortège floristique des différents groupements végétaux composant la zone humide de la Macta ; à l'exception de *Suaeda maritima* L qui peut constitué un groupement végétal. On remarque une certaine diversité en humidité et en salinité découlant essentiellement de la composition aussi diversifiée en espèces (entre espèces halophytes et espèces des terrains incultes et des terrains de culture). Ce groupe montre une stabilité remarquable malgré qu'il soit soumis à un défrichement important.

Tableau 38 : Certains relevés représentatifs du groupe 2

Espèces / Relevés	R12	R22	R29	R40	R47	R56	R61	R80	R83	R84
<i>Atriplex halimus</i> L	4,3		1,2		+	1,1			+	+
<i>Anacyclus clavatus</i> Desf	3,3					+	4,4		+	+
<i>Phalaris paradoxa</i> L	3,4	+	+		2,3	3,3	1,3	3,4	1,2	1,3
<i>Centaurea aspera</i> L			1,1							
<i>Beta macrocarpa</i> Gauss	+	4,4	1,2	2,3	+		3,3	3,3	+	+
<i>Bromus sterilis</i> L		+								
<i>Hordeum maritimum</i> With	2,1	2,3	3,3	3,3	3,3	1,2	4,4	3,3	4,4	4,4
<i>Torilius nodosa</i> L								+		
<i>Tamarix africana</i> Poiret	3,4									
<i>Salicornia fruticosa</i> L								+	3,3	3,3
<i>Ferula communis</i> L	1,1									
<i>Marrubium vulgare</i> L	+									
<i>Sueada fruticosa</i> L		+	2,3	2,3		1,2		2,3	2,3	2,3
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L			+							
<i>Avena sterilis</i> L		+	4,4							
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill				1,2						
<i>Erodium malacoide</i> L	1,1		+				+			
<i>Verbascum thapsus</i> L	2,2									
<i>Spergularia diandra</i> Guss	1,1	2,1		3,3	2,1	1,2		+	1,2	1,1
<i>Sueada maritima</i> L	3,1		3,3		3,1					
<i>Salsola kali</i> L				+						
<i>Tragopogon dubius</i> Scop	+		+		3,1	2,2	3,3	+	+	+
<i>Centaurea calcitrapa</i> L							1,1			
<i>Agropyron junceum</i> L		2,1								
<i>Aizoon hispanicum</i> L	2,2				3,1					
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric									1,2	
<i>Calendula algeriensis</i> B et R	3,3	1		4,4	3,2	1		1		
<i>Sinapis arvensis</i> L	4,2	+	+				+			
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i> L		+		4,4		1,2		2,2		

③ **Groupe 3** : le troisième groupe est constitué de : *Tamarix africana* Poiret, *Juncus maritimus* Lamk, *Phragmites communis* Trin, *Plantago coronopus* L et *Cichorium spinosum* L. Cet ensemble est constitué quasi totalement d'espèces halophytes à l'exception de *Cichorium spinosum* L. L'espèce *Tamarix africana* Poiret domine ce groupe par sa présence sur 25 relevés (Annexe. 9 – Planche 6 - Photo. 33 et 34), les autres espèces du même groupe sont de 23 relevés pour *Juncus maritimus* Lamk (Annexe. 9 – Planche 6 - Photo. 33 et 34) et 18 relevés pour *Phragmites communis* Trin (Annexe. 9 – Planche 6 - Photo. 33 et 34), 16 relevés pour *Plantago coronopus* L (Annexe. 9 – Planche 6 - Photo. 35) et 14 pour *Cichorium spinosum* L (Annexe. 9 – Planche 6 - Photo. 36). Cette ensemble repose sur un sol argileux (14/25 relevés) (R9, R11, R12, R16, R17, R49, R59, R67, R77, R82, R96, R 113, R124, R128), et 11/25 relevés entre un sol à texture limono-sablo-argileux (5/25 relevés) (R7, R79, R112, R114, R119), un sol argilo-sableux (2/25 relevé) (R10 et R109), un sol limoneux sableux (2/25) (R20 et R88) et un sol limono-

argilo-sableux (2/25) (R78 et R108) . Le sol de ce groupe est caractérisé par une richesse moyenne en matière organique (15/25 relevés) soit 60% (R9, R11, R19, R20, R67, R72, R77, R82, R88, R109, R112, R113, R114, R119, R124), d'une perméabilité variant entre faible et moyenne perméabilité [10/25 relevés pour la première (R11, R20, R17, R59, R59, R67, R77, R109, R112, R114, R119) et 12/25 relevés pour la deuxième (R7, R9, R10, R12, R19, R72, R79, R82, R88, R108, R113, R124)], d'un potentiel hydrique important (12/25 relevés) (R9, R11, R12, R16, R17, R19, R20, R67, R79, R82, R88 et R114) soit un taux de 48% suivi d'un potentiel d'humidité modéré (9/25 relevés) (R7, R10, R96, R109, R112, R113, R119, R124 et R128), d'un taux de salinité moyen (17/25 relevés (R9, R11, R12, R19, R20, R59, R67, R77, R82, R88, R108, R109, R112, R113, R114, R119, R128), d'un pH basique avec 20/25 relevés (R7, R9, R10, R11, R12, R16, R17, R19, R20, R59, R67, R72, R77, R79, R82, R88, R108, R109, R114, R124) soit un taux de 80% et d'un taux de calcaire faible [17/25 relevés (R7, R9, R10, R11, R12, R16, R17, R19, R59, R72, R77, R79, R82, R88, R109, R124, R128).

Nous sommes en présence d'un groupe de végétaux dite hydrohalophytes. Ce groupe comme l'indique les résultats ne supporte pas une salinité importante. Il est souvent soumis à des submersions et requiert pour son développement une humidité du sol plus au moins importante. Cet ensemble se trouve localisé surtout le long des oueds et des cônes de déjections de ces oueds et au niveau de certains points d'eau. Le *Tamarix africana* Poiret et le *Juncus maritimus* Lamk se trouvent toujours en association au niveau de la zone. Ce groupe est souvent soumis à une dégradation importante. Il est soumis aux différentes coupes illicites, aux incendies et au pâturage intensif (Annexe 9 – Planche 10 - Photo. 53, 54, 56 et 57)

Le *Tamarix* semble être une espèce autochtone à la zone, à ce sujet SIMONNEAU (1952) note que “ les phanérophytes ou arbres sont en majorité plantés. Quelques-uns, cependant, sont subsponnés. Deux genres seulement paraissent être véritablement localement indigènes : *Tamarix* et *Populus*.”

Le *Tamarix africana* Poiret constitué en 1882, selon les statistiques forestières, une forêt d'une superficie de 2 592 ha. Cette forêt connue une régression importante sous l'effet conjugué du climat et de la pression anthropique et sa superficie est passée en 1949 à 1 110 ha (Fig. 32 et Fig. 33). Soit une perte en superficie de 1 482 ha en 67 ans, une moyenne annuelle de 22 ha. Les formations de *Tamarix* connaissent pratiquement le même rythme de dégradation. Actuellement, il ne reste de cette forêt que quelques sujets de *Tamarix* sous forme d'alignement tout au long des deux oueds (Sig et Habra) (BELGHERBI et BENABDELI, 2010) (Fig. 34).

Le peuplement était constitué par une futaie de *Tamarix africana* Poiret à l'état pur (SIMONNEAU, 1952). La description faite par SIMONNEAU (1952) et reprise par TAFER en 1993 ; confirme que les sujets de *Tamarix* constituant cette forêt étaient bien développés et dépassaient généralement les 3 m de hauteur. Actuellement les sujets de tamaris sont dans un état de rabougrissement général avec une hauteur inférieure à 2 m et un diamètre moyen inférieur à 10 cm. Les sujets sont très espacés de 13 et 15 m, un espace vital important permettant une densité de seulement 30 à 40 sujets à l'hectare » (BELGHERBI et BENABDELI, 2010).

Le cortège floristique, en plus aux espèces citées auparavant à savoir : *Juncus maritimus* Lamk, *Phragmites communis* Trin, *Plantago coronopus* L et *Cichorium spinosum* L ; en rencontre *spargularia diandra* Guss, *Salicornia fruticosa* L et *Tragopogon dubius* Scop (Tab. 39)

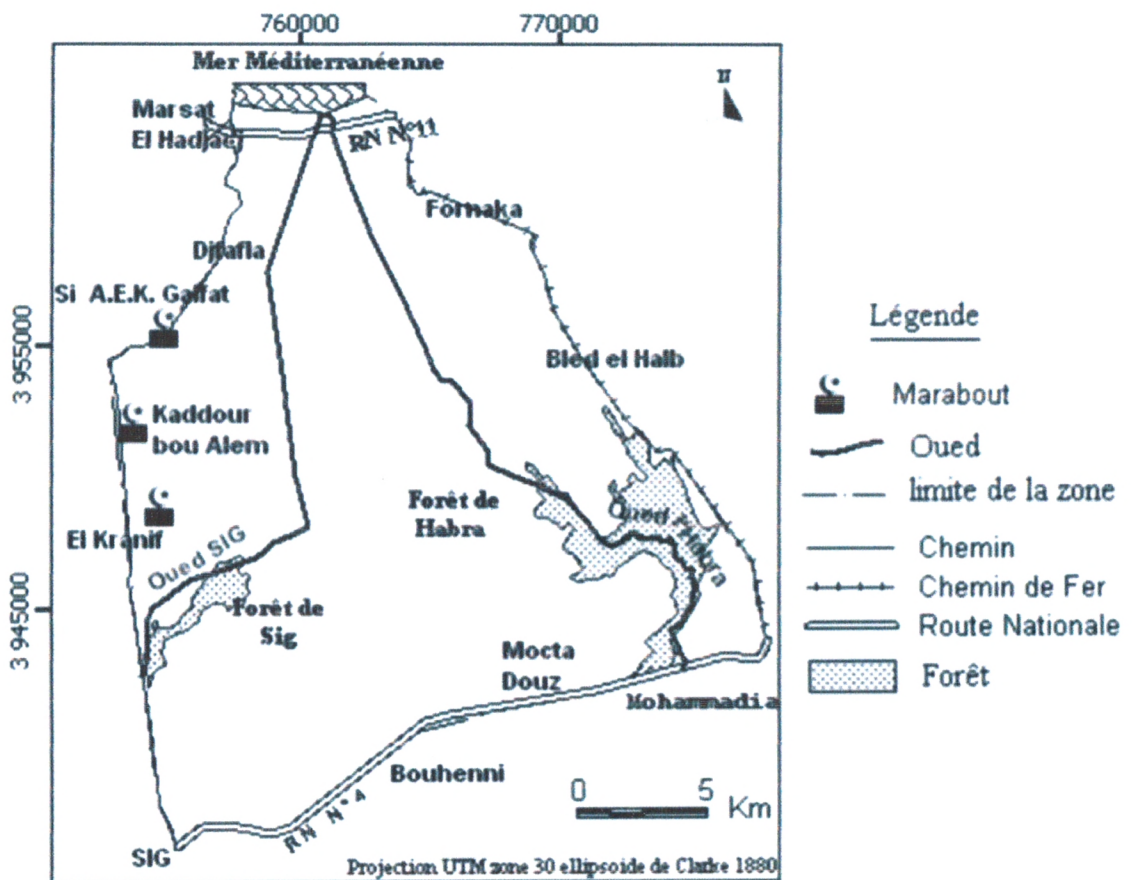


Figure 32 : Forêt de *Tamarix* en 1882

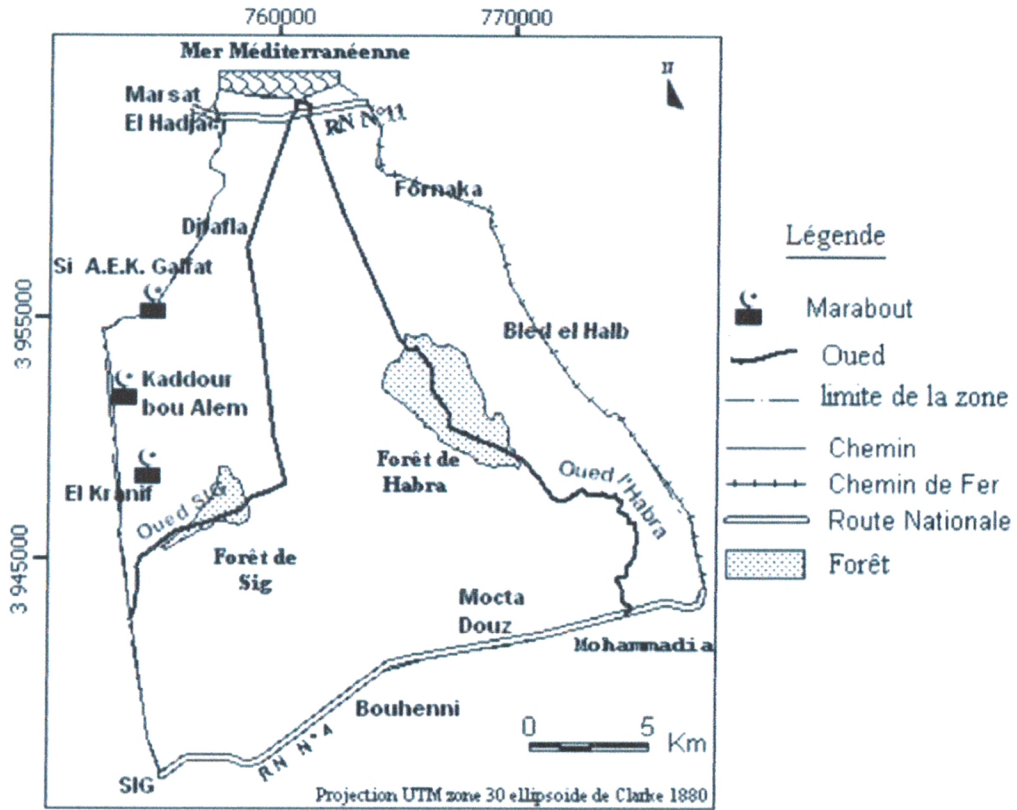


Figure 33 : Forêt de *Tamarix* en 1949 (SIMONNEAU, 1952)

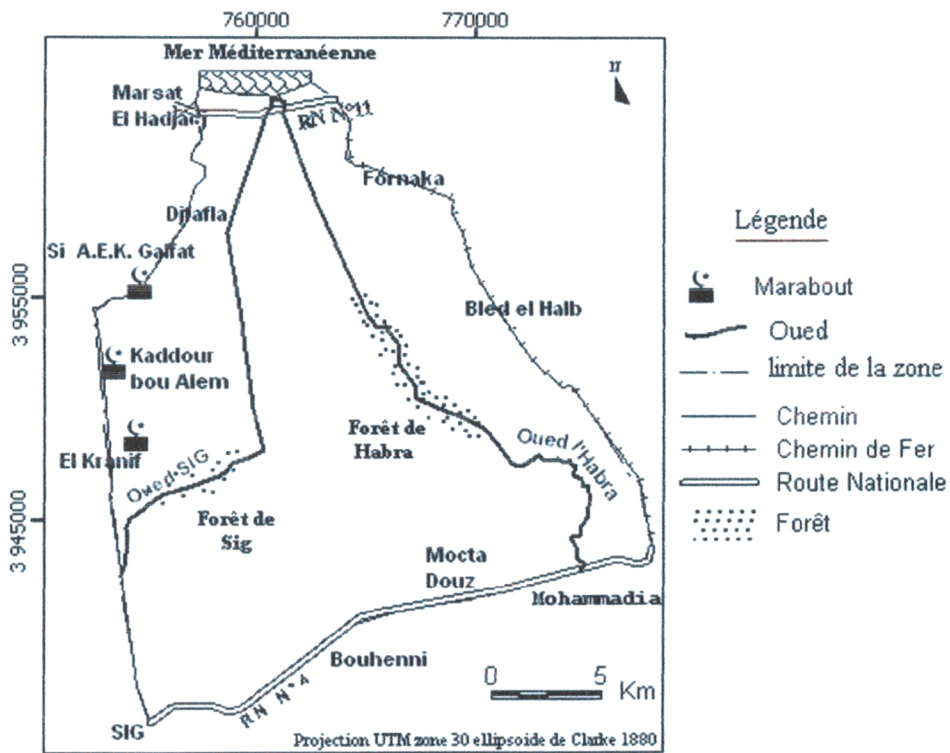


Figure 34 : Le reste de la forêt de *Tamarix* en 2007 (BELGHERBI et BENABDELI, 2010)

Tableau 39 : Certains relevés représentatifs du groupe 3

Espèces / Relevés	R7	R10	R17	R88	R108	R119
<i>Atriplex halimus</i> L	1,2	1,2			2,1	
<i>Phalaris paradoxa</i> L						1,2
<i>Beta macrocarpa</i> Gauss					1,1	
<i>Scorpiurus muricatus</i> L						1,1
<i>Hordeum maritimum</i> With	4,4	4,4				
<i>Plantago coronopus</i> L	2,3	2,3	+	+		
<i>Sonchus arvensis</i> L	1,2	1,2				
<i>Tamarix africana</i> Poiret	3,1	3,1	1,2	3,4	1,1	2,1
<i>Juncus maritimus</i> Lamk		3,3	1,3	1,2	1,1	
<i>Citrus aurantium</i> L					1,1	2,2
<i>Trifolium dasyurium</i> L	1,3	1,3				
<i>Salicornia fruticosa</i> L	3,2	1,2	3,3		4,4	4,3
<i>Polypogon monspeliensis</i> L		4,3				3,3
<i>Sueada fruticosa</i> L				2,3		
<i>Phragmites communis</i> Trin	+	+	1,1		1,1	
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L					+	
<i>Cichorium spinosum</i> L	+	+		2,3	2,2	
<i>Verbascum thapsus</i> L						1,1
<i>Spergularia diandra</i> Guss	+			4,4		1,1
<i>Salsola kali</i> L	2,2					
<i>Echinops strigosus</i> L					2,1	
<i>Tragopogon dubius</i> Scop	1,3	1,3				1,1
<i>Centaurea calcitrapa</i> L					2,1	
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric	+		2,2			
<i>Calendula algeriensis</i> B et R	4,4	4,4				
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i> L				2,3		
<i>Casuarina equisetifolia</i> L					2,1	

⑤ **Groupe 4** : Le quatrième groupe est constitué de : *Malva sylvestris* L, *Centaurea calcitrapa* L, *Torilius nodosa* L, *Avena sterilis* L et *Sonchus arvensis* L. Il est constitué en quasi totalité d'espèces de terrains de friches et de terrains incultes, il est dominé par l'espèce *Malva sylvestris* L par 20 relevés (Annexe. 9 – Planche 7 - Photo. 38) suivi de *Centaurea calcitrapa* L avec 17 relevés, *Torilius nodosa* L (14 relevés) (Annexe. 9 – Planche 7 - Photo. 37), *Avena sterilis* L (13 relevés) (Annexe. 9 – Planche 7 - Photo. 40) et *Sonchus arvensis* L (12 relevés) (Annexe. 9 – Planche 7 - Photo. 39).

Cet ensemble repose sur un sol argileux (10/20 relevés) (R12, R27, R36, R42, R91, R93, R96, R97, R106 et R111), les autres relevés sont répartis comme suit : 4/20 relevés à texture limono-argilo-sableux (R34, R55, R98 et R99), 4/20 à texture limono-sablo-argileux (R52, R54, R102 et R114), 1/20 relevé à texture limono-sableux (R41) et 1/20 relevé à texture argilo-limoneux (R115).

Le sol de ce groupe est caractérisé par une richesse moyenne en matière organique (10/20 relevés) (R27, R41, R42, R52, R54, R55, R91, R93, R99 et R114), les autres relevés sont répartis entre un sol pauvre à riche en matière organique ; 3/20 relevés pauvre en matière organique (R34, R36 et R111) et 7/20 relevés riche en matière organique (R12, R96, R97, R98, R102, R106 et R115).

La perméabilité varie de peu faible à une perméabilité modérée. Ce groupe totalise 7/20 relevés en perméabilité faible (R41, R55, R97, R98, R106, R102 et R114) et 9/20 relevés en perméabilité modérée (R12, R27, R34, R36, R42, R52, R93, R99 et R115).

Le sol de ce groupe est caractérisé par un potentiel d'humidité moyen (13/20 relevés) (R34, R36, R41, R52, R91, R93, R96, R97, R98, R102, R106, R111 et R115) soit un taux de 65%, les autres relevés sont répartis entre faiblement humide [(4/20 relevés) (R27, R42, R55 et R99) et humide (3/20 relevés) (R12, R54 et R114)].

Le sol de cet ensemble montre une intensité de salinité variant entre faible et moyennement salin. Les relevés sont répartis respectivement comme suit : 9/20 relevés à salinité faible (R34, R36, R41, R96, R98, R99, R106, R111 et R115) et 6/20 relevés à salinité moyenne (R12, R27, R42, R91, R97 et R114).

Le pH est basique avec 14/20 relevés (R12, R27, R36, R41, R42, R52, R54, R55, R97, R98, R111, R114 et R115) soit un taux de 70%, le reste des relevés démontrent un pH neutre. Quant au calcaire total, les analyses illustrent que le sol de ce groupe varie entre peu à moyennement calcaire. Les relevés : R12, R27, R34, R52, R55, R91, R93, R98, R99 et R115 déterminent un sol peu calcaire et les relevés : R36, R41, R42, R54, R96, R97, R102, R106, R111 et R114 déterminent un sol moyennement calcaire.

Ce groupe est constitué par des espèces rudérales, il est inféodé à une certaine richesse en matière organique car la majorité des espèces de cet ensemble vivent sur un sol plus au moins riche en matière organique. On signale la présence dans ce groupe d'une espèce vivant sur les décharges : *Malva sylvestris* L (Annexe 9 – Planche 10 – Photo 55). La salinité reste faible dans cet ensemble et cela se justifie par la non présence d'espèces halophytes. Cette communauté, tel que les autres groupes, est soumise à un défrichement important mais ce groupe arrive à se stabiliser.

Le cortège floristique, en plus aux espèces citées auparavant à savoir : *Malva sylvestris* L, *Centaurea calcitrapa* L, *Torilius nodosa* L, *Avena sterilis* L et *Sonchus arvensis* L ; on rencontre : *Hordeum maritimum* With et *Beta macrocarpa* Gauss (Tab. 40)

Tableau 40 : Certains relevés représentatifs du groupe 4

Espèces / Relevés	R27	R32	R91	R97	R106
<i>Atriplex halimus</i> L	3,3		3,2	5,4	4,1
<i>Phalaris paradoxa</i> L					1,1
<i>Scolymus maculatus</i> L			1,1		
<i>Beta macrocarpa</i> Gauss	4,4	1,2			
<i>Hordeum maritimum</i> With	3,3	2,3		2,2	
<i>Convolvulus arvensis</i> L				+	
<i>Malva sylvestris</i> L	3,4		3,2	1,1	4,1
<i>Torilius nodosa</i> L			+	+	+
<i>Sonchus arvensis</i> L	+			3,2	
<i>Pallenis spinosa</i> L				3,3	
<i>Centaureum pulchellum</i> Swarts				+	
<i>Salicornia fruticosa</i> L	2,2				
<i>Marrurbuim vulgare</i> L			1,1		
<i>Sueada fruticosa</i> L	3,3	2,3			
<i>Phragmites communis</i> Trin	2,3			3,2	
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L				+	
<i>Avena sterilis</i> L	+	4,4	+		
<i>Chrysanthemum coronarium</i> L				3,3	
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill	2,3	+			
<i>Urtica urens</i> L			+		
<i>Centaurea solstitialis</i> L			+		
<i>Spergularia diandra</i> Guss		2,3	+	2,1	+
<i>Sueada maritima</i> L			+		
<i>Eryngium campestre</i> L					4,1
<i>Salsola kali</i> L	2,2				4,1
<i>Centaurea calcitrapa</i> L	+	1,2	+		1,1
<i>Solanum nigrum</i> L			1,1		

⑤ **Groupe 5** : Le cinquième groupe est constitué de : *Suaeda fruticosa* L, *Salicornia fruticosa* L, *Mesembryanthemum nodiflorum* L, *Salsola kali* L, *Arthrocnemum macrostachyum* Moric

Cet ensemble est constitué quasi totalement d'espèces halophytes, c'est l'espèce *Suaeda fruticosa* L qui domine ce groupe (59 relevés) (Annexe. 9 – Planche 8 - Photo. 43 et 44) avec une présence aussi importante de la *Salicornia fruticosa* L (45 relevés) (Annexe. 9 – Planche 8 - Photo. 41 et 42). Les autres espèces totalisent successivement : 28 relevés pour *Mesembryanthemum nodiflorum* L, 25 relevés pour *Salsola kali* L, et 13 relevés pour *Arthrocnemum macrostachyum* Moric (Annexe. 9 – Planche 8 - Photo. 45 et 46).

Cet ensemble repose sur un sol argileux (16/45 relevés) (R3, R4, R6, R9, R14, R16, R17, R27, R35, R43, R45, R63, R70, R71, R118, R130) pour la *Salicornia fruticosa* L, 16/59 relevés (R4, R13, R19, R21, R27, R32, R35, R39, R40, R43, R56, R70, R73, R77, R82, R122) pour la *Suaeda fruticosa* L ; et entre un sol à texture limono-sablo-argileux (10/45 relevés) (R7, R33, R44, R62, R79, R85, R101, R116, R119, R133) pour *Salicornia fruticosa* L, 17/59 relevés (R22, R25, R29, R30, R31, R33, R37, R44, R52, R54, R62, R68, R79, R80, R81, R85, R104) pour *Suaeda fruticosa* L; et un sol limono-argilo-sableux (9/59 relevés) (R2, R34, R46, R50, R51, R57, R72, R74, R107) pour *Suaeda fruticosa* L, 7/45 relevés (R2, R50, R80, R98, R99, R107, R108) pour *Salicornia fruticosa* L.

Le sol de ce groupe est caractérisé par une richesse moyenne en matière organique (37/59 relevés) soit 60,91% (R2, R4, R5, R19, R20, R21, R22, R23, R25, R27, R29, R30, R31, R32, R37, R39, R41, R43, R44, R46, R48, R49, R52, R54, R57, R64, R72, R77, R82, R83, R84, R85, R88, R103, R104, R109, R122) pour *Suaeda fruticosa* L, et 22/45 relevés (R2, R3, R4, R6, R9, R14, R20, R27, R43, R44, R48, R64, R71, R78, R83, R84, R85, R99, R101, R109, R119, R130,) pour *Salicornia fruticosa* L,

La perméabilité pour cet ensemble varié peu faible et moyennement perméable ; la *Suaeda fruticosa* L totalise 23/59 relevés à perméabilité moyenne (R13, R19, R23, R25, R27, R29, R34, R35, R37, R39, R43, R52, R64, R70, R72, R74, R79, R80, R82, R83, R85, R88, R122) et 21/57 à peu faible perméabilité (R4, R20, R21, R22, R24, R32, R41, R44, R48, R49, R50, R51, R56, R57, R73, R77, R81, R84, R103, R104, R109) ; la *Salicornia fruticosa* L quant à elle totalise 18/45 relevés à perméabilité moyenne (R3, R7, R9, R10, R27, R35, R43, R63, R64, R70, R71, R80, R83, R85, R99, R101, R108, R115) et 17/45 à peu faible perméabilité (R4, R14, R15, R17, R20, R44, R45, R48, R50, R79, R84, R98, R109, R116, R118, R119, R130).

L'humidité varie entre faible, moyen et humide pour *Suaeda fruticosa* L.; 19/59 relevés à faible humidité (R13, R21, R22, R25, R27, R30, R31, R35, R39, R40, R44, R49, R56, R68, R72, R73, R74, R77 et R78), 19/56 relevés à humidité moyenne (R2, R4, R5, R23, R24, R32, R33, R34, R37, R41, R43, R52, R64, R81, R103, R104, R107, R109 et R122) et 19/56 relevés à humidité importante (R19, R20, R29, R46, R48, R50, R51, R54, R57, R62, R65, R70, R79, R80, R82, R83, R84, R85 et R88) ; quant à *Salicornia fruticosa* L, l'humidité varie entre moyen et humide. Elle totalise 14/45 relevés à potentiel d'humidité moyen (R2, R4, R7, R10, R33, R43, R64, R98, R101, R107, R109, R115, R119 et R133) et 22/45 relevés à potentiel d'humidité important (R3, R6, R9, R14, R15, R16, R17, R20, R45, R48, R50, R62, R63, R66, R70, R71, R79, R80, R83, R84, R85 et R116), les 0/45 relevés restant sont de faible humidité.

La salinité du sol pour ce groupe varié entre un sol très fortement salé et moyennement salé. La *Suaeda fruticosa* L totalise 16/59 relevés à salinité trop forte (R4, R24, R33, R39, R43, R44, R51, R52, R56, R57, R62, R64, R70, R79, R80, R85) et 16/57 relevés à salinité moyenne (R13, R19, R20, R23, R27, R29, R30, R49, R73, R74, R77, R68, R82, R88, R107, R109) la *Salicornia fruticosa* L quant à elle totalise 17/45 relevés à salinité trop forte (R3, R4, R6, R15, R33, R43, R44, R45, R62, R63, R64, R66, R70, R71, R79, R80, R85) et 9/45 relevés moyennement salé (R9, R20, R27, R107, R108, R109, R119, R130, R133)

Le pH du sol pour ces deux espèces est de même, il est déterminé au profit d'un pH basique ; La *Suaeda fruticosa* L totalise 54/59 relevés et la *Salicornia fruticosa* L totalise 38/45 relevés. Quant au taux du calcaire total, ce groupe est caractérisé par un sol pauvre en calcaire, La *Suaeda fruticosa* L totalise 37/59 relevés et la *Salicornia fruticosa* L totalise 35/45 relevés.

Les espèces formant ce groupe n'ont pas la même répartition spatiale. La *Salicornia fruticosa* L se trouve localisée sur toute la zone humide de la Macta, la *Suaeda fruticosa* L forme un tapis dense vers le Nord et moins dense au Centre, la *Mesembryanthemum nodiflorum* L, la *Salsola kali* L, l'*Arthrocnemum macrostachyum* Moric ne sont localisées qu'au Nord de la zone humide de la Macta ; c'est des espèces bien localisées et leurs superficie n'est pas très importante. Ces espèces se retrouvent généralement en mélange, sauf que dans la majorité des cas c'est la *Salicornia fruticosa* L qui se trouve en mélange intimement avec la *Suaeda fruticosa* L (Annexe 9 – Planche 8 - Photo. 43). Dans les cas d'aridité du climat prononcée, on rencontre un tapis constitué seulement de *Suaeda fruticosa* L (Relevé 57).

Nous sommes en présence d'un groupe de végétaux dite psammohalophytes. Ce groupe comme l'indique les résultats supporte une salinité élevée, une texture de sol contenant une quantité de sable. Selon MESLEARD et PERENNOU (1996) « Les salicornes sont capables de résister à un long assèchement estival et à des fortes salinités relevées par les remontées blanchâtres du sel » (Annexe 9 – Planche 8 – Photo 42). Ce groupe tolère une submersion pas aussi longue et une influence d'un climat maritime. Ce groupe est surtout soumis beaucoup plus aux défrichements et au pâturage intensif.

Les animaux non seulement, ils se nourrissent sur cette végétation caractérisée par sa palatabilité, mais ils causent un tassement important du sol d'une part et un piétinement causant la pourriture et la mort de la végétation d'autre part.

Le cortège floristique de ce groupe, en plus à ceux cités auparavant, il est représenté par la présence de : *Beta macrocarpa* Gauss, *Spergularia diandra* Guss, *Hordeum maritimum* With, *Phalaris paradoxa* L.

Tableau 41 : Quelques relevés représentatifs du groupe 5

Espèces / relevés	R20	R48	R50	R62	R64	R70	R78	R79
<i>Atriplex halimus</i> L							2,3	
<i>Phalaris paradoxa</i> L	4,4		1,2	2,3		1,1		1,1
<i>Beta macrocarpa</i> Gauss					+			3,3
<i>Scorpiurus muricatus</i> L					2,3			
<i>Hordeum maritimum</i> With	3,3	4,4	+					3,3
<i>Plantago coronopus</i> L						+		
<i>Torilius nodosa</i> L								+
<i>Tamarix africana</i> Poiret	3,4							2,3
<i>Juncus maritimus</i> Lamk	4,4							
<i>Salicornia fruticosa</i> L	4,4	4,3	1,2	2,3	1,2	2,3	1,2	+
<i>Polypogon monspeliensis</i> L							2,3	
<i>Suaeda fruticosa</i> L	1,1	1,1	4,4	1,2	4,4	1,1	3,3	2,3
<i>Centaurea solstitialis</i> L			+					
<i>Spergularia diandra</i> Guss	3,4		+	2,3	3,3	4,4	3,4	
<i>Salsola kali</i> L	2,1	2,2	1,2		2,3		1,1	1,1
<i>Tragopogon dubius</i> Scop					+			+
<i>Centaurea calcitrapa</i> L			+					
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric	+					1,1	1,1	
<i>Calendula algeriensis</i> B et R								+
<i>Mesembryantum nodiflorum</i> L		1,1	2,2	1,1		2,3	+	2,2

Chapitre 6 : Plan de gestion et proposition d'action d'aménagement

La zone humide de la Macta a subi, depuis la colonisation, des modifications très importantes. Les colons, arrivés en Algérie à partir de 1875, ont commencé à pratiquer de l'agriculture tropicale dans un premier temps.

Parmi les premières modifications de l'écosystème humide, l'introduction de cultures comme le tabac, la vigne, le coton et les vergers d'agrumes. L'introduction de ces nouvelles cultures dans toute la région et surtout au niveau de la zone humide depuis le début du XVIII^e siècle, a été faite dans le cadre du programme de mise en valeur initié par le gouvernement français. (BELGHERBI et BENABDELI, 2010).

La zone humide de la Macta reste, actuellement, touché par une pression essentiellement anthropique, accentuée de plus en plus, par les conditions climatiques caractérisées par un impact de la sécheresse.

Les fonctions écologiques et les valeurs économiques assurées par ces types d'écosystèmes soumis à des différents facteurs de dégradation, incitent la mise en place d'un plan de gestion et de conservation durable associant production et protection.

Les différentes sorties effectuées ont permis de constater que la protection et la préservation doit se faire au niveau de la zone humide (in situ) et à son environnement (ex situ).

Ce chapitre sera axé sur la proposition d'actions pour une gestion durable et intégrée de la zone humide de la Macta portant sur :

- La définition d'objectifs à court, moyen et long terme.
- Appréhender les contraintes et les problèmes pouvant surgir.
- Connaître les potentialités offertes

6.1- Les objectifs

Toutes les réflexions envisagées et les actions proposées dans le cadre de ce plan de gestion doivent répondre aux objectifs suivants :

- A court terme et dans l'immédiat, la protection de la zone humide qui représente le premier niveau d'intervention, visant essentiellement à arrêter les agressions d'origine anthropique.

- A long terme, la réhabilitation de la zone humide, qui consiste, après la suppression des causes majeures de dégradation, à mettre en place un programme d'action technique dans le temps et dans l'espace touchant tous les composantes (végétation, faune, agriculture, l'eau, le pâturage, ...)

6.2- Diagnostic de l'état actuel de la zone

Il est important de faire une analyse dynamique de l'occupation des sols pour asseoir les bases d'un plan de gestion s'intégrant et prenant en considération son environnement.

La zone humide de la Macta est un espace complexe, caractérisé par une organisation en quatre entités principales : un système agricole, un système forestier, un système pastoral et un système de marais.

Mis à part les terrains agricoles qui sont exploités, jusqu'à ce moment, encore traditionnellement ; les autres espaces sont agressées par les phénomènes naturels (orages, crues, érosion hydrique et éolienne) et la pression anthropozoogène permanente.

Les contraintes majeures altérant la diversité biologique et menaçant cet écosystème sont nombreuses et variées et doivent être toutes prises en compte dans l'élaboration du plan d'orientation de gestion des marais de la Macta. Les principales contraintes sont :

- absence de délimitation et d'identification de la zone humide pour une préservation efficace.
- absence d'inventaire et d'étude des facteurs du milieu abiotique et biotique.
- aucun schéma d'aménagement global de la région ni de plan de gestion de la zone humide.
- entité géographique gérée par plusieurs entités administratives.
- impact permanent des activités humaines (parcours, exploitation).
- concentration des infrastructures routières (pistes, chemins, routes).

Face aux fluctuations climatiques et surtout à la pression anthropozoogène, la zone humide de la Macta a connu de grandes perturbations. On note :

- La dégradation presque quasi totale de la seule formation forestière (forêt de Tamaris) qui est passée 1 454 ha en 1856 à une formation de sujets dispersés actuellement (BELGHERBI et BENABDELI, 2010).
- Assèchement de la zone humide par les différents travaux de drainage.
- Perte de diversité biologique.
- Régression des terrains de parcours.
- Perturbation du développement des plantes émergentes comme les roseaux, les joncs et les massettes.
- Diminution de la population des halophytes.
- Risque de désertisation par l'avancée du sable de la mer vers l'intérieur.

6.3- Caractérisation de la zone : Les potentialités offertes

La zone humide de la Macta offre des potentialités et des atouts importants, la zone humide de la Macta est composée d'un puzzle d'écosystèmes à savoir :

- Les zones agricoles situés au Sud, à l'Ouest et en partie à l'Est. Cette partie de la zone offre des potentialités de productions agricoles assez intéressantes, marquées essentiellement par les vergers d'agrumes (commune de Mohammadia) et d'oliveries (commune de Sig) et la céréaliculture pratiquée partout.
- Les zones de parcours, assez étendues, constituent un appoint particulier pour la population. Ces zones sont riches en espèces végétales appréciées par les animaux (les espèces végétales dites palatables).
- Une zone forestière, localisée principalement tout au long des oueds et aux cônes de déjection de ces derniers. Ces formations forestières sont à base de *Tamarix africana* Poiret et sont dans un état de dégradation avancé.
- La zone du marais, localisée vers le Nord, constituée par un écosystème important pour la faune aviaire, c'est un biotope favorable pour les différents oiseaux qui y vivent ou transitent.

A cela s'ajoute, sa position stratégique, à la limite de la mer Méditerranée, et bordée de part et d'autre par des voies de circulation, faisant d'elle un potentiel touristique intéressant.

6.4- Orientations générales de protection

6.4.1- Les mesures de réhabilitation de l'entourage de la zone humide

Plusieurs actes de dégradation viennent de l'entourage et de l'environnement immédiat de la zone humide. De ce fait, réduire les impacts négatifs sur la zone, suppose connaître la source et les causes de dégradation pour ensuite proposer les solutions adéquates.

Les monts délimitant la zone du côté Sud-ouest et du côté Ouest ainsi que les voies de communication (routes et chemin de fer) bordant la zone humide du côté Sud, Est et Nord sont les principales sources de pression et d'agression.

C'est pourquoi il est important de :

- Mettre en place un programme de lutte contre l'érosion et stabilisation du sol des monts et du bassin versant en amont. Le programme doit comporter à la fois une lutte mécanique visant à corriger les talwegs par le système de gabionnages et une lutte biologique par les différents reboisements. Les espèces proposées peuvent être des espèces forestières (Pin d'Alep, Thuya de berberie,...) et fourragers (le caroubier, l'Atriplex,...) sur les sols domaniaux et espèces fruitières rustiques (l'amandier, l'olivier, figuier de barbarie,...) sur des sols privés.

Ceci permettra de diminuer en grande partie les dépôts alluvionnaires, produit de l'érosion des sols et par conséquent amoindrir la salinité des sols.

- Installer une zone débroussaillée entre le réseau routier et la zone protégée. Ceci permettra d'éviter tout risque de feu et d'incendie provenant de ces voies de communication. Ces bandes peuvent être utilisées à des fins de sensibilisation de la population par l'installation des placards publicitaires.

- La stabilisation de la dune littorale, située au Nord, par la plantation des espèces ligneuses tel que le thuya, le genévrier et le retam qui colonisaient jadis cet espace. L'introduction de certaines espèces ayant données des résultats satisfaisant comme l'*Acacia horrida* ou *Acacia raddiana* est recommandée. Ceci permettra de stopper l'avancement des sables littoraux vers la zone humide de la Macta

6.4.2- Les mesures de protection de la zone humide proprement dite

Une aire protégée vise d'abord l'atteinte d'objectifs de conservation des espèces et de leur variabilité génétique et du maintien des processus naturels et des écosystèmes qui entretiennent la vie et ses diverses expressions. Toute activité ayant cours sur le territoire ou sur une portion de territoire d'une aire protégée ne doit pas altérer le caractère biologique essentiel de l'aire protégée (JOHSON et HAFNER, 1982).

Les actions de préservation et réhabilitation préconisées doivent touchés essentiellement trois (03) aspects : organisationnel, législatif et techniques :

6.4.2.1- Les aspects organisationnels

Du point de vue organisationnel et administratif, la zone humide de la Macta se trouve actuellement dans une situation délicate et confuse. Le chevauchement de responsabilités entre trois conservations (Mascara, Oran et Mostaganem) place la zone humide dans une situation de non gestion avec toutes les conséquences néfastes qui peuvent découlées.

De ce fait, il est très important de mettre en place une structure représentée par les trois entités. De se mettre d'accord sur les différentes responsabilités et de se concerter sur les moyens humains, matériels et budgétaires apportés par chaque entité.

6.4.2.2- Les aspects législatifs

A part l'armature juridique à caractère international, énoncé par la convention de Ramsar, l'Algérie, jusqu'à ce moment ne dispose pas des textes réglementaires propre à ces types de zones.

De ce fait, il est important voir indispensable de promulguer une loi répondant à plusieurs préoccupations, elle visera :

- A préciser les définitions relatives aux zones humides.
- Les principales caractéristiques des zones humides doivent être clairement énoncées surtout que ces zones ne connaissent pas des frontières nettes.
- Mettre en place un Schéma National d'Aménagement et de Gestion des Zones humides (S.N.A.G.Z.H) devant servir de référentiel de gestion techniques et administratives. Il définira et dictera les orientations globales en matière d'inscription et de gestion des zones humides car les décrets et la loi restent encore très vagues à ce sujet.

6.4.2.3- Les aspects techniques

❶ **Délimitation cadastrale** : Une des priorités la plus importante et la plus urgente à mettre en œuvre, est de procéder à une délimitation cadastrale de la zone humide. Cette délimitation permet de localiser dans le temps et dans l'espace réellement les zones humides et elle doit se faire conformément à un plan parcellaire du service des domaines. Une délimitation sur les feuilles topographiques au 1/50 000 est largement suffisante. Elle permet de définir et de matérialiser les différentes espaces (terrains agricoles, forestiers et de parcours) ainsi que leurs vocations foncières (privés ou domaniales).

❷ **Matérialisation et installation de repères** : La délimitation cadastrale ainsi faite, ne suffit pas, cette étape doit être poursuivie par une phase de délimitation et matérialisation sur terrain. Elle sera faite en utilisant des repères durables et visibles comme des bornes en bois ou à défaut en fer. Ces bornes seront placées à la limite de la zone humide ; ils porteront les informations suivantes :

- Entête du ministère et de la direction concernée.
- Le nom de la zone.
- Un numéro et les coordonnées géographiques.
- Espèces végétales et/ou espèces animales.

Ces repères de délimitation auront comme rôle :

- Identification rapide et facile de la zone devant être gérée.
- *Eveil de la curiosité des riverains envers l'identité de la terre.*
- Aspect psychologique mettant en valeur la notion de propriété de l'état.

③ **Délimitation des aires** : Dans un objectif d'une gestion appropriée et d'une préservation adéquate de la zone humide de la Macta, un système de zonage s'impose. Il tiendra en compte des potentialités offertes et des contraintes qui s'imposent. Trois zones sont retenues :

▪ **Le noyau dur de protection (N.D.P)** : C'est le périmètre immédiat. Il correspond à la zone d'intérêt écologique. C'est la zone à préserver intégralement. La pérennité ainsi que la réhabilitation du milieu doivent être assurées.

Toute activité est à proscrire. L'objectif étant d'assurer un développement naturel.

▪ **Zone intermédiaire « tampon » (Z.I.T)** : C'est le périmètre rapproché. une zone concentrique qui sert de tampon. C'est une bande de protection ou bande d'évitement des actions dégradante sur le noyau dur de protection. Les activités humaines doivent être maîtrisées pour ne pas mettre en péril la dynamique fonctionnelle de la zone humide.

▪ **Zone libre (Z.L)** : C'est l'aire périphérique par rapport à la zone tampon. C'est le territoire ouvert à la population pour pratiquer leurs différentes activités de loisirs.

A- Délimitation du noyau dur de protection

L'aire de protection est la zone à préserver en priori ; le foncier de la dite zone relève, dans sa totalité, du domaine privé de l'Etat. Le marais de la zone humide de la Macta, se trouve localisé au niveau de cette aire de protection.

Elle est érigée en espace où l'ensemble des facteurs du milieu naturel (biotope et habitat) ne doit subir aucune action perturbante. C'est par conséquent la zone où la présence et les activités humaines sont interdites et toute action proscrite à l'exception des observations et de suivi écologiques de l'aire et les actions pour la recherche scientifique.

C'est au niveau de cette zone que la faune aviaire vient s'installer profitant des conditions offertes : eau, nourriture et quiétude.

Pour délimiter la zone de protection, quatorze (14) bornes ont été identifier et répertorier sur carte topographique. Les bornes portent des codes alphanumériques de AP1 à AP14 (étant AP : air de protection). Les bornes porteront des couleurs différentes à la couleur de la végétation pour qu'ils soient visibles (Tab. 42).

Il n'est permis aucune activité humaine à l'exception des travaux scientifiques et de recherche.

Tableau 42 : Les coordonnées de bornage du noyau dur de protection

Borne	Coordonnées	
	X	Y
AP1	245.15	279.60
AP2	245.80	279.80
AP3	247.30	275.62
AP4	251.00	272.61
AP5	246.50	267.21
AP 6	246.60	267.07
AP 7	243.60	263.65
AP 8	241.82	264.55
AP 9	241.85	265.70
AP 10	242.50	266.95
AP 11	240.80	267.00
AP 12	240.40	268.55
AP 13	238.75	269.65
AP 14	244.95	278.67

B- Délimitation de la zone intermédiaire « tampon »

La zone tampon est la zone la plus importante et la plus critique, son importance découle du fait que cette zone doit contribuer impérativement à la sauvegarde et au maintien de l'équilibre de la zone de protection. Elle aura une largeur comprise entre 1 et 1,5 km, assez suffisante pour éloigner toute action néfaste sur la zone de protection. Dans un souci de ne pas altérer le paysage, il est recommandé de ne pas installer des repères physiques. La bande sera peuplée par des espèces autochtones, à croissance rapide et assurant un appoint fourrager. Le *Tamarix africana* Poiret est mieux placé pour jouer ce rôle.

L'ouverture d'une piste entre la zone tampon et la zone libre est conseillée, elle sera utilisée à la fois par la population et par les services concernés à des fins de suivi et de contrôle.

La zone tampon est une zone semi-libre, autrement dit, des actions sont tolérées d'autres au contraire ne le sont pas. Est interdit : le défrichement, les labours illicites, l'arrachage, les coupes illicites, les activités de chasse et les implantations industrielles.

Est permis : le pâturage autorisé par les services concernés, les travaux scientifiques et de recherches et le tourisme réglementé.

C- Délimitation de la zone libre

La zone libre est la partie périphérique restante après délimitation du noyau dur de protection et de la zone intermédiaire « tampon ». Cette zone est la plus délicate car elle est en perpétuel contact avec la population. Cette zone doit être délimitée par des bornes visibles renseignant le caractère d'importance de protection et de la préservation la zone humide.

Il est important de noter que la sauvegarde de la zone humide en totalité repose en grande partie sur l'état de conservation de la zone libre. On propose :

- *D'aménager des petites zones de repos et d'admiration du paysage offerte par la zone.*
- *Multiplier les patrouilles terrestres dans un aspect de veille à la réglementation en vigueur.*
- *Profiter des périodes d'activités touristiques importantes (printemps et début d'été) pour sensibiliser la population.*

Il est interdit : les rejets des effluents industrielles et agricoles, les rejets des eaux domestiques et les décharges sauvages et les déchets ménagers, inertes et industriels.

Il est réglementés : le pâturage, les activités agricoles

6.5- Les mesures de préservation et de réhabilitation

6.5.1- Amélioration du fonctionnement hydrique

L'eau - et les flux qui l'animent - sont les moteurs fonctionnels majeurs des zones humides. La caractéristique principale qui différencie ces espaces des milieux terrestres tient en effet à leur capacité à conserver de l'eau en excédent dans le sol et/ou à surface.

La préservation, voir la restauration des zones humides doivent être largement fondées sur la gestion de l'eau. L'eau constitue l'élément principal de la zone humide de la Macta. Elle est à l'origine d'alimentation du marais et la présence d'un écosystème riche et diversifié. C'est d'ailleurs, cette ressource, qui a permis l'installation des nomades et l'accroissement de l'activité d'élevage des cheptels au niveau de la zone.

L'eau, au niveau de la zone, n'est pas présente en permanence et le marais est saisonnier ; il est tributaire du climat.

Le réseau hydrographique de la zone humide de la Macta a subi des modifications importantes et ce depuis la période coloniale. La désorganisation du réseau hydrographique a débuté par la construction du barrage de Fergoug à l'amont ; suivi par la suite par des séries de travaux d'endiguement et ouverture des canaux aériennes de drainage des différents oueds. Ces

actions étaient à l'origine de dessèchement de la zone et par conséquent la disparition de certaines espèces végétales et surtout les oiseaux.

La zone humide de la Macta est alimentée par des eaux de quatre origines : précipitations, ruissellement du versant, nappe et réseau hydrographique. Les suggestions ne doivent en aucun cas s'écarter de ces quatre origines.

Il est certain qu'on ne peut agir sur les précipitations ; ces derniers proviennent d'un fonctionnement climatique.

Les actions à mener pour un bon fonctionnement hydrologique et une alimentation quasi permanente de l'eau, on peut les résumées en :

- Faire, quand les conditions climatiques le permettent, des lâchers du barrage de Fergoug. Ces lâchers ont pour objectif de relever le débit d'étiage.
- Rompre les canaux de drainage ayant modifié l'écoulement des oueds drainant la zone humide. Ceci permettra à la fois d'alimenter le marais et la nappe phréatique.
- Sur les terrains agricoles, il est intéressant de travailler le sol afin de retenir les eaux de ruissellement et en même temps permettre une meilleure infiltration.
- Limiter toute les actions de pompage d'eau du marais de la Macta.

Il est important de noter que les deux premières propositions ne peuvent donner des résultats satisfaisant sans au préalable, que le bassin versant ne soit protégé contre le phénomène d'érosion.

6.5.2- Maintient et entretien de la diversité végétale

La zone humide de la Macta a subit depuis plusieurs années des modifications importantes, elles ont touchés en grande partie la flore et la faune.

La végétation s'est fortement dégradée accompagnée de perte de richesse végétale due d'une part aux conditions climatiques néfastes mais aussi à l'œuvre de l'intervention inadéquate de l'homme.

La préservation et le maintient de la diversité végétale nécessite impérativement de stopper et de surveiller toutes les actions destructives du tapis végétale.

Les actions à entreprendre dans l'immédiat se résument à :

- Interdire toute actions de pâturage sur les zones ayant subit une forte dégradation.
- Empêcher les incendies et les feux de la végétation. A ce titre, on doit noter que les espèces végétales touchées sont le jonc, le tamaris et les roseaux.

- Proscrire toute action de défrichement. Les nomades pour s'installer dans la plupart des cas sont obligés d'éliminer la végétation.
- Proscrire toute tentative de coupes des espèces ligneuses. Le tamarix est l'espèce la plus touchée.

Les mesures à prélever, à moyen et long terme, peuvent être :

- Dresser une liste complète des espèces végétales rencontrées au niveau de la zone humide même si l'espèce n'est pas vraiment très représentée.
- Classer les espèces par ordre de leur résistance aux différentes agressions.
- Mettre en place une base de données renfermant toutes les informations (écologique, biologique et surtout l'utilisation) sur les espèces rencontrées.
- Maintenir le caractère de tapis végétale herbacée et de n'introduire l'arbre que prudemment et seulement si c'est nécessaire de la faire.
- La surveillance de la flore menacée

6.5.3- Sauvegarder et développer la richesse faunistique

La zone humide de la Macta est connue par sa richesse faunistique et surtout l'avifaune. Les conditions hydriques et floristiques qu'offre la zone font d'elle un des sites les plus importants de l'Oranie, de repos et de nidification de nombreux oiseaux migrateurs.

La richesse faunistique s'est considérablement appauvrie, le nombre des oiseaux diminue de plus en plus et ce suite à la sécheresse qui a sévit ces dernières décennies et la pression anthropique.

Afin de remédier à ce problème et de permettre le retour de cette avifaune et d'accroître par conséquent la richesse faunistique, il est impérative de :

- Connaître toutes les espèces venant vivre au niveau de la zone humide de la Macta.
- Reconnaître et cartographier les habitats de cette avifaune.
- Prohiber toutes actions de chasse au niveau de la zone
- Interdire les coupes illicites des espèces végétaux constituant refuge et habitats de certains faune aviaire.
- La surveillance de la faune menacée.

6.5.4- La gestion agricole

Une partie importante de la zone humide de la Macta est constituée de terrains agricoles. Ces terrains agricoles sont situés au Sud, à l'Ouest et à l'Est. On y retrouve des vergers d'agrumes, d'oliveries et de la céréaliculture.

La répercussion négative de la présence des terrains agricoles, demeure les tentatives de la population d'agrandir leurs superficies agricole au dépend de la zone humide.

De ce fait, il est important de voir primordialement de prendre certaines mesures visant une gestion agricole adéquate et raisonnable.

On propose :

- Reconnaître et cartographier les terrains agricoles.
- Constituer un fichier renfermant toutes les informations sur les terrains agricoles quant à la superficie, la délimitation, le propriétaire, la spéculation pratiquée, la date d'acquisition du terrain,.....
- Envisager un système de rotation culture-pâturage.
- Ne pas utiliser des engrais et essayer d'enrichir le sol par des apports de fumure.

6.5.5- La gestion forestière

La zone humide de la Macta est caractérisée par la présence d'une superficie forestière importante à base de *Tamarix africana* Poiret. Cette superficie forestière, qui actuellement, est en dégradation avancée démontre deux faciès. Le premier étant très dégradé représente la forêt de oued Sig, à une densité très faible, le deuxième représente la forêt de oued Habra plus dense et bienvenante.

Dans ce volet, On entend par gestion forestière, comment est-il possible de renaître et développer cette forêt ?

La reconstitution de cette forêt de tamaris exige :

- Un examen soigneux de toutes les causes ayant contribué à la dégradation de cette forêt ; en essayant de les quantifier et de les classer par ordre.
- Tenter de tracer son historique. Cela permet de comprendre au mieux la dynamique de cet écosystème.
- Apprécier l'effort de régénération du tamaris.
- Examiner et cartographier les zones colonisées par cette espèce.
- Mettre en défend la superficie forestière et ce pour assurer à la fois un bon développement de tamaris et une remontée biologique intéressante.
- Observer les espèces se développant conjointement avec le tamaris et ce pour reconnaître son association.
- Mettre en place un calendrier des travaux sylvicoles appropriés.

6.5.6- La gestion des zones de parcours

Les zones de parcours au niveau de la zone humide de la Macta sont très importantes par leur superficie et par leur richesse en espèces végétales.

La protection et la conservation de la zone humide de la Macta repose en grande partie sur la maîtrise et la gestion de cet espace pastoral.

Les réflexions suppose la mise en place des actions immédiates et des actions à moyens et longs termes.

Les actions immédiates ont pour objectif la préservation urgente de ces zones. Il est proposé :

- Mettre en défend les zones ayant subit une dégradation importante.
- Reconnaître et cartographier les zones de parcours.

Les actions à munir à moyens et longs termes peuvent être :

- Dresser une liste des espèces végétales palatables et reconnaître en priorité leurs période de floraison et de régénération.
- Quantifier et estimer la charge pastorale.
- Limiter au maximum l'installation des nomades.

6.6- Autres mesures et recommandations

- Profiter des atouts apportés par l'utilisation de la télédétection et de l'imagerie satellitaires dans les études de dynamique et les études d'aménagement.

- Intégrer l'utilisation du système d'informations géographiques (S.I.G). Ceci permet de constituer une base de données renfermant toutes les informations sur la zone humide de la Macta et de les convertir en informations cartographiques.

- Arrêt de l'urbanisation à proximité et aux environs de la zone humide.
- L'accroissement des efforts de sensibilisation des populations locales sur la valeur écologique et socio-économique des zones humides.

- La limitation des rejets industriels et domestiques.
- Faire participer la population dans la gestion et la sauvegarde de la zone humide. C'est ce qu'on appelle l'approche participative.

Conclusion

L'étude que nous venons d'entamer comprend une analyse de la phytodiversité de la zone humide de la Macta, et d'appréhender la répartition du tapis végétale en fonction des facteurs de l'environnement en l'occurrence le facteur le plus déterminant à savoir le sol.

A la lumière des données bibliographiques récoltées, les différentes analyses réalisées au niveau du laboratoire, les investigations menées sur terrain et à travers les résultats escomptés, nous avons pu tirer les déductions suivantes :

- La zone humide de la Macta est d'une position géographique très intéressante. Cette situation lui confère un statut d'un écosystème à intérêt certain tant dans le domaine écologique, économique et touristique.

- La zone humide de la Macta, du point de vue pente et altitude, est une zone plate et non accidentée ; elle fait partie d'un grand bassin versant appelé « Macta » ; elle est considérée comme étant le point aval de ce bassin versant. Elle est drainée par trois oueds : l'oued de Sig, Habra et Tinn.

- Du point de vue géologique, la zone humide de la Macta est constituée par 98,18% en quaternaire continental déterminant un substrat géologique récent constitué essentiellement par des apports alluvionnaires.

- Une population importante vivant aux alentours et à l'intérieur de la zone humide et dont une majorité utilise la zone à des fins d'agriculture et de pacage. A cela s'ajoute le nombre important de nomades venant s'installant au niveau de la zone induisant ainsi un déséquilibre de fonctionnement de l'écosystème et une utilisation irrationnelle des richesses faunistiques et floristiques peuvent aboutir à une dégradation irréversible.

- En matière de climat, l'exploitation des données météorologiques et l'application de certains indices climatiques et bioclimatiques pour deux périodes (1950-1983) et (1983-2007) met en relief une élévation moyenne de la température de 1,5°C , une diminution de la tranche pluviométrique moyenne annuelle de 113,43 mm, la période sèche devient de plus en plus importante enregistrant 7 mois de sécheresse dans les conditions climatiques les plus sévère et une évolution régressive du climat de la région vers l'aridité avec des impacts sur la composition floristique de cet espace.

- L'approche pédologique confirme une texture argileuse pour la plupart des relevés échantillonnés (45,11%) avec présence d'une portion de sol à texture limono-sablo-argileux, limono-argilo-sableux et limono-sableux. La perméabilité varie entre peu faible (36,84%) et moyennement perméable (39,10%), le pH du sol est dans la majorité basique (80,45%), le calcaire total varié entre un taux peu calcaire (59,40%) et moyennement calcaire (40,60%), un taux moyen en matière organique caractérise le sol la zone (56,39%). L'humidité oscille entre

faiblement humide, moyennement humide et une humidité importante, et ce en fonction de la texture du sol, de la profondeur de la nappe et du climat. Quant à la salinité, la zone humide de la Macta, caractérisée par la présence d'un sol salin, détermine un rapport de salinité variant entre faiblement (27,07%), moyennement (27,07%) et fortement salin (45,86%) et ce selon qu'on parte de Nord (proche à la mer) vers le Sud et d'Ouest (proche à la montagne) en Est. Le dosage des éléments minéraux atteste que la salinité au niveau de la zone humide de la Macta n'est pas induite par un seul élément ; mais le chlorure de sodium reste l'élément le plus déterminant de la salinité (82,47%).

L'analyse phytoécologique nous a permis de diagnostiquer de près la richesse et la diversité floristique de la dite zone. Il ressort :

- Une liste de 83 espèces groupées en 75 genres et 35 familles. Ces espèces se répartissent entre une espèce en gymnospermes et 83 espèces en angiospermes dont : 10 espèces monocotylédones et 72 espèces dicotylédones.
- Pour les types biologiques, les thérophytes représentent le taux le plus important (51,21%) suivi respectivement de chaméphytes (23,71%) et hémicryptophytes (20,55%).
- A propos des types morphologiques, la classification des espèces végétales montre la dominance des herbacées annuelles (50%) suivi par les herbacées vivaces (27%) et les ligneux vivaces (23%).
- Concernant les types phytogéographiques, l'origine des espèces de la zone humide de la Macta est diversifiée. Les cosmopolites et les subcosmopolites représentent 41%, les méditerranéennes totalisent 35,62%.

L'étude floristique multidimensionnelle par l'application de l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) a permis de déterminer cinq (5) groupe de végétation :

- Un premier groupe représenté essentiellement par la dominance de l'*Atriplex halimus* L, avec pour cortège floristique : *Scolymus maculatus* L, *Scorpiurus muricatus* L et *Verbascum thapsus* L, *Torilius nodosa* L, *Hordeum maritimum* With et *spergularia diandra* Gauss. L' *Atriplex halimus* L reste une des espèces halophytes la plus intéressante de la zone humide de la Macta. Cet ensemble, localisé au Sud, au Sud-ouest et un peu au centre, est soumis à un pacage intensif réduisant ainsi sa superficie et facultés de régénération. Actuellement, il est rare de trouver une touffe d'*Atriplex halimus* L assez développée. Ce groupe repose sur un sol moyennement salé.

- Un deuxième groupe constituée par des espèces halophytes stricts (*Spergularia diandra* Guss, *Hordeum maritimum* With et *Suaeda maritima* L) en mélange avec des espèces des terrains incultes, des friches et des terrains agricoles. Cet ensemble est constitué par des espèces formant généralement le cortège floristique des différents groupements végétaux composant la zone humide de la Macta ; à l'exception de *Suaeda maritima* L. Cet ensemble se trouve réparti sur toute la zone humide de la Macta. Il est caractérisé par une diversité en humidité ainsi qu'en salinité. Il démontre une stabilité importante malgré qu'il soit soumis à un défrichement aussi important.
- Un troisième groupe formé par des espèces dites hydrohalophytes (*Tamarix africana* Poiret, *Juncus maritimus* Lamk, *Phragmites communis* Trin et *Plantago coronopus* L). Ce groupe est dominé par *Tamarix africana* Poiret. Cet ensemble est caractérisé à l'encotre des autres groupes par un taux d'humidité aussi important et un taux de salinité modéré. Il se trouve localisé surtout tout au long des oueds et des cônes de déjections de ces oueds et au niveau de certains points d'eau ; il est soumis à des submersions fréquentes.
- Un quatrième ensemble formé en quasi totalité des espèces des terrains friches et des terrains incultes (*Malva sylvestris* L, *Centaurea calcitrapa* L, *Torilius nodosa* L, *Avena sterilis* L et *Sonchus arvensis* L). Ce groupe repose sur un sol plus au moins riche en matière organique et une salinité faible.
- Un cinquième et dernier groupe constitué par des espèces dites psammohalophytes (*Suaeda fruticosa* L, *Salicornia fruticosa* L, *Mesembryanthemum nodiflorum* L, *Salsola kali* L, *Arthrocnemum macrostachyum* Moric). Ce groupe comme l'indique son nom est caractérisé par une salinité élevé et une texture contenant une portion de sable. Les espèces de ce groupe n'ont pas la même répartition ; *Suaeda fruticosa* L et *Salicornia fruticosa* L sont localisés un peu partout dans la zone humide par contre *Mesembryanthemum nodiflorum* L, *Salsola kali* L et *Arthrocnemum macrostachyum* Moric sont d'une répartition très restreinte, on les retrouve au Nord de la zone humide.

Actuellement, il est rare de parcourir la zone humide de la Macta sans s'apercevoir des signes de dégradation avancée menaçant un tel écosystème offrant des potentialités écologiques, économiques et touristiques. Sous l'effet conjugué du facteur climatique, notamment la faiblesse des précipitations imposant une aridité assez prononcée, et une pression anthropique permanente à travers une exploitation abusive (céréaliculture, défrichement, incendie et parcours intensif), la zone humide de la Macta perd de plus en plus ses atouts floristique et faunistique.

Références Bibliographiques

- **Aharonson Z., Shain J et Sulman F.G., 1969** – Hypoglycemia effect of the salt bush (*Atriplex halimus*) a feeding sources of the sand rat (*Psammomys obesus*). *Diabetologia* 5. pp : 379-383.
- **Alcaraz L., 1982** – La végétation de l'Ouest Algérien. Thèse. Doct. Univ. Perpignan. 415p.
- **Anonyme., 1996** – Entre terre et eau : agir pour les zones humides. Dossier d'information. M.E et S.N.P.N., Edit R.F.C – France. 72 p.
- **Anonyme., 2002** – Les marais et leur protection en suisse. Edit I.F.R.F.N.P – O.F.E.F.P. 68 p.
- **Anonyme., 2005** – Caractérisation des zones humides. Cahier thématique. Programme national de recherche sur les zones humides (P.N.R.Z.H). Edit M.E.D.D. 70 p.
- **Aubert G., 1978** - Méthodes d'analyses des sols. Edit Centre Régional de Documentation Pédagogique de Marseille. 191 p.
- **Auclerc P., 1999** - Lutte contre les inondations en Loire moyenne. A l'heure du bilan. Dossier de « La Loire et ses terroirs », n° 30.
- **Axelord D I., 1973** - History of mediterranean ecosystem in california. In Dicastri. Et Money H.A.S (eds). Mediterranean type ecosystems origin and structure-ecological, studies, n° 7. New York. Pp : 225-283.
- **Axelord D I et Raven P., 1978** - Late cretaceous and tertiary history of Africa. In : Werger M.J.A (eds). Biogeography and ecology of southern africa. Jang, pp : 77-130.
- **Bagnouls et Gaussen., 1953** – Saison sèche et indice xérothermique, Bulletin social d'Histoire Naturelle, Toulouse.
- **Bahidi A et Bait N., 2008** – Occupation spatio-temporelle du marais de la Macta par l'avifaune aquatique. Mémoire Univ. de Mascara, 85 p.
- **Baize D et Girard M.C., 1995** - Référentiel pédologique- Principaux sols d'Europe. Collection " Techniques et Pratiques" Edit I.N.R.A- France. 332 p.
- **Baize D et Jabiol B., 1995**- Guide pour la description des sols. Edit I.N.R.A – France. 358 p.
- **Barbault R., 1992** - Écologie des peuplements : Structure, dynamique et évolution. Edit Masson, Paris, 267 p.
- **Belaqziz R., 2006** – Etude de la flore et de la végétation du Site d'intérêt biologique et écologique (S.I.B.E) du marais de la palmeraie Tensift – Marrakech : Perspectives de conservation. Mémoire D.E.S.A. Université Cadi Ayyad Marrakech- Maroc. p 37.

- **Belgherbi B et Benabdeli K., 2010** - Contribution à l'étude des causes de la dégradation de la forêt de *Tamarix* de la zone humide de la Macta (Algérie occidentale). *Revue forêt méditerranéenne*, vol. XXXI, n° 1, p : 55-62.
- **Bernard P., 1994** - Les zones humides. Rapport d'évaluation. Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, Commissariat Général du Plan, 391 p.
- **Binkley D et Vitousek P., 1989** - Soil nutriment availability. *Plant Physiological Ecology* 5 : 75-96.
- **Bize J., Bourguet L et Lemoine J., 1972** - L'alimentation artificielle des nappes souterraines. Edit Masson & Cie. France ; 185 p.
- **Blondel., 1969** – Synécologie des passereaux résidents et migrateurs dans le midi méditerranéen français. C.R.D.P Marseille.
- **Bost F., 1991**- Evolution de la flore herbacée forestière sur deux sites de la forêt de Haye entre 1972-1991. Thèse doctorat. INRA-CNRF. Nancy-France. 52 p.
- **Bouxin G., 1999** - Description de la végétation aquatique et du bord de l'eau dans le bassin hydrographique de la Molinee (Condroz, Belgique) par l'analyse multiscalaire des motifs. *Ecologie*, t. 30 : 139-163 pp.
- **Bouxin G., 2008** - le traitement statistique des tableaux de relevés floristiques et mésologiques. Disponible sur Internet à l'adresse : <http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/160> p.
- **Braun-Blanquet J., 1952** – Pflanzensozologie (2^{ém} édition), Springer, Vienne. Comm. S.G.M.A. n° 116.
- **Bravard J-P et Petit F., 1997** - Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial. Ed A. Colin, 222 p.
- **Caloz R et Collet C., 2001** - Précis de télédétection. Vol 3 : Traitements numériques d'images de télédétection. Ed Presse de l'université du Quebec, Canada. 400 p.
- **Chaumont M et Paquin C., 1971**- Carte Pluviométrique de l'Algérie au 1/500.000. *Soc. Hist. nat. Afr. N.*, 1 vol., 24 p.
- **Chauvet M et Olivier L., 1993** - La biodiversité. Enjeu planétaire. Préserver notre patrimoine génétique. Édit. Sang de la Terre. 410 p.
- **Chauvassut G., 1956** - Les groupements végétaux du marais de la Rassauta. *Annl. Inst.Agr. Algérie*, 10, 4, 92 p.
- **Costanza R., Arge R et De Groot R., 1997** - The value of the world's ecosystem services and natural capital- *Nature* 387, pp. 253-260.

- **Cowardin L.M., Carter V., Golet F.C et LaRoe E.T., 1979** - Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 79 p.
- **Cronquist A., 1981** - an inetgrated system of classification of folowring plants, colombia univ, press, 121p.
- **Daget Ph et Gordon M., 1982** - Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Coll; Ecol. 18, Masson, Paris, 163 p.
- **Daget P et Poissonnet J., 1971** - Principes d'une technique d'analyse quantitative de la végétation des formations herbacées. Doc. CEPE-CNRS 56, p : 85-100.
- **Dalloni M., 1919-** Le terrain houiller sur le littoral de la province d'Oran. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* n° 168, p : 1008-1010.
- **Denis B., 1988** – Guide des analyses en pédologie. 2^e édition revue et argumentée. Edit I.N.R.A, Paris. 200 p.
- **D.G.F (Direction générale des forêts), 2001-** Atlas des zones humides n°1. 40 p.
- **Donadieu P., 1996** - Paysages de marais. Edit De Monza, Paris, 199 p.
- **Doumergue., 1988** – Association Française pour l'avancement des sciences – Congrès d'Oran.
- **Duchaufour Ph., 1988** - Abrégé de pédologie, 2^{ème} édit coll. «Abrégés des Sciences». Masson. Paris, 232 p.
- **Dugan P.J., 1990** - Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. IUCN.
- **El Hamrouni A; 2001** – La flore et la végétation de quelques zones humides littorales. Rapport de diagnostic des sites, M.E.A.T. 38 p.
- **Ellenberg H., Mueller et Dombois D., 1968** - A key to Rankaier plant ufee forms with revised. Ber. Geobot. Inst. Eth. Stiftg; Rubel. Zurich 37. pp : 56-73.
- **Ellenberger P., 1977** - Quelques précisions sur L'anatomie et la place systématique très spéciale de *Cosesaurus aviceps*. Cuadernos Geologica Iberica Vol 4 pp : 169-188.
- **Emberger L., 1930** – La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Gen. Bot, 42. pp : 641-662 et 705-721.
- **Emberger L., 1971** – Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson. Paris. 520 p.
- **Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A et El Oualidi J., 1999** – Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol 1. Tra. Inst. Sci. Rabat. Série Bot, N° 36. 588 p.

- **Fennane M et Ibn Tattou M., 2005** – Flore vasculaire du Maroc : inventaire et chorologie. Vol 1. Travaux de l' I.S.T (Maroc) – série Botanique n° 37. 483 p.
- **Forster J., 1995**- Determination of pH. In methods in applied soil microbiology and biochemistry. K. Alef and P. Nannipieri (Ed)pp 55, Academic Press, London.
- **Frontier S et Pichod-Viale D., 1993** - Ecosystèmes : structure, fonctionnement et évolution. Edit Masson, Paris. 447p.
- **Fustec E et Frochot B., 1996** - Fonctions et valeurs des zones humides. Synthèse bibliographique. AESN, Laboratoire de Géologie Appliquée, Univers. P. et M. Curie, Paris VI, 134 p.
- **Fustec E et Lefeuvre J.C., 2000** - Fonctions et valeurs des zones humides. Ed Dunod, Paris, Industries Techniques, série Environnement, 426 p.
- **Gaucher G., 1939** – Observation sur le problème géologique du sel en Algérie.
- **Gaucher G et Simonneau P., 1952** – Monographie agricole de la plaine de Saint-Dennis. Terres et eaux n° 14 et 15.
- **Gillet F., 2000** – Méthode d'étude de la végétation. Tome I : Texte et tome II : Illustration. LEVP. Institut de Botanique. Université de Neuchâtel – Suisse. 114 p.
- **Girard M. C et Girard C. M., 1999** – Traitement des données de télédétection. Edition DUNOD, Paris 1999, 529 p.
- **Gordon M., Daget P., Emberger L., Long G., Le floch E., Poissonnet J., Sauvage C et Wacquart J P., 1983**- Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. C.N.R.S. Paris 296 p.
- **Gounot M., 1969** – Méthodes quantitatives d'étude de la végétation, Edit Masson, Paris (France). 314 p.
- **Greuter w., Burder hm et Long g., 1984-1989** - med-checklist, a critical inventory of vascular plants of the circum-mediterranean contries, vol 1 (1984); vol 2; (1986) vol 4 (1989), Edit : conservatoire et jardin botanique de Genève. Suisse.
- **Hammada S., Dakki M., Ibn Tattou M., Ouyahya A et Fennane M., 2002** – Catalogue de la flore des zones humides du Maroc : Bryophytes, Ptéridophytes et Spermaphytes. Bulletin n° 24 de I.S.R (Section : Sciences de la vie) Maroc. 59 p.
- **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. Revue Acta Botanica Malacitana n° 29. pp : 43-66.

- **Hammada S., 2007** – Etudes sur la végétation des zones humides du Maroc : catalogue et analyse de la biodiversité floristique et identification des principaux groupements végétaux. Thèse de doctorat. Université Mohammed V- Agdal- Rabat (Maroc). 186 p.
- **Humboldt A., 1805** - Géographie des plantes, volume XX du livre " Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent " Ed Paris-Nanterre.
- **I.N.R.A (Institut national de recherches agronomiques), 2000** – Guide des analyses en pédologie. 2^{ème} édition revue et argumentée ; I.N.R.A ; France.
- **Johnson A. R et Hafner H., 1982** - Les Zones Humides de Tunisie et d'Algérie et dénombrement de la faune sauvagine. Rapport non publié.
- **Judd W., Campell C., Kellogg et Stevens P., 2002** - botanique systématique : une perspective phlo-génétique, version française, traduction Bouharmount J et Evrard C, deboeck université 467p.
- **Lacoste A et Salanon R., 1999** – Eléments de biogéographie et d'écologie. 2^{ème} édition. Edit Nathan. 318 p.
- **Lambert J., 1975** - Analyses des sols et de la végétation.
- **Ledant J.P., Jacobs P., Malher E., Ochando B et Roche J., 1984** – Mise à jour de l'avifaune Algérienne. Le Gerfaut De GIERVALK, n° 71.
- **Le Houérou H N., 1993** – Salt tolerant plants for the arid régions of the Mediterranean isoclimatic zone. In : H. Lieth and A. El Masoom (eds), Towards the rational use of high salinity-tolerant plants. Vol1. Kluwer. Acad. Publ, Dordrecht, The Netherlands, pp : 403-422.
- **Lemée G., 1978** - Précis d'écologie végétale. Ed Masson, France. 289 p.
- **Lethier H., 1995** - Entre terre et eau - Agir pour les zones humides. Ed ministère de l'Environnement de France –72 p.
- **Maire R., 1926** – Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie (avec notice).
- **Maire R., 1923-1941**- Contribution à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord. Bull. Soc. Hist.Nat. Afr. Nord, 14 (pp. 118-159), 22 (pp. 130-172), 23 (pp. 163-221), 28 (pp. 332-388), 32 (pp. 202-224).
- **Maire R., 1952-1987**- Flore de l'Afrique du Nord. Volume 1-16. Ed. Lechevalier, Paris.
- **Mc Cune B et Mefford, M.J, 1999** - PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- **Mermet L., 1995** – Les infrastructures naturelles : statut, principe, concept, ou slogan ? Revue Zones humides infos 7, pp : 7-9.

- **Mesléard F et Perennou C., 1996** – La végétation aquatique émergente : écologie et gestion. Conservation des zones humides méditerranéennes. N° 6. MedWet. Collection tour de valat, Arles. France. 86 p.
- **Michelot J-L., 1994** - Gestion et suivi des milieux fluviaux - L'expérience des réserves naturelles. Réseau des Réserves Naturelles Fluviales, 440 p.
- **Muller S., 1998** - Étude de l'impact des changements des pratiques agricoles sur la biodiversité végétale et la fonction d'épuration des eaux dans les prairies alluviales de Lorraine. Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 23 p.
- **Noon K. F., 1996** - A model of created wetland primary succession. *Landscape and Urban planning* 34, pp : 97-123.
- **Ozenda P., 1958** – Flore du sahara septentrional et central. Edit CNRS, Paris 486 p.
- **Pearce F et Crivelli A.J., 1991**- Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. n°1, 88 p.
- **Pinay G et Décamps., 1988** - The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water : a conceptual model, *regulated rivers : research and management* vol. 2, pp : 507-516.
- **Pinay G., Décamps., Chauvet et Fustec., 1990** - Functions of ecotones in fluvial systems. *Ecology and management of aquatic terrestrial ecotones*. Naiman & Décamp, pp : 141-169.
- **Poissonet P et Poissonet J., 1969** - Etude comparée sur diverses méthodes d'analyse de la végétation des formations herbacées denses et permanentes. Conséquences pour les applications agronomiques. Doc. C.E.P.E. - C.N.R.S. ; Montpellier, 50, 119 p.
- **Polumin N., 1967** - éléments de géographie botanique. Ed Gauthier Willars Paris.
- **Press J.R., Sutton D.A et Tebbs B.S., 1987** – Guide des plantes sauvages. Edit Sélection du Reader's Digest S.A. 416 p.
- **Quezel P et Santa S., 1962-1963** – Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. C.N.R.S. Paris. 2 vol. 1170 p.
- **Quézel P et Simmoneau P., 1960** – Quelques aspects de la végétation des terrains salés des plaines sub-littorales de l'Oranie orientale. *D.H.E.R. Bull.* n°6. Alger.
- **Quezel P; 1978** - Analysis of the flora of mediterranean and saharan Africa. *Missouri.Bot. Gard.* 65, 2; pp : 411-416.
- **Quezel P; 1985** - Definition of the mediterranean region and the origin of its flora. In Gomez Compo Edit : "plant conservation in the mediterranean area". Junk. Dordrecht; pp : 9-24.

- **Quezel P; 1995** - La flore du bassin méditerranéen, origine, mise en place, endémisme. Ecol. Med. 21 (1-2). pp : 19-39.
- **Ramade F., 1981** - Ecologie des ressources naturelles.
- **Ramade F., 1994** - Eléments d'écologie : écologie fondamentale. 2^e edit : Paris ; Ediscience international : IX. 579 p.
- **Raunkiaer C., 1934** - The life forms of plants and statistical plant. Geography. Claredon press. Oxford. 632 p.
- **Real B., 1997** – Etude de l'efficacité de dispositifs enherbés. Agence de l'Eau Loire-Bretagne, ITCF, 24 p.
- **Richards L.A., 1969** – Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook N° 60 ; Salinity laboratory, Riverside, California, USA.
- **Rieu M et Chevery C., 1976** – Mise au point bibliographique sur quelques recherches récentes en matière de sols salés. Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Pédologie. XIV. N°1, 1976. pp : 39-61.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J P., Chambon P., Champsaur H et Rodi L., 1996** – L'analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduelle et eau de mer. 8^{ème} Ed Dunod. Paris. 1383 p.
- **Roy J.L., 1999** - Recensement des études de restauration, entretien, reconquête des zones inondables, études de 15 cas particuliers. Etude Ministère de l'environnement- France.
- **Sari A., 2004** – Etude des relation sol-végétation de quelques halophytes dans la région du Nord de Remchi. Mém. Ing. Univ. Tlemcen. 199 p.
- **Seltzer P., 1946** - Le climat de l'Algérie. Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie. Université d'Alger. Edit Carbonel., 219 p.
- **Servant J.I., 1975** - Contribution à l'étude pédologique des terrains halomorphes. I.N.R.A-S.E.S – Montpellier, France.
- **Seyrig R., 2007** - Fiscalité et protection des zones humides. Mémoire de fin d'étude, université Lyon2, IEP de Lyon. 121 p.
- **Soltner D., 1992** – Les bases de la production végétale. Tome 2. 6^{ème} Edition. Sci et Tech. Agr 49310. Sainte Gène sur la Loire. France. 200 p
- **Simonneau P, 1951** – Note sur la mise en valeur des terrains salés de Perrégaux. Terres et eaux n° 12.
- **Simonneau P., 1952** – La végétation halophile de la plaine de Perrégaux, Oran ; G.G.A ; D.S.C.H ; S.E.S ; 279 p

- **Skinner J et Zalewski S., 1995** - Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Collection MedWet-Tour du Valat (France), n°2, 78 p.
- **Tafer B., 1993** – Etude phytoécologique des complexes de végétation halophiles de la plaine de Mohammadia (Macta Oranie). Thèse Doc. Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille ; 200 p.
- **Tremblin G., 2000** – Comportement autoécologique de *Halopeplis amplexicaulis* : plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. Rev. Sci et Chang. Plan. Séch. Volume 11. N° 2. pp : 9-16.
- **Vedrenne G., 1982** - L'analyse multivariante et la mise en évidence d'indicateurs biologiques : application à l'étage méditerranéen de Provence calcaire. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille III.
- **Vidal, E., Médail, F., Taton, T., Vidal, P et Roche, P. 1998** - Functional analysis of the newly established plants, induced by nesting gulls on Riou archipelago (Marseille, France). *Acta Oecologica*, 19 : 241-250.
- **Warner, B.G et Rubec C.D., 1997** - The Canadian Wetland Classification System. Wetlands Research Centre, University of Waterloo, Waterloo, Ontario. 56 p.
- **Wonnacott T. H et Wonnacott R. J., 1990.** - Statistique : économie-gestion-sciences-médecine, Economica, Paris, 920 p.
- **Yin S-B et Lu X-G., 2006** - Theory and method for wetland boundary delineation. *Chinese Geographical Science*, 16(1) : 56-62.

Annexes

Annexe 1 : Critère d'identification des zones humides d'importance internationale

<p>Groupe A des critères :</p> <p>Sites contenant de type de zones humides représentatifs, rares ou unique</p>		<p>Critère 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.</p>
<p>Groupe B des critères :</p> <p>sites d'importance internationale pour la conservation de la diversité biologique</p>	<p>Critères tenant compte des espèces ou des communautés écologiques</p>	<p>Critère 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</p>
	<p>Critères spécifiques tenant compte des oiseaux d'eau</p>	<p>Critère 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</p>
	<p>Critères spécifiques tenant compte des poissons</p>	<p>Critère 4 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale abrite des espèces végétales et/ou animal si elle a un stade critique de leur cycle de vie ou si elle sert de refuge dans des conditions difficiles.</p>
	<p>Critères spécifiques tenant compte d'autres taxons</p>	<p>Critère 5 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 20 000 oiseaux d'eau ou plus.</p> <p>Critère 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.</p>
	<p>Critères spécifiques tenant compte des poissons</p>	<p>Critère 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.</p>
	<p>Critères spécifiques tenant compte des poissons</p>	<p>Critère 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.</p>
	<p>Critères spécifiques tenant compte d'autres taxons</p>	<p>Critère 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'a vif aune.</p>

Annexe 2 : Le mode opératoire des différentes analyses de sol effectuées

1- Les analyses physiques

1.1- La granulométrie

Les échantillons du sol sont dissociés jusqu'à l'état de particules élémentaires et la destruction totale des agrégats ; la méthode de tamisage employée est le tamisage humide (Aubert, 1978 ; DUCHAUFOR, 1988 et DENIS, 1988) :

On pèse 100 grammes de terre fine, (diamètre < de 2 mm), puis (tamisage humide à l'aide de l'agitateur mécanique) avec une série de tamis accompagnée par l'eau du robinet jusqu'à ce que toutes les particules inférieures de 0,045 passent à travers le tamis de 0,045 mm de diamètre dans le cylindre à l'aide d'un tuyau et l'amplitude entre 4 et 5, selon les particules.

Le sable restant est passé dans les deux tamis superposés à maille décroissante de 0,125 mm et 0,045 mm de diamètre dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Pour la fraction totale inférieure à 0,045 mm (limon grossier + limon fin + argile), le cylindre à 5 cm à l'aide de la pipette de ROBINSON est agité. La même opération est appliquée à fraction de 0,02 mm (limon fin + argile), le deuxième prélèvement à 10 cm après 4 minutes et ainsi de suite.

Pour la fraction inférieure de 0,002 mm (argile), on agite le cylindre et on prend un troisième prélèvement à 10 cm après 3 heures 39 minutes.

Les trois prélèvements sont mis dans des capsules d'un poids connu puis ils ont été placés dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures. On pèse à l'aide de la balance électrique, les deux tamis 0,125 mm et 0,045 mm de diamètre et les trois capsules puis on fait les calculs.

1.2- Détermination de la matière organique

Elle se fait par une prise d'essai de 10 g de terre est placée dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures. Après le séchage, l'échantillon est pesé (soit m_1 sa masse après l'étuvage) puis cet échantillon est mis dans un four à une température de 700°C pendant 1^h30', pour dégrader le carbone on doit enlever l'eau (AUBERT, 1978 ; BAIEZ et JABIOL, 1995)

Le pourcentage de la matière organique est obtenu selon la formule suivante :

$$\text{MO}\% = 20 (m_1 - m_2)$$

Dont :

m_1 : La masse de l'échantillon après étuvage.

m_2 : La masse de l'échantillon après la deuxième opération.

20 : Pour avoir le pourcentage.

1.3- La perméabilité

La méthode est simple, 04 entonnoirs spéciaux avec du papier filtre et la terre fine avec une hauteur connue, est pesée et on ajoute de l'eau. Les mesures s'effectuent en trois intervalles : après 15 minutes, 30 minutes et 1 heure. (LAMBERT, 1975).

.La perméabilité est calculée selon la formule suivante :

$$K (cm / h) = \frac{e.v}{S.H}$$

Dont :

K: la perméabilité.

E: la hauteur du sol (cm).

V: le volume de l'eau filtré (ml)

S: la surface de l'entonnoir (cm²).

H: la hauteur de l'eau + la hauteur du sol (cm).

1.4- L'humidité du sol

Le principe de la méthode de détermination de l'humidité est d'introduire dans une boîte à métal de tare connue 10 g de l'échantillon de sol ; peser avec précision la capsule + terre ensuite sécher à l'étuve à 105°C pendant 24 heures et puis peser de nouveau (BAIEZ et JABIOL, 1995).

L'humidité (**He**) est obtenue à partir de la formule suivante :

$$\mathbf{He = (A-B / B -C) x 100 \%}$$

A: La masse du sol avant séchage.

B: La masse du sol après séchage.

C: La masse de la capsule.

2- Les analyses chimiques

2.1- Mesure du pH

Une fois les extraits 1/5 (10 g de terre fine + 50 ml d'eau distillée), on agite à l'aide d'un agitateur mécanique pendant 5 minutes, et on laisse l'ensemble presque 1/4 d'heure. Après dépôt, on opère par filtration des solutions agitées, et on obtient des solutions aptes à mesurer.

La valeur du pH est estimée grâce au pH mètre. C'est simple, il suffit d'introduire l'électrode dans la solution et on note la lecture (AUBERT, 1978 et FORSTER, 1995).

2.2- La conductivité électrique

Pour extraire les sels solubles, nous avons mélangé de la terre sèche avec beaucoup d'eau pour obtenir de forte dilution (terre, eau 1/5 en pondéral), le rapport eau sol reste constant quelle que soit la nature de l'échantillon, et notamment sa granulométrie.

On pèse 10 g de la terre fine, on lui ajoute 50 ml d'eau distillée, puis on mélange le tout par un agitateur mécanique pendant 05 minutes. On laisse l'ensemble (terre fine + eau) en repos pendant 1/4 heures puis on fait la filtration à l'aide de l'entonnoir et le papier filtre pour obtenir la solution apte à mesurer.

La mesure se réalise à l'aide d'un conductimètre électrique, avec notamment le même principe, on met l'électrode au sein de la solution et on note discrètement la lecture.

2.3- Le calcaire total

L'opération s'effectue à l'aide du calcimètre de Bernard. La méthode consiste à l'attaque d'un (1g) de terre par un acide chlorhydrique (HCl). Le CO₂ dégagé est mesuré par gazométrie et il permet de connaître le taux de calcaire dans la terre (LAMBERT, 1975).

Cette méthode consiste à la décomposition du calcaire (carbonate de calcium CaCO₃) par l'acide chlorhydrique selon la formule suivante :



3- Les mesures des éléments minéraux :

3.1- Dosage de chlorure

Dans un ERLLEN MEYER de 25 ml, on introduit successivement :

- Extrait de sol 1/5. (10g de terre + 50 ml d'eau distillée, 1 ml de K₂CrO₄ 10 %, 10 g dans 100 ml d'eau distillée).
- Verser à la beurette, une solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0.1 N (la normalité), en agitant jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre. Cette teinte doit être persistée 1 à 3 minutes.

Les résultats du dosage exprimés en mg de Cl⁻ par litre d'eau sont donnés par l'expression suivante :

$$C_{Cl} \text{ (mg / l)} = \frac{V_{AgNO_3} * N_{AgNO_3} * 1000 * 35.45}{V}$$

Dont :

C_{Cl} : la concentration du chlorure (g/ml).

V_{AgNO_3} : le volume utilisé (ml).

N_{AgNO_3} : la normalité.

V : le volume de l'extrait du sol (ml)

3.2- Dosage de sodium, chlore, potassium et calcium

On commence la manipulation par la préparation des solutions mères ; c'est-à-dire on pèse 0,1 g de NaCl, KCl, et CaCl₂, on lui ajoutant à chacun 100 ml d'eau distillée. Après l'obtention de solutions mères, on commence à la dilution par 50 ml. A chaque fois on enlève 50 ml de la solution précédente, on lui ajoute 50 ml d'eau distillée et on agite, puis on prend une deuxième fois 50 ml de la solution agitée et ainsi de suite jusqu'à la cinquième solution.

Une fois les extraits de sol sont préparés, on commence le travail sur le spectrophotomètre à flamme.

D'abord il faut étalonner l'appareil par l'eau distillée, ensuite on mesure les solutions diluées, sans oublier le bouton qui indique le type du sel minéral à mesurer. L'opération se continue, jusqu'aux extraits des échantillons. Mais il faut noter que entre chaque lecture il faut réétalonner l'appareil afin de ne pas erronés les mesures effectuées (RODIER et al, 1996).

Pour valider notre expérience, on a redoublé le travail plusieurs fois, dont les valeurs enregistrées sont les moyennes de plusieurs lectures.

Annexe 3 : Triangle de JAMAGNE

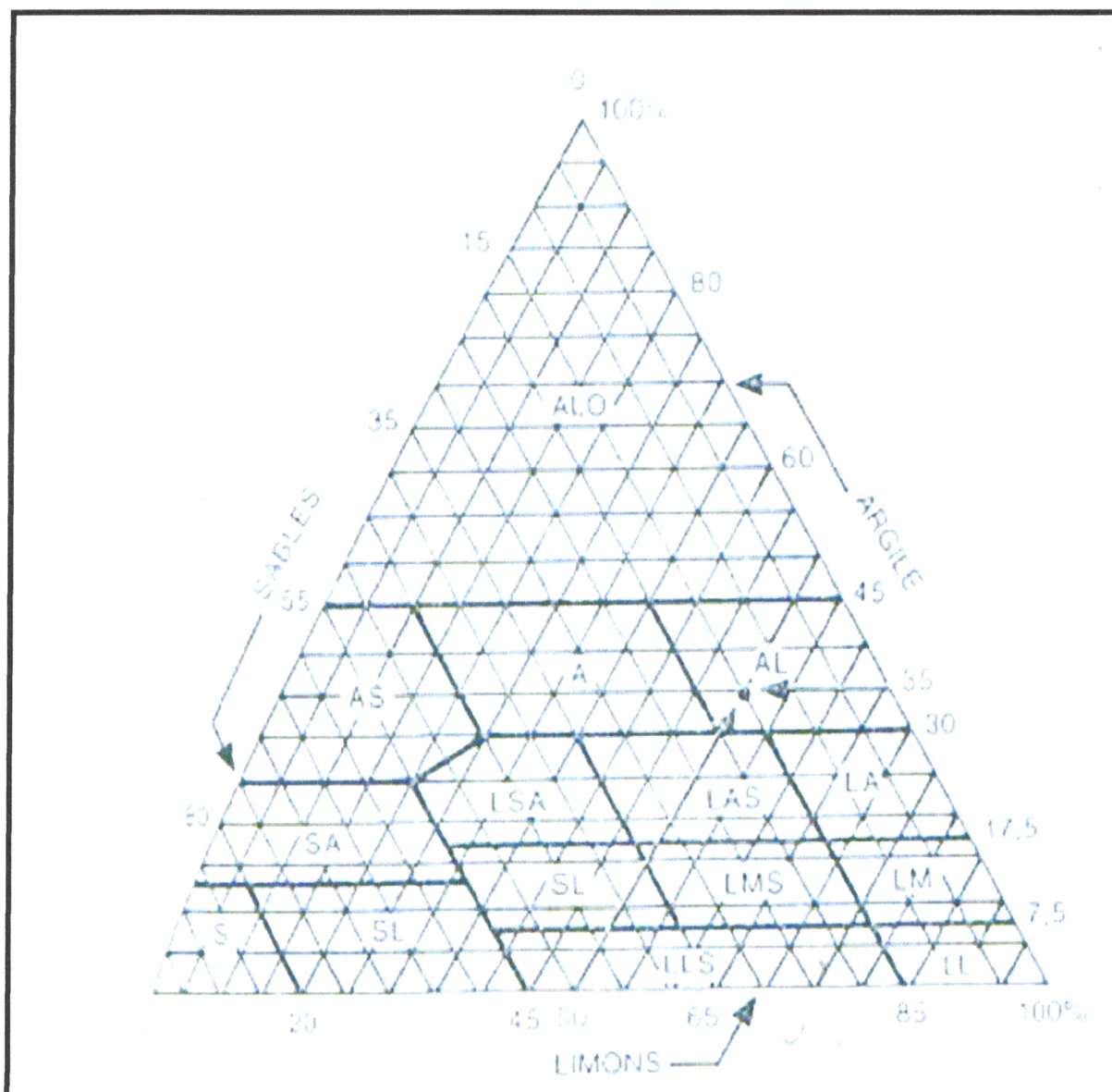


Figure 35 : Triangle de texture de JAMAGNE (BAIZE et JABIOL, 1995).

Avec :

S : Sable.

SL : Sable limoneux.

SA : Sable argileux.

LLS : Limon léger sableux.

LA:Limon argileux.

LSA : Limon sablo-argileux

LAS :Limon argilo-sableux

LL : Limon léger

LM : Limon moyen

LS : Limon sableux

A : Argile

AL: Argile limoneuse

ALO: Argile lourde

AS: Argile sableuse

LMS : Limon moyen sableux.

Annexe 4 : Les résultats d'analyse du sol

Tableau 43 : Résultats des analyses granulométriques

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sable %	29.6	27.4	29.5	28.3	25.6	24.9	33,3	33.2	25.6	44,6	33.0	27.6	30.6	28.0
Limon %	31.7	54.4	30.5	31.2	63.0	35.1	38,6	59.5	30.1	25,4	14.9	28.8	31.8	19.5
Argile %	38.7	18.2	40	40.5	11.4	40	27,1	7.3	53.0	30	51.0	43.6	37.6	59.0
Relevé	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Sable %	30.2	35.1	39.6	30	32	46.7	46,5	51.4	50.3	48.2	40.1	23.1	31,0	38.4
Limon %	62.9	12.9	10.1	31.2	30	47.7	25,1	30.5	33.5	40	40.9	37.3	8,90	40.1
Argile %	6.9	52.5	56.0	38.8	38	5.6	38,2	18.1	16.2	11.8	19	39.6	60,0	21.5
Relevé	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Sable %	41.1	41.3	41.3	30.5	37,9	31,0	29.6	26.3	41	45.3	27	39,0	47.6	31.5
Limon %	35.2	33.7	34.1	30.2	34,1	40,3	34.9	27	37.8	31.2	31.3	19,0	38.1	34.1
Argile %	23.7	25	24.6	39.3	28,0	28,6	35.5	47	21.2	23.5	41.7	42,0	14.3	34.4
Relevé	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Sable %	20.7	41.7	30.0	33.8	19	51.0	40.1	30.2	32.9	42.2	27.8	40.7	26.5	28.4
Limon %	39.3	40.1	12.0	36.7	28.1	31.0	18.5	41.1	39.1	33.1	32	36	50.2	41.2
Argile %	40	18.2	48.0	29.5	52.9	38.0	30.0	28.7	28	24.7	40.2	23.3	23.3	30.4
Relevé	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Sable %	33.4	47.4	34,1	33,4	28.6	41.5	40.0	34.2	41.0	41.0	28.3	36.2	38.2	35.2
Limon %	39.5	31.4	34,6	36,4	31.6	38	12.3	55	9.20	18.0	31.2	37.5	19.5	9.10
Argile %	27.1	21.2	31,2	30,1	39.8	20.5	48.0	10.8	40.0	40.0	40.5	26.3	42.3	47.0
Relevé	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Sable %	31.2	33.7	34.5	36.6	41.3	51.0	43.6	46.4	48.0	33	33.6	27	50.0	52.1
Limon %	9.00	36.1	35	37.2	55.4	19.1	21.9	17.1	31.0	48.3	42	33.1	11.2	13.8
Argile %	59.4	29.3	30.5	26.2	3.3	28.7	44.1	36.3	21.0	18.7	24.4	39.9	38.9	32.2
Relevé	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Sable %	45.0	44.6	24.5	39	46.3	33.8	33.5	49.3	26.8	39.	19.9	36.1	34.5	29.3
Limon %	4.50	29.4	34.5	47.8	28.8	46.7	26.3	20	31.2	25.3	63.3	27.6	24.6	45.6
Argile %	51.3	26.0	41	13.2	24.9	19.5	40.2	30.7	42	35.7	16.8	36.3	40.9	23.4
Relevé	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
Sable %	26.6	34.8	40.0	38.4	33.3	43.4	38.2	21.3	33.3	25.6	46.5	29.4	39.0	37.9
Limon %	43.02	25.6	30.2	31.5	38.0	28.7	24.6	30.5	38.6	44.6	17.1	39.5	22.9	34.1
Argile %	29.01	39.4	29.5	30.0	28.6	27.6	37.3	48.2	27.1	30	36.2	31.1	38.0	28.0
Relevé	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
Sable %	42.3	40.1	20.2	28.5	39.4	39	44.6	45.5	36.3	25	35.3	19.0	29.0	30.2
Limon %	26.32	29.7	41.3	40.4	33.1	19	29.4	33.2	23.2	31	20.3	34.5	35.7	27.4
Argile %	31.36	30.1	38.3	30.0	37.4	42	26	21.3	40.4	43.9	44.3	46.4	35.2	42.4
Relevé	127	128	129	130	131	132	133							
Sable %	20.2	24.0	35.0	40.9	34.3	28.3	43.7							
Limon %	42.76	38.1	22.3	19.3	41.0	29.6	26.2							
Argile %	37.04	37.8	42.6	39.8	15.0	42	29.0							

Tableau 44 : Résultats de la matière organique

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
M.O	2.50	3.60	2.80	2.70	2.95	3.10	1.95	0.45	2.30	1.95	2.30	4.80	1.75	2.50
Relevé	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
M.O	1.65	0.80	0.80	1.75	2.15	3.45	2.30	4.00	3.60	1.00	2.40	3.10	2.40	4.80
Relevé	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
M.O	2.80	3.21	3.21	2.72	6.70	1.75	1.92	1.13	3.61	2.90	2.74	1.90	4.00	2.50
Relevé	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
M.O	2.60	3.45	1.10	3.63	2.00	2.55	2.75	1.60	0.7	2.9	2.5	3.6	3.00	1.12
Relevé	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
M.O	2.70	3.32	1.65	3.75	2.53	4.35	1.40	2.45	0.45	1.40	3.44	1.75	1.20	0.70
Relevé	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
M.O	2.80	3.15	1.25	1.25	3.15	1.20	2.25	2.85	4.50	4.50	4.50	2.80	3.50	3.50
Relevé	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
M.O	3.60	3.15	1.75	2.81	5.52	3.15	2.43	1.14	3.05	2.3	3.75	5.81	4.82	4.39
Relevé	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
M.O	3.25	5.81	3.74	4.56	2.19	3.62	1.87	5.61	4.82	4.53	2.44	1.25	1.61	2.02
Relevé	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
M.O	3.44	3.09	5.63	3.44	5.61	4.55	3.21	3.52	5.23	2.05	3.01	3.03	2.91	2.03
Relevé	127	128	129	130	131	132	133							
M.O	1.39	4.51	3.41	3.22	4.68	3.98	1.87							

Tableau 45 : Résultats de la perméabilité

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Perméabilité	0.43	0.11	0.43	0.34	0.11	0.19	0.43	0.23	0.58	0.43	0.34	0.46	0.46	0.32
Relevé	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Perméabilité	0.32	0.16	0.36	0.36	0.51	0.27	0.23	0.32	0.58	0.34	0.41	0.32	0.41	0.18
Relevé	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Perméabilité	0.43	0.16	0.16	0.36	0.16	0.58	0.46	0.51	0.47	0.48	0.36	0.15	0.25	0.41
Relevé	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Perméabilité	0.41	0.26	0.25	0.19	0.47	0.25	0.21	0.45	0.21	0.45	0.23	0.19	0.35	0.35
Relevé	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Perméabilité	0.23	0.52	0.38	0.58	0.34	0.19	0.52	0.41	0.16	0.19	0.32	0.16	0.36	0.58
Relevé	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Perméabilité	0.43	0.51	0.25	0.41	0.21	0.45	0.23	0.19	0.46	0.41	0.35	0.52	0.47	0.35
Relevé	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Perméabilité	0.42	0.16	0.19	0.58	0.11	0.15	0.19	0.53	0.44	0.12	0.14	0.22	0.34	0.62
Relevé	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
Perméabilité	0.17	0.44	0.31	0.23	0.39	0.31	0.22	0.14	0.48	0.28	0.92	0.20	0.21	0.51
Relevé	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
Perméabilité	0.22	0.57	0.36	0.61	0.23	0.33	0.41	0.11	0.57	0.36	0.48	0.41	0.52	0.11
Relevé	127	128	129	130	131	132	133							
Perméabilité	0.11	0.67	0.21	0.43	0.92	0.09	0.25							

Tableau 46 : Résultats de la conductivité électrique

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C.E	0.29	2.70	7.73	4.33	1.49	4.58	0.47	2.30	1.32	0.47	1.32	0.89	0.69	0.20
Relevé	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
C.E	7.49	1.62	1.62	2.28	1.32	0.74	1.56	0.44	1.35	8.2	2.8	1.41	0.79	0.33
Relevé	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
C.E	1.29	1.10	0.55	3.13	4.44	0.63	2.68	0.38	0.61	8.25	8.25	2.68	0.55	0.93
Relevé	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
C.E	4.04	4.16	6.87	0.24	0.61	3.07	1.03	0.60	6.07	4.11	0.18	3.35	3.58	3.91
Relevé	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
C.E	3.76	5.06	0.73	0.33	0.96	7.16	3.99	5.33	2.35	3.99	0.80	0.75	4.56	4.82
Relevé	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
C.E	7.73	0.49	0.71	0.72	0.49	5.63	0.96	2.05	4.10	4.10	1.55	0.76	1.51	1.51
Relevé	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
C.E	4.58	0.49	0.47	0.76	1.56	0.48	0.76	2.90	6.0	3.4	3.4	0.33	1.1	0.64
Relevé	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
C.E	0.31	0.26	1.43	2.53	3.01	0.43	0.48	0.62	1.13	0.87	0.99	0.42	0.53	0.68
Relevé	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
C.E	0.72	0.98	0.46	0.39	1.54	0.26	1.33	0.18	1.28	2.55	0.33	3.41	0.92	0.15
Relevé	127	128	129	130	131	132	133							
C.E	2.03	1.11	0.33	0.78	1.58	2.91	1.11							

Tableau 47 : Résultats de l'humidité

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
humidité	6.30	6.20	15.2	8.80	5.20	17.70	6.71	11.02	25.9	6.73	25.94	34.23	0.95	12.80
Relevé	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
humidité	14	20.61	20.62	5.33	16.44	13.15	2.85	4.45	6.35	5.45	4.60	7.05	3.91	4.65
Relevé	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
humidité	10.62	4.53	4.54	5.65	5.40	5.51	4.42	5.13	6.35	7.00	4.94	4.45	5.85	4.10
Relevé	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
humidité	8.50	4.61	16	16.02	6.05	13.01	2.85	12.42	11.63	7.65	4.84	15.85	4.70	3.75
Relevé	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
humidité	11.50	5.85	0.95	3.85	4.10	19.31	24.12	7.75	11.0	24.1	10.41	0.95	4.12	19.43
Relevé	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
humidité	15.2	0.53	0.95	0.95	0.54	4.15	2.20	2.70	12.41	12.4	5.72	10.75	10.73	10.74
Relevé	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
humidité	19.20	0.52	0.95	10.75	10.30	5.91	6.05	7.01	9.12	6.65	11.23	6.66	8.93	6.45
Relevé	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
humidité	4.84	8.97	9.00	8.51	7.47	7.65	7.69	6.62	6.14	3.21	7.06	7.02	5.02	5.52
Relevé	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
humidité	6.62	10.71	6.08	10.02	8.51	4.83	6.44	8.04	6.76	6.31	10.09	6.38	5.07	8.49
Relevé	127	128	129	130	131	132	133							
humidité	3.49	7.44	7.61	4.81	8.02	9.01	6.66							

Tableau 48 : Résultats du pH

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pH	8.11	8.03	7.55	8.13	7.68	7.63	7.88	7.73	8.15	7.88	8.15	8.16	7.91	7.80
Relevé	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
pH	7.47	7.72	7.72	7.97	7.75	8.01	8.16	8.03	8.11	7.79	8.43	8.06	7.86	8.11
Relevé	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
pH	7.64	7.97	7.97	7.53	7.54	7.92	7.79	8.12	8.11	7.90	7.89	7.74	8.04	7.81
Relevé	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
pH	8.01	7.64	7.41	7.51	8.08	8.68	7.65	7.86	7.69	7.58	7.82	7.51	7.83	7.61
Relevé	57	58	59	60	61	62	3	64	65	66	67	68	69	70
pH	7.60	7.05	7.78	7.84	7.81	7.56	7.82	7.64	7.73	7.82	7.8	7.86	7.96	7.61
Relevé	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
pH	7.55	7.62	7.91	7.91	7.62	7.28	7.92	7.89	7.68	7.68	7.36	7.81	7.82	7.82
Relevé	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
pH	7.63	7.62	7.91	7.81	7.6	7.6	7.33	7.4	6.98	7.68	7.5	7.01	7.61	7.57
Relevé	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
pH	6.53	7.84	7.54	7.1	7.7	7.62	7.66	7.14	7.7	7.7	7.6	7.62	7.65	6.3
Relevé	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
pH	7.33	7.74	8.24	8.02	7.67	7.2	7	7.3	8.11	7.05	7.12	8.02	7.09	7.31
Relevé	127	128	129	130	131	132	133							
pH	8.01	7.39	7.6	6.92	7.1	7.2	7.01							

Tableau 49 : Résultats du calcaire total

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Calcaire	7.21	11.8	6.29	9.30	9.08	9.25	9.62	8.51	6.65	9.62	6.65	6.47	12.24	6.47
Relevé	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Calcaire	9.43	8.32	8.32	10.17	9.10	13.2	14.21	7.03	9.62	10.13	13.13	14.06	7.86	7.79
Relevé	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Calcaire	7.35	14.43	14.43	11.47	7.65	6.38	6.32	15.91	9.62	15.5	8.58	6.32	15.45	11.45
Relevé	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Calcaire	12.9	9.91	6.29	18.5	14.8	7.40	10.7	9.43	17.57	8.51	12.58	18.5	6.10	8.23
Relevé	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Calcaire	8.14	13.87	8.10	9.99	11.13	8.32	9.08	7.12	8.51	9.8	10.63	10.11	8.76	7.23
Relevé	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Calcaire	6.29	8.30	10.11	10.11	8.30	8.76	9.84	8.61	7.88	7.88	7.95	8.27	7.49	7.49
Relevé	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Calcaire	9.25	8.30	10.11	8.27	9.2	8.9	8.73	10.02	9.74	11.31	11.68	11.55	11.02	7.88
Relevé	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
Calcaire	9.85	7.91	10.05	10.69	11.46	7.49	10.44	10.09	12.59	11.15	9.15	10.01	10.56	11.05
Relevé	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
Calcaire	13.13	11.56	8.77	10.01	9.44	12.05	10	13.7	9.81	9.44	10.25	8.17	9.11	8.02
Relevé	127	128	129	130	131	132	133							
Calcaire	8.45	9.74	7.61	9.01	11.43	13.01	11.64							

Tableau 50 : Les concentrations de Na⁺, Cl⁻, K⁺ et Ca⁺⁺

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Na ⁺	0.50	0.06	0.8	2.26	0.06	0.21	0.52	0.77	0.77	0.60	0.77	0.15	0.37	0.97
Cl ⁻	0.49	2.66	7.27	4.78	3.19	0.28	2.65	0.49	0.88	1.24	0.49	1.59	1.11	2.80
K ⁺	0.04	0.015	0.12	0.04	0.001	0.61	0.10	0.004	0.09	0.08	0.17	0.015	0.06	0.13
Ca ⁺⁺	0.06	0.12	0.08	0.12	0.04	0.14	0.01	0.10	0.26	0.56	0.43	0.07	0.39	0.15
Relevé	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Na ⁺	0.79	0.36	0.36	0.23	0.64	0.93	0.36	0.45	0.14	0.25	0.17	0.49	0.44	0.57
Cl ⁻	4.08	4.43	4.43	0.33	1.01	0.85	0.07	1.24	0.33	0.21	0.24	1.06	0.62	0.38
K ⁺	0.71	0.003	0.003	0.16	0.07	0.06	0.10	0.10	0.04	0.09	0.06	0.07	0.008	0.10
Ca ⁺⁺	0.29	0.14	0.14	0.39	0.46	0.22	0.49	0.56	0.14	0.70	0.06	0.50	0.03	0.22
Relevé	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Na ⁺	0.08	0.44	0.34	0.7	0.18	0.23	0.67	0.03	0.32	0.09	0.8	0.49	0.23	0.36
Cl ⁻	1.77	0.63	0.30	1.11	1.24	0.34	1.15	1.24	0.35	0.21	7.27	1.06	3.91	0.70
K ⁺	0.003	0.06	0.19	0.39	0.003	0.10	0.17	0.0018	0.04	0.05	0.09	0.37	0.007	0.05
Ca ⁺⁺	0.11	0.25	0.12	0.32	0.94	0.39	0.45	0.23	0.15	1.99	0.14	0.50	0.08	0.47
Relevé	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Na ⁺	0.09	0.03	0.02	0.43	0.10	0.32	0.36	0.08	1.08	0.49	0.10	0.24	0.12	0.17
Cl ⁻	5.21	1.77	5.67	0.53	0.21	5.91	0.70	1.24	0.95	7.1	0.14	5.21	0.17	0.56
K ⁺	0.02	0.0018	0.11	0.02	0.05	0.37	0.11	0.004	0.02	0.07	0.06	0.25	0.39	0.07
Ca ⁺⁺	0.63	0.12	0.23	0.31	0.25	0.12	0.47	0.09	0.28	0.14	0.14	0.09	0.23	0.08
Relevé	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Na ⁺	0.43	0.13	0.10	0.05	0.05	0.66	2.26	0.48	0.12	1.08	0.10	0.83	0.09	1.09
Cl ⁻	0.33	0.24	0.21	1.75	0.21	10.47	4.78	5.32	0.17	0.95	0.14	1.24	5.4	17.57
K ⁺	0.04	0.04	0.07	0.001	0.10	0.001	0.11	0.015	0.39	0.12	0.14	0.04	0.04	0.004
Ca ⁺⁺	0.18	0.31	0.25	0.015	0.24	0.07	0.14	0.25	0.23	0.24	0.15	0.49	0.52	0.32
Relevé	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Na ⁺	0.84	0.25	0.88	0.55	0.45	1.66	0.98	0.5	0.45	0.45	0.26	0.80	0.19	0.19
Cl ⁻	12.42	0.28	1.15	0.46	3.08	0.67	0.63	0.49	2.84	2.84	0.21	0.88	1.42	1.42
K ⁺	0.015	0.07	0.06	0.04	0.08	0.08	0.05	0.015	0.026	0.026	0.04	0.18	0.003	0.003
Ca ⁺⁺	0.24	0.23	0.07	0.08	0.16	0.09	0.07	0.12	0.18	0.18	0.18	0.18	0.06	0.07
Relevé	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Na ⁺	0.49	0.30	0.41	0.95	0.03	0.03	0.02	0.05	0.032	0.06	0.12	0.12	0.08	0.09
Cl ⁻	7.1	0.25	0.53	0.77	0.9	4.7	2.6	4.62	5.09	4.62	4.33	1.09	2.33	2.33
K ⁺	0.15	0.14	0.05	0.04	0.26	0.21	0.22	0.38	0.08	0.43	0.41	0.015	0.23	0.001
Ca ⁺⁺	0.13	0.18	0.32	0.21	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Relevé	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
Na ⁺	0.1	0.05	0.07	0.05	0.09	0.01	0.09	0.08	0.09	0.1	0.11	0.06	0.02	0.09
Cl ⁻	1.49	3.48	2.77	2.05	1.39	2.09	3.62	4.25	5.3	2.01	1.57	0.8	3.41	4.62
K ⁺	0.31	0.28	0.23	0.41	0.2	0.11	0.35	0.09	0.33	0.28	0.71	0.13	0.4	0.09
Ca ⁺⁺	0.01	0.01	0.03	0.02	0.68	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.12	0.01
Relevé	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
Na ⁺	0.03	0.02	0.05	0.09	0.01	0.01	0.01	0.62	0.06	0.09	0.06	0.01	0.14	0.01
Cl ⁻	4.91	3.4	2.57	2.33	1.93	3.01	2.21	0.42	4.31	1.92	3.82	2.63	4.38	3.63
K ⁺	0.17	0.17	0.21	0.28	0.11	0.003	0.31	0.04	0.21	0.25	0.12	0.25	0.17	0.05
Ca ⁺⁺	0.06	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.63	0.01	0.04	0.09	0.01
Relevé	127	128	129	130	131	132	133							
Na ⁺	0.1	0.1	0.23	0.05	0.04	0.05	0.02							
Cl ⁻	1.53	3.44	0.33	1.23	1.69	1.91	3.61							
K ⁺	0.4	0.21	0.11	0.21	0.11	0.09	0.32							
Ca ⁺⁺	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01							

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	
<i>Verbascum thapsus</i> L	2,2											2,2									+											
<i>Oxalis corniculata</i> L																																
<i>Urtica urens</i> L																																
<i>Centaurea solstitialis</i> L				+																												
<i>Spergularia diandra</i> Guss		2,3		3,3	3,3		+	2,3				1,1	2,3		2,1			2,3	3,4	3,4	2,3	+	1,2							3,3		
<i>Suaeda maritima</i> L	1,2											3,1																				
<i>Bromus mollis</i> L																																
<i>Rumex crispus</i> L																																
<i>Eryngium campestre</i> L																										2,2						
<i>Salsola kali</i> L	1,2						2,2	1,2																								
<i>Astragalus armatus</i> Willd																																
<i>Echinops strigosus</i> L																																
<i>Tragopogon dubius</i> Scop	4,2						+	1,3	1,3			+						4,3							2,3							+
<i>Centauria calcitrapa</i> L				1,2																												
<i>Solanum vulgare</i> L																																
<i>Agropyron junceum</i> L																																
<i>Aizoon hispanicum</i> L	1,2						+	1,2	1,2			2,2			1,1	2,2	2,2			+												
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric																																
<i>Broussonetia papyrifera</i> L																																
<i>Astragalus hamosus</i> L																																
<i>Calendula algeriensis</i> B et R	1,1						+	4,4				3,3						+														
<i>Chamaerops humilis</i> L																																
<i>Sinapis arvensis</i> L												4,2																				
<i>Cynanchum acutum</i> L																																
<i>Daucus carota</i> L																																
<i>Lavatera eritica</i> L	+																															
<i>Limonium delicatum</i> De Gir																																
<i>Limonium ferulaceum</i> L																																
<i>Mesembryantemum nodiflorum</i> L																																
<i>Lavatera trimestris</i> L	+																															
<i>Medicago litoralis</i> Rohd	1,1																															
<i>Acacia horrida</i> Willd																																
<i>Casuarina equisetifolia</i> L																																
<i>Cupressus sempervirens</i> L																																
<i>Eucalyptus bosistoana</i> F.v.M																																
<i>Ficus carica</i> L																																
<i>Typha angustifolia</i> L																																

	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R39	R40	R41	R42	R43	R44	R45	R46	R47	R48	R49	R50	R51	R52	R53	R54	R55	R56	R57	R58	R59
<i>Cichorium spinosum</i> L			+																									
<i>Verbascum thapsus</i> L																												
<i>Oxalis corniculata</i> L																						2,3						
<i>Urtica urens</i> L																						+						
<i>Centaurea solstitialis</i> L																												
<i>Spergularia diandra</i> Guss	2,3	3,3				+			3,3	1,2	+			4,4	+	2,1		+	+		1,2			4,4	1,2		2,3	
<i>Suaeda maritima</i> L							3,2									3,1					1,2			2,1				
<i>Bromus mollis</i> L													+															
<i>Rumex crispus</i> L																												
<i>Eryngium campestre</i> L																			1,2									
<i>Salsola kali</i> L		1,2		1,1					+	2,1																		
<i>Astragalus armatus</i> Willd																												
<i>Echinops strigosus</i> L																												
<i>Tragopogon abtibus</i> Scop																												
<i>Centaurea calcitrapa</i> L	1,2									+	3,3																	
<i>Solanum vulgare</i> L																												
<i>Agropyron junceum</i> L																												
<i>Alisoon hispanicum</i> L																												
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric																												
<i>Broussonetia papyrifera</i> L																												
<i>Astragalus hamosus</i> L																												
<i>Calendula algeriensis</i> B et R				4,4					4,4																			
<i>Chamaerops humilis</i> L																												
<i>Sinapis arvensis</i> L																												
<i>Cynanchum acutum</i> L			+																									
<i>Daucus carota</i> L																												
<i>Lavatera critica</i> L																												
<i>Limonium delicatum</i> De Gir																												
<i>Limonium ferulaceum</i> L																												
<i>Mesembryantemum nodiflorum</i> L									3,3																			
<i>Lavatera trimestris</i>									4,4	1,1																		
<i>Medicago litoralis</i> Rohd																												
<i>Acacia horrida</i> Willd																												
<i>Casuarina equisetifolia</i> L			+																									
<i>Cupressus sempervirens</i> L																												
<i>Eucalyptus bosistouana</i>																												
<i>Ficus carica</i> L																												
<i>Typha angustifolia</i> L																												

	R60	R61	R62	R63	R64	R65	R66	R67	R68	R69	R70	R71	R72	R73	R74	R75	R76	R77	R78	R79	R80	R81	R82	R83	R84	R85	R86	R87	R88	
<i>Cichorium spinosum</i> L																							2,3							
<i>Verbascum thapsus</i> L																														
<i>Oxalis corniculata</i> L																														
<i>Urtica urens</i> L																														
<i>Centaurea solstitialis</i> L	1,2																													
<i>Spargularia diandra</i> Guss	2,3		2,3		3,3	3,2			2,3	4,4	2,3	4,4	3,4	3,4	2,3	3,3	3,4	4,4	3,4		+	2,3	2,3	1,2	1,1	4,4	4,4	3,4	4,4	
<i>Suaeda maritima</i> L																														
<i>Bromus mollis</i> L																														
<i>Rumex crispus</i> L																														
<i>Eryngium campestre</i> L										2,3	1,1	1,2			1,2		2,3		1,1	1,1										
<i>Salsola kali</i> L									2,3																					
<i>Astragalus armatus</i> Willd																														
<i>Echinops strigosus</i> L																														
<i>Tragopogon dibius</i> Scop	2,3	3,3							+																					
<i>Centaurea calcitrapa</i> L	1,1	1,1																												
<i>Solanum vulgare</i> L																														
<i>Agropyron junceum</i> L																														
<i>Aizoon hispanicum</i> L																														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric											1,1								1,1				1,2							
<i>Broussonetia papyrifera</i> L																														
<i>Astragalus hamosus</i> L																														
<i>Calendula algeriensis</i> B et R	3,3																													
<i>Chamaerops humilis</i> L																														
<i>Sinapis arvensis</i> L	+	+																												
<i>Cynanchum acutum</i> L																														
<i>Daucus carota</i> L																														
<i>Lavatera critica</i> L																														
<i>Limonium delicatum</i> De Gir	1,1																													
<i>Limonium ferulaceum</i> L																														
<i>Mesembryantum nodiflorum</i> L	1,1		1,1			2,3				2,3																				
<i>Lavatera trimestris</i>																														
<i>Medicago litoralis</i> Rohd																														
<i>Acacia horrida</i> Willd																														
<i>Casuarina equisetifolia</i> L																														
<i>Cupressus sempervirens</i> L																														
<i>Eucalyptus bosistouana</i>																														
<i>Ficus carica</i> L																														
<i>Typha angustifolia</i> L																														

.../...

	R89	R90	R91	R92	R93	R94	R95	R96	R97	R98	R99	R100	R101	R102	R103	R104	R105	R106	R107	R108	R109	R110	R111	R112	R113	R114	R115
<i>Cichorium spinosum</i> L		1,1																		2,2							
<i>Verbascum thapsus</i> L		+																						4,1			
<i>Oxalis corniculata</i> L		+				3,2																	+				
<i>Urtica urens</i> L			+									3,4											+				
<i>Centaurea solstitialis</i> L			+																								
<i>Spergularia diandra</i> Guss			+						2,1							2,2			+								
<i>Suaeda maritima</i> L			+	1,1																							
<i>Bromus mollis</i> L														2,2													
<i>Rumex crispus</i> L											+																
<i>Eryngium campestre</i> L																											
<i>Salsola kali</i> L							4,2	3,2		1,1																	
<i>Astragalus armatus</i> Willd																											
<i>Echinops strigosus</i> L		2,2		2,2																							
<i>Tragopogon dubius</i> Scop												3,3															
<i>Centaurea calcitrapa</i> L																											
<i>Solanum vulgare</i> L																											
<i>Agropyron junceum</i> L																											
<i>Aizoön hispanicum</i> L																											
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric																											
<i>Broussonetia papyrifera</i> L																											
<i>Astragalus hamosus</i> L																											
<i>Calendula algeriensis</i> B et R																											
<i>Chamaeceros humilis</i> L																											
<i>Sinapis arvensis</i> L																											
<i>Cynanchum acutum</i> L																											
<i>Daucus carota</i> L																											
<i>Lavatera critica</i> L																											
<i>Limonium delicatum</i> De Gir																											
<i>Limonium ferulaceum</i> L																											
<i>Mesembryantemum nodiflorum</i> L																											
<i>Lavatera trimestris</i>																											
<i>Medicago litoralis</i> Rohd																											
<i>Acacia horrida</i> Willd																											
<i>Casuarina equisetifolia</i> L																											
<i>Cupressus sempervirens</i> L																											
<i>Eucalyptus bossistouana</i>																											
<i>Ficus carica</i> L								1,1																			
<i>Typha angustifolia</i> L																											

Annexe 6 : La composition systématique et les types biologique, morphologique et phytochorique

Tableau 52 : Répartition des espèces par familles et par classes

Classes	Famille	Espèces
Pinophyta (Gymnospermae)		
	Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i> L
Magnolophytae (Angiospermae)		
Liliopsida (Monocotylédones)	Poaceae	<i>Phalaris paradoxa</i> L
		<i>Hordeum maritimum</i> With
		<i>Phragmites communis</i> Trin
		<i>Avena sterilis</i> L
		<i>Bromus sterilis</i> L
		<i>Bromus mollis</i> L
		<i>Agropyron junceum</i> L
Liliaceae	<i>Asphodelus microcarpus</i> L	
Juncaceae	<i>Juncus maritimus</i> Lamk	
Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i> L	
Magnoliopsida (Dicotylédones)	Chenopodiaceae	<i>Atriplex halimus</i> L
		<i>Beta macrocarpa</i> Gauss
		<i>Salicornia fruticosa</i> L
		<i>Suaeda fruticosa</i> L
		<i>Suaeda maritima</i> L
		<i>Salsola kali</i> L
		<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric
		<i>Anacyclus clavatus</i> Desf
	Asteraceae	<i>Scolymus maculatus</i> L
		<i>Centaurea aspera</i> L
		<i>Sonchus arvensis</i> L
		<i>Pallenis spinosa</i> L
		<i>Xantium spinosum</i> L
		<i>Centaureum pulchellum</i> Swarts
		<i>Polypogon monspeliensis</i> L
		<i>Carthamus lanatus</i> L
		<i>Chrysanthemum coronarium</i> L
		<i>Cichorium spinosum</i> L
		<i>Oxalis corniculata</i> L
		<i>Centaurea solstitialis</i> L
		<i>Echinops striogosus</i> L
		<i>Tragopogon dubius</i> Scop
		<i>Centaurea calcitrapa</i> L
		<i>Calendula algeriensis</i> B et R
	Apiaceae	<i>Tapsia polygama</i> Desf
		<i>Torilius nodosa</i> L
		<i>Foeniculum vulgare</i> Mill
		<i>Eryngium campestre</i> L
		<i>Ferula communis</i> L
		<i>Daucus carota</i> L
	Fabaceae	<i>Scorpiurus muricatus</i> L
		<i>Calycotome spinosa</i> Link
		<i>Medicago litoralis</i> Rohd
		<i>Acacia horrida</i> Wild

Magnoliopsida (Dicotylédones)	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L
	Plantaginaceae	<i>Plantago coronopus</i> L
	Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i> L
		<i>Lavatera critica</i> L
		<i>Lavatera trimestris</i> L
	Tamaricaceae	<i>Tamarix africana</i> Poiret
	Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i> L
	Papilionaceae	<i>Trifolium dasyurium</i> L
		<i>Melilotus segetalis</i> Brot
		<i>Astragalus armatus</i> Willd
		<i>Astragalus hamosus</i> L
	Sapindaceae	<i>Sapindus utilis</i> Trab
	Lamiaceae	<i>Murrubium vulgure</i> L
		<i>Mesembryantemum crystallinum</i> L
		<i>Aizoon hispanicum</i> L
	Aizoaceae	<i>Mesembryantemum nodiflorum</i> L
		<i>Emex spinosa</i> L
		<i>Polygonum salicifolium</i> Brouss
	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L
		<i>Solanum vulgare</i> L
		<i>Solanum nigrum</i> L
	Anacardiaceae	<i>Pistacia lentiscus</i> L
	Cucurbitaceae	<i>Bryonia dioica</i> Jacq
	Resedaceae	<i>Reseda lutea</i> L
	Geraniaceae	<i>Erodium malacoide</i> L
	Orobanchaceae	<i>Orobanchus</i> sp
	Scophulariaceae	<i>Verbascum thapsus</i> L
	Urticaceae	<i>Urtica urens</i> L
	Caryophyllaceae	<i>Spergularia diandra</i> Guss
		<i>Broussonetia papyrifera</i> L
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L	
	<i>Chamaerops humilis</i> L	
Palmaceae	<i>Sinapis arvensis</i> L	
Brassicaceae	<i>Cynanchum acutum</i> L	
Asclepiadaceae	<i>Limonium delicatulum</i> De Gir	
Plumbaginaceae	<i>Limonium feralaceum</i> L	
	<i>Casuarina equisetifolia</i> L	
Casuarinaceae	<i>Eucalyptus bosistoana</i> F.V.M	
Myrthaceae		

Tableau 53 : Le type biologique, morphologique et phytochorique de la zone humide de la Macta

N°	Code	Espèce	Fréquence	Type biologique	Type morphologique	Type phytochorique
1	Ahal	<i>Atriplex halimus</i> L	65	Chaméphyte	Ligneux vivace	Cosm
2	Acla	<i>Anacyclus clavatus</i> Desf	22	Thérophyte	Herbacée vivace	Eur.Méd
3	Ppar	<i>Phalaris paradoxa</i> L	33	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
4	Smac	<i>Scolymus maculatus</i> L	16	Thérophyte	Herbacée annuelle	Circumb
5	Tpol	<i>Tapsia polygama</i> Desf	5	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Tyrrh
6	Casp	<i>Centaurea aspera</i> L	7	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd
7	Bmac	<i>Beta macrocarpa</i> Gauss	36	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd
8	Smur	<i>Scorpiurus muricatus</i> L	15	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
9	Bste	<i>Bromus sterilis</i> L	6	Thérophyte	Herbacée annuelle	Paléo.Temp
10	Hmar	<i>Hordeum maritimum</i> With	52	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd.Eur.Amér
11	Carv	<i>Convolvulus arvensis</i> L	4	Thérophyte	Herbacée annuelle	Euras
12	Pcor	<i>Plantago coronopus</i> L	16	Thérophyte	Herbacée annuelle	Euras
13	Msyl	<i>Malva sylvestris</i> L	20	Thérophyte	Herbacée annuelle	Euras
14	Tnod	<i>Torilius nodosa</i> L	14	Thérophyte	Herbacée annuelle	Euras
15	Sarv	<i>Sonchus arvensis</i> L	10	Thérophyte	Herbacée annuelle	SubCosm
16	Amic	<i>Asphodelus microcarpus</i> Salzm et Viv	6	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd
17	Pspi	<i>Pallenis spinosa</i> L	4	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Eur.Méd
18	Tafr	<i>Tamarix africana</i> Poiret	25	Phanérophyte	Ligneux vivace	W.Méd
19	Jmar	<i>Juncus maritimus</i> Lamk	23	Chaméphyte	Herbacée vivace	Sub.Cosm
20	Xspi	<i>Xantium spinosum</i> L	2	Thérophyte	Herbacée annuelle	SubCosm
21	Cpul	<i>Centaurium pulchellum</i> Swarts	3	Thérophyte	Herbacée annuelle	Paléo.Temp
22	Caur	<i>Citrus aurantium</i> L	7	Phanérophyte	Ligneux vivace	----
23	Tarv	<i>Trifolium arvens</i> L	5	Thérophyte	Herbacée annuelle	Paléo.Temp
24	Sfru	<i>Salicornia fruticosa</i> L	45	Chaméphyte	Ligneux vivace	Cosm
25	Pmon	<i>Polypogon monspeliensis</i> L	8	Thérophyte	Herbacée annuelle	Paléo-Subtrop
26	Cspi	<i>Calycotome spinosa</i> L	3	Chaméphyte	Ligneux vivace	Méd
27	Clan	<i>Carthamus lanatus</i> L	4	Thérophyte	Herbacée annuelle	Eur.Méd
28	Fcom	<i>Ferula communis</i> L	8	Hémicryptophyte	HV	Méd
29	Suti	<i>Sapindus utilis</i> Trab	3	Phanérophyte	Ligneux vivace	Paléo-Subtrop
30	Mvul	<i>Murrubium vulgure</i> L	11	Hémicryptophyte	HV	Cosm
31	Sfra	<i>Suaeda fruticosa</i> L	59	Chaméphyte	Ligneux vivace	Cosm
32	Pcom	<i>Phragmites communis</i> Trin	19	Géophytes	Ligneux vivace	Cosm
33	Mery	<i>Mesembryantemum crystallinum</i> L	10	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd.Aust
34	Espi	<i>Emex spinosa</i> L	2	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
35	Snig	<i>Solanum nigrum</i> L	2	Thérophyte	Herbacée annuelle	Cosm
36	Aste	<i>Avena sterilis</i> L	13	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
37	Psal	<i>Polygonon salicifolium</i> Brouss	3	Thérophyte	Herbacée annuelle	Cosm
38	Ccor	<i>Chrysanthemum coronarium</i> L	7	Chaméphyte	HV	Méd
39	Plen	<i>Pistacia lentiscus</i> L	4	Phanérophyte	Ligneux vivace	Méd
40	Bdio	<i>Bryonia dioica</i> Jacq	3	Hémicryptophyte	HV	Euras
41	Fvul	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill	9	Hémicryptophyte	HV	Méd

42	Rlut	<i>Reseda lutea</i> L	4	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd.Irano-Turanian
43	Mseg	<i>Melilotus segetalis</i> Brot	5	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
44	Emal	<i>Erodium malacoide</i> L	9	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd.Irano-Turanian
45	Osp	<i>Orobanchus</i> sp	4	Géophytes	Herbacée annuelle	Eur.Méd
46	Cspi	<i>Cichorium spinosum</i> L	14	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd.Irano-Turanian
47	Vtha	<i>Verbascum thapsus</i> L	16	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd.Irano-Turanian
48	Ocor	<i>Oxalis corniculata</i> L	4	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd.Irano-Turanian
49	Uure	<i>Urtica urens</i> L	2	Thérophyte	Herbacée annuelle	Circumb
50	Csol	<i>Centaurea solstitialis</i> L	8	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd.Irano-Turanian
51	Sdia	<i>Spergularia diandra</i> Guss	64	Thérophyte	Herbacée annuelle	Sah-Sind-Irano-Tour
52	Smar	<i>Suaeda maritima</i> L	14	Thérophyte	Herbacée annuelle	Cosm
53	Bmol	<i>Bromus molis</i> L	1	Thérophyte	Herbacée annuelle	Paléo.Temp
54	Rcri	<i>Rumex crispus</i> L	6	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Cosm
55	Ecam	<i>Eryngium campestre</i> L	6	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Eur.Méd
56	Skal	<i>Salsola kali</i> L	25	Thérophyte	Herbacée annuelle	Paléo.Temp
57	Tang	<i>Typha angustifolia</i> L	9	Chaméphyte	Ligneux vivace	Sub.Circumb
58	Aarm	<i>Astragalus armatus</i> Willd	5	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	End.N.A
59	Estr	<i>Echinops striogosus</i> L	7	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Ibér.Nord.Af
60	Tdub	<i>Tragopogon dubius</i> Scop	28	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Eur.Méd
61	Ccal	<i>Centaurea calcitrapa</i> L	15	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Eur.Méd
62	Svul	<i>Solanum vulgare</i> L	3	Thérophyte	Herbacée annuelle	Cosm
63	Ajun	<i>Agropyron junceum</i> L	6	Thérophyte	Herbacée annuelle	----
64	Ahis	<i>Aizoon hispanicum</i> L	8	Thérophyte	Herbacée annuelle	Sah.Arabian
65	Amac	<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> Moric	13	Chaméphyte	Ligneux vivace	Ancien Monde
66	Bpap	<i>Broussonetia papyrifera</i> L	2	Thérophyte	Herbacée annuelle	Asiatique
67	Aham	<i>Astragalus hamosus</i> L	2	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd
68	Calg	<i>Calendula algeriensis</i> B et R	14	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
69	Chum	<i>Chamaerops humilis</i> L	2	Chaméphyte	Ligneux vivace	W.Méd
70	Sarv	<i>Sinapis arvensis</i> L	16	Thérophyte	Herbacée annuelle	Paléo.Temp
71	Cacu	<i>Cynanchum acutum</i> L	3	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd.Irano-Turanian
72	Dcar	<i>Daucus carota</i> L	1	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
73	Lcri	<i>Lavatera critica</i> L	4	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
74	Ldel	<i>Limonium delicatulum</i>	3	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	W.Méd
75	Lfer	<i>Limonium feralaceum</i> De Gir	3	Hémicryptophyte	Herbacée vivace	Méd
76	Mnod	<i>Mesembryantemum nodiflorum</i> L	28	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd-S.Afr
77	Ltri	<i>Lavatera trimestris</i> L	1	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
78	Mlit	<i>Medicago litoralis</i> Rohd	1	Thérophyte	Herbacée annuelle	Méd
79	Ahor	<i>Acacia horrida</i> Willd	3	Phanérophyte	Ligneux vivace	Austral
80	Cequ	<i>Casuarina equisetifolia</i> L	7	Phanérophyte	Ligneux vivace	Austral
81	Csem	<i>Cupressus sempervrens</i> L	2	Phanérophyte	Ligneux vivace	Cosmopolite
82	Ebos	<i>Eucalyptus bosistoana</i> F.v.M	5	Phanérophyte	Ligneux vivace	Austral
83	Fcar	<i>Ficus carica</i> L	2	Phanérophyte	Ligneux vivace	Asiatique

**Annexe 7: Définition des types biologiques présents dans la zone humide de la Macta
selon la classification de RAUNKIAER**

- ❶ Les **phanérophytes** (phaneros = visible) : Ce sont des plantes ligneuses dont les bourgeons pérennants sont situés à plus de 25 cm au dessus du sol.
- ❷ Les **chaméphytes** (chamai = à terre) : Ce sont des ligneux dressés, des ligneux à rameaux couchés ou des herbacées rampants dont les bourgeons pérennants sont situés au moins de 25 cm au dessus du sol.
- ❸ Les **hémicryptophytes** (cryptos = caché) : Ce sont des plantes herbacées rampants dont les bourgeons sont au raz du sol. L'appareil aérien disparaît lors de la mauvaise saison.
- ❹ Les **crypyophytes** : Ce sont des végétaux dont les organes aériens sont fugaces mais dont les parties pérennes sont protégées sous terre (**géophytes**), dans la vase humide (**hélrophytes**) ou dans l'eau (**hydrophytes**).
- ❺ Les **thérophytes** (théros = été) : Ces plantes subsistent à la mauvaise saison sous forme de graines uniquement.
- ❻ Les **épiphytes** : Ce sont des végétaux qui se développent sur des supports vivants.

Annexe 8 : Les abréviations utilisées des types biogéographiques

- Ibéro-Maur : Ibéro-Mauritanien
- N.Trop : Nord-Tropical
- Cosmop : Cosmopolite
- Méd : Méditerranéen
- Sah-Sind : Sahara-Sindien
- Macar-Méd : Macaronésien-Méditerranéen
- Mérid-A.N : Méridional – Afrique du Nord
- Méd.Irano-Tour : Méditerranéen.Irano-Touranien
- Sub.Cosm: Sub-Cosmopolite
- Sah: Saharien
- Circumbor: Circumboréal
- Paléo.Sub.Trop: Paléo-Sub-Tropical
- Circum-Méd : Circum-Méditerranéen
- End : Endémique
- Sub-Méd : Sub-Méditerranéen
- Méd-As : Méditerranéen-Asiatique
- Paléo.Temp : Paléotempéré
- S.Méd-Sah : Sud-Méditerranéen-Saharien
- Eur-Méd : Européen-Méditerranéen
- W.Méd : Ouest-Méditerranéen
- Euras : Eurasiatique
- S.Eur : Sud-Européen
- Macar : Macaronésien
- Sah.Méd : Sahara-Méditerranéen
- Canar-Méd : Canarien-Méditerranéen
- Eur-Mérid N.A : Européen – Méridional – Nord Africain

- E.Méd : Est-méditerranéen
- Eur.Asie-Sub.Cosmop : Européen-Asie-Subcosmopolite
- Iran-Tour-Eur : Irano-Touranien-Européen
- End-N-A : Endémique Nord-Africain
- Sub-Méd.Sib : Sub-Méditerranéen Sibérien
- Sah-Sind-Méd : Saharo-Sindien-Méditerranéen
- Euras-N.A.Trip : Eurasiatique – Nord Africain. Tripoli
- Méd-Sah-Iran-Tour : Méditerranéen-Saharien-Irano-Touranien
- Méd-Sah-Sind : Méditerranéen-Saharo-Sindien
- Sub-Méd.Sub-Atl : Sub-Méditerranéen Sub-Atlantique
- N.A-Trop : Nord-Africain Tropical
- Eur.Mérid (sauf France-N.A) : Européen. Méridionale sauf France et Nord - Afrique
- Méd-Atl : Méditerranéen-Atlantique
- Atl-Méd : Atlantique-Méditerranéen
- S.Méd : Sud-Méditerranéen
- N.A-Sah : Nord-Africain-Saharien
- End.Alg.Mar : Endémique Algérie-Maroc

Annexe 9 : Illustration photographique



Photo 5 : Un sol disséqué pendant l'été



Photo 6 : L'allure du sol après retrait du marais



Photo 7 : Un tapis végétal clairsemés



Photo 8 : Submersion de la végétation



Photo 9 : Présence de flammant rose



Photo 10 : Nid d'oiseau en zone humide

Planche 1 : Aspect sol, végétation et faune de la zone humide de la Macta



Photo 11 : L'importance des terrains agricoles approximité de la zone humide



Photo 12 : Céréaliculture : la culture la plus dominante au niveau de la zone humide



Photo 13 : L'intensité de pacage au niveau de la zone humide de la Macta



Photo 14 : Présence des nomades au niveau de la zone humide de la Macta

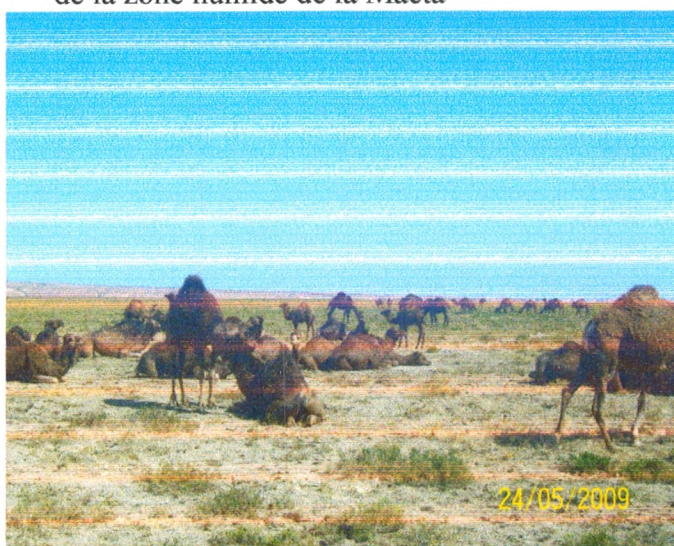


Photo 15 : Le dromadaire est présent dans la zone humide (Commune Mocta douze)



Photo 16 : Un groupe de dromadaire au cœur de la zone humide de la Macta



Photo 17 : Etape de détermination de la matière organique : Ouverture de l'étuve après une mise du sol à une température de 700°C



Photo 18 : Le pH mètre utilisé



Photo 19 : Dosage du calcaire à l'aide d'un calcimètre de Bernard



Photo 20 : Le conductimètre électrique utilisé



Photo 21 : Dosage du chlorure



Photo n° 22: Dosage des sels minéraux à l'aide du spectrophotomètre à flamme

Planche 3 : illustration photographique de certains procédés d'analyses du sol



Photo 23 : Quelques touffes d'*Atriplex* souffrant de pâturage et de sécheresse



Photo 24 : Une touffe d'*Atriplex* bien venante

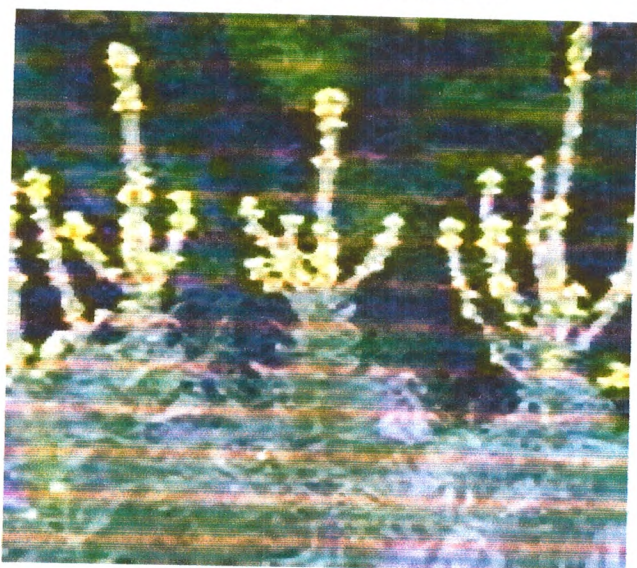


Photo 25 : *Verbascum Thapsus* L



Photo 26 : *Scolymus maculatus* L



Photo 27: *Scorpiurus muricatus* L

Planche 4 : Les espèces du premier groupe végétal



Photo 28 : *Sparganium angustifolium* Guss



Photo 29 : *Hordeum marinum* With

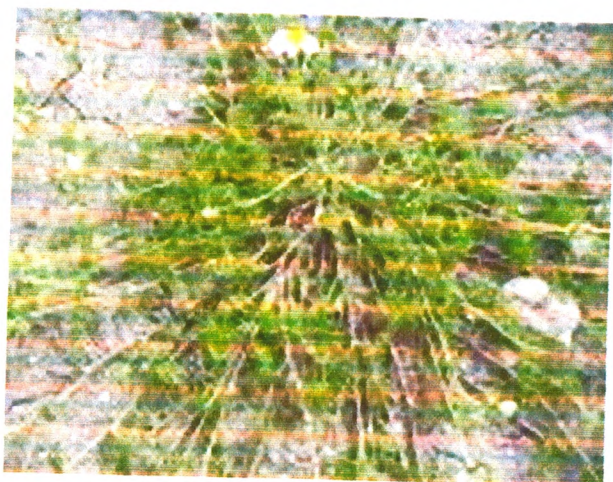


Photo 30 : *Anacyclus clavatus* desf



Photo 31 : *Sinapis arvensis* L



Photo 32: *Calendula algeriensis* B et R

Planche 5 : Les espèces du deuxième groupe végétal



Photo 33 : Sujet de *Tamarix* le long de l'oued Sig



Photo 34 : Association *Tamarix-Phragmites-Juncus*



Photo 35 : Sujet de *Plantago coronopus* L

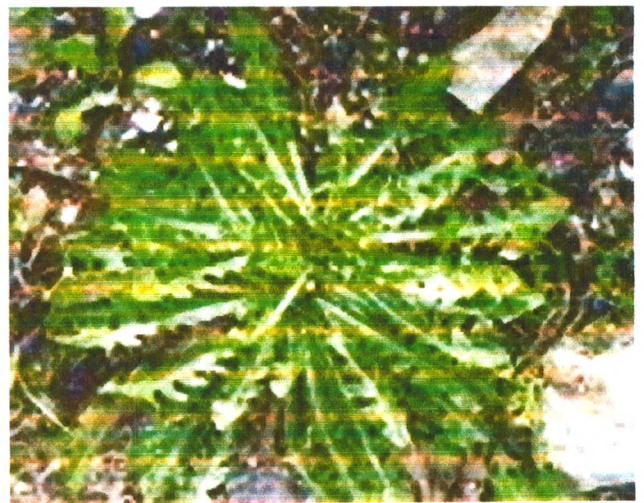


Photo 36 : Sujet de *Cichorium Intybus* L

Planche 6 : Les espèces du troisième groupe végétal

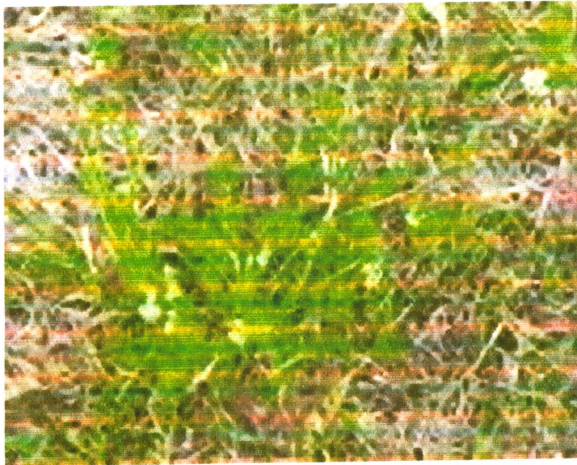


Photo 37 : Sujet de *Torilis nodosa* L



Photo 38 : Sujet de *Malva sylvestris* L



Photo 39 : Sujet de *Sonchus arvensis* L



Photo 40 : Sujet d' *Avena sterilis* L

Planche 7 : Les espèces du quatrième groupe végétal



Photo 41 : L'importance de la Salicorne au niveau de la zone



Photo 42 : La remontée du sel près de la salicorne

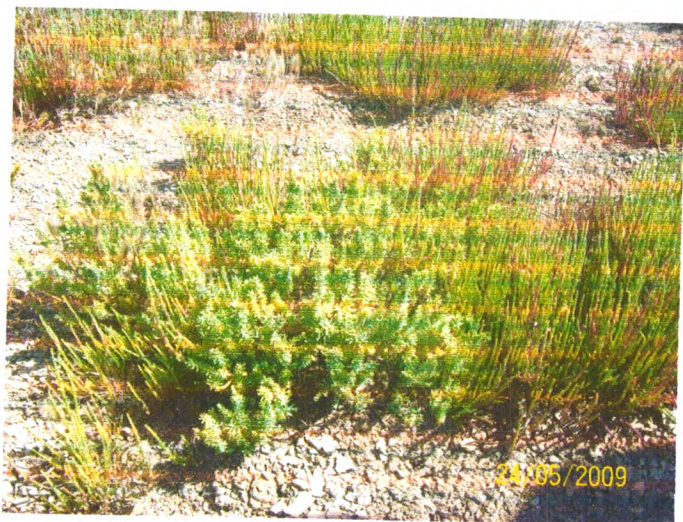


Photo 43 : La salicorne en mélange avec la soude



Photo 44 : Exemple d'une soude ne dépassant les 20 Cm

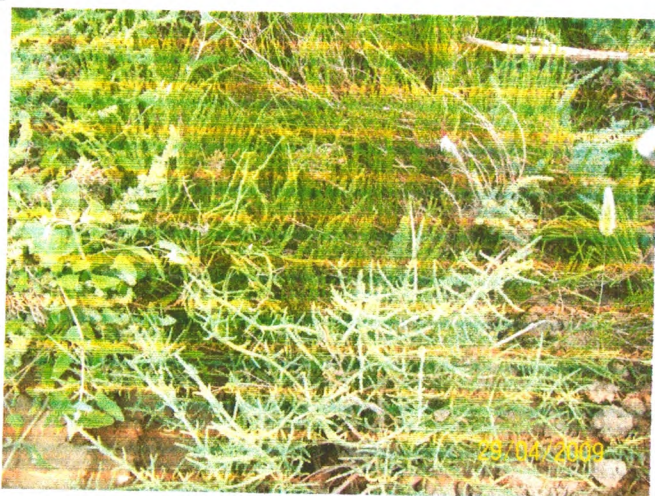


Photo 45 : L'*Arthrocnemum* en mélange avec la salicorne

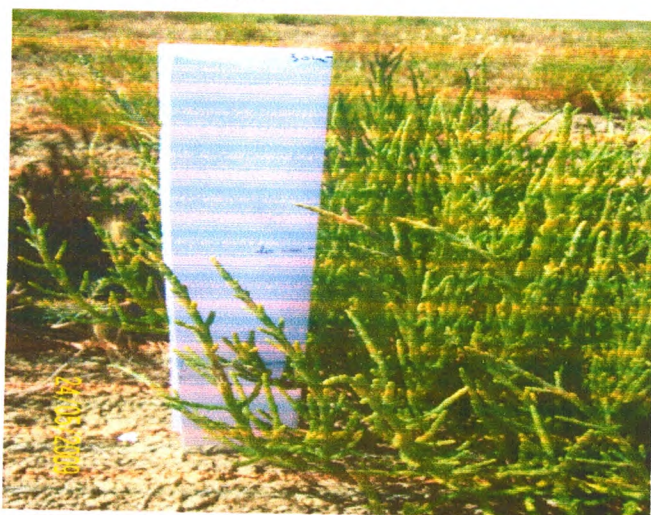


Photo 46 : *Arthrocnemum* ne dépassant pas les 30 cm

Planche 8 : Les espèces du cinquième groupe végétal



Photo 47 : *Mesembryanthemum nodiflorum* L

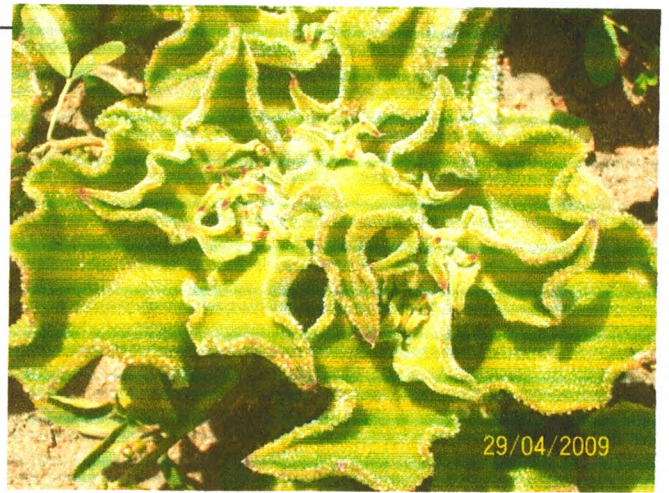


Photo 48 : *Mesembryanthemum cristallinum* L



Photo 49: *Marrubium vulgare* L



Photo 50: *Acacia horrida* Willd



Photo 51: *Eucalyptus Bosistoana*
F v M



Photo 52: *Cupressus sempervirens* L

Planche 9 : Quelques espèces végétales rencontrées au niveau de la zone humide de la Macta



Photo 53 : Dégradation de la végétation par le feu



Photo 54 : Dégradation de la végétation par suite au campement des nomades



Photo 55: La pollution suite à la décharge illicite

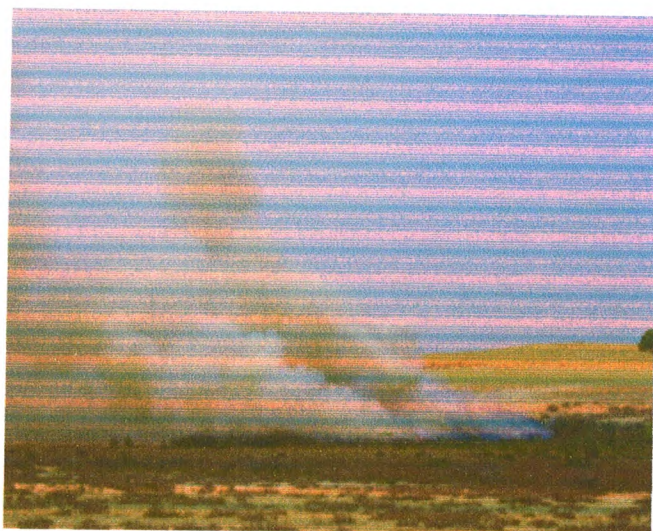


Photo 56 : Un feu vivant lors d'une sortie sur terrain



Photo 57 : Dégradation de la végétation par le cheptel



Photo 58 : L'installation des terrains agricoles au dépend de la végétation naturelle

Planche 10 : Illustration de certains facteurs de dégradation

Résumé

Les travaux traitant des zones humides de l'Oranie sont peu nombreux ; et ceux étudiant la phytoécologie sont encore plus rares. Parmi les zones humides de l'Oranie, celle de la Macta connue sous l'appellation de «marais de la Macta », reste une des plus intéressantes zones à étudier.

La zone humide de la Macta, inscrite en 2001 dans la convention de Ramsar, est constituée par un écosystème riche et spécifique. Elle est caractérisée par la présence d'eau pendant presque toute l'année, par une faune diversifiée et par une végétation inféodée (végétation halophyte). De ce fait, c'est un site où la protection et la préservation de cette diversité biologique sont plus que nécessaire tant pour le plan national qu'international.

En matière de climat, l'exploitation des données météorologiques met en relief une élévation moyenne de la température de 1,5°C et une diminution de la pluviométrie annuelle avec des impacts sur la composition floristique de cet espace.

L'approche pédologique confirme la texture argileuse pour la plupart des relevés échantillonnés. La perméabilité du sol reste faible par contre l'humidité du sol est importante. Par ailleurs, la conductivité électrique justifie un sol salin de type Solontchak avec un pH alcalin.

L'étude floristique a permis d'inventorier 83 espèces dont la composition des espèces dites halophytes représente une abondance assez élevée. Parmi les espèces halophiles on cite (*Salicornia fruticosa* L., *Tamarix africana* Poir., *Atriplex halimus* L.,...) en présence des espèces de terrains incultes et friches ainsi que de certaines espèces introduites par le reboisement tel que *Acacia horrida* Willd., *Eucalyptus bosistoana* FVM,...

L'étude statistique à travers une AFC a permis d'établir une corrélation entre la végétation et les facteurs environnementaux étudiés. Le tapis végétal de la zone humide de la Macta reste conditionné en premier lieu, en plus au climat, par le facteur édaphique et par le temps et l'intensité de submersion de l'eau.

Mots clés : Zone humide - Climat - Sol salin - végétation halophile - Algérie occidentale

Abstract

Works treating of the wetlands of Oranie are very few; and those studying phytoecology are even rarer. Among the wetlands of Oranie, that of Macta remains one of most interesting studied zones.

The wetland of Macta, registered in 2001 in the convention of Ramsar, is consisted with rich and specific ecosystem. It is characterized by the presence of water during almost all the year, by diversified fauna and pledged vegetation (halophyte vegetation). However, it is a site where the protection and the safeguarding of this biological diversity are more than necessary for both the national and international interest.

As regards to climate, the exploitation of the weather data highlights an average temperature rise of 1,5°C and a reduction in the annual average pluviometry with an impact on the floristic composition of this space.

The pedological approach confirms argillaceous texture for the majority of the sampled statements. The ground permeability remains low against the moisture of the ground is considerable. In addition, electric conductivity justifies a saline ground like Solontchak type with an alkaline pH.

The floristic study has inventoried 83 species of which species composition called halophytes is plenty high enough. Among the halophilic species are cited (*Salicornia fruticosa* L., *Tamarix africana* Poir., *Atriplex halimus* L.,...) in the presence of species of uncultivated land and fallow land as well as some introduced species such as through reforestation, *Acacia horrida* Willd., *Eucalyptus bosistoana* FVM,...

The statistical study through a AFC allows establishing a correlation between the studied vegetation and environmental factors. As well the climate, the vegetable groundsheets of the wetland of Macta remains initially conditioned by the edaphic factor and time and similarly the intensity of immersion of water.

Keywords: Wetland - Climate - saline ground - halophilous vegetation - western of Algeria

المخلص

إن الدراسات والبحوث المتعلقة بالمناطق الرطبة قليلة جدا، و تلك المهمة بدراسة البيئة النباتية تكاد تكون منعدمة. من بين المناطق الرطبة الكائنة بالناحية الغربية للجزائر، تبقى المنطقة الرطبة المسماة "المقطع" من المواقع الهامة التي تستدعي إهتمام علمي جاد.

المنطقة الرطبة "المقطع"، المسجلة ضمن اتفاقية "رامسار" في سنة 2001، تتكون من نظام بيئي غني ومتميز. من خصائص هذا النظام البيئي المتميز وجود الماء لفترة مهمة من الزمن، و وجود أنواع متنوعة من الحيوانات والطيور وكذا وجود غطاء نباتي هام مكون من النباتات الملحية؛ و عليه و انطلاقا من كل هذه الخصائص و المميزات، فإن حماية هذا الموقع وحفظ التنوع البيولوجي هو أكثر من ضروري إن على الصعيدين الوطني والدولي.

إن دراسة مناخ المنطقة وإستغلال بيانات الأرصاد الجوية يبرز إرتفاع في متوسط درجات الحرارة مقدرا ب 1.5 درجة مئوية وإنخفاض في مياه الأمطار المتساقطة مما يؤثر تأثيرا شديدا على النبات و المستعمرات النباتية.

إن دراسة تربة المنطقة و تفحصها يبرز وجود تربة طينية لمعظم العينات. التحاليل التي أجريت على التربة أثبتت أن نفاذية المنطقة منخفضة والرطوبة مهمة و مرتفعة. و أما تجارب التوصيلية الكهربائية أبرزت وجود نوع من التربة المالحة مع درجة حموضة قلووية.

وقد ساعدت الدراسة على تحديد 38 نوع من النباتات و التي تبقى فيها النباتات الملحية الأكثر توزيعا و كثافة. من بين النباتات الملحية نذكر على سبيل المثال لا الحصر (*Salicornia fruticosa*، *Tamarix africana*، *Atriplex halimus*) مع وجود نباتات تنمو على الأراضي الغير الصالحة للزراعة و بعض الأنواع المدخلة من خلال عمليات الغرس، *Acacia horrida*، *Eucalyptus bosistoana*.

إن التحليل الإحصائي من خلال AFC مكننا من توثيق الإرتباط الموجود بين الغطاء النباتي والعوامل البيئية محل الدراسة. إن الغطاء النباتي للمنطقة الرطبة المقطع يتأثر، بالإضافة إلى المناخ، بعامل التربة وعامل المياه ..

كلمات المفتاح : الأراضي الرطبة -- Macta - المناخ -- التربة -- النباتات المحبة للملوحة -- غرب الجزائر