

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

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

Département d'Ecologie et Environnement



THESE

Présentée pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences

Spécialité : Écologie Végétale

Par : Lakhdari Fakhr Eddine Tahar

Thème

Structure, fonctions écologiques et pressions dans les zones humides en Algérie. Exemple des marais de la Macta (Tell Occidental, Algérie).

Soutenu le 04/07/2023 , devant le jury composé de :

Mr MERZOUK Abdelssamad	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mme SOUIDI Zahira	Professeure	Université d'Ain Témouchent	Encadreur
Mme BENGUEDDA Wacila	MCA	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mr BABALI Brahim	MCA	Université de Tlemcen	Examinateur
Mme BEKKOUCHE Assia	MCA	Centre universitaire de Naama	Examinatrice
Mme BELHACINI Fatima	MCA	Université d'Ain Témouchnet	Examinatrice

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avant d'exposer le contenu de ce travail, je tiens à remercier "Dieu" le tout puissant de nous avoir donnée le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance.

*Mes profonds remerciements vont à Madame **SOUIDI Zahira** professeur à l'université d'Ain Témouchent pour m'avoir encadrée et dirigée, pour ses encouragements et son soutien tout au long de cette thèse, et surtout pour sa disponibilité qu'elle est fait preuve à mon égard et l'attention qu'elle m'a consacrée malgré ses nombreuses obligations. Merci infiniment!*

Mes remerciements les plus sincères aussi aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer ce travail :

*A **Mr MERZOUK Abdelssamad**, Professeur à l'université de Tlemcen, qui ma fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, pour ses conseils et ses encouragements. Je voudrais aussi lui faire part de ma profonde reconnaissance pour les nombreuses discussions autour de la problématique de ma thèse et le partage de ses connaissances qui n'ont été très bénéfiques.*

*A **Mme BENGUEDDA Wacila** Maitre de conférences (classe A) à l'Université de Tlemcen. C'est un réel plaisir et grand honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail. Vos qualités humaines et scientifiques nous ont fascinées. Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde et sincère gratitude.*

*A **Mr BABALI Brahim** Maitre de conférences (classe A) l'Université de Tlemcen. Je suis très sensible à la spontanéité avec laquelle vous avez acceptez de juger ce travail. Vos qualités humaines et scientifiques ne nous laissent pas indifférents. Je vous prie de trouver ici l'expression de ma profonde admiration et mes sincères remerciements.*

*A **Mme BEKKOUCHE Assia** Maitre de conférences (classe A) Centre universitaire de Naama, qui me fait l'honneur de porter jugement sur mon travail de recherche. Qu'elle soit assurée de mon profond respect et toute ma gratitude d'avoir acceptée avec gentillesse de participer à mon jury de thèse.*

*A **Mme BELHACINI Fatima** Maitre de conférences (classe A) l'Université d'Ain Témouchnet qui a accepté avec amabilité d'examiner mon travail de recherche et me faire part de ses critiques en siégeant parmi les membres de mon jury de thèse. Je le prie de bien croire à mon profond respect et toute ma gratitude.*

*A **Mr BENHANIFIA Khatir** et **Mme MOUASSA Souad** pour m'avoir soutenu et aidé en matière de télédétection, les cartes et les analyses physicochimiques afin d'obtenir ces résultats.*

Toute ma gratitude va également aux responsables et personnes du laboratoire LRSGB de l'Université Mascara.

A tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Chapitre -I- Aperçu sur les zones humides

I-1-Définition de la zone humide5

I-2- Régime hydrique des zones humides5

I-2-1-Les apports d'eau dans les zone humides5

I-2-2-Les sorties d'eau6

I-3-Characterisation des zones humides6

I-3-1-Critères hydrologie7

I-3-2-Critère hydromorphie7

I-3-3-Critère floristique7

I-4-Types des zones humides7

I-5-Fonctions et valeurs des zones humides9

I-5-1- Fonctions des zones humides9

I-5-2- Valeurs des zones humides9

I-6-La diversité biologique des zones humides10

I-7- Principales menaces qui pèsent sur les zones humides.....10

I-8-Les zones humides d'importance internationale en Algérie11

I-9 -Les zones humides de la Wilaya de Mascara13

Chapitre -II- Structure de la Zone humide des Marais de la Macta

Introduction16

II-1- Situation géographique16

II-2- Situation administrative18

II-3- Caractères géologiques19

II-4- La pente21

II-5- La topographie22

II-6- Les altitudes23

II-7-Les ressources en eau24

II-8- La pédologie.....26

Chapitre -III- La diversité floristique des marais de la Macta

Introduction.....	30
II-1-Terminologie pour la description	30
III-2-Principe de la méthode	31
III-3-Inventaire des données écologiques	33
III-4-Interprétation.....	35

Chapitre -IV- Impact de la pollution sur les eaux de surfaces des marais de la Macta

Introduction.....	44
IV-1-Mode de pollution.....	44
IV-1-1-La pollution accidentelle.....	44
IV-1-2- La pollution diffuse.....	44
IV-1-3-La pollution anthropique.....	44
V-2 - Les Types de pollution	45
V-2-1- La pollution chimique	45
V.2.2- La pollution physique	46
V.2.3- La pollution microbiologique.....	46
IV-3-Choix des sites	47
IV-4- La pollution dans les Marais de la Macta.....	49
IV-5- Les caractéristiques physico-chimiques des marais.....	49

Chapitre -V- Evolution et impact de la sécheresse sur les Marais de la Macta

Introduction et l'objectif.....	63
V-1-Matériel et méthodologie	64
V-2-La vulnérabilité des marais de la Macta face au changement climatique	65
V-3- Les variations des températures	65
V-4-Evolution des précipitations	66
V-5-Synthèse climatique	67
V-6-Changement mensuelle du niveau de l'eau dans les Marais de la Macta.....	68
Conclusion et perspective.....	73
Bibliographie	76

Liste des figures

Figure N°01	Carte de localisation de la zone humide de la Macta	17
Figure N°02	Localisation de la zone humide par rapport aux communes	18
Figure N°03	Carte géologique de la zone d'étude	20
Figure N°04	Carte des pentes de la zone humide	21
Figure N°05	Carte hypsométrique de la zone humide de la Macta	23
Figure N°06	Situation de la zone humide de la Macta par rapport au du bassin versant de la Macta	24
Figure N°07	Les principaux oueds drainant la zone humide de la Macta	26
Figure N°08	Carte pédologique de la zone humide	28
Figure N°09	La composition de la flore par famille	35
Figure N°10	Les communautés végétales de la zone humide de la Macta	37
Figure N°11	Variation saisonnière de la végétation de la zone humide de la Macta dans les deux années 2015-2016 Image Landsat8	42
Figure N°12	Délimitation de la zone protégée des Marais de la Macta suivant le bornage des services forestiers (ligne jaune). Localisation des 8 stations d'observation. Image OLI-Landsat8, août 2016	47
Figure N°13	Teneur moyenne de la température au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	50
Figure N°14	Teneur moyenne de pH au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	51
Figure N°15	Teneur moyenne de la conductivité au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	52
Figure N°16	Teneur moyenne de l'oxygène dissous au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	53
Figure N°17	Teneur moyenne de l'orthophosphates (PO_4^{-3}) au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	54
Figure N°18	Teneur moyenne de sulfates au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	56
Figure N°19	Teneur moyenne de nitrites (NO_2^-) au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	57

Figure N°20	Teneur moyenne de nitrates (NO_3^-) au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	58
Figure N°21	Teneur moyenne de NH_4^+ au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta	59
Figure N°22	Evolution des températures mensuelles moyennes entre les périodes 1950-1983 et 1984-2017 à la station météorologique de Sidi Abd El Moumen	66
Figure N°23	Evolution des précipitations mensuelles entre les périodes 1950-1983 et 1984-2017 à la station météorologique de Sidi Abd El Moumen	67
Figure N°24	Diagrammes ombrothermiques pour les périodes 1950-1983 et 1984-2017	68
Figure N°25	Variation mensuelle du niveau de l'eau (en bleu) dans les Marais de la Macta (délimitation de la zone humide en jaune) (Images OLI Landsat 8 ; indice de l'eau NDWI, 2016)	69
Figure N°26	Dynamique de l'eau dans les Marais de la Macta (2016)	71

Liste des tableaux

Tableau N°01	Répartition des zones humides en Algérie (D.G.F, 2017)	11
Tableau N°02	Superficies des communes au niveau de la zone humide de la Macta	19
Tableau N°03	Répartition des superficies suivant les formations géologiques	21
Tableau N°04	Répartition des superficies suivant les classes de pentes	22
Tableau N°05	Répartition des superficies suivant les classes d'altitude	23
Tableau N°06	Les coordonnées géographiques des relevés	33
Tableau N°07	Tableau des espèces végétales inventoriées au niveau des marais	34
Tableau N°08	Paramètres mesurés, méthode et appareil utilisé	48
Tableau N°09	Grille de la qualité (IPO)	60
Tableau N°10	Indice de pollution organique (IPO)	60

INTRODUCTION GENERALE

Les zones humides sont des écosystèmes particuliers très riches et d'une importance capitale, notamment pour la préservation de la biodiversité. Plusieurs définitions sont attribuées à cet espace. Selon la Convention Ramsar (Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau) du 21 février 1971, ce sont des zones où l'eau douce, saumâtre ou salée stagne de manière permanente ou temporaire (Perillo *et al.*, 2018). Cet espace constitue un patrimoine naturel important qui remplit aussi plusieurs fonctions essentielles pour le maintien de la biodiversité, notamment en ce qui concerne les oiseaux migrateurs (Barnaud & Fustec, 2007).

La situation géographique des zones humides se situe généralement soit à proximité directe du littoral, soit dans les vallées favorables au développement socio-économique, ce qui peut en faire des cibles pour une expansion urbaine, agricole et industrielle. Au niveau mondial, leur superficie aurait diminué de 64 à 71 % depuis 1900 (Davidson, 2014).

L'Algérie compte 1451 zones humides composées de 762 zones naturelles et 689 d'origine artificielle (DGF, 2017) dont les Marais de la Macta situés dans la région nord-ouest algérienne.

Les Marais de la Macta, objet de cette étude, sont inscrits sur la liste Ramsar depuis 2001 (liste des zones humides d'importance internationale) (Ghodhani & Amokrane, 2013), en raison de la rareté de ce type d'habitat en Afrique du Nord et de la diversité des milieux. Les Marais de la Macta sont, en effet, caractérisés par une grande diversité de groupements d'Amaranthacées annuelles qui forment rarement de telles associations dans les autres régions d'Afrique du Nord. Le site abrite en outre une grande diversité biologique, avec en particulier de nombreuses espèces de végétaux halophiles, d'invertébrés et de poissons (Megharbi *et al.*, 2016). Cette diversité floristique offre des opportunités multiples pour l'avifaune, notamment les oiseaux dépendants d'habitats aquatiques *Podiceps cristatus* (grèbe huppé) et *Phoenicopterus roseus* (Flamant rose) (Samraoui *et al.*, 2006).

Ces espaces fragiles sont menacés à l'heure actuelle. Les conséquences du changement climatique peuvent être irréversibles pour les zones humides. Les régions arides et semi-arides sont particulièrement fragiles car une diminution des précipitations et une augmentation des températures peuvent avoir des effets catastrophiques sur ces écosystèmes (Winter, 2000 ; Bouldjedri *et al.*, 2011). À titre d'exemple, Pearce et Crivelli (1994) estiment que 60 % de

l'ensemble des zones humides françaises ont disparu et un grand nombre de ce qui subsiste est menacé par la sécheresse.

Les végétations sont l'expression directe des conditions biotiques et abiotiques d'un milieu. Elles permettent de définir la présence d'une zone humide. Au-delà, elles peuvent être utilisées pour procéder à une caractérisation très précise des différentes zones humides concernées, et être utilisées pour évaluer leur intérêt patrimonial, leurs fonctions écologiques (réserve en eau, écrêtage de crue, etc.) et leur besoin en gestion. L'identification de la flore et des communautés végétales présentes sur une zone humide fournit d'importantes informations sur la qualité du milieu et ses services éco systémiques potentiels. Les végétations jouent un rôle de dénitrification, voire d'épuration, par les prélèvements des plantes pour leur croissance, mais également par les processus de dénitrification des bactéries du sol. Elles liées à des rythmes d'inondation plus ou moins prolongée apportent également des indices sur les zones de pénétration des eaux dans le sol ou d'écoulement.

Ce travail constitue une mise au point basée sur des données de terrains obtenues lors les dernières années de prospection et sur les acquis bibliographiques antérieurs à ces prospections ou obtenus parallèlement à notre étude. Cet inventaire est suivi d'une analyse de la flore, laquelle met en évidence l'importance de la phytodiversité des zones humides, plus spécialement sa grande vulnérabilité en égard aux activités humaines, telle qu'en témoigne la grande représentativité des fractions 'rare' et 'endémique'.

L'eutrophisation représente la principale menace de pollution des zones humides d'eau douce ou salée (Dodds *et al.*, 2009 ; Le Moal *et al.*, 2019). L'eutrophisation se manifeste lorsque les eaux reçoivent un apport exagéré de substances nutritives (eaux usées ou engrais agricoles), ce qui augmente la production d'algues et de plantes aquatiques. En raison de l'absence de données sur la qualité de l'eau des marais de la Macta, nous proposons dans cette étude de vérifier tous les paramètres de pollution du la zone humide.

Plusieurs facteurs permettent de choisir cette partie. Parmi ces facteurs on peut citer :

- absence et carence des informations sur la qualité d'eau dans cette zone;
- l'absence des stations d'épuration des eaux usées.

En l'absence de mesures de protection, les effets des activités anthropiques croissantes (pompage, drainage, pollution, mise en culture et pâturage, etc.) risquent d'entraîner la

régression de la majorité de ces écosystèmes à court ou à moyen terme, voire leur disparition pure et simple (OZHM, 2012).

Les travaux antérieurs qui se sont intéressés à la zone humide des Marais de la Macta (Simoneau, 1952 ; Tafer, 1993 ; Sitayeb & Benabdeli, 2008 ; Belgherbi & Benabdeli 2010 ; Belgherbi, 2011 ; Ghodbani & Amokrane, 2013 ; Megharbi *et al.*, 2016 ; Souidi *et al.*, 2016 et Miara *et al.*, 2020) décrivent l'organisation, la structure et la diversité des communautés végétales des marais. Ils ont décrit plusieurs groupements végétaux, dominés respectivement par *Arthrocnemum macrostachyum*, *Atriplex halimus*, *Bolboschoenus maritimus*, *Juncus maritimus*, *Limbardacrythmoides*, *Phragmites australis*, *Sarcocornia fruticosa*, *Schenodorus arundinacea*, *Suaedavera*, *Tamarix africana* et *Typha domingensis*. Cependant, la pollution, réel problème, impacte non seulement la diversité végétale, mais aussi la fonction paysagère et touristique de la zone humide des Marais de la Macta (Megharbi *et al.*, 2016).

Ce mémoire est composé de quatre chapitres dans le premier chapitre nous présentons quelques données bibliographiques sur les zones humides (classification et typologie, valeur, fonction,...).

Le deuxième chapitre contient une présentation générale de la zone humide de la Macta, le troisième chapitre montre la diversité floristique caractérisée des marais de la Macta durant la période 2015-2016, le quatrième chapitre renferme l'impact de la pollution sur les eaux de surfaces des marais de la Macta par des résultats obtenus avec des discussions, comme cinquième chapitre évolution et impact de la sécheresse sur les Marais de la Macta par l'étude des variations spatio-temporelles de la zone humide des Marais de la Macta pendant la période 2017-2019 et discuter le changement mensuelle du niveau de l'eau dans les Marais de la Macta et enfin une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre -I-

Aperçu sur les zones humides

I-1-Définition de la zone humide :

Le terme « zone humide » est apparu en France à la fin des années 1960, introduit par les scientifiques et protecteurs de la nature, cette expression est une traduction du mot « *wetland* » utilisé aux Etats Unis d'Amérique depuis le 17^{ème} siècle.

Cette expression nomme des milieux variés regroupés par la présence d'eau douce, salée ou saumâtre et la faible profondeur de celle-ci, il s'agit de marais, marécages, estuaires, lagunes, étangs, tourbières...

Région où l'eau est le principal facteur qui contrôle le milieu naturel, la vie animale et végétale associée. Elle apparaît là où la nappe phréatique arrive près de la surface ou affleure ou encore, là où des eaux peu profondes recouvrent les terres.

La loi sur l'eau définit les zones humides comme «les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année». (Mitsch et Gosselink, 2000).

Selon convention « **RAMSAR** » 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 ».

Les zones humides pourront inclure des zones de rives ou de cotes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marines d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourée par la zone.

I-2- Régime hydrique des zones humides

I-2-1-Les apports d'eau dans les zone humides

On peut distinguer trois types principaux d'alimentation en eau :

- Les précipitations :

Peuvent alimenter les zones humides de façon directe. Selon le type de la zone et sa situation géographique, les précipitations contribuent avec importance à son alimentation hydrique.

-Les eaux de surface

Peuvent provenir de ruissellement des précipitations arrivées sur un bassin versant et finissant dans les secteurs topographiquement plus bas (cuvettes, dépressions, talwegs,...), ou apportées par un cours d'eau déversant directement dans la zone humide, ainsi que les crues de ces cours d'eau.

-Les écoulements souterrains

Participe de manière importante à alimenter en eau les zones humides. Il peut s'agir de l'eau mobile contenue dans l'épaisseur des sols des versants et qui s'accumule dans les points bas. Ainsi que l'eau des nappes qui peut alimenter certaines zones humides.

I-2-2-Les sorties d'eau

L'eau présente dans les zones humides n'est pas stockée indéfiniment. Après un temps dont la durée est extrêmement variable d'une zone humide à une autre, l'eau sera naturellement évacuer en dehors du système par diverses voies :

-atmosphère : processus d'évapotranspiration combine à la fois l'évaporation directe de l'eau et l'évaporation induite par le métabolisme des végétaux.

-transferts superficiels : sous forme de ruissellement, lorsque les zones humides sont situées dans des zones de bas-fonds les transferts superficiels participent d'une façon importante à leur bilan hydrologique. Ce type de transfert alimente parfois d'autres zones humides de taille plus réduite.

-transferts souterrains : l'eau est susceptible de rejoindre les aquifères profonds et participe ainsi à la recharge des nappes.

I-3-Characterisation des zones humides

Les caractéristiques des zones humides et leurs propriétés sont d'abord déterminées par les conditions climatiques, leur localisation et leur contexte géomorphologique.

Ce sont, les conditions, hydrologiques qui déterminent le fonctionnement écologique des zones humides et permettent de les différencier des milieux terrestres bien drainés et des écosystèmes aquatiques d'eau profonde (Fustec et Lefeuvre, 2000).

I-3-1-Critères hydrologie

La présence d'eau en surface ou la saturation du sol pendant plusieurs jours au cours de la saison de végétation, crée des conditions particulières d'anaérobiose au niveau du sol qui affectent le type de végétation qui se met en place ainsi que le développement du sol.

L'importance du rôle de l'eau, sa présence en surface ou à une très faible profondeur dans le sol (à moins de 50 cm) est un paramètre fondamental. La durée de l'inondation ou de la saturation qui dépendent de la hauteur et de la répartition des précipitations, des écoulements en surface et en profondeur, la nature du sol et la topographie.

I-3-2-Critère hydromorphie :

L'hydromorphie des sols résulte de la définition qu'un gradient d'humidité minimale ou périodique est exigé. L'humidité est la caractéristique centrale des zones humides. Il faut que les terrains en question soient en contact avec l'eau : Le critère retenu est celui de la morphologie des sols liée à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle.

Le sol est un bon critère pour identifier les zones humides potentielles, ce critère est important à la fois pour localiser les zones susceptibles de bénéficier d'actions de restauration.

I-3-3-Critère floristique :

La végétation est un critère caractérisant le plus les zones humides, la durée de l'inondation, chimie de l'eau (salinité, pH, etc). Elle traduit les conditions qui existent dans la zone humide sur le plan hydrologique et pédologique, elle occupe une place importante dans tous les manuels de caractérisation des zones humides à travers le monde, une végétation dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une durée de l'année, et sa dominance vis-à-vis la végétation globale de la zone humide.

I-4-Types des zones humides :

D'après la définition retenue, les zones humides prises en compte varient ; ainsi, la convention de RAMSAR répertorie trente (30) groupes de zones humides naturelles et neuf (09) groupes de zones humides artificielles qu'il est possible de regrouper en cinq (05) grands systèmes : les estuaires, le milieu marin, le milieu riverain, le milieu palustre et le milieu lacustre.

Marais :

Formation paysagère où le sol est recouvert, en permanence ou par intermittence, d'une couche d'eau stagnante, généralement peu profonde et couvert de végétations.

Les marais se forment dans des zones peu accidentées, mal drainées par le réseau hydrographique, à sous-sol imperméable, soit à proximité de cours d'eau ou de la mer.

On y trouve des espèces végétales adaptées au milieu humide et qui varie selon la hauteur de l'eau, l'importance des périodes d'assèchement et le taux de salinité

Plan d'eau

Un plan d'eau est une masse d'eau, plus ou moins permanente, douce, salée ou saumâtre, généralement caractérisée par des courants qui ne suivent pas la pente du fond et une stratification thermique de la densité.

Parmi les plans d'eau se trouvent par exemple les mers, les lacs, dont de barrages, qui sont des lacs-réservoirs artificiels. Les étangs, les mares, les bassins .

Zones humides continentales :

Souvent difficiles à délimiter en raison de leur imbrication et de leur interdépendance, il en existe plusieurs types : les étangs, les mares, marais, les bordures de lacs, et les prairies humides sont les plus connus mais s'y ajoutent les tourbières, les zones humides artificielles (aménagement de certains réservoirs, réhabilitation des gravières), les zones humides alluviales (fonds de vallée des fleuves et des rivières), ainsi que les zones humides de bas-fond en tête de bassin comme les ripisylves (boisement bordant les cours d'eau).

Zones humides marines et côtières:

Elles comprennent les principaux types suivants : Les prés salés ou schorres (partie haute des estuaires recouverte lors des grandes marées), les slikkes (partie basse des estuaires inondées à chaque marée), les mangroves (forêts tropicales dans la zone de balancement des marées au sein des baies et des estuaires), les marais, les lagunes côtiers, les "marais agricoles aménagés" les marais saumâtres et les deltas. (Baker et Vervier, 2004)

Zones humides artificielles :

Regroupent les étangs, terres irriguées, terres agricoles saisonnièrement inondées, site de stockage d'eau, site d'exploitation du sel...etc

I-5-Fonctions et valeurs des zones humides

I-5-1- Fonctions des zones humides

Les fonctions des zones humides sont nombreuses dont les principales sont :

-productions agraires, la grande fertilité des sols des zones humides et la disponibilité d'eau permet une productivité biologique exceptionnelle et de toutes sortes de culture : pisciculture, pâturage, prés de fauche, exploitation des roseaux, arboriculture et maraichage.

-maitrise des crues et des inondations, les zones humides participent à la régulation des pics de crues, limitant le risque d'inondation en zone urbaine.

-recharge des nappes phréatiques, grâce a la perméabilité du sol et a la proximité directe de la nappe, les zones humides alimentent les nappes phréatiques.

-épuration d'eau, le maintien de la qualité de l'eau fait partie des services rendus par les zones humides. Dans un fonctionnement naturel les zones humides peuvent épurer une certaine quantité de nutriments.

-supports de développement local, de nombreuses activités humaines peuvent se développer sur le territoire des zones humides. L'agriculture, l'élevage, la pêche, la chasse, la randonnée, la découverte de la nature, l'écotourisme...

I-5-2- Valeurs des zones humides

Les zones humides sont un exemple remarquable par la multiplicité et l'importance de plusieurs valeurs, nous citons :

Valeurs biologiques : les zones humides possèdent une biodiversité exceptionnelle alors qu'elles ne représentent qu'une petite partie des terres émergées. Elles occupent environ 6,4% de la surface des continents, mais accueillent de façon permanente ou temporaire de 12% à 15% de faune mondiale (Barnaud, 2007).

Valeurs esthétiques : Paysage fortement appréciés. De nombreux artistes ont pu les saisir et les mettre en valeur.

Valeurs de service : nombreux sont les services rendus par les zones humides et relèvent souvent de leurs fonctions écologiques :

-la stabilisation du littoral et protection contre les tempêtes.

-la rétention et exportation des sédiments et nutriments.

-piégeage de carbone atmosphérique.

I-6-La diversité biologique des zones humides

Les zones humides hébergent une faune très diversifiée, elle est essentiellement représentée par les invertébrés, les poissons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Ce sont, toutefois, les oiseaux représentés par plus de 120 espèces qui caractérisent véritablement les zones humides Algériennes (DGF ,2017). En Algérie, en plus des espèces d'oiseaux sédentaires et migratrices estivantes, les milieux humides accueillent chaque année des centaines de milliers d'oiseaux hivernants appartenant, essentiellement, aux familles des Anatidés (Canards et Oies) des Rallidés (notamment des foulques macroules) ainsi qu'au groupe des limicoles ou petits échassiers (Bellatreche et Ochando , 1987).

Elles sont également caractérisées par une végétation diversifiée (Semroud ,1983) qui comprend du phytoplancton, des algues, des plantes supérieures (Phragmites, arbustes et arbres), relativement peu connue encore. Les végétaux supérieurs aquatiques sont aussi représentés par 350 espèces appartenant à 56 familles botaniques, ces taxons représentent 11,15% des espèces de la flore d'Algérie et plus de 45% des familles au plan biogéographique (Messerer, 1999 ; Miara *et al.*,2020) : (25% d'espèces Méditerranéennes, de 15% d'espèces Tropicales, de 14% d'espèces cosmopolites et de 12% d'espèces eurasiatiques, 4% des espèces insuffisamment documentées sur le plan biogéographiques et de 33% d'origine diverse : (Circumboréales, Européennes, Paléotempérées, africaines, Endémiques et Sahariennes) (Miara *et al.*,2020).

I-7- Principales menaces qui pèsent sur les zones humides

Comme beaucoup de pays, certaines zones humides Algériennes sont menacées par plusieurs facteurs, dont les plus importants sont les suivants:

L'utilisation des zones humides comme une décharge publique et lieux de rejets des eaux usées, décharge de matériaux ferreux, débris, gravats et ordures ;

- ✓ La dégradation de ces milieux par : Le manque d'entretien et le développement excessif des roseaux, phragmites et algues ;
- ✓ La chasse et le braconnage qui déciment la faune des zones humides;

- ✓ Le surpâturage qui entraîne la disparition du couvert végétal ;
- ✓ Le phénomène d'eutrophisation ;
- ✓ Le tourisme.
- ✓ Pollution

I-8-Les zones humides d'importance internationale en Algérie

L'Algérie est riche en zones humides qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle, le recensement préliminaire effectué au milieu des années 1990 a dénombré 254 zones humides naturelles. La position géographique stratégique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confère d'importantes zones humides : la partie Nord renferme de nombreux lacs d'eau douce, des marais, des ripisylves et des plaines d'inondation, la frange Nord-ouest et les hautes plaines steppiques se caractérisent par des plans d'eau salés tels que les chotts, les sebkhas et les dayas, le Sahara renferme les oasis et les dayas et, dans le réseau hydrographique fossile des massif montagneux du Tassili et du Hoggar, des sites exceptionnels alimentés par des sources permanentes appelées Gueltas.

L'Algérie compte actuellement 50 zones humides classées sur la liste de la convention de RAMSAR. L'ensemble de ces sites classés couvre une superficie de 2,99 millions d'hectares. (Tableau N°01).

Tableau N° 1 : Les différentes type des zones humides en Algérie (D.G.F, 2016)

Lac	41	Tourbière	2
Sebkha	22	Salines	2
Marais	19	Guelta	23
Mare/marécage	79	Daya	19
Chott	43	Garaa	37
Cours d'eau	236	Plaine d'inondation	9
Dune littorale	1	Oasis (artificielles)	314
Forêt humide	16	Zones humides artificielles	375
Lagune	1	Divers	212

❖ Stratégie nationale de préservation des zones humides

Dans le cadre de sa stratégie nationale, la direction générale des forêts vise la concrétisation de ces objectifs importants

1. l'élaboration, dans le cadre de la coopération avec wetlands international, des bilans des recensements hivernaux internationaux des oiseaux d'eau. Ces bilans ont permis le recensement en moyenne près de 200.000 sujets d'oiseaux d'eau migrateurs qui transitent par l'Algérie.

2. Formation des gestionnaires des zones humides en direction des cadres exerçant dans les structures déconcentrées de l'administration des forêts. Il importe de souligner que 03 sessions ont été déjà organisées avec le concours de la Tour du Valat et des universitaires algériens et que 02 autres sessions sont programmées pour les mois à venir.

3. Reconnaissance et classement international des zones humides répondant aux critères de la liste Ramsar. L'autorité de la Convention de Ramsar en Algérie, la Direction Générale des Forêts, a procédé au classement de 42 sites sur la Liste de la Convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale, englobant une superficie totale de 2 959 000 has. Le classement de ces sites est intervenu entre 1982 et 2004. En 2007, grâce à un quatrième projet financé par le Programme «eaux douces» du Fonds Mondial pour la nature (WWF-International), la Direction Générale des Forêts a lancé une quatrième campagne visant l'inscription de 18 nouvelles zones humides. De par la superficie classée, près de 3,5 millions d'hectares, l'Algérie, deviendra le deuxième pays en Afrique, après le Botswana et son fameux Delta de l'Okavango qui fait 6.8 millions d'hectares, et la sixième dans le monde après le Canada (13 millions d'ha), la Russie (10,3 millions d'ha), l'Australie (5.2 millions d'ha), le Brésil (4,5 millions) et le Botswana. L'élargissement du nombre de sites Ramsar en Algérie qui passera de 42 actuellement à 60 en 2007.

4. Projet de classement au niveau national des zones humides en réserves naturelles et établissement des plans d'action au niveau national. Dans le cadre de la gestion rationnelle des zones humides et leur utilisation durable, l'administration des forêts d'Algérie envisage d'initier un programme d'actions sur 5 ans pour les sites classés sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale. Ce programme d'actions présenté sous forme de projet de développement, se fera sur financement propre. Aussi, afin de

parachever le processus de préservation de ces espaces fragiles, il est prévu le classement en réserve naturelle et en réserve de la faune sauvage, au niveau national, de l'ensemble des zones humides classées sur le site de Ramsar.

5. Programme d'éducation, d'information et de sensibilisation du grand public et particulièrement des enfants sur les valeurs et fonctions des zones humides et la nécessité de les protéger durablement. Ces activités sont menées durant toute l'année, notamment à l'occasion de la célébration de la journée mondiale des zones humides

(02février de chaque année) à travers l'ensemble des structures déconcentrées de l'administration des forêts.

6. Dans le cadre de la gestion rationnelle des zones humides et de leur utilisation durable, il est envisagé également d'inscrire au titre du programme national de développement rural, des projets de proximité de développement, pour chacun des sites classés sur la liste Ramsar, en associant les riverains dans le montage de ces projets.

I-9 -Les zones humides de la Wilaya de Mascara

L'inventaire des zones humides de la wilaya de Mascara, a montré qu'il existait deux types de zones :

- les zones humides d'origine anthropique (Barrages et retenues collinaires).
- les zones humides alluviales : zones inondables.

D'origine artificielle :

- ✓ **Le barrage de Bou-Hanifia** à 40 km en amont de Mohammadia avec une capacité de 72.000.000 m³ (Simonneau, 1951). Actuellement sa capacité est d'ordre 50.000.000, ce qui explique la dégradation par l'envasement qui est d'ordre de 70%, à cause de l'érosion et même l'absence des plans d'aménagement.
- ✓ **Le barrage du Fergoug** — à 4 Km en amont de Mohammadia, avec une capacité de 30.000.000 m³ (SIMONNEAU, 1951). Actuellement elle est d'ordre 6.000.000 m³, à cause d'un taux d'envasement de 200% par an.
- ✓ **Le barrage de Cheurfas** - à 17 Km du Sig - Capacité : 7.200.000 m³ (Simonneau, 1951). Actuellement il est d'ordre 6.000.000 m³.

- ✓ **Le barrage d'Ouizert** : Situé à 11 km de la commune d'Oued Taria, dont il dépend administrativement, il s'agit du plus grand barrage de la wilaya et dont les capacités de stockage sont de 120 millions de m³.

D'origine naturelle les marais de la Macta :

La Macta est un complexe de marais littoraux alimenté par un réseau hydrographique temporaire et dense. Cette zone humide abrite des biotopes et des biocénoses très riches. Elle représente de ce fait un pôle de biodiversité important. L'accentuation de la pression anthropique n'a pas cessé de modifier le fonctionnement et les caractéristiques de cet écosystème fragile. Le classement de la Macta, en 2001, comme zone humide à protéger dans le cadre de la convention de RAMSAR. Cependant la Macta souffre de grosses difficultés persistantes, dans la mise en œuvre des actions de sauvegarde préconisées.

Chapitre -II-

Structure de la Zone humide des Marais de la Macta

Introduction

La zone humide de la Macta, est un site d'une superficie de 44.500 Ha, inscrit par le gouvernement de la République Algérienne Démocratique et Populaire sur la liste des zones humides d'importance internationale établie dans le cadre de la convention RAMSAR en 2001 ; dans le but de promouvoir la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides dans le monde entier. Ce site que nous allons étudier demande absolument une protection contre les déprédations du milieu telles que le braconnage, la destruction du tapis végétal, la déperdition des plans d'eau etc....

Un site pour qu'il soit inscrit comme étant une zone humide doit impérativement remplir plusieurs critères lui permettant d'être admis dans la liste de Ramsar (voir annexe I).

Les critères d'inscription retenue pour celle de la Macta sont (DGF, 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 Jacob) 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 chute à cause de la sécheresse influençant sur la dispersion et sur la densité végétale et sur l'assèchement des cours d'eau.

II-1- 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. 01). 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 Sebkha 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 ($Y_1 = 252$, $Y_2 = 280$)

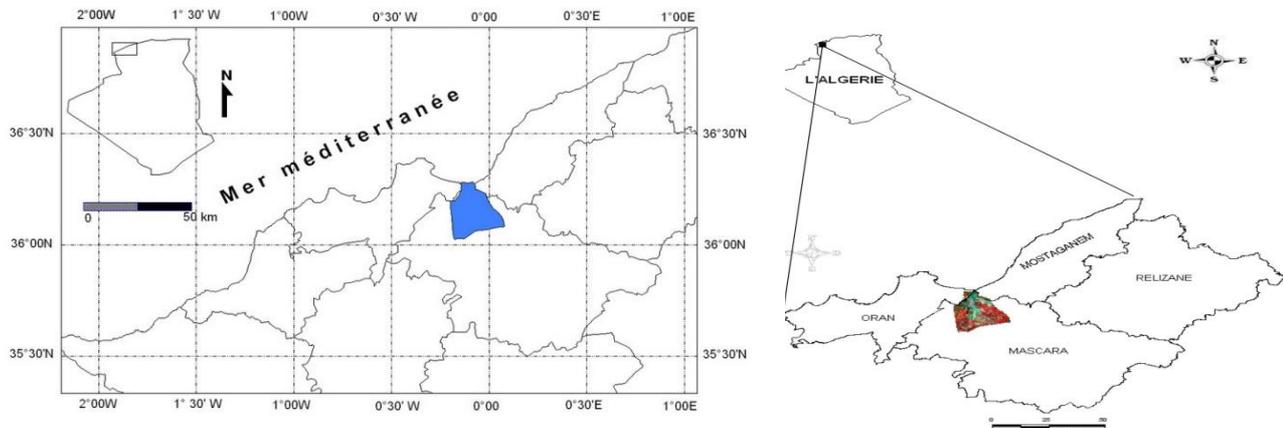


Figure 01. Carte de localisation de la zone humide de la Macta (Belgherbi, 2011).

II-2- 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. Les communes touchées par la zone humide de la Macta sont (Fig. 02) :

- Wilaya de **Mascara**
 - ✓ Commune de Mohammadi
 - ✓ Commune de Sidi Abdelmoume
 - ✓ Commune de Mocta-douz
 - ✓ Commune de Sig
 - ✓ Commune de Bouhenni
 - ✓ Commune d'Alaimia
 - ✓ Commune de Ras Ain Amirouche
- Wilaya d'**Oran**
 - ✓ Commune de Mersat el Hadjadj
- Wilaya de **Mostaganem**
 - ✓ Commune de Fornaka

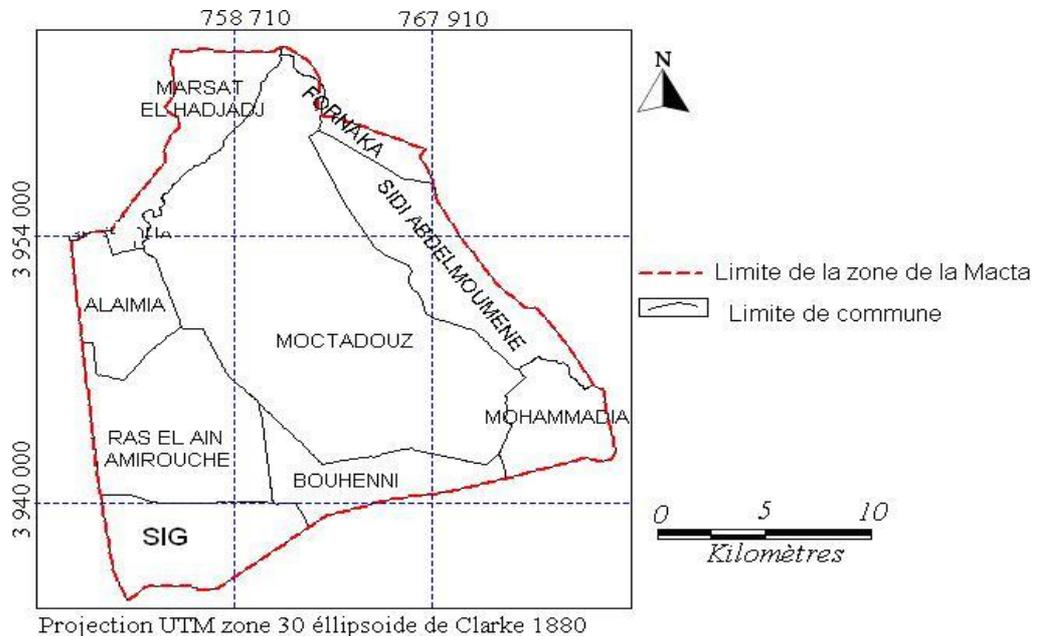


Figure 02. Localisation de la zone humide par rapport aux communes (Belgherbi, 2011).

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%) (Tableau. 02).

Tableau 02. Superficies des communes au niveau de la zone humide de la Macta (Belgherbi, 2011).

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 (wilayad'Oran)	2 195,55	4,93
Total	44 500	100

II-3- 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 difficiles à dégager.

Les plaines s'étendent entre ces mailles montagneuses, on y distingue la plaine de Rélizane, de Mohammadia (Macta) et, plus à l'Ouest, la Sebkhah 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 continental, le calabrien, pliocène marin et le pliocène continental occupent la zone (Tab. 03 et Fig. 03). Le quaternaire continental représente, à lui seul, une superficie de 43 690 ha soit un taux de 98,18%.

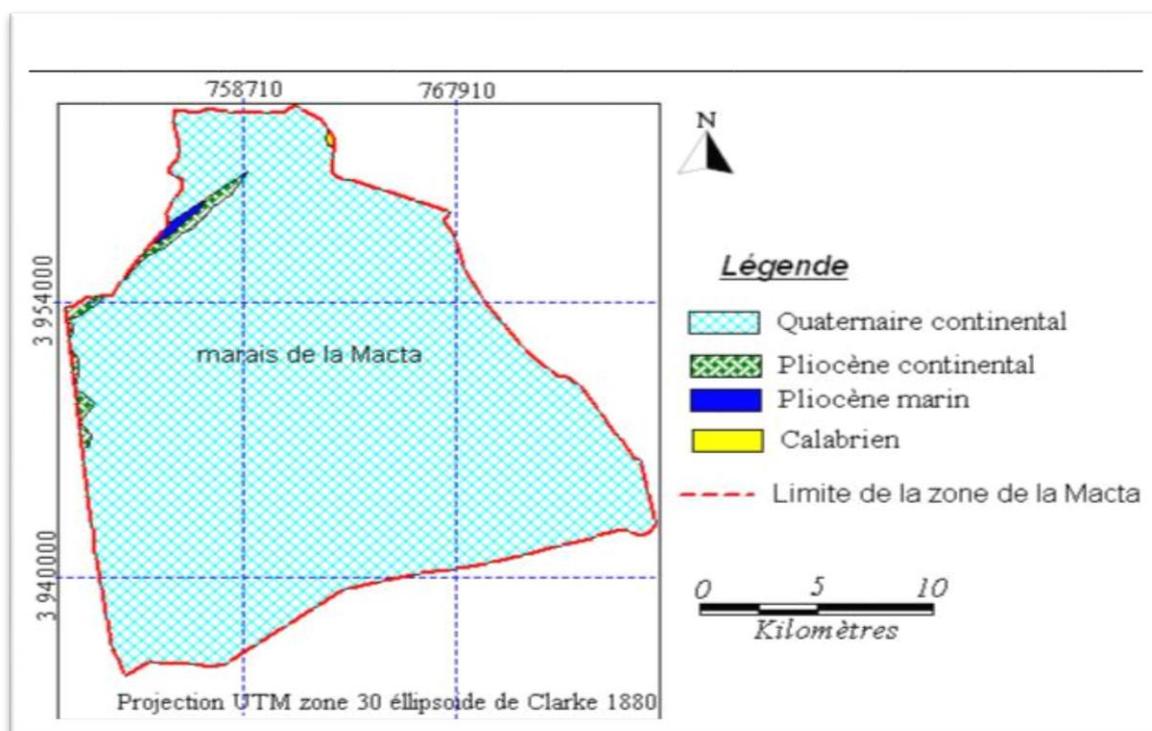


Figure 03. Carte géologique de la zone d'étude (Dalloni *et al.*, 1961).

Tableau N°03. Répartition des superficies suivant les formations géologiques (Belgherbi, 2011).

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

II-4- 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. 04 et Fig. 04).

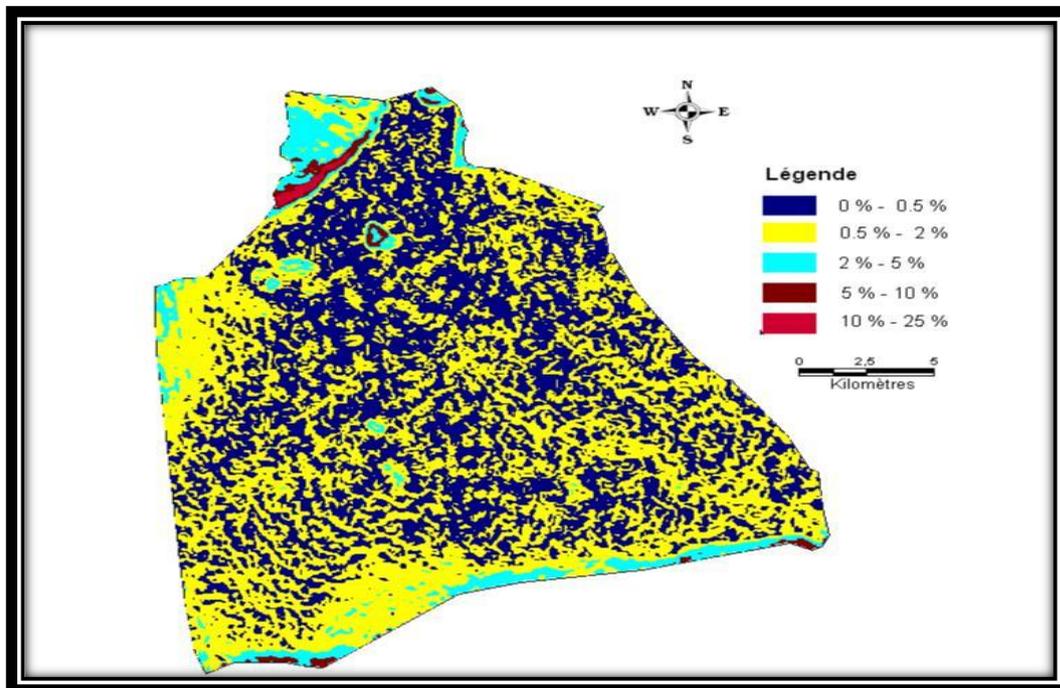


Figure 04. Carte des pentes de la zone humide (Belgherbi, 2011).

Tableau 04. Répartition des superficies suivant les classes de pentes (Belgherbi, 2011).

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

II-5- La topographie

La zone humide de la Macta est constituée par un ensemble de trois 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 glaciais 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 superficie 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).

II-6- 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. 06 et Fig. 05).

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 05. Répartition des superficies suivant les classes d'altitude.

Classes (m)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
-2-0	2 880	6,47
0-10	19 390	09,57
10-20	11 130	25,01
20-30	6 078	29,66
30-50	5 022	21,29
Total	44500	100

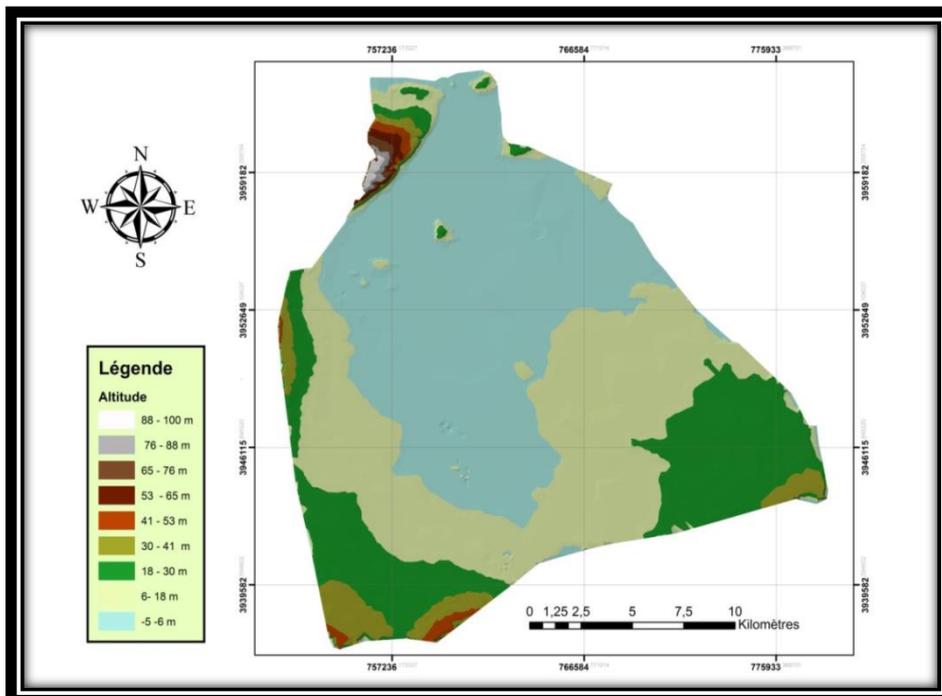


Figure 05. Carte hypsométrique de la zone humide de la Macta .

II-7- Les ressource 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 nouveau 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... » (Simonneau, 1952).

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 de la Macta (Beddal ,2015) (Fig. 06).

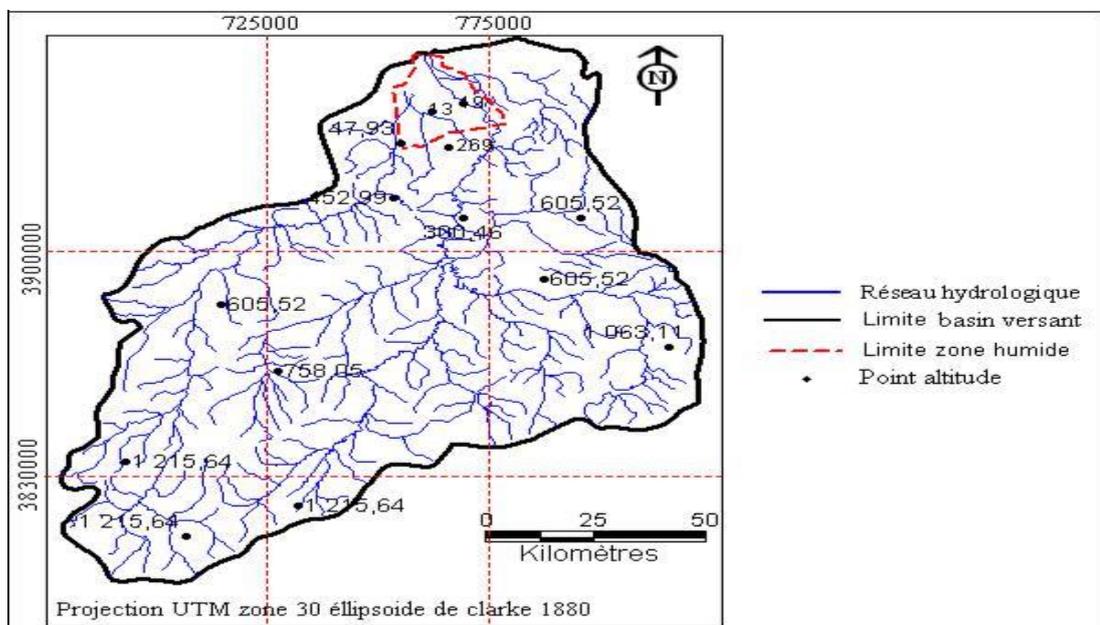


Figure 06. Situation de la zone humide de la Macta par rapport au du bassin versant de la Macta (Belgherbi, 2011).

✓ **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. 07) :

- ✓ **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. 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.
- ✓ **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.

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 marne 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.

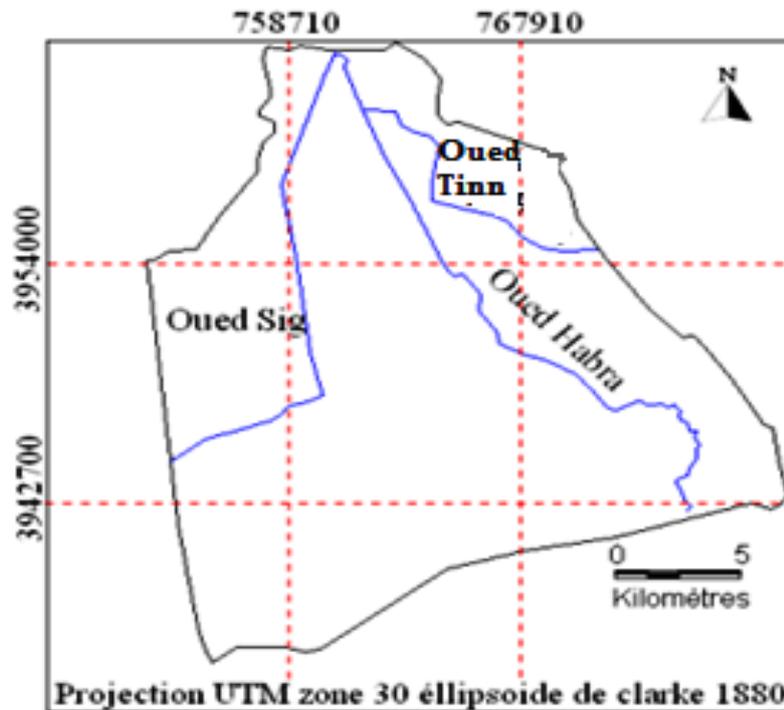


Figure 07. Les principaux oueds drainant la zone humide de la Macta .

II-8- 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 d'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 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. 10), 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 (Vilenskii, 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.
- ❖ **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 (Fig. 08), on constate que 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.

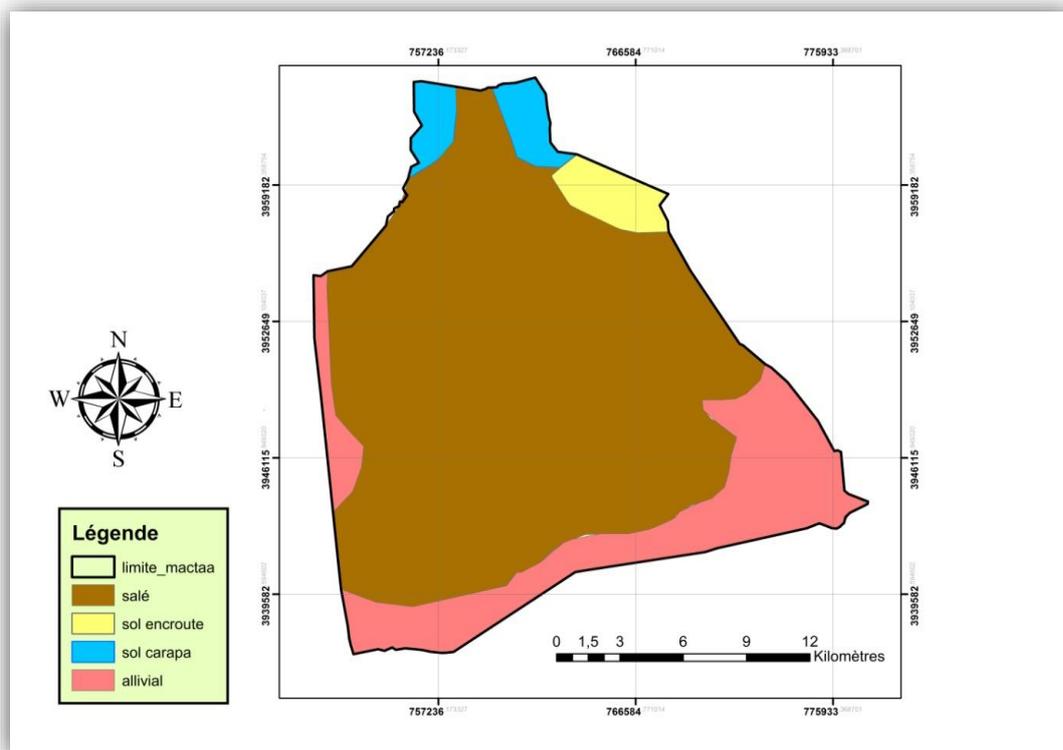


Figure 08. Carte pédologique de la zone humide (Boulaine et al, 1955)

Chapitre -III-

La diversité floristique des marais de la Macta

Introduction

La phytosociologie est la branche de la botanique qui étudie la manière dont les plantes dans la nature, s'associent dans l'espace et dans le temps pour composer les différentes entités de végétation.

Les populations d'espèces végétales qui exploitent un même habitat naturel, ou biotope, constituent des phytocénoses dont la phytosociologie cherche à décrire la composition et les variations floristiques, mais aussi la dynamique.

Constatant que les diverses espèces de plantes ne se répartissaient pas au hasard et que l'on retrouvait souvent les mêmes espèces cohabitant dans des mêmes formes de végétation, les précurseurs de la phytosociologie, tel CHATEAU (1866-1952), ont défini les associations végétales comme unités structurelles fondamentales de la couverture végétale.

D'autres phytosociologues, comme BRAUN-BLANQUET (1884-1980) ou EMBERGER (1897-1969) ont construit un système complexe de classification hiérarchisée, analogue à celui des espèces vivantes, prenant pour base l'association végétale considérée comme représentée par des «individus d'association».

Ce système a constitué un socle théorique pour le développement des outils pratiques de la connaissance écologique, notamment les inventaires floristiques, et il a permis de mettre de l'ordre dans la compréhension des affinités entre les communautés d'espèces et entre celles-ci et le milieu naturel (Daurby, 2007).

Nombreux sont les travaux réalisés par les docteurs et les professeurs sur la zone humide et différents thèmes de recherche scientifiques ont été réalisés par des écologistes et des biologistes afin de mieux comprendre ce réservoir de diversité biologique et de savoir le protéger, le conduire vers une utilisation rationnelle et le conserver.

III-1-Terminologie pour la description

Communauté végétale reconnue et caractérisée par son assemblage spécifique et principalement par ses espèces caractéristiques.

Groupement végétal caractérisé essentiellement par une composition floristique déterminée et relativement constante dans les limites d'une aire donnée (Brun blanquet .1959)

III-2-Principe de la méthode

Le site a fait l'objet d'un échantillonnage systématique durant une année. Les sorties ont été effectuées la période allant de Mars 2015 au Juin 2016, pendant cette période, la zone est accessible (rétrécissement du marais et dessèchement du sol) et il y a une remontée biologique potentielle.

Le plan d'échantillonnage comporte un transect au niveau de 11 stations orienté nord-sud depuis le littoral jusqu'aux piémonts des monts de Béni Chougrane sur une distance de 25 km (Tableau n°06).

Les relevés ont été effectués sur des quadrats dont l'aire minimale avoisine les 100 m² et dont la distance dépend de l'hétérogénéité floristique estimée à vue d'œil tout au long du transect, ainsi que les obstacles naturels et d'autres présents dans la zone d'étude. Plusieurs échantillons ont été prélevés sur la même station à des moments différents.

L'identification a été établie à l'aide un botaniste spécialisée sur terrain et par des flores de Quézel & Santa (1962). Ces relevés ont concerné tous les milieux. Les espèces relevées ont été renseignés : type biologique, chorologie. Tout cet ensemble constitue les données relatives à la flore.

La méthode consiste, après avoir sélectionné une surface homogène, chaque plante inventoriée est accompagnée de deux indices :

L'indice de présence-absence s'apprécie en fonction du nombre d'individus présents par unité de surface (présence) et de la part relative de ces individus dans l'aire inventoriée (absence), et l'indice de sociabilité exprime la manière dont les individus d'une même espèce sont associés entre eux. La réalisation d'un relevé phyto-sociologique doit suivre plusieurs étapes.

Étape 1 : délimitation des contours du relevé

Le premier critère discriminant est l'« homogénéité de la végétation ». Elle peut être abordée concrètement en trois éléments souvent convergents

L'homogénéité physionomique : Elle correspond à une uniformité de hauteur, de couleurs et de textures de la végétation. Elle doit obligatoirement être observée à l'échelle de la végétation considérée : quelques dm² pour une pelouse rase, quelques dizaines de m² pour une prairie, plusieurs centaines de m² pour une formation forestière. Le repérage de la stratification de la végétation peut aider à percevoir cette homogénéité et à distinguer visuellement les différentes végétations.

L'homogénéité floristique : Il s'agit de repérer visuellement la répétition (réitération) d'un ensemble d'espèces dans une même surface même si certaines sont plus fréquentes que

d'autres ou si certaines se développent en taches et d'autres de manière disséminée. Cette homogénéité rejoint le plus souvent des variations écologiques qui influent sur la composition de la végétation : gradient d'humidité par exemple.

L'homogénéité dans le temps : Elle est importante car des espèces végétales présentant des caractéristiques différentes peuvent se développer au même endroit suivant les saisons, plusieurs communautés végétales peuvent également se succéder dans le temps.

Étape 2 : inventaire des espèces végétales

Dans un second temps, il faut inventorier l'ensemble des végétaux présents dans la surface sélectionnée. Il faut circuler à l'intérieur de cette surface pour réaliser un relevé exhaustif et rendre la détermination, de la communauté, la plus aisée possible.

Étape 3 : attribution de l'indice de sociabilité

- l'indice de sociabilité qui traduit la tendance au regroupement des individus d'un taxon. Concrètement, il exprime les relations spatiales des individus ou des pousses d'une même espèce en répondant à la question : « Comment sont groupés les individus ou les pousses d'une même espèce ? ».

Une fois ces trois étapes réalisées, on dispose d'un échantillon réunissant l'ensemble des informations nécessaires à la détermination de la communauté végétale.

III-3-Inventaire des données écologiques

Tableau N° 06: les coordonnées géographiques des stations.

Stations	Cordonnées géographiques	Altitude (m)
S1	N : -0.126 21° W: 35.777 57°	08
S2	N : 0.126 17° W: 35.774 65°	06
S3	N : 0.126 21° W: 35.773 78°	06
S4	N : 0.126 95° W: 35.772 83°	07
S5	N : 0.127 27° W: 35.772 70°	05
S6	N : 0.128 23° W: 35.771 50°	06
S7	N : 0.128 61° W: 35.770 48°	07
S8	N : 0.128 68° W: 35.796 58°	07
S9	N : 0.128 80° W: 35.760 69°	10
S10	N : 0.129 31° W: 35.777 96°	9
S11 (vertical)	N : 0.129 79° W: 35.767 79°	A ₀ 6M (13m) Distance 14 m A ₁ 4m (12m) Distance 14 m A ₂ 3m (22m) Distance 9 m A ₃

Tableau N° 07: Tableau des espèces végétales inventoriées au niveau des marais.

Espèce	Famille	Espèce	Famille	
<i>Accaia karroo</i>	Mimosaseae	<i>beta macrocarpa</i>	Amaranthaceae	
<i>Adonis annua</i>	Ranunculaceae	<i>Beta vulgaris</i>		
<i>Cardus myriacanthus</i>		<i>Blitum virgatum</i>		
<i>Delphinium peregrinum</i>		<i>Centaurea solstitialis</i> L		
<i>Ranunculus aquatilis</i>		<i>Salsola longifolia</i>		
<i>Cynodon dactylon</i>		<i>Sarcocornia fruticosa</i>	Cyperaceae	
<i>Hordeum murinum sp,</i>	<i>Spergularia marina</i>			
<i>Lolium rigidum</i>	Poaceae	<i>Bolboschoenus maritimus</i>	Brassicaceae	
<i>Agrostis stolonifera</i>		<i>Carrichtera annua</i>		
<i>Phragmites australis</i>		<i>Matyhiola tricuspudata</i>	Fabaceae	
<i>Polypogon subsp</i>		<i>Medicago polymorpha</i> L		
<i>Schedonorus arundinaceus</i>		<i>Pallenis maritima</i>		
<i>Aizoanthemum hispznicum</i>	Aizoaceae	<i>Retama monosperma</i>	Euphorbiaceae	
<i>Arisarum simorrhinum</i>		<i>Scorpiurus muricatus</i>		
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>		<i>Trifolium campestre</i>	Lridaceae	
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>		<i>Mercurialis annua</i>		
<i>Anacyclus clavatus</i>		<i>Ricinus communis</i>		
<i>beta macrocarpa</i>	Asteraceae	<i>Euphorbia terracina</i>	Solanaceae	
<i>Calendula stellata</i>		<i>Moraea sisyrinchium</i>		
<i>Centaurea palluta</i>		<i>Nicotiana glauca</i>		
<i>Centaurea sphaerocephala</i>		<i>Solanum nigrum</i>	Caryophyllaceae	
<i>Chenopoduim chenopodiode</i>		<i>Solanum sodomaeum</i>		
<i>Crepis arenaria</i>		<i>Trifolium tomentosum</i>		
<i>Glebionis cironaria</i>		<i>Withania frutescens</i>		
<i>Halimoime portulacoide</i>		<i>Spergularia doumerguei</i>		
<i>Limbarda crithmoides</i>		<i>Paronychia argentea</i>	Plantaginaceae	
<i>Reichardia tingitana</i>		<i>Sagina maritima</i>		
<i>Scolymus maculatus</i> L		<i>Silene muscipula</i>		
<i>Suaeda vera</i>		Boraginaceae	<i>Plantago coronopus</i>	Convolvulaceae
<i>Asparagus albus</i>			<i>Plantago afra</i>	
<i>Drimia maritima</i>			<i>Plantago lagopus</i>	
<i>Echium plantagineum</i>		Polygonaceae	<i>Ruppia maritima</i>	Cynomoriaceae
<i>Emex spinosa</i>	<i>Convolvulus althaeoide</i> L			
<i>Polygonum maritimum</i>	<i>Convolvulus lineatus</i>			
<i>Rumex pulcher</i>	Geraniaceae	<i>Cynomorum coccineum</i>	Juncaceae	
<i>Erodium chium</i>		<i>Juncus acutus</i>		
<i>Eryngium tricuspudatum</i> L	Apiaceae	<i>Juncus subulatus</i>	Scrophulariaceae	
<i>Torilis nodosa</i>		<i>Juncus maritimus</i>		
<i>Daucus carota</i>		<i>Linaria triphylla</i>	Salanaceae	
<i>Asparagus horridus</i>	Liliaceae	<i>Lycium intricatum</i>	Primulaceae	
<i>Atriplex halimus</i> L		<i>Lysimachia arvensis</i>	Malvaceae	
<i>Atriplex hastat</i>		<i>Malva parviflora</i>	Oxalidaceae	
<i>Atriplex patula</i>		<i>Oxalis corniculata</i>	Orobanchaceae	
<i>Salsola kali</i> L		<i>Orobranche sp</i>	Tamaricaceae	
<i>Salsola brevifolia</i>		<i>Tamarix africana</i>	Urticaceae	
<i>Suaeda maritima</i> L		<i>Urtica membranacea</i>	Frankeniaceae	
<i>Fagonia cretica</i> L		Zygophyllaceae	<i>Frankenia hirsuta</i>	

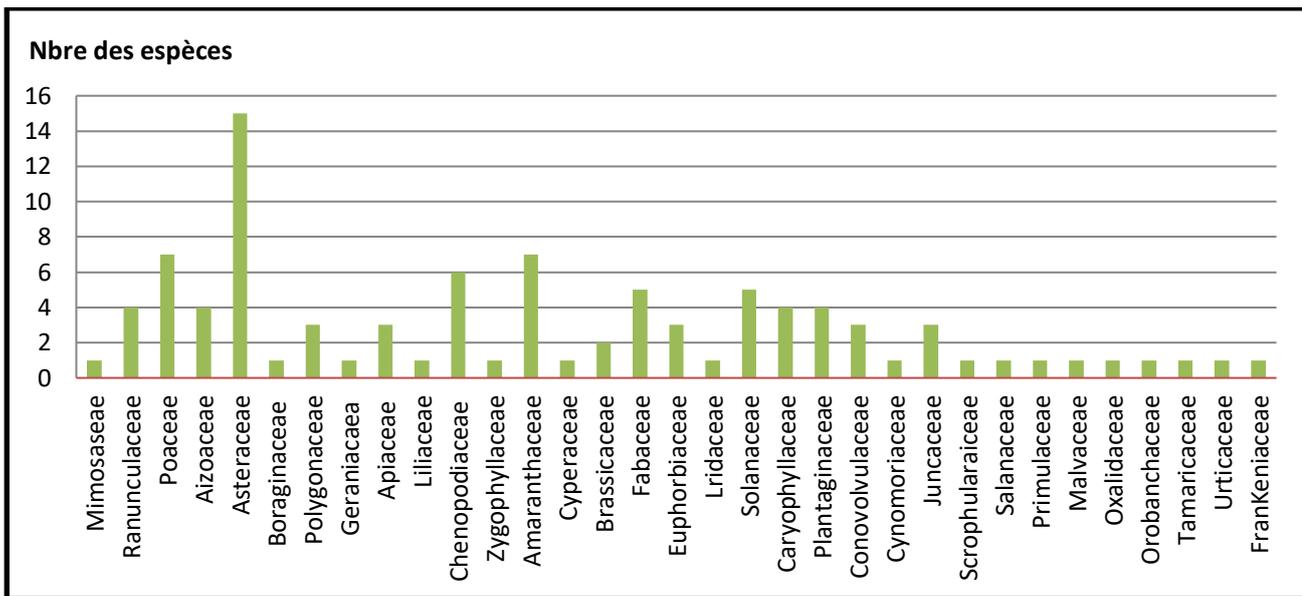


Figure 09. La composition de la flore par famille.

III-4-Interprétation

L'inventaire de la flore de la zone humide de la Macta, révèle la présence locale de 96 espèces, ligneuses et herbacées (Fig. n°09), appartenant à 33 familles.

La famille la plus représentée de cette formation végétale et celle des Astéracées renferment 15 espèces soit 15%, les deux familles des Poacées et Amaranthacées renferment 07 espèces soit 07 %, Les Chenopodiaceae, les Fabaceae et les Solanaceae avec 5 et 6 espèces de chacune soit 6 % et Les familles des Caryophyllacées, Plantaginacées et Ranunculacées viennent en 4^{ème} position avec 4 espèces de chacune.

Parmi les espèces rare sensu par de nombreux écologistes, on a : *Salicornia fruticosa*; *Suaeda maritima* et *Salsola Kali* L appartenant à la famille des Chenopodiaceae et qui sont abondantes localement.

En trouve aussi des espèces protégées comme suite *Bellis annua subsp. microcephala*, *Crepis arenaria* des familles Astéracées et *Spergularia doumerguei* appartenant à la famille des Caryophyllacées ce sont des espèces considérées comme des espèces endémiques de l'Algérie.

La présence spontanée ou au contraire l'absence d'une plante peut fournir des indications relatives aux conditions physico-chimiques ou biologiques du milieu, qu'elles soient naturelles ou liées à l'action de l'homme. Les informations apportées peuvent concerner :

la teneur en eau du sol (milieu sec, moyennement humide, humide à aquatique) ; la durée de l'immersion ou de l'engorgement en eau du sol (sol longuement inondé dans l'année, plus courtement, rarement, régulièrement asséché) ; le pH du sol ou de l'eau (sol très acide à basique) ; la luminosité (plein soleil, mi-ombre, ombre) ; la température, la quantité de nutriment dans le sol et dans l'eau (essentiellement pour l'azote : sol pauvre à très riche) et la présence de polluants dans le sol ou dans l'eau, etc (Landolt,1977) .

Par ailleurs, les relevés ont permis de distinguer des principales communautés végétales (Fig. 10) :

- **communauté hydrophytes (végétation aquatiques)** : représentée par: *Tamarix africana*; *Juncus maritimus*; *Juncus actus* et *Phragmites communis* sont les espèces les plus abondantes dans cette zone se trouve à la bordure des marais.
- **communauté halophyte**: représentée par : *Salicornia fruticosa* L accompagnée par *Suaeda fruticosa* L, *Hordeum maritimus* et *Phalaris paradoxa* .
- **communauté psammohalophite**: sont représentées par: *Mesembryanthemum nodiflorum* et *Retama retama*.
- **communauté hygro-mésophiles des terres cultivées**: ce groupement est dominé par *Hordeum maritimus*; *Scolymus maculatus* L et *Xanthium spinosa*.
- **communauté anthropique**, développée dans les zones cultivées par exemple: *Asphodelus microcarpus*, *Calicotome spinosa* et *Centaurea aspera*.

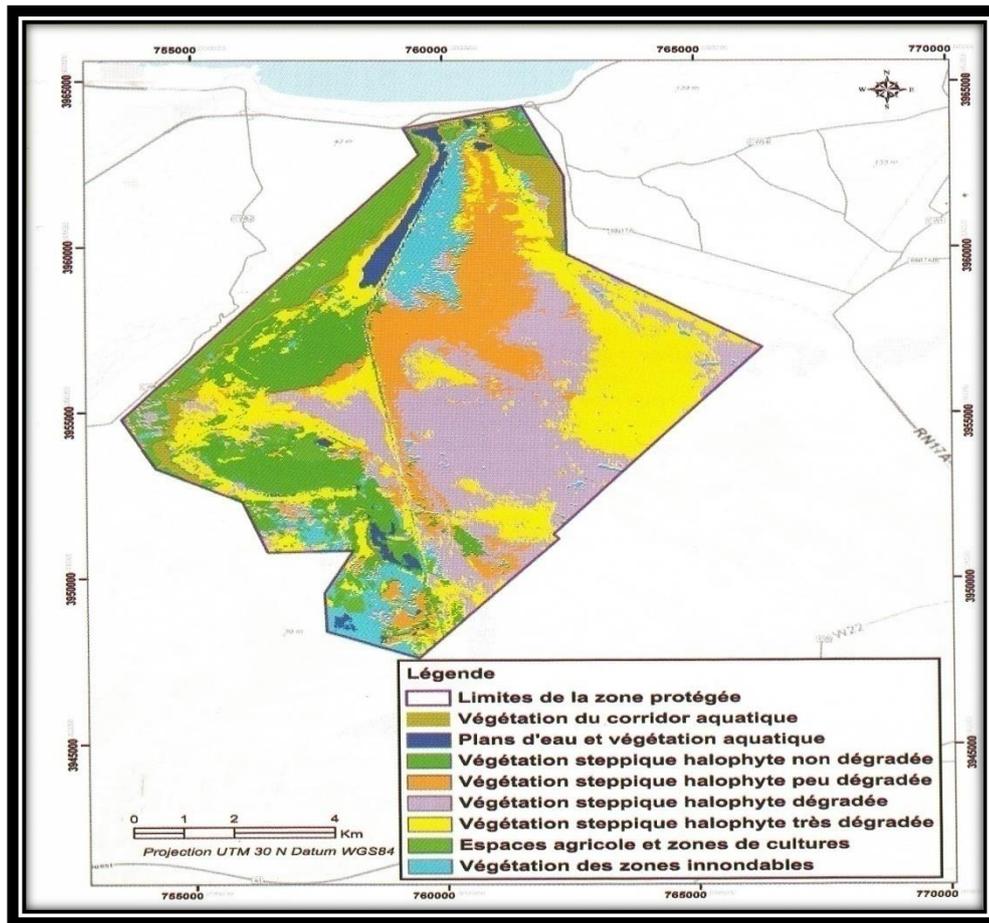


Figure 10. Les communautés végétales de la zone humide de la Macta.

Les relevés de la flore fournissent une représentation significative de cinq ensembles de groupements végétaux répartis le long des marais et organisés selon les facteurs environnementaux.

✓ **Groupement de *Suaeda fruticosa* :**

Ce groupement est le plus représenté dans la zone humide de la Macta, est installé dans des terrains relativement secs.

Ce dernier est spécifique des milieux chlorurés et ne supporte pas les submersions. Les terrains occupés par ce groupement sont en régression suite au défrichement au profit de la céréaliculture.

Ce groupement est le plus résistant aux sécheresses ce qui explique sa forte propagation dans les zones humides.

Les espèces accompagnatrices tolèrent les mêmes conditions de milieu sont : *Anacyclus clavatus*, *Beta macrocarpa*, *Hordeum maritimus*, *Spergularia diandra*, *Tragopogon dubius*, *Cichorium spinosum*, *Phalaris paradoxa* et *Mesembryanthemum nodiflorum*.

✓ **Groupement de *Salicornia fruticosa* L**

Ce groupement installé dans les terrains humides moins chargé en chlorure, se trouve rarement submergé, même sa submersion est de courte durée.

Le groupement de *Salicornia fruticosa* L peut se rencontrer sur des milieux salés et humides, contenant des petites surfaces, Il se trouve généralement dans les bas fonds, au milieu assez fortement chloruré, très frais.

Cette adaptation à un milieu salé et humide fait que ce groupement ne se rencontre que sur les petites surfaces et disséminées dans toutes la partie basse de la région.

Les espèces accompagnatrices s'assemblent comme suit: *Salsola kali* L, *Spergularia diandra*, *Hordeum maritimus*, *Atriplex halimus* L, *Phalaris paradoxa*, *Mesembryanthemum nodiflorum* et *Suaeda fruticosa* L.

✓ **Groupement d'*Atriplex halimus* L :**

La description de la structure et la compréhension de l'organisation des phytocénoses continentales impliquent encore une démarche préliminaire de caractérisation des formes adaptatives des plantes, leur éco-morphologie étant conditionnée par leur position spatiale dans le biotope et la nature de leur habitat. De la mer vers l'intérieur des terres, les facteurs écologiques marins et éoliens imposent une succession végétale allant des groupements halophiles vers les thermophiles en passant par la végétation psammophile ; ces communautés constituent des ceintures importantes qui jouent le rôle de protection contre les apports massifs de sable vers le plan d'eau, toute fois leur faible développement dû à l'érosion éolienne, au déflation et au piétinement les rend inefficace pour assurer cette fonction. D'autre part cette flore vernale présente une modalité adaptative à ce milieu, car elle passe la période défavorable sous forme d'organes de conservation et de dissémination (graines, fruits). Il y'a donc une grande complexité du fonctionnement du cordon dunaire non boisé, cette complexité est due à la superposition d'influences diverses.

✓ **Groupement de *Tamarix africana***

Le groupement de *Tamarix africana* occupe dans la zone humide de la Macta une partie importante, le degré de couverture de la végétation est toujours très élevé au printemps. Pendant l'été,

la sécheresse amène la disparition partielle des annuelles. Mais, aux premières pluies de septembre, un nouveau départ se produit.

Une régression des légumineuses s'observe lorsque des troupeaux parcourent le peuplement. Les graminées et les composées deviennent alors dominantes. Les espèces de ces deux familles sont comme toujours celles qui se maintiennent le plus longtemps pendant la période sèche. Cependant, à l'ombre des *Tamarix*, de nombreux végétaux arrivent à persister jusqu'en septembre.

D'autres espèces poussent aux alentours du *Tamarix* dont: *Juncus maritimus*, *Suaeda fruticosa* L, *Hordeum Maritimus*, *Cichorium spinosum*, *Atriplex halimus* L.

Groupement de *Juncus maritimus*.

Le peuplement de *Juncus maritimus*, occupe la presque totalité des marais de la Macta. Il se développe sur des alluvions argilo-limoneuses, submergées plusieurs mois par an et recevant chaque année des apports considérables. (SIMONNEAU, 1952)

L'installation du *Juncus maritimus* est fréquemment associée à un ensemble d'espèces telles que: *Juncus actus*, *Tamarix africana*, *Suaeda fruticosa* L, *Hordeum maritimus*, *Cichorium spinosum* et *Atriplex halimus* L.

✓ **Groupement de *Phragmites communis* L**

Ce peuplement est installé dans des dépressions, à superficie réduite, longuement submergées par des eaux saumâtres.

Le groupement à *Phragmites communis* L peuple ordinairement des terrains moyennement basiques, à teneur faible en calcaire allant jusqu'à moyenne, en plus de leur perméabilité moyenne, il se caractérise par une modeste richesse en matière organique, ainsi qu'une salinité faible. Ces groupements sont habituellement accompagnés d'autres végétaux : *Atriplex halimus* L, *Juncus maritimus*, *Sonchus arvensis* et *Tamarix africana*. .

Les quatre espèces (*Juncus maritimus*, *Juncu actus*, *Tamarix africana* et *Phragmites communis* L) sont surtout localisées tout au long des oueds et des drains là où l'eau persiste pendant une longue période de l'année. Ces derniers se trouvent associés les uns aux autres, soit avec dominance de *Juncus maritimus* soit avec dominance de *Tamarix africana*.

Les communautés de plantes halophiles, dont les genres *Salicornia*, *Suaeda* et *Atriplex* sont en flagrante progression, au détriment de *Tamarix*, *Inula*, *Juncus* et *Scirpus*. La combinaison des facteurs naturels et anthropiques, conjuguée aux fluctuations des

précipitations, est à l'origine de l'occupation des sols par des formations naturelles où dominant des espèces adaptées aux conditions du milieu et à son mode d'exploitation.

Au nord, la végétation composée par les groupements à *Scirpus maritimus*, *Juncus maritimus*, *Juncus acutus* et *Juncus subulatus*, qui dominent dans les zones humides sont en régression. Face à la réduction des plans d'eau permanents et dû à une submersion en eau de courte durée dans la restante plaine, les groupements à *Salicornia fruticosa* L sont de plus en plus important.

Dans la zone de transition, entre la zone plus humide et les zones agricoles, au sud, prédominent les groupements à *Suaeda fruticosa* L et *Atriplex halimus*, accompagné par des pelouses de graminées temporaires. Ceux-ci se développent sur les terrains secs, résultant du drainage de la plaine de la Macta.

Au sud, les espaces naturelles cèdent leurs places aux terrains agricoles, largement dominés par la culture d'olivier. On y trouve cependant, dans les secteurs des Oueds Sig et Habra non-canalisé, une végétation ripicole importante, caractérisé par une strate arborescent de *Tamarix africana*. Les terrains dédiés aux pâturages et les bordures de drains sont, comme dans la zone de transition, occupés par une végétation mésophiles et xérophiles dominés par *Suaeda* et *Atriplex*.

La dynamique de la végétation et la dégradation des espaces naturelles de la zone humide de la Macta est dû à la combinaison de divers facteurs naturels et anthropiques. La pression sur cet écosystème a évolué au fil des temps, façonnant la dépression de la Macta telle que nous la connaissons aujourd'hui. Les travaux de drainage réalisé dans la plaine de la Macta sont à l'origine de la régression des marais et de la plaine d'inondation. Cette réduction de la quantité de l'eau est aggravée par une pression démographique grandissante, qui se traduit par une augmentation expressive de la demande en eau, mais également par la réduction des précipitations dans la région, et la conséquente réduction des écoulements du bassin hydrographique de la Macta.

Cumulativement aux pertes en eau, le défrichement de la végétation naturelle halophiles, notamment des forêts de tamarix, pour perpétuer les activités agricoles et la création de zone de pâturage, contribua à la régression de la zones humides, et son remplacement par des steppes en terrain sec.

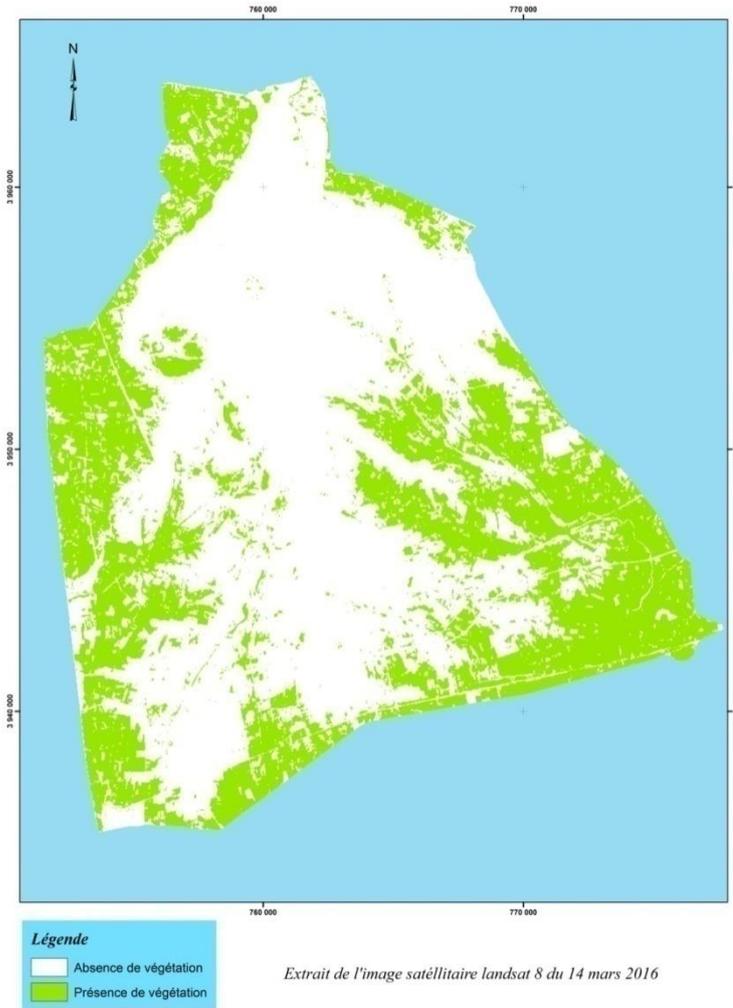
La pression sur la végétation continue grandissante, surtout associé à l'élevage de bétail, étant cette activité en croissance. Le pâturage dans la plaine de la Macta est prédominant dans la zone de transition, cependant, cette pression s'étant progressivement vers le nord, vers les marais, où les écosystèmes sont les mieux préservés.

La régression des marais a également un effet direct sur la faune existante, dont se distingue la communauté avi-faunistique, caractérisée par plusieurs espèces limicoles et marines, utilisant ces lieux comme passage, mais également comme habitat de nidification. Ainsi, il est attendu une réduction des effectifs de ces espèces face à la dégradation de cet écosystème.

La nature pédologique et géologique de la dépression de la Macta favorise également les remontées de sels, celles-ci maximisées par le défrichage de la végétation et la réduction de la quantité en eau. Ces remontées de sels sont également défavorables aux pratiques agricoles, où on souffre aussi d'une régression.

Tous ces facteurs, qu'ils soient naturels ou anthropiques, contribuent significativement aux variations saisonnières sur la flore des marais, comme le montre la figure 11, par exemple, entre les deux années d'études 2015-2016. Cette flore contient 07 taxons rares ou menacés, selon (Maire 1952-1987; Quézel & Santa 1962-63), soit environ 2% de la flore rare du nord d'Algérie. Parmi les espèces rares sensu Quézel & Santa 1962, on a : *Sarcocornia fruticosa*; *Suaeda maritima* et *Salsola Kali* L qui sont abondantes localement.

Présence et absence de la végétation dans la Macta



Présence et absence de la végétation dans la Macta

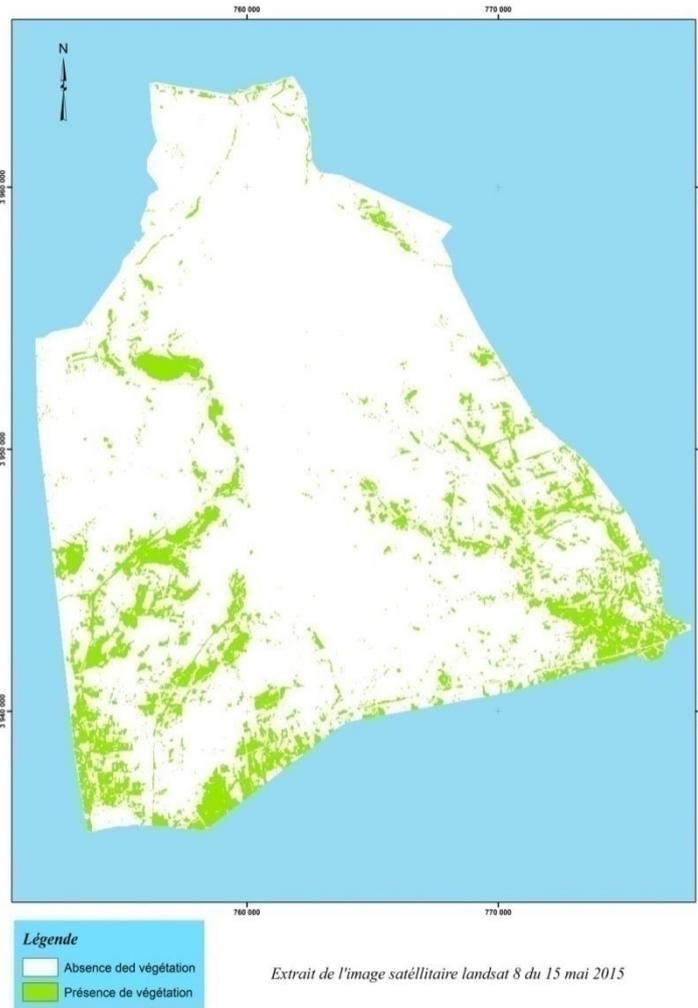


Figure 11 .Variation saisonnière de la végétation de la zone humide de la Macta dans les deux années 2015-2016 Image Landsat8.

Chapitre -IV-

Impact de la pollution sur les eaux de surfaces
des marais de la Macta

Introduction

La pollution des eaux des marais de la Macta est un souci majeur pour la protection des écosystèmes et des ressources en eaux. Elle est l'objet de beaucoup d'études au niveau des eaux superficielles. Boschet (2002), concluait que la contamination par tous les intrants peut être de différentes sortes selon l'eau et son emplacement. Pour l'eau superficielle, elle peut être :

- directe et volontaire par une utilisation normale des produits phytosanitaires liées aux grandes activités industrielles ou agricoles et autres produits à des fins dans la vie courante (utilisation des pesticides ou engrais dans l'agriculture, eaux usées des usines, etc...). Ainsi la pollution agricole est responsable de l'augmentation des nitrates dans les eaux de surfaces en grande partie.
- indirecte par ruissellement ou transfert des produits suite à leur épandage dans le milieu ou drainage des eaux usées.

IV-1- Mode de pollution

Toutes ces contaminations peuvent être classées en trois types de pollutions liés aux modes de propagation :

IV-1-1-La pollution accidentelle

Le plus souvent les pollutions ponctuelles se trouvent liées aux grandes activités industrielles ou agricoles. Elles peuvent aussi résulter d'un accident de transport ou d'une catastrophe naturelle sur des usines ou stockages des produits qui vont engendrer cette pollution.

IV-1-2- La pollution diffuse

Elles résultent de la propagation de l'agent responsable de la pollution par différents vecteurs de transport, qu'il soit utilisé de façon habituelle pour des usages courants ou non.

IV-1-3-La pollution anthropique

La pollution peut être définie comme une conséquence d'une cause bien précise : la pollution agricole, la pollution urbaine et la pollution industrielle. Cette classification donne l'origine de la pollution qui pourra sous-entendre pour les spécialistes du domaine l'ensemble des

intrants dans le milieu en fonction de la zone en question, du mode de vie de sa population et de son développement. Ainsi la pollution agricole est responsable de l'augmentation des nitrates dans les eaux de surfaces en grande partie.

Cet aperçu sur la pollution de l'eau met en cause la vulnérabilité des zones humides aux déversements de toute nature et à la nécessité de tenir compte de la gravité de l'action anthropique sur l'environnement.

V.2 - Les Types de pollution

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager et les organismes aquatiques. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.

V.2.1- La pollution chimique

La pollution chimique : elle est due à l'entrée d'un élément (ou plusieurs) indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis.

Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'état de cette pollution :

- Les paramètres globaux : ils résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps exemple : pH, conductivité, turbidité, Demande Chimique en Oxygène (DCO), etc... La DCO d'une eau représente l'ensemble de toutes les espèces chimiques oxydables, organiques et minérales, dissoutes ou en suspension.
- Les paramètres spécifiques qui caractérisent un composé particulier ou plusieurs de propriétés chimiques semblables.

Le choix le plus difficile reste incontestablement la définition des paramètres à suivre en vue d'évaluer cette pollution ; en effet le but de tout ce travail est de pouvoir qualifier et quantifier la pollution en vue de mettre en place les solutions appropriées ou mieux de pouvoir la prédire à temps pour mettre en place les dispositions préventives qui s'imposent.

V.2.2- La pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, le pH, la conductivité (E_c) le solide totale dissous (TDS), la présence des particules ou mousses et le changement de l'effet réfractaire de l'eau.

V.2.3- La pollution microbiologique

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup de maladies hydriques (Belhaj, 2001). L'eau peut être un milieu favorable aux développements des bactéries et virus nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries pathogènes (*Vibrionacea*, *Enterobacteriaceae*, etc...) sont responsables des principales maladies hydriques. Les parasites sont eux aussi la cause de plusieurs autres maladies (hépatite infectieuse, méningite, etc...).

Les marais de la Macta qui font l'objet de cette étude connaissent d'énormes déversements des eaux usées (urbaines, industrielles) et activités agricoles qui dans certains endroits laissent des traces plus que néfastes sur l'écosystème.

Pour mieux appréhender notre sujet, il nous a semblé essentiel d'énumérer de façon succincte quelques traits des caractéristiques physiques, chimiques et des éléments traces dans l'environnement. Il s'agit de souligner les sources probables de ces éléments dans la nature, et les processus qui concourent à les introduire dans les zones humides. Le devenir de ces polluants dans les marais de la Macta étant lié à leurs caractéristiques intrinsèques et aux conditions qui les entourent, nous avons également fourni dans ce chapitre quelques informations essentielles sur les propriétés physicochimiques de chaque élément étudié, ainsi que sur les différents compartiments qui composent les marais.

La diminution du niveau d'eau dans les marais favorise l'augmentation de la température de l'eau, avec des conséquences directes sur la qualité physico-chimique de l'eau. Par exemple, la quantité d'oxygène dissous dans l'eau diminue lorsque sa température augmente. En outre, dans la mesure où les rejets dans les milieux interviennent toute l'année, indépendamment d'épisodes de sécheresse, la baisse des niveau d'eau conduit souvent à une moindre dilution et une évacuation plus limitée des substances rejetées, augmentant ainsi leur concentration dans certaines portions de cours d'eau, et entraînant une altération de la qualité de l'eau.

La démarche suivie dans cette étude comporte deux aspects : une analyse physico-chimique des eaux stagnantes au cours des trois dernières années 2017, 2018 et 2019 ; et un suivi spatio-temporel des zones inondables à l'aide de la télédétection spatiale durant l'année 2016.

IV-3-Choix des sites

Huit stations représentatives de la zone inondée ont été implémentées pour le suivi sur le terrain des caractéristiques physico-chimique des marais (Fig. 12). Le choix de ces huit stations de mesures a été fait de façon à maximiser la diversité de la qualité physico-chimique de l'eau des Marais de la Macta selon des points bien différenciés pour le prélèvement des échantillons d'eau et leur analyse. La priorité a été accordée aux trois oueds principaux qui alimentent les marais : oued Sig (station 1), oued Habra (station 2) et oued Tinn (station 3), et à l'embouchure des marais (stations 4 et 5) où se déversent les oueds dans la mer Méditerranée. Aussi, nous avons pris en considération les zones proches des champs agricoles (stations 6 et 7) et les zones polluées par les décharges sauvages (station 8).

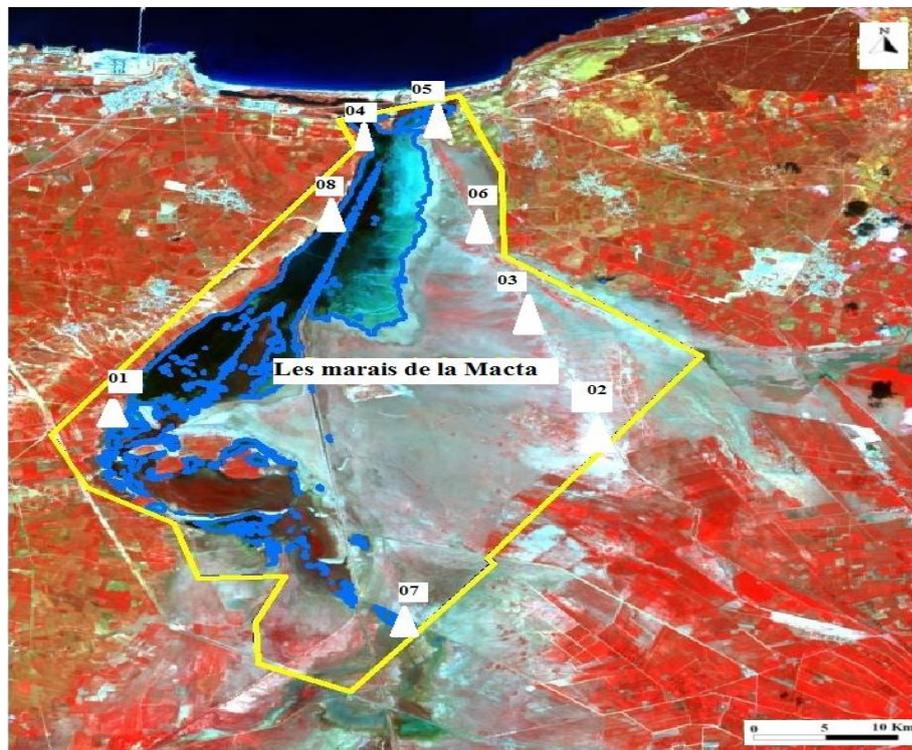


Figure 12: Délimitation de la zone protégée des Marais de la Macta suivant le bornage des services forestiers (ligne jaune). Localisation des 8 stations d'observation. Image OLI-Landsat8, août 2016.

Pour chaque station, de 2017 à 2019, plusieurs paramètres ont été mesurés sur le site (conductivité, température, oxygène dissous et pH) par des appareils de mesures portatifs. Au niveau de chaque station, les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles de 1,5 l et ont fait l'objet d'autres analyses en laboratoire (les orthophosphoriques, les sulfates, l'azote ammoniac, les nitrites, les nitrates et BDO₅) (Tableau N° 08) effectuées par des méthodes homologuées (RODIER, 1996).

Tableau N°08: Paramètres mesurés, méthode et appareil utilisé

Paramètre mesuré	Unité	Appareil	Mode opératoire
Température	°C	Thermomètre à mercure	-Enfoncer le thermomètre dans l'eau. -Attendre quelques minutes et lire la valeur indiquée.
pH	pH mètre	-Prendre environ 100 ml de l'échantillon à mesurer. -Tremper l'électrode dans le bécher contenant l'eau à analyser. -Laisser stabiliser un moment et noter le pH indiqué.	
Conductivité électrique (CE)	µs/cm	Conductimètre	-Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité. -Faire la mesure dans un récipient contenant de l'eau à examiner en prenant soin que les électrodes soient bien immergées.
O ₂ dissous	%	Oxymètre	Lecture directe
Sulfates (SO ₄)	Mg/l	Spectrophotomètre UV-ISIBILE	-Prendre 20ml d'eau à analyser puis compléter à 100ml d'eau distillée. -Ajouter 5ml de la solution stabilisante. -Ajouter 2ml de chlorure de baryum. -Agiter énergiquement pendant 1 min. -Passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda = 420\text{nm}$. -Multiplier la valeur lue par le facteur de la dilution.
Nitrites (NO ₂ -)	Mg/l	Spectrophotomètre UV-ISIBILE	-Prendre 50 ml d'eau à analyser. -Ajouter 1 ml de réactif mixte. -Attendre 10 min. -Effectuer la lecture à 543 nm. -L'apparition de la coloration rose indique la présence de (NO ₂ -).

Nitrates (NO ₃ ⁻)	Mg/l	Spectrophotomètre UV- ISIBLE	<ul style="list-style-type: none"> -Prendre 10 ml d'eau à analyser. -Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%. -Ajouter 1ml de Salicylate de sodium. -Evaporer a sec au bain Marie ou a l'étuve à une température de 75-88 °C et laisser refroidir. -Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ pur. -Laisser reposer 10 min puis ajouter 15 ml d'eau distillée. -Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.
---	------	---------------------------------	---

IV-4- La pollution dans les Marais de la Macta

En vue de la caractérisation de la qualité physico-chimique de l'eau des marais, nous sommes intéressés à quelques paramètres physiques et chimiques, à savoir : pH, conductivité, taux de nitrates NO₃⁻, taux de nitrites NO₂⁻, l'azote ammoniacal NH₄⁺, orthophosphate PO₄⁻³ et O₂ (oxygène dissous) dans les différentes stations des marais. Les résultats obtenus permettent de caractériser le milieu dans les Marais de la Macta selon les stations de prélèvement.

IV-5- les caractéristiques physico-chimiques des marais

Température (°C)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous et donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques et du point de vue industriel pour les calculs d'échanges thermiques (Rodier, 2005). Dans un écosystème aquatique, la température de l'eau contrôle toutes les réactions chimiques et affecte la croissance des poissons, leur reproduction et leur immunité. Tous les processus biologiques et chimiques dépendent de la température. La température affecte la teneur en oxygène de l'eau (les niveaux d'oxygène diminuent à mesure que la température augmente).

Les résultats des variations de la température dans les stations étudiées sont représentés à la figure 9. La température au niveau des huit stations dans les marais varie de

18 à 25,6°C. Les poissons présents dans les Marais de la Macta sont principalement des poissons d'eau chaude qui nécessitent une température de 18 à 25°C pour leur reproduction, principalement durant la période estivale comme le barbeau, la carpe ou la sardine. Les températures les plus élevées (> 25°C) ont été enregistrées dans les stations S6 à S8 où les eaux se renouvellent très lentement (stagnantes), ce qui peut accélérer l'eutrophisation dans ces milieux (Fig.13).

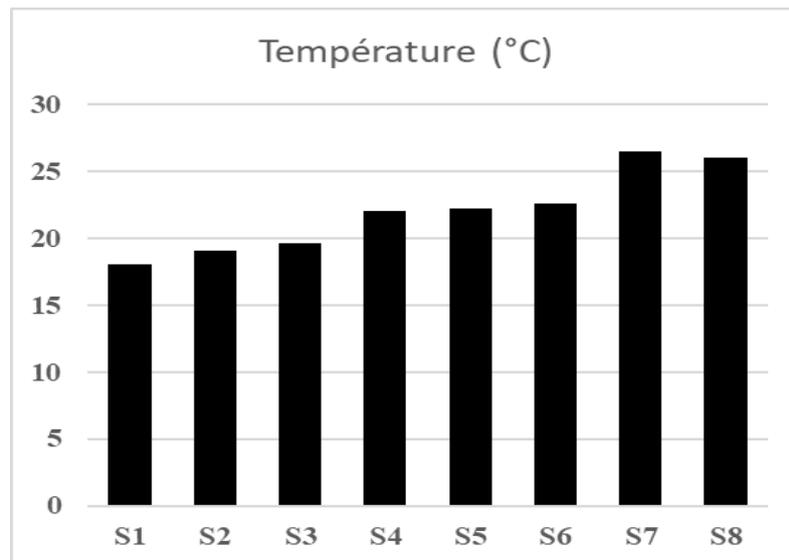


Figure 13. Teneur moyenne de la température au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta.

Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre important pour définir les caractères agressifs ou incrustant d'une eau. Il intervient dans ces processus avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité, la température, etc. Il correspond à la concentration d'ion hydrogène, et mesure l'acidité ou la basicité d'une eau (Aminot & Kerouel, 2004).

Le pH naturel de l'eau est lié à la nature du terrain traversé (Djezzar et al., 2018). C'est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il dépend des caractéristiques du bassin versant, des variations saisonnières et des cours d'eau traversés. Il doit être compris entre 6 et 8 pour permettre un développement normal de la faune et de la flore dans les marais.

Les valeurs mensuelles du pH de l'eau des Marais de la Macta varient entre 8,2 et 8,4 indiquant une eau faible à moyennement alcaline et par conséquent une grande consommation de CO₂, conduisant à l'augmentation de la concentration des bicarbonates (BOU SAAB *et al.*,

2007). Ceci entraîne une activité photosynthétique réduite qui est responsable de l'augmentation du pH dans les marais qui coïncide avec des températures élevées pendant le mois d'été et de faibles valeurs d'oxygène (Gouasmia *et al.*, 2016). Les résultats de pH montrent globalement que le pH est systématiquement au-dessus de 8. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées à la station S1 (oued Sig : 8,4) et la station S2 (oued Habra : 8,3). L'alcalinité dans ces stations peut être liée aux effets anthropiques par l'évacuation des eaux usées et les rejets industriels (deux usines se trouvent en amont des oueds) et le drainage des terres agricoles chargées en engrais (Fig. 14).

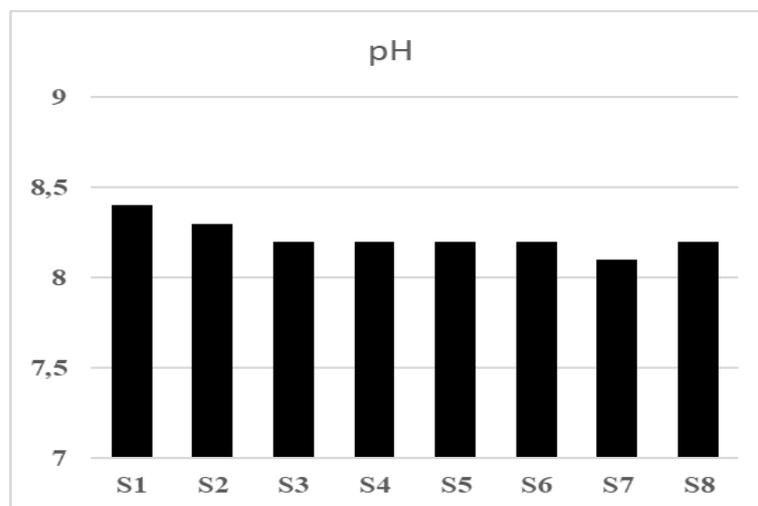


Figure 14. Teneur moyenne de pH au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta.

La conductivité

La conductivité est une mesure générale de la qualité de l'eau qui indique la quantité totale des sels dissous. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Rejsek, 2002) qui peut entraîner selon le cas un goût salé variable selon la nature des sels présents (Potellon, 1998). La conductivité est fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente (Sel, 1996). Les variations des facteurs climatiques sont également une source de variation de la minéralisation. En effet, pendant la saison des pluies, les concentrations diminuent du fait de la dilution par l'eau de pluie. En revanche, pendant la saison sèche, une évaporation importante entraîne une augmentation des concentrations en ions minéraux. (Boulaksaa *et al.*, 2020). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et de suivre son évolution

(Han *et al.*, 2011) .L'eau de surface devrait avoir une conductivité idéale pour la vie des êtres vivants dans le milieu aquatique comprise entre 300 et 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si une eau présente une conductivité inférieure à 100, on peut en déduire qu'elle est pauvre en ions. Une eau dont la conductivité est supérieure à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indique une forte minéralisation.

La conductivité électrique fluctue entre 804 et 1420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig.15) et indique une eau fortement minéralisée. La conductivité électrique est principalement élevée aux stations S1 et S2. Les eaux usées rejetées par les oueds caractérisent généralement les concentrations très élevées d'éléments dissous qui augmentent la conductivité électrique dans les marais en raison de la présence de chlorure, phosphate et nitrate. La moyenne de la conductivité de l'eau des marais s'élève à 1126 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La nature géologique de la zone des marais affecte aussi les valeurs de la conductivité, les sols argileux qui caractérisent le bassin versant de la Macta ont tendance à augmenter la conductivité en raison de la présence de matériaux qui s'ionisent lors du ruissellement. Nous pouvons donc dire que la minéralisation de l'eau des marais est assez importante par rapport aux normes en vigueur.

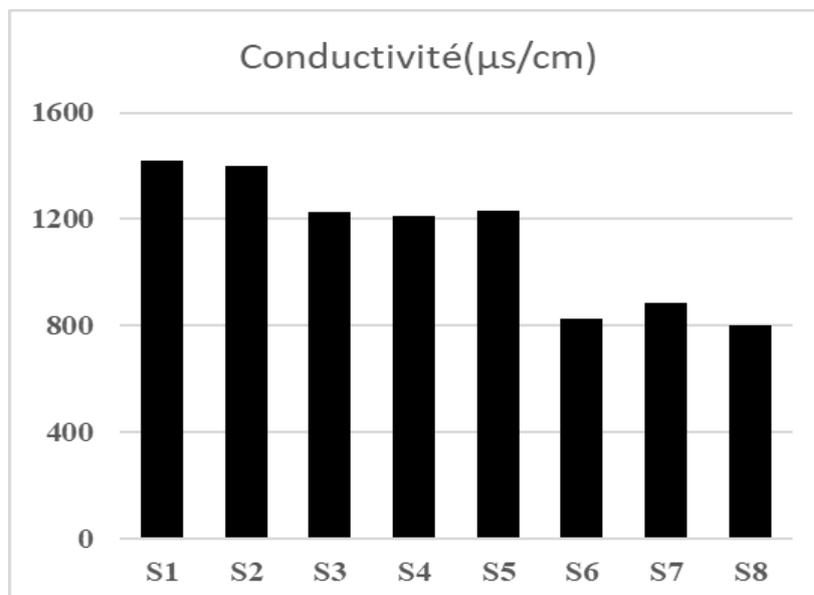


Figure 15. Teneur moyenne de la conductivité au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta.

L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau, il permet la vie de la faune, il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose (Cardot & Gilles, 2013).

Selon les normes algériennes, l'eau est considérée comme étant de bonne qualité lorsque la teneur en oxygène dissous est supérieure à 95 %. De 50 % à 95 %, l'eau est qualifiée de qualité médiocre peu polluée. Quand la teneur en oxygène dissous est inférieure à 50 %, l'eau est jugée polluée et de mauvaise qualité (ONA, 2014). Les teneurs en oxygène dissous sont relativement homogènes dans les Marais de la Macta, de qualité médiocre sur l'ensemble des huit stations de prélèvement avec un taux moyen de 74,7 % (Fig.16). Les valeurs extrêmes sont de 68,3 % à la station S7 et de 83,7 % à la station S1.

L'eau des Marais de la Macta présente donc une mauvaise oxygénation. Les rejets domestiques contribuent à la diminution des teneurs en oxygène dissous, ce dernier étant consommé par les micro-organismes pour dégrader la matière organique risque d'être ralenti et compromettre la vie aquatique dans les marais.

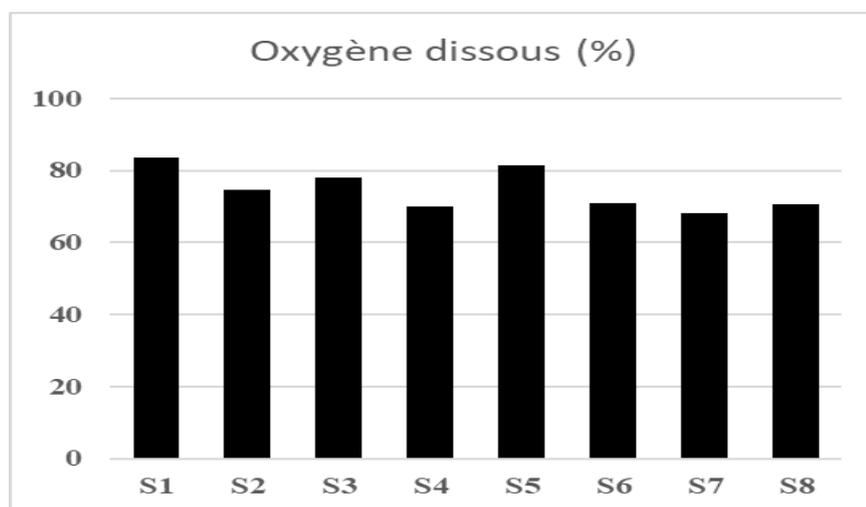


Figure 16. Teneur moyenne de l'oxygène dissous au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta.

Les orthophosphates (PO_4^{-3})

Le phosphore «élémentaire» (P) est rare. Dans la nature, le phosphore existe généralement sous forme d'une molécule de phosphate (PO_4). Le phosphore organique ou inorganique peut être dissous ou en suspension dans l'eau (Spellman, 2014).

Le phosphore est considéré comme un élément nutritif principal de développement des chaînes trophiques (Rodier, 1996). Il induit un développement excessif du phytoplancton. Le phosphore hérité dans les sédiments peut exercer un contrôle sur l'état des milieux humides; il s'agit d'un facteur critique qui entrave généralement les efforts de restauration dans les systèmes d'eau douce touchés par l'activité anthropique (Kim *et al.*, 2021). L'enrichissement en orthophosphates est considéré comme étant à l'origine du phénomène d'eutrophisation (HennizurguI, 2009). Il existe de nombreuses sources de phosphore, à la fois naturel (roche) et anthropique (engrais, fumier, eaux usées, détergent, etc.). De fortes concentrations de phosphore peuvent déclencher toute une chaîne d'événements indésirables comme la croissance accélérée des plantes, la prolifération d'algues, la faible teneur en oxygène dissous et la mort de certains poissons, invertébrés et autres animaux aquatiques. D'après les valeurs de l'Office National d'Assainissement en Algérie (ONA, 2014), la teneur idéale de phosphates pour une bonne qualité des eaux naturelles est de l'ordre de 0,1 à 0,2mg/l. Les concentrations des orthophosphates (PO_4^{-3}) sont très faibles au niveau de toutes les stations de prélèvement et sont systématiquement sous le seuil de 0,1 mg/l (Fig. 17). Les teneurs enregistrées à la station de l'embouchure des marais sont dues principalement aux apports des eaux de ruissellement et des oueds, enrichis en engrais utilisés sur les terres agricoles en forte extension qui s'accumulent et se concentrent au point de confluence des trois oueds (station 4). En effet, la superficie cultivée est passée de 9751 ha en 2001 à 14.688 ha en 2008, soit une augmentation de 50% en sept ans. Par ailleurs, l'arboriculture s'est également développée, passant de 8075 ha en 2001 à 8819 ha en 2008 (Belgherbi, 2011).

Le transfert du phosphore dans les zones humides plus ouvertes (zones inondables de ripisylve comme dans notre cas) est plus difficile à décrire. L'hydrodynamique du système est déterminante : si ces zones restent des pièges pour le phosphore particulaire par sédimentation, les phosphates dissous ne sont pas toujours en contact assez longtemps pour pouvoir être retenus (ou les sédiments rencontrés par ces phosphates sont déjà saturés et ne peuvent plus les adsorber) (Fardeau et Dorioz, 2000)

La présence des ions phosphores dans les marais est aussi d'origine domestique et industrielle. Les rejets des eaux usées des différentes communes dans la zone d'étude sont de 35104 m³/j, équivalent à 12.812.960 m³/an. Le rejet dans les oueds du potassium utilisé dans les conserveries des olives de table a certainement aussi sa part de responsabilité. En effet, plus de 494 établissements ont été dénombrées à proximité des deux principales agglomérations de la zone d'étude, à savoir Mohammadia et Sig. L'élevage correspond également à l'un des secteurs les plus importants dans la zone d'étude, particulièrement l'élevage avicole (DE, 2014).

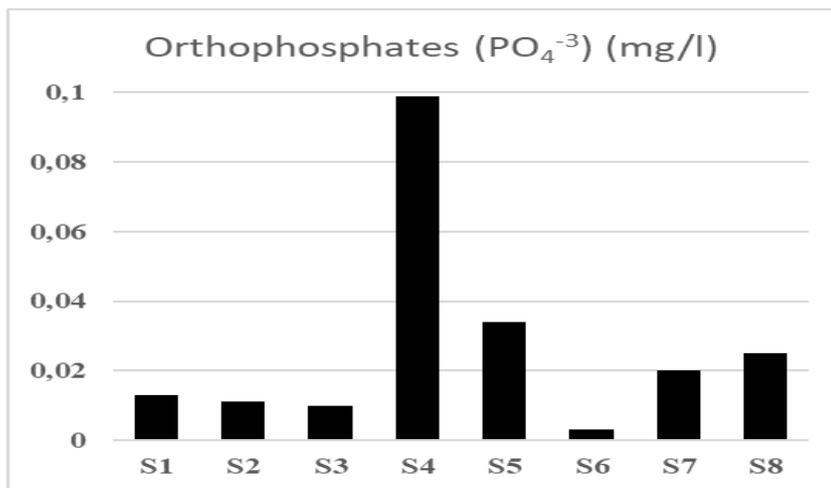


Figure.17. Teneur moyenne de l'orthophosphates (PO₄⁻³) au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta.

Les sulfates (SO₄)

Les origines naturelles des sulfates sont d'une part l'eau de pluie et, d'autre part, la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse (CaSO₄), mais également de la pyrite (FeS) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite) (Ghazali & Zaida, 2013).

Les sulfates sont des éléments indispensables à la croissance des végétaux aquatiques, mais un excès peut limiter la production biologique (Rodier, 2005). Les eaux de surface contiennent des teneurs très variables de sulfates. En situation normale, ces teneurs sont inférieures à 20 mg/l ; en situation douteuse (eau pollué), elles sont comprises entre 20 et 120mg/l ; et en situation anormale (eau fortement polluée), elles sont supérieures à 120mg/l (De Villers *et al.*, 2005). Les valeurs de sulfates enregistrées sont variables d'une station à une autre (Fig. 18). Un maximum de 34,3 mg/l est observé au niveau de la station 1 (oued Sig),

alors que le minimum est de 19,2 mg/l à la station 8 (décharge sauvage). Six stations sur huit présentent une eau « polluée » avec des teneurs supérieures à 20 mg/l. Les eaux des marais sont polluées principalement par les rejets de l'oued Sig. Ceci pourrait être dû à l'augmentation des déchets sulfurés des rejets urbains et surtout industriels (zones industrielles de Sig et de Fornaka), alors que les teneurs importantes enregistrées aux stations 6 et 7 à côté des champs agricoles peuvent être dues aux activités agricoles intensives. L'extension des terres agricoles dans cette région est notamment due à la sédentarisation des populations nomades et à l'augmentation de l'élevage ovin et bovin (DSA, 2009). Mais dans les régions semi-arides et arides, les causes d'augmentation des sulfates peuvent être aussi trouver leur origine dans les sels solubles qui peuvent s'accumuler à quelques dizaines de centimètres de la surface terrestre (APHA, 2005).

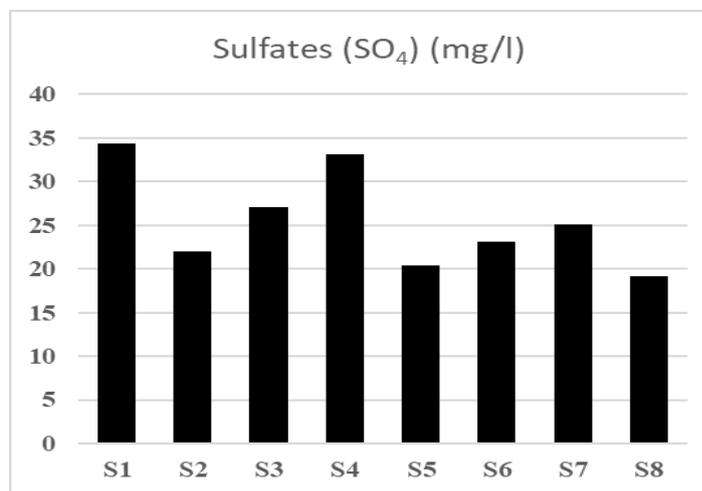


Figure.18. Teneur moyenne de sulfates au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta.

Les nitrites (NO₂⁻)

La présence de nitrites dans une eau peut être due à une oxydation incomplète de composés azotés (azote organique ou ammoniacal) ; elle correspond à un stade intermédiaire et leur concentration est en général inférieure à 1 mg/l (Rejsek, 2002).

D'après DE villers *et al.* (2005), les valeurs des nitrites des eaux superficielles varient entre 0,01 à 0,1mg/l indiquant une situation douteuse (eau polluée).

Nos résultats montrent que la teneur en nitrites varie entre 0,16 et 0,29 mg/l, avec une concentration moyenne de 0,21 mg/l, les valeurs les plus élevées sont enregistrées à la station de l'embouchure (Fig. 19), cela indique une pollution de l'eau de la zone humide. Ces concentrations de nitrites dans l'eau des Marais de la Macta peuvent s'expliquer par la décomposition de la matière organique par le phénomène de nitrification qui provient de la réduction du nitrate sous l'influence des bactéries (Dovonou *et al.*, 2011).

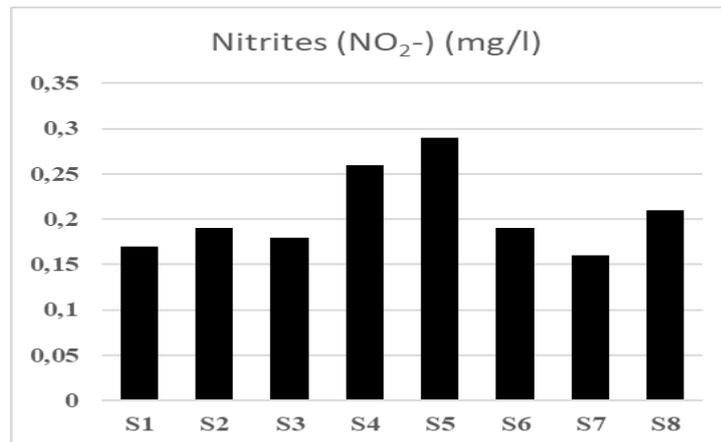


Figure.19. Teneur moyenne de nitrites (NO₂⁻) au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta

Les nitrates (NO₃⁻)

Les nitrates se trouvent à l'état naturel et soluble dans le sol. Ils pénètrent dans les eaux souterraines et déversent des ruisseaux d'eau. Mais, ce sont aussi des substances synthétiques apportées par les engrais (Haller *et al.*, 2013). Ils sont l'une des causes de la dégradation de la qualité de l'eau.

Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO₃⁻ (Djermakoye, 2005).

L'histogramme des teneurs en nitrates (Fig. 20) montre une variation de 0,26 mg/là la station 2 à des concentrations beaucoup plus faibles (0,024 mg/l) à la station S8. Ces valeurs en nitrates dans les eaux des Marais de la Macta sont acceptables selon les normes qui varient entre 2,21 à 10,17 mg/l en vigueur, le risque de l'eutrophisation commence à une concentration des nitrates supérieure à 10 mg/l (Corriveau, 2009). Les nitrates peuvent être entraînés par le ruissellement dans les oueds qui alimentent les marais. Ces concentrations, bien que faibles, peuvent être issues de la décomposition de la matière organique par le

phénomène de nitrification, cela confirme le déversement des eaux usées et des décharges sauvages dans la zone humide de la Macta sur la concentration la plus importante au niveau des oueds.

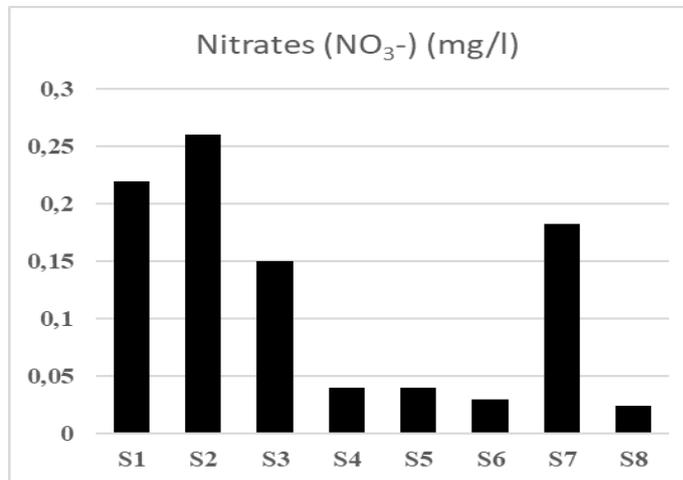


Figure 20. Teneur moyenne de nitrates (NO₃⁻) au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta.

L'azote ammoniacal (NH₄⁺)

La présence de NH₄⁺ en quantité relativement importante peut être un indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle et à la fertilisation intensive dans l'agriculture (Martínez-Dalmau *et al.*, 2021). La teneur idéale de l'azote NH₄⁺ dans les eaux de surface est normalement comprise entre 0,04 et 0,08 mg/l (ANRH, 2008).

Les valeurs mesurées dans les eaux des marais varient de 0,076 à 0,21mg/l (Fig. 21). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées aux stations S1 (oued Sig) et S4 (embouchure). Ceci indique que la présence importante de NH₄⁺ dans ces deux stations provient également des déjections des organismes vivants et de la réduction et de la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origines domestique et agricole. La démographie de l'ensemble des communes de la zone d'étude à une échelle élargie regroupe une population totale de 269 860 habitants, soit une densité moyenne de 222 hab/km², cette population agglomérée à près de 80 % est concentrée dans les villes qui sont aux alentours des marais et en particulier dans la ville de Sig (DE, 2014). Ce qui confirme les rejets importants de l'oued Sig, avec un effet très polluant pour les marais. Les rejets concentrés à l'embouchure peuvent avoir un impact

négalif sur la mer Méditerranée, particulièrement dans les zones de baignade de la région pouvant causer des maladies et allergies à la population.

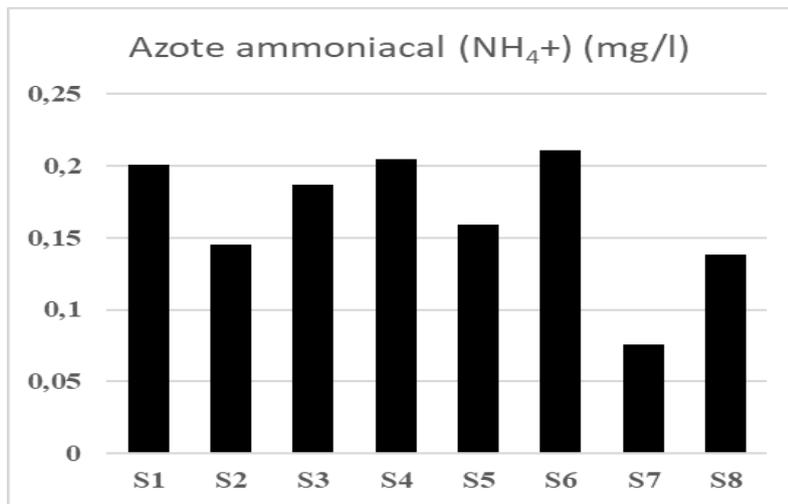


Figure 21. Teneur moyenne de NH_4^+ au niveau des huit stations (S1 à S8) dans les Marais de la Macta.

Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées aux stations S1 (oued Sig) et S4 (l'embouchure) entre (20 et 50 mg/l) où la teneur en O_2 dissous atteint la valeur la plus basse de 69,85% dans l'embouchure avec une température plus ou moins élevée. Lorsque la température augmente, la teneur en O_2 diminue en raison de sa consommation accrue par les êtres vivants (respiration des plantes) et les bactéries qui se multiplient en utilisant le carbone organique comme source d'énergie, ce qui se traduit par une forte demande biochimique en O_2 (DBO élevé). Il s'agit d'un phénomène d'autoépuration naturelle de l'eau (Rodier, 2005). Il est admis qu'une valeur de DBO_5 supérieure à 25mg/l peut être un indice de qualité d'eau polluée (Beaux, 1998). Ces valeurs élevées correspondent à une forte charge en matière organique provenant principalement des industries agroalimentaires (Daiekh, 2015), et de l'utilisation d'engrais, de pesticides et d'insecticides en agriculture à proximité des marais.

L'indice de pollution organique (IPO)

L'indice de pollution organique (IPO) a été proposé pour la première fois par Leclercq et Maquet (1987). Cet indice permet d'évaluer la qualité chimique des eaux impactées par une pollution organique réelle à partir des paramètres demande biologique en oxygène (DBO₅), orthophosphates (PO₄-3), nitrites (NO₂⁻), ammonium (NH₄⁺) (Tableau 09).

Tableau N°09 : Grille de la qualité (IPO).

Classes	BOD ₅ (mg O ₂ .L ⁻¹)	Ammonium (mg N.L ⁻¹)	Nitrites (µg N.L ⁻¹)	Phosphates (µg N.L ⁻¹)
5	< 2	< 0,1	5	15
4	2-5	0,1-0,9	6-10	16-75
3	5,1-10	2,4	11-50	76-250
2	10,1-15	2,5-6	51-150	251-900
1	>15	> 6	>150	> 900

Le principe de l'IPO est de répartir les valeurs des éléments polluants en 5 classes (Tableau N°10) puis de déterminer, à partir de ses propres mesures, le numéro de la classe correspondante pour chaque paramètre et enfin d'en faire la moyenne. Il s'agit donc, d'un indicateur révélateur de la pollution d'origine organique (domestique ou agricole) (Mezbour *et al.*, 2018).

Tableau N°10: Indice de pollution organique (IPO)

Station	station 1	station 2	station 3	station 4	station 5	station 6	station 7	station 8
<i>OPI</i>	3,25	2,75	2,75	2,25	2,5	3,25	3,25	3

IPO = moyenne des numéros des classes des 04 paramètres.

Valeur IPO :

Valeur IPO	Type de pollution
5,0 - 4,6	pollution organique nulle.
4,5 - 4,0	pollution organique faible.
3,9 - 3,0	pollution organique modérée.
2,9 - 2,0	pollution organique forte
1,9 - 1,0	pollution organique très forte.

Nos résultats montrent que les valeurs IPO varient entre 2,25 et 3,25 avec une valeur moyenne est de 2,87 (Tableau 10). Nous constatons que l'eau passe d'une qualité à une autre (pollution organique modérée à forte), les valeurs les plus faibles indiquent une forte pollution organique (IPO = 2, 25 et 2,75) sont enregistrées aux stations de l'embouchure (stations S4 et S5), de l'oued Habra (station 2) et de l'oued Tinn (station 3). Ces valeurs de l'IPO dans les eaux des marais de la Macta peuvent être expliquées par une dégradation marquée de la qualité des eaux de la zone humide par les rejets d'eaux usées et de déchets industriels des agglomérations de Fornaka et Mohammedia.

Chapitre -V-

Evolution et impact de la sécheresse sur les Marais de la Macta

Introduction et l'objectif

La plupart des milieux humides peuvent stocker l'eau dans le sol ou la retenir à leur surface. Ils permettent de diminuer l'intensité des crues et les dommages causés par les inondations.

L'eau accumulée pendant les périodes pluvieuses ou lors d'évènements météorologiques exceptionnels pourra alimenter progressivement les nappes phréatiques et les cours d'eau pendant les périodes sèches.

La sécheresse peut avoir pour conséquence de modifier la végétation dans les milieux aquatiques : la baisse des niveaux peut conduire au développement rapide de certaines espèces, alors que d'autres espèces peuvent disparaître de manière plus ou moins prolongée. Le réchauffement de l'eau accentue le risque d'eutrophisation.

Les épisodes de sécheresse ont de multiples impacts sur les milieux aquatiques, consécutifs à la baisse des niveaux d'eau. La biodiversité est directement touchée, et souffre aussi de la détérioration de la qualité de l'eau suite à l'échauffement et à la moindre dilution des pollutions.

L'objectif de l'étude Les marais de la Macta qui sont parmi les écosystèmes les plus vulnérables au changement climatique, la dégradation et la perte de ces milieux étant plus rapides que celles de tout autre écosystème. Selon les différents scénarios climatiques, celles-ci pourraient être touchées par les modifications des régimes des précipitations et les sécheresses. Plus précisément, il s'agit de :

- ✓ Evaluer la vulnérabilité des marais de la Macta et de leurs fonctionnements écologiques vis-à-vis du changement climatique sur la base de données climatiques par l'évolution des précipitations et les variations de température dans les deux périodes 1950-1983 et 1984-2017.
- ✓ Analyser des images satellitaires pour voir la dynamique de l'eau dans les Marais de la Macta durant l'année 2016.

V-1-Matériel et méthodologie

La Macta 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.

- Afin de mieux comprendre le phénomène de sécheresse des Marais de la Macta, une analyse des données climatiques (températures moyennes et total des précipitations) classées en deux périodes (1950-1983 et 1984-2017) a été réalisée pour apprécier l'évolution climatique dans la région depuis 1950. Les données climatiques exploitées sont celles de la station météorologique la plus proche : Sidi Abd El Moumen (35°41' N, 0°10' E, 21 m d'altitude).
- Pour l'analyse spatiale, nous avons utilisé les images satellitaires Landsat 8 en accès libre couvrant la région de la Macta durant l'année 2016. Pour apprécier la variation de la couverture des eaux de surfaces, nous nous sommes basés sur l'indice de la teneur en eau par différence normalisée NDWI (Normalized Difference Water Index), appelé indice de GAO (1996), il a pour but d'extraire les masses d'eau, qui utilise la bande proche infrarouge (NIR) et une bande de l'infrarouge à courtes longueurs d'onde (SWIR) :

$$NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR).$$

Cet indice est utilisé pour l'analyse des masses d'eau. Le NDWI peut améliorer efficacement les informations sur l'eau dans la plupart des cas. Il est sensible à la construction de terrains et entraîne des masses d'eau surestimées.

Connaissant que, NIR est la bande proche de l'infrarouge (Near Infrared), représentée par la bande 4 dans les images de Landsat 5TM et 7ETM + et la bande 5 dans les images de Landsat 8OLI/TIRS;

SWIR est la bande Infrarouge courte (Short-Wave Infrared), représentée par la bande 5 dans les images de Landsat 5TM et 7ETM+ et la bande 6 dans les images de Landsat 8OLI/TIRS.

L'utilisation de cet indice est pour but d'analyser la croissance des marais de la macta durant l'année 2016.

V-2-La vulnérabilité des marais de la Macta face au changement climatique

Les zones humides changent sous l'influence de dynamiques naturelles comme l'érosion (côtière, fluviale, etc.), la sécheresse et les successions végétales.

Evaluer l'impact du changement climatique requiert donc une bonne compréhension des mécanismes impliqués dans le fonctionnement hydrogéomorphologique de ces milieux. En effet, certaines études préliminaires soulignent la plus grande vulnérabilité des zones humides dépendant majoritairement à la variation des températures de l'air et des eaux et les précipitations (Winter, 2000).

Les principaux impacts, dits directs, du changement climatique pouvant affecté le fonctionnement des marais de la Macta incluent :

V-3- Les variations des températures

La température a connu une augmentation importante entre ces deux périodes analysées (Fig. 22). Si, entre 1950-1983 et 1984-2017, les mois de janvier à avril présentent une légère baisse des températures comprise entre $-0,1^{\circ}\text{C}$ et $-0,5^{\circ}\text{C}$, les mois de mai à décembre ont connu une forte augmentation des températures, notamment au début et à la fin de la période estivale, avec $+1,5^{\circ}\text{C}$ en mai et $+2,1^{\circ}\text{C}$ en octobre. Globalement, la température moyenne annuelle a augmenté de $+0,7^{\circ}\text{C}$ entre les deux périodes analysées, passant de $18,3^{\circ}\text{C}$ durant la période 1950-1983 à 19°C pendant la période 1984-2017.

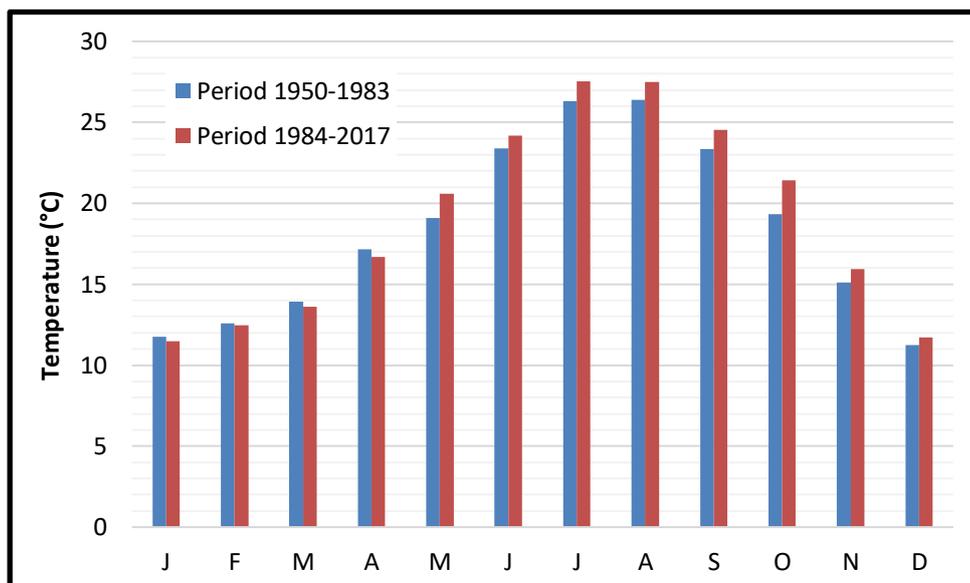


Figure 22: Evolution des températures mensuelles moyennes entre les périodes 1950-1983 et 1984-2017 à la station météorologique de Sidi Abd El Moumen.

Une saisonnalité dans ces variations de température est très marquée. Ainsi, la période estivale (mai à octobre) a connu une nette augmentation des températures (+1,3°C) passant de 23°C à 24,3°C. Par contre, la température moyenne des six autres mois de l'année (novembre à avril) est restée quasi inchangée, passant de 13,6°C à 13,7°C. Les mois chauds, lorsque la moyenne mensuelle des températures est supérieure à 20°C, étaient au nombre de quatre (juin à septembre) durant la période 1950-1983 et sont depuis au nombre de six (mai à octobre) pour la période 1984-2017. Par contre, les mois qualifiés de froids (entre 10°C et 15°C) restent inchangés entre les deux périodes d'analyse (décembre à mars).

V-4-Evolution des précipitations

L'évolution des précipitations entre les périodes 1950-1983 et 1984-2017 est présentée à la figure 23. Elle révèle que la période 1950-1983 était beaucoup plus arrosée avec une moyenne pluviométrique annuelle de 356,4 mm alors que pluviométrie enregistrée durant la période 1984-2017 n'est que de 243 mm, soit une diminution de -32% des précipitations entre ces deux périodes de 34 ans. Ce déficit pluviométrique est quasi généralisé, seul le mois de septembre est devenu légèrement plus humide (17,6 mm durant la période récente contre 11,7 mm durant les années 1950-1983). Les mois de juillet, août et novembre ont une pluviométrie inchangée. Par contre, les huit autres mois connaissent une baisse affirmée des précipitations, systématiquement supérieure à 10%. C'est le mois de décembre qui rencontre

le plus grand changement : jadis le mois le plus humide de l'année (62,8 mm), il n'est plus que le cinquième mois le plus arrosé de l'année ces dernières décennies (24,3 mm), accusant un déficit majeur de -61%. Il semble évident que ce déficit pluviométrique majeur enregistré ces dernières décennies a eu un impact significatif sur le dessèchement des Marais de la Macta.

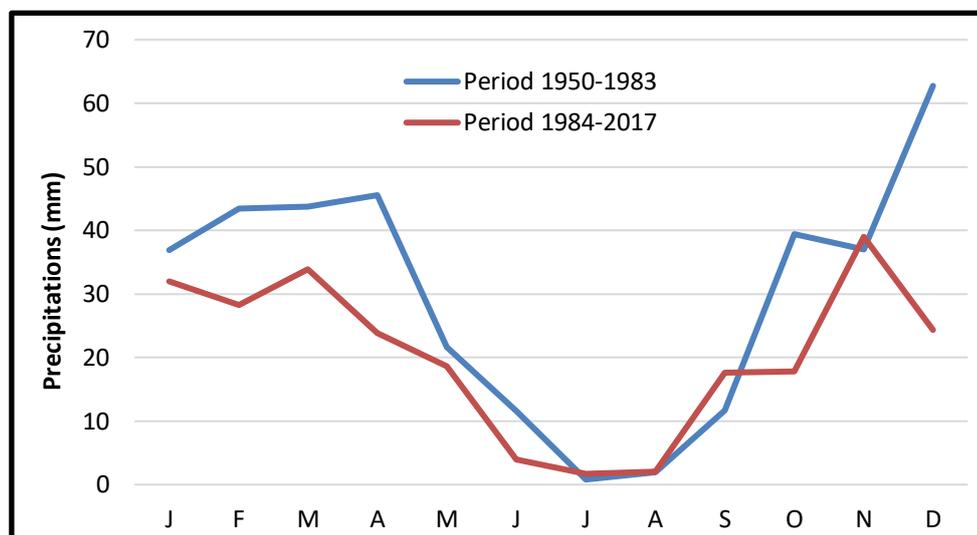


Figure 23: Evolution des précipitations mensuelles entre les périodes 1950-1983 et 1984-2017 à la station météorologique de Sidi Abd El Moumen.

V-5-Synthèse climatique

D'après les diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) (Fig.24), il apparaît que la durée de la période sèche s'est étendue entre les deux périodes. En effet, de l'action combinée de l'augmentation des températures et – surtout – de la diminution des précipitations, il en résulte que la période sèche, qui s'étendait sur cinq mois (mai à septembre) pendant la période 1950-1983, s'est allongée de deux mois durant la période récente (avril à octobre).

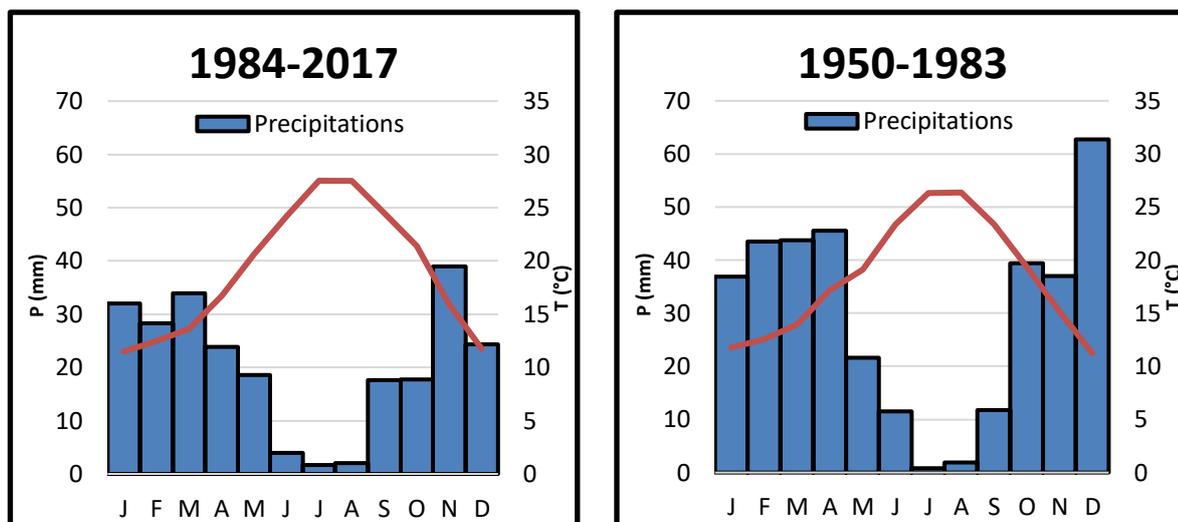


Figure 24 : Diagrammes ombrothermiques pour les périodes 1950-1983 et 1984-2017.

V-6-Changement mensuelle du niveau de l'eau dans les Marais de la Macta

La diversité biologique qui caractérise la zone protégée des Marais de la Macta est fonction d'un environnement biotique et abiotique favorable. En effet, le milieu humide caractérisant cette région est la clé de l'existence d'une diversité floristique et faunistique appropriée. Mais ce milieu humide reste conditionné par des facteurs essentiellement climatiques manifestés par la quantité des précipitations permettant l'accumulation des eaux de crues dans les marais pendant la saison hivernale ainsi que le taux d'évaporation de l'humidité des sols lié aux températures élevées en été.

Par ailleurs, l'assèchement a été accentué par la réalisation de barrages dans le bassin versant de la Macta, l'endiguement et la canalisation d'importants tronçons sur les affluents. Ces opérations ont provoqué la diminution des écoulements alimentant les marais et par conséquent l'altération de l'équilibre écologique de cette zone humide (MEDDI *et al.*, 2009).

Les cartes mensuelles de NDWI dans la Figure 25 montrent un dessèchement saisonnier de la zone humide des Marais de la Macta est généralement constitué de trois phases:

- la « phase de contraction et de diminution de la colonne d'eau » après l'hiver (avril et mai) entraînant des modifications plus ou moins importantes des caractéristiques hydrologiques et physico-chimiques de l'habitat,
- la « phase d'assec » au plus fort de la période estivale (juillet et août) caractérisée par la disparition totale de la colonne d'eau,
- la « phase de remise en eau » en hiver (février et mars) correspondant au retour temporaire de la colonne d'eau.

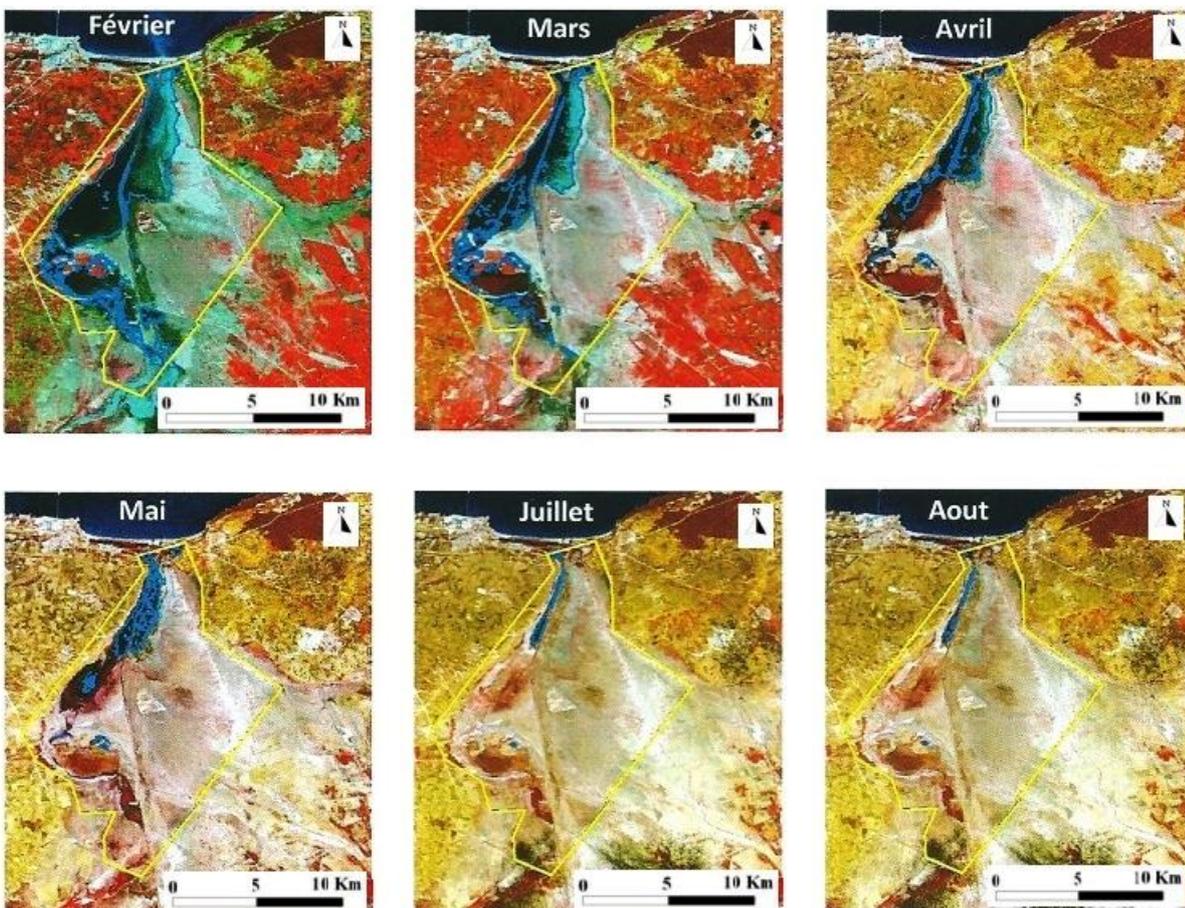


Figure 25 : Variation mensuelle du niveau de l'eau (en bleu) dans les Marais de la Macta (délimitation de la zone humide en jaune) (Images OLI Landsat 8 ; indice de l'eau NDWI, 2016).

Le dessèchement par la diminution du volume d'eau augmente la concentration en nutriments organiques et minéraux et modifie de façon significative l'état trophique des hydrosystèmes, en particulier dans les eaux stagnantes (Lofgren, 2002).

Par ailleurs, l'assèchement d'une grande partie des Marais de la Macta depuis les années 1990 a encouragé les riverains à utiliser cet écosystème. L'extension des superficies agricoles (céréales essentiellement) a été observée et la richesse de la strate herbacée a attiré les nomades et leurs troupeaux (Benabdeli & Mederbal, 2004).

Le recul des eaux au fil des mois secs de l'année et par conséquent, le changement qui peut apparaître dans l'état des milieux biotique et abiotique fait ressortir la nécessité d'une carte de la dynamique des eaux durant l'année (Fig. 26). Deux périodes marquent cette zone humide, la période inondable (décembre à mars) marquée par un volume d'eau maximal suite aux pluies hivernales (Fig. 22) et la période de la sécheresse (juillet à août) où la quantité d'eau diminue jusqu'à son état le plus bas, suite au manque de précipitations et aux températures estivales élevées (Fig.23).

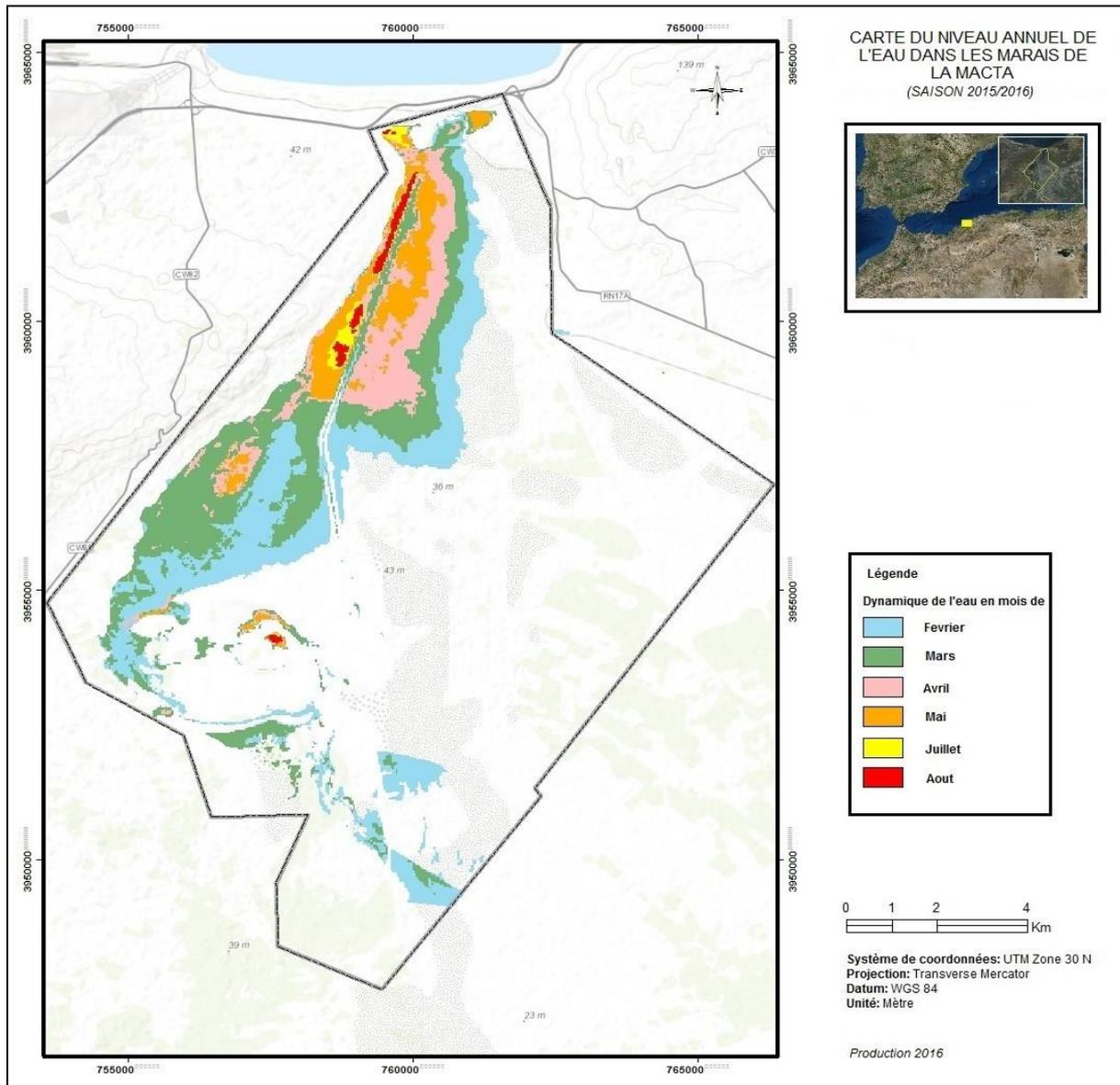


Figure 26: Dynamique de l'eau dans les Marais de la Macta (2016).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La zone humide de la Macta représente un territoire particulier et très divers, apprécié pour son paysage aquatique, pour l'abondance et la variété de la flore et la faune qui en sont les éléments les plus visibles. Mais, les propriétés spécifiques de cet écosystème leur confèrent d'autres fonctions majeures notamment vis-à-vis de la ressource en eau et de la qualité écologique de ce milieu.

Les changements climatiques actuels dans la région de la Macta qui se traduisent concrètement par une baisse importante des précipitations et une forte augmentation de l'évapotranspiration menacent cet écosystème. En l'absence de mesures de protection, les effets des activités humaines croissantes risquent d'entraîner à court et à moyen terme la régression de la majorité de ce site. Tous ces facteurs sont l'une des causes principales du risque du phénomène de dessèchement.

Les résultats obtenus démontrent une concentration des sulfates ; les phosphates trouvés sont trop importants ainsi que des teneurs supérieures d'oxygène dissous avec des conductivités comprises entre 804 et 1420 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Le site est donc pollué ce qui favorise le phénomène d'eutrophisation. Ces substances sont normalement générées par la minéralisation de la matière organique.

L'une des dernières agressions enregistrées contre ce milieu naturel, est le rejet brut des eaux usées domestiques (il n'existe pas de station d'épuration en amont) et les eaux industrielles dans les oueds provenant de zone d'activités des villes de Sig et Fornaka, qui s'accumulent et stagnent dans les eaux de la zone humide. C'est malheureusement la principale source de pollution. La présence "illicite" des nomades qui squattent tout au long de l'année les lieux pour s'installer dans des pâturages à la recherche de nourriture pour leurs cheptels cause une pression supplémentaire sur la zone.

Afin de préserver et améliorer durablement l'écosystème des Marais de la Macta, les autorités concernées sont interpellées pour mettre un terme à ces négligences, qui perdurent et qui finiront par détruire irréversiblement ce site classé depuis 2016 comme une zone importante pour la flore et les oiseaux par l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) qui est un hotspot de la biodiversité de la région méditerranéenne.

Les différents résultats de nos investigations et analyses dans les Marais de la Macta montrent bien que l'impact anthropique représente le facteur principal de la dégradation de la

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

zone humide à l'instar de la région méditerranéenne (OZHM, 2018). Bien que classées dans la liste Ramsar, les zones humides en Algérie restent des sites fragilisés et en voie de régression (Bouldjedri *et al.*, 2011). Comme l'a souligné Gherzouli (2013) : « *Ces milieux font partie d'un anthroposystème dans lequel les interactions hommes-milieux sont fondamentales même si le poids multi-séculaire des sociétés humaines semble important et systématiquement évoqué comme une cause principale de dégradation des zones humides* ».

Une gestion conservatoire réaliste sans exclure le facteur humain pourrait assurer le bon fonctionnement de ces écosystèmes. En effet, la prise de conscience environnementale dans le monde, a permis une meilleure protection de ces espaces à fort potentiel écologique, se vérifiant dans beaucoup de pays par des actions de préservation et de restauration écologique réelles sur le terrain notamment par la Tour du Valat (Centre de recherche et de conservation des zones humides méditerranéennes fondée en 1954).

Dans la région méditerranéenne, plusieurs associations locales et nationales se sont mobilisées pour la conservation de la nature et plusieurs programmes spécifiques aux zones humides ont été lancés (Bouameur, 2001). L'initiative MedWet (contraction de MediterraneanWetlands) a été mise en place en 1991. Les zones humides sont actuellement des habitats prioritaires en matière de conservation (Bonnet *et al.*, 2005).

Le gouvernement algérien, dès lors qu'il a ratifié la convention de Ramsar en 1982, a fait des efforts pour une reconnaissance des fonctions et valeurs des zones humides. Mais concrètement ce n'est qu'en 2012 que la stratégie nationale des zones humides (2015-2030) a été mise en place par l'arrêté ministériel du 20 mars 2012 (JORA, 2012), avec l'appui du fonds mondial pour la nature, en impliquant tous les acteurs concernés par la question des zones humides y compris les associations et ce à travers un comité national multisectoriel chargé des zones humides. Il s'agit de garantir une gestion écosystémique des zones humides au niveau national qui puisse assurer le bon fonctionnement des zones humides en vue de leur permettre de fournir des services écologiques au profit des générations actuelles et à venir et en faveur du développement économique durable, ainsi qu'une meilleure résilience aux changements climatiques.

L'Algérie est l'un des pays les plus actifs en matière de législation de l'environnement, pourtant la situation environnementale reste inquiétante et les ressources naturelles continuent de se dégrader en raison :

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- de la non-conformité des textes d'application avec la loi-cadre (loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable) ;
- de l'absence de la police de l'eau sur le terrain, malgré sa notification dans la législation algérienne (loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau) ;
- d'une confusion sur l'autorité administrative compte tenu d'un statut juridique ambigu des zones humides et leur répartition sur plusieurs territoires administratifs ;
- de l'insuffisance des ressources humaines, des moyens matériels et financiers ;
- du déficit en matière de formation et d'affectation sur le terrain des agents de l'environnement pour le suivi et l'évaluation des zones humides ;
- des conflits de compétences et d'une absence de coordination et de consultation entre les institutions chargées de la gestion de l'environnement au niveau local par exemple entre la direction des forêts et la direction de l'environnement.

Une approche nouvelle basée sur la sensibilisation, la communication et la participation de tous les acteurs s'impose pour protéger les zones humides.

La rénovation de ces lois en vue de son adaptation au contexte socio-économique, de son harmonisation avec le dispositif législatif, de même que l'élaboration d'un code de l'environnement fondé sur la notion de partage des responsabilités et la participation de tous les acteurs économiques et industriels, est indispensable pour une gestion conservatoire adaptée.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

AMINOT, A. & KEROUEL, R., 2004. *Hydrologie des écosystèmes marins paramètres et analyses*. Ifremer Brest, Direction de l'environnement et de l'aménagement littoral, France, 336-11 p.

ANRH (NATIONAL WATER RESOURCES AGENCY), 2008. *Bulletins mensuels de la qualité des eaux superficielles*. Oran, Algérie.

APHA (American Public Health Association), 2005. *Standards methods for the examination of water and wastewater*, 21st edn. American Public Health Association, Washington DC.

BAGNOULS, F. & GAUSSEN, H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 88: 193-239.

BEDDAL, D., 2015 : Analyse statistique des apports liquides en climat semi-aride, cas du bassin versant de la Macta. Mémoire de Magister, Univ. Chelef, Algérie.

BAKER M.A. et VERVIER P., 2004. Hydrological variability, organic matter supply and denitrification in the Garonne River ecosystem. *Freshwater Biology* 49: 181-190.

BEGHDADI, F., 2017. *Importance des zones humides de la Macta (Nord-ouest algérien) pour l'avifaune aquatiques : écologie, parasitologie et distribution spatio-temporelle*. Thèse de doctorat en sciences, Université de Guelma, Algérie.

BELGHERBI, B. & BENABDELI, K., 2010. Contribution à l'étude des causes de dégradation de la forêt de Tamarix de la zone humide de la Macta (Algérie occidentale). *Forêt méditerranéenne*, XXXI: 59-68.

BELGHERBI, B., 2011. *Contribution à l'étude phytoécologique et préservation de la biodiversité de la zone humide de la Macta (Algérie occidentale)*. Thèse de doctorat en sciences, Université de Tlemcen, Algérie.

BELHAJ A., 2001. Les épidémies d'origine hydrique dans le monde- Synthèse Technique- ENGRET centre de Montpellier et OIE de Limoges, pp 1-16.

BELLATRECHE M., OCHANDO B., 1987. Recensement hivernal annuel des oiseaux d'eau, Algérie 1987 INA, 12p.

BENABDELI, K. & MEDERBAL, K., 2004. *Contribution à l'étude phytoécologique sur la zone humide de la Macta*. Rapport d'expertise 9 p.

BIBLIOGRAPHIE

- BOULAKSAA K , LAIFA A. 2020. Évaluation de la pollution azotée minérale des eaux superficielles de la zone humide Ramsar du lac Fetzara (Nord-Est algérien). *Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science*, 32(4), 409–419.
- BONNET, B., AULONG, S., GOYET, S., LUTZ, M.&MATHEVET, R., 2005. Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes : Conservation des zones humides. Tour du Valat, Arles, 160 p.
- BOUAMEUR, B., 2001. MedWetCoast, projet pour la conservation des zones humides et des écosystèmes de la région méditerranéenne. *Paysages et jardins méditerranéens*. Presse Universitaire du Mirail : 14- 17.
- BOULDJEDRI, M., DE BELAIR, G., MAYACHA, B. &MULLER, S.D., 2011. Menaces et conservation des zones humides d’Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *C.R. Biologies*, 557- 772.
- BOU SAAB H, NASSIF N, EL SAMRANI A G, DAOUD R,MEDAWAR S, OUAINI N ., 2007. Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface (rivière ahr Ibrahim, Liban). *J. Water Sci.*, 20, 341-352.
- BOSCHET A.F., 2002. Ressources en eau et sante en Europe- *Journal Européen d’Hydrologie*, 33, 1, pp.33-39.
- CARDOT, C., & GILLES, A., 2013. *Analyse des eaux: réglementation, analyses volumétriques et spectrophotométriques, statistiques: cours et exercices corrigés*. Ellipses Eds, Paris.
- CHAPMAN, D.& KIMSTACH, V., 1996.Selection of water quality variables.In: *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, CHAPMAN, D. (Ed.),published on behalf of WHO by F & FN Spon, London, pp. 59-126.
- CORRIVEAU, J., 2009. *Étude des concentrations toxiques de nitrite dans les cours d'eau d'un bassin versant agricole*. Thèse de doctorat en Sciences de l'eau, Université du Québec INRS-ETE ,Canada.
- DAIEKH, A ., 2015. Etude de la richesse et de la structure des communautés végétales dans la zone humide de la Macta dans l'ouest Algérien : influence des activités humaines, Thèse de master en sciences en écologie, Université de Mascara, Algérie. 51 p.

BIBLIOGRAPHIE

- DALLONI ; M. , 1996. Note préliminaire sur les terrains crétacés des Monts de la Mina et du Massif des Beni Chougrane (Tell oranais). (pp. 91-119, 4 fig.)
- DAVIDSON, N.C., 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65: 934-941.
- DE (DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL), 2014. Étude d'aménagement de la zone humide la Macta, wilaya de Mascara, chapitre 2. Socio-économie, 65 p.
- DE VILLERS, J., SQUILBIN, M. & YOURASSOWSKY C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. Fiche 2, Institut Bruxellois « IBGE » pour la gestion de l'environnement/observatoire des données de l'environnement.
- DGF (DIRECTION GENERALE DES FORETS), 2017. *Inventaire des zones humides en Algérie*. Atlas des zones humide en Algérie.
- DJERMAKOYE, H., 2005. Les eaux résiduares des tanneries et de teintureriers : Caractéristique----s physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thés Doc Pharmacie. Université de BAMAKO. 123p.
- DJEZZAR S, GHERNAOUT D, CHERIFI H, ALGHAMDI A, GHERNAOUT B, AICHOUNI M., 2018. Conventional, Enhanced, and Alkaline Coagulation for Hard Ghrib Dam (Algeria) Water. *World Journal of Applied Chemistry*. Vol. 3, No. 2, pp. 41-55. doi: 10.11648/j.wjac.20180302.12
- DODDSW, K., BOUSKA, W.W., EITZMANN, J.L., PILGER, T.J., PITTS, K.L., RILEY, A.J., SCHLOESSER, J.T. & THORNBRUGH, D.J., 2009. Eutrophication of U.S. freshwaters: analysis of potential economic damages. *Environmental Science & Technology*, 43: 12-19.
- DOVONOU, F., AINA, M., BOUKARI, M. & ALASSANE, A., 2011. Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques : cas du lac Nokoue au Sud Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 5(4): 1590-1602.
- DSA (DIRECTORATE OF SERVICES AGRICULTURE), 2009. *Bilan annuel sur l'activité agricole et pastorale dans la plaine de Sig et d'El habra*. Document technique, Wilaya de Mascara.
- FARDEAU, J.C. AND DORIOZ, J.M., 2000. La dynamique du phosphore dans les zones humides. In: Dunod (Editor), *Fonctions et valeurs des zones humides*, Paris, pp. 143-159.

BIBLIOGRAPHIE

- GHAZALI, D. & ZAIDA., 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de MEKNES –MAROC). 32 p.
- GHERZOULI, C., 2013. Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est-algérien : apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire. Géographie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, Français.
- GHODBANI, T. & AMOKRANE K. 2013. La zone humide de la Macta : un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *Rev. Physio-Géo.*, 7: 139-155.
- GOUASMIA G, AMAROUAYACHE M, FRIHI H, KARA M H., 2016 . Caractérisation physico-chimique de trois lacs salés permanents de la vallée d'oued righ (Sahara septentrional, Algérie nord-est). *rev. ecol.*, 71, 330-341.
- HAN D, KOHFAHL C, SONG X, XIAO G AND YANG J., 2011 Geochemical and isotopic evidence for palaeo-seawater intrusion into the south coast aquifer of Laizhou Bay, China, *Appl. Geochemistry* 26 863-883.
- HALLER L, MCCARTHY P, O'BRIEN T, RIEHLE J AND STUHL DREHER T. 2013. Nitrate pollution of groundwater. 2014: Alpha Water Systems INC.
- HENNIZURGUI, N., 2009. Caractéristiques physico-chimiques et inventaire descyanobactéries et des Phycophytes au niveau du lac El-Goléa. Mémoired'ingénieurd'état en Aquaculture, UniversitéKasdiMerbahOuargla, pp 15-16.
- KIM, D K, YANG C , PARSONS T , BOWMAN J , THEYSME T , ARHONDITSIS G B. 2021. Eutrophication " management in a Great Lakes wetland: examination of the existence of alternative ecological states. *Ecosphere* 12(2): e03339. 10.1002/ecs2.3339.
- LECLERCQ L, MAQUET B., 1987. Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualité d'eau corante. Application au Samson et à ses affluents (Bassin de la Meuse Belge). Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocénotiques et diatomiques. *Inst. Roy. Sc. nat. Belg.*, Documents de travail,38: 1-113.
- LE MOAL M, GASCUEL-ODOUX C, MENESGUEN A, SOUCHON Y, ÉTRILLARD C, LEVAIN A,MOATAR F, PANNARD A, SOUCHU P, LEFEBVRE A,PINAY G ., 2019. Eutrophication: A new wine in an old bottle?. *Science of the Total Environment*(651) 1-11.
- JORA (Journal Official of Algerian republic), 2012. *Arrêté du 20 mars 2012 portant la création d'un comité national des zones humides*, n° 47.

BIBLIOGRAPHIE

LOFGREN, B., 2002. Global warming influences on water levels, ice, and chemical and biological cycles in lakes: some examples. – In: McGinn NA (ed) Fisheries in a changing climate. American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 15-22

MARTÍNEZ-DALMAU J, BERBEL J, ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ R., 2021. Nitrogen Fertilization. A Review of the Risks Associated with the Inefficiency of Its Use and Policy Responses. Sustainability, 13, 5625. <https://doi.org/10.3390/su13105625>.

MIARA M.,D., SOUIDI Z. , BENHANIFA K. , DAIKH A., AIT HAMMOU M., MOUMENINE M. & SABI I., H.(2020): Diversity, natural habitats, ethnobotany and conservation of the flora of the Macta marches (North-West Algeria), International Journal of Environmental Studies, DOI: 10.1080/00207233.2020.1824867.

MEDDI, M., TALIA, A. & MARTIN, C., 2009. Evolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). *Rev. Physio-Géo.*, 3: 61-84.

MEGHARBI, A., ABDOUN, F.& BELGHERBI, B., 2016. Diversité floristique en relation avec les gradients abiotiques dans la zone humide de la Macta (ouest d'Algérie) Revue d'Ecologie (Terre et Vie), 71(2): 143.

MEZBOUR R, REGGAM A , MAAZI M , HOUHAMDI M ., 2018.Evaluation of organic pollution index and the bacteriological quality of the water of the Lake of birds (ELTarf East-Algerian). J. Mater. Environ. Sci., 2018, Volume 9, Issue 3, Page 971-979.

MITSCH, W,J, GOSSE LINK, J, C , 2000, Wet lands (3rd ed), Wiley, New York, 920p.

ONA (National Office of Sanitation),2014..Les valeurs limites maximales des spécifications qualitatives de tous les rejets dans les STEP. Document technique, Algérie, p12.

OZHM (MediterraneanWetlandsObservatory), 2012 .Biodiversité – État et tendances des espèces des zones humides méditerranéennes, Dossier thématique n°1, Tour du Valat, Arles, 52 p.

OZHM (MediterraneanWetlandsObservatory), 2018. . Les zones humides méditerranéennes : enjeux et perspectives 2. Solutions pour des zones humides méditerranéennes durables. Tour du Valat, Arles, 82 p.

BIBLIOGRAPHIE

- PEARCE, F. & CRIVELLI, A.J., 1994. Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Bouklet Med Wet / Tour de Valat, N° 1, France. 88p.
- PERILLO G, WOLANSKI E, CAHOON D R, HOPKINSON C S., 2018. Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach. Elsevier 11-24.
- POTELON, J.L., 1998. Le guide des analyses de l'eau potable. Paris, 156p.
- RAMSAR, 2007. Wise use of wetlands: A Conceptual Framework for the wise use of wetlands. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 1. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland, 26p.
- REJSEK, F., 2002. Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Série : Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.
- RODIER, G., 1996. L'analyse de l'eau, 8e édition. Dunod, Paris.
- RODIER, G., 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Ed. Dunod, Paris, 1383p.
- SAHRAOUI, K., 2002. Délimitation de la zone à protéger (marais de la Macta). C.F.M. Rapport photocopié. 13 p.
- SAMRAOUI, B., OULDJAOU, A., BOULKHSSAÏM, M., HOUHAMDI, M., SAHEB, M. & BECHET, A. 2006. The first recorded reproduction of the Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria: behavioural and ecological aspects. *Ostrich*, 77, 153-159.
- SEMROUD R., 1983. Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéens : le lac Mellah (El-Kala, Algérie). Thèse de Doctorat 137 p. Univ. des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène, Alger.
- SEL, L.R., 2000. Le protocole de surveillance FOGEM. La surveillance FOGEM des zones humides côtières du Languedoc-Roussillon Annexe 2000-2005. 7p.
- SIMMONEAU, P., 1952. *La végétation halophile de la plaine de Perrégaux*. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Alger.
- SITAYEB, T. & BENABDELI, K., 2008. Contribution à l'étude de la dynamique de l'occupation des sols de la plaine de la Macta (Algérie) à l'aide de la télédétection et des systèmes d'information géographique. *C.R. Biologies*, 331: 466-474.

BIBLIOGRAPHIE

SOUIDI, Z., MIARA, M., BENHANIFIA, K., DAIKH, A. & MOUMENINE, A., 2016. Guide de terrain des plantes spontanées de la zone humide des marais de la Macta. INAS Edition, Alger.

SPELLMAN, F.R., 2014. Handbook of water and wastewater treatment plant operations, 3rd edn. Taylor and Francis group, ISBN: 978-1-4665-5385-5.

TAFER, B., 1993. Étude phytoécologique des complexes de végétation halophile de la plaine de Mohammedia (Macta, Oranie). Thèse, Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille.

WINTERT, A., 2000. The vulnerability of wetlands to climate change: a hydrologic landscape perspective. J. Amer. Water Resour. Assoc., 36, 305-311

Résumé :

L'Algérie, de par sa configuration physique et la diversité de son climat, est riche en écosystèmes terrestres, ressources naturelles les plus précieuses sur le plans de la diversité biologique et de la productivité naturelle sur le territoire. Toutefois, à l'instar de l'ensemble du Maghreb, elles sont menacées et font l'objet de perturbations parfois irréversibles, bien qu'une prise de conscience et une volonté de conservation de la biodiversité soient observées ces dernières années. Les marais sont un bon exemple de l'étude de cette biodiversité. Presque tous les marais ont des caractéristiques communes quant à leur écologie. Cependant, ils ne constituent pas un groupe homogène et ils sont très diversifiés en fonction des régions biogéographiques et climatiques. Le régime hydrologique, les sols, la roche-mère et les caractéristiques physico-chimiques des eaux jouent un grand rôle dans leur écologie. Dans des conditions écologiques extrêmes et instables, partagés sans cesse entre un environnement aquatique et terrestre, souvent isolée, la flore et la faune ont développé dans ces milieux, des adaptations remarquables pour survivre malgré une pression anthropique importante. C'est dans ce but que s'inscrit notre travail de recherche. Il a pour objectif d'aider à la conservation des marais de la Macta situés dans le nord ouest algérien à travers la prise en compte de leurs richesses et de leur fonctionnement écologique. Cette étude s'adresse, en particulier aux gestionnaires des sites remarquables en Algérie comme les hot post de la biodiversité méditerranéenne. La méthodologie adoptée repose sur la collecte de l'information nécessaire pour identifier les différents habitats, décrire le fonctionnement écologique de ces écosystèmes pour permettre une meilleur gestion et restauration des sites dégradés.

Mots clés : les marais, biodiversité, pollution, pression, Macta, Algérie.

Abstract

Due to its physical configuration and the diversity of its climate, Algeria is rich in terrestrial ecosystems, the most valuable natural resources in terms of biological diversity and natural productivity in the country. However, as in the whole of the Maghreb, they are threatened and are subject to disturbances that are sometimes irreversible, although awareness and a will to conserve biodiversity have been observed in recent years. Marshes are a good example of the study of this biodiversity. Almost all marshes have common characteristics in terms of their ecology. However, they are not a homogeneous group and are very diverse depending on biogeographical and climatic regions. The hydrological regime, the soils, the bedrock and the physico-chemical characteristics of the water play an important role in their ecology. In extreme and unstable ecological conditions, constantly divided between an aquatic and a terrestrial environment, often isolated, the flora and fauna have developed remarkable adaptations in these environments to survive despite significant anthropic pressure. This is the aim of our research work. The aim is to help conserve the Macta marshes located in northwestern Algeria by taking into account their richness and ecological functioning. This study is aimed, in particular, at managers of remarkable sites in Algeria as hot spots of Mediterranean biodiversity. The methodology adopted is based on the collection of the information necessary to identify the different habitats and describe the ecological functioning of these ecosystems in order to enable better management and restoration of degraded sites.

Keywords: The marshes, biodiversity, pollution, pressure, Macta, Algeria.

ملخص

الجزائر ، بسبب كبرها الجغرافي وتنوع مناخها ، غنية بالنظم البيئية الأرضية ، وأثمن الموارد الطبيعية من حيث التنوع البيولوجي والإنتاجية الطبيعية في الإقليم. ومع ذلك ، مثل المنطقة المغاربية بأكملها ، فهي مهددة وتعرض أحيانا لاضطرابات عديدة ، على الرغم من وجود وعي ورغبة في الحفاظ على التنوع البيولوجي في السنوات الأخيرة. تعتبر المستنقعات مثالا جيدا لدراسة هذا التنوع البيولوجي. تتمتع جميع الأهوار تقريبا بخصائص مشتركة من حيث بيئتها. ومع ذلك ، فهي ليست مجموعة متجانسة وهي متنوعة للغاية وفقا للمنطقة الجغرافية والمناخية. يلعب النظام الهيدرولوجي والتربة وصخور المصدر والخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه دورا رئيسيا في بيئتها. في الظروف البيئية الشديدة وغير المستقرة ، التي يتم تقاسمها باستمرار بين البيئة المائية والبرية ، غالبا ما تكون معزولة ، تطورت النباتات والحيوانات في هذه البيئات تكيفات ملحوظة للبقاء على الرغم من الضغط البشري الكبير. هذا هو الهدف من عملنا البحثي. هدفها هو المساعدة في الحفاظ على مستنقعات الماطة الواقعة في شمال غرب الجزائر من خلال مراعاة ثرواتهم وأدائهم البيئي. تستهدف هذه الدراسة ، على وجه الخصوص ، مديري المواقع الرائعة في الجزائر مثل النقاط الساخنة للتنوع البيولوجي في البحر الأبيض المتوسط. تعتمد المنهجية المعتمدة على جمع المعلومات اللازمة لتحديد الموائل المختلفة ، ووصف الأداء البيئي لهذه النظم البيئية للسماح بإدارة واستعادة أفضل للمواقع المتدهورة.

الكلمات المفتاحية: ، الأهوار ، التنوع البيولوجي ، التلوث ، الضغط ، المقطع ، الجزائر