



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE

Présentée en vue de l'obtention d'un diplôme de doctorat

LMD Filière : Ecologie et environnement.

Spécialité : Fonctionnement des écosystèmes

Intitulé

Caractérisation physico – chimique et valeur patrimoniale du Marais du Mellah pour les oiseaux d'eau

Présentée par : Mlle HENADA Rania Lina Ikram

Directeur de thèse		
BOUKHEROUFA Mehdi	<i>Maitre de conférences A</i>	Université d'Annaba
Président		
ZIANE Nadia	<i>Maitre de conférences A</i>	Université d'Annaba
Examineurs		
DJABOURABI Aicha	<i>Maitre de conférences A</i>	Université d'El Tarf
BAKARIA Fatiha	<i>Maitre de conférences A</i>	Université d'El Tarf
SAKRAOUI Rym	<i>Maitre de conférences A</i>	Université d'Annaba
Année universitaire 2023 / 2024		

REMERCIEMENT

Nous remercions Dieu, tout puissant qui nous a donné la patience, la foi, le courage et la santé pour faire ce modeste travail.

*Je voudrais dans un premier temps remercier le Docteur **ZIANE Nadia** d'avoir accepté d'en présider le jury. Je tiens à lui exprimer ma grande reconnaissance pour ses conseils, et ses encouragements*

*Mes sincères remerciements au Docteur **BAKARIA Fatiha**, au Docteur **DJABOURABI Aicha**, et au Docteur **SAKRAOUI Rym**, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mes plus grandes gratitudes vont à mes encadrants Dr. **BOUKHEROUFA Mehdi**, et Pr. **BOUKHEROUFA Sakraoui Ferial** qui m'ont transmis avec générosité leurs expériences scientifiques, leurs savoir-faire, ils ont été ma famille, mes superviseurs, l'équipe de défense face à toutes les contraintes, avec beaucoup d'amour, de patience et de tolérance que mes mots ne peuvent pas l'exprimer. Spécialement à Madame **BOUKHEORUFA SAKRAOUI Ferial**, ma maman, mon amie et mon ange gardien, un grand Merci pour ces efforts énormes, elle n'a jamais cessé de me pousser vers le top, pour la confiance qu'elle m'accordé et l'indépendance dans l'exécution de cette Thèse*

*Je tiens à remercier l'équipe **DAFEC** avec qui j'ai partagé plein de joyeux souvenirs **Walid, Rym, Nani, Fatoumette, Abdel Aziz, Rached, Kamy, Assia** et aux petits membres de la famille **Sofiane, Sara, Ines et Sophie**.*

*J'exprime également ma gratitude pour ma familia, spécialement ma petite sœur **Nada** mes cousines, **Sihem** et **Khawla**, mes amies **Narimen**, **Fatma**, et **Soumia** pour leurs soutiens durant toute mes années d'étude*

ABSTRACT

Our study is part of an environmental assessment of exceptional wetland ecosystems, with a view to guaranteeing their sustainability and high heritage value. The resulting study was carried out over two successive years (2020 - 2022) on the Mellah marsh, which is the only marsh - lagoon - Mediterranean Sea eco-complex in Algeria, and which previous studies have shown to have significant heritage value, especially for water birds. We have deployed three types of approach: a biological approach through biomonitoring of the waterbird population, a cartographic approach based on satellite images and field surveys, and a physico-chemical approach to the water and soil matrices. The results clearly show the disappearance of 15 species, an average 81% reduction in the numbers of 14 species and an explosion in the numbers of 4 opportunistic species, in comparison with the work carried out on the same site twenty years ago. The results obtained clearly show the disappearance of 15 species, a reduction in the numbers of 14 species of the order of 81% on average and an explosion in the numbers of 4 opportunistic species, in comparison with the work carried out on the same site twenty years ago. The results also show an increase in the rate of land occupation around the marsh, suggesting heavy urbanisation associated with a disruption of the physico-chemical parameters of the water and soil, particularly marked in the vicinity of urban discharges. All these environmental monitoring data are essential for the proactive, informed and sustainable protection and management of this very special ecosystem.

Keywords : Bioassessment - Mellah marshes - Mapping - PNEK -Waterbirds

RESUME

Notre problématique s'inscrit dans le cadre des missions d'évaluation environnementale des écosystèmes humides d'exception, en vue de garantir leur durabilité et leur grande valeur patrimoniale. L'étude qui en découle a été réalisée durant deux années successives (2020 – 2022) au niveau du marais du Mellah, qui constitue le seul Eco complexe marais – lagune – mer méditerranée en Algérie, et dont les études antérieures lui confèrent une importante valeur patrimoniale spécialement pour les oiseaux d'eau. Nous avons déployé trois types d'approches : une approche biologique à travers le bio-monitoring du peuplement des oiseaux d'eau, une approche cartographique basée sur des images satellitaires et la prospection de terrain, et une approche physico-chimique des matrices eaux et sol. Les résultats obtenus montrent clairement la disparition de 15 espèces, la diminution des effectifs de 14 espèces de l'ordre de 81% en moyenne et l'explosion des effectifs de 4 espèces opportunistes, et ce en comparaison avec les travaux réalisés dans le même site il y a vingt ans. Les résultats montrent également une augmentation du taux d'occupation des sols autour du marais, suggérant une forte urbanisation associée à une perturbation des paramètres physico-chimiques de l'eau et du sol, particulièrement marquées à proximité des rejets urbains. Toutes ces données de monitoring environnemental sont essentielles pour la protection et la gestion proactive, informée et durable de cet écosystème si particulier.

Mots Clés : Marais du Mellah – Bio évaluation – Oiseaux d'eau - cartographie – paramètres physico – chimiques - PNEK.

ملخص

يندرج مشروعنا في إطار التقييم البيئي للنظم الإيكولوجية الاستثنائية للأراضي الرطبة بهدف ضمان استدامتها وقيمتها التراثية العالية. تم إجراء الدراسة الناتجة على مدى عامين متتاليين (2020 - 2022) على مستنقعات الملاح، وهو المجمع البيئي الوحيد للأهوار - البحيرات - البحر الأبيض المتوسط في الجزائر، والذي أظهرت الدراسات السابقة أنه ذو قيمة تراثية كبيرة، خاصة بالنسبة للطيور المائية. لقد استخدمنا ثلاثة أنواع من المقاربات: مقارنة بيولوجية من خلال الرصد الحيوي لتعداد الطيور المائية، ومقاربة خرائطية تعتمد على صور الأقمار الصناعية والمسوحات الميدانية، ومقاربة فيزيائية كيميائية لمصفوفات المياه والترربة.

تُظهر النتائج التي تم الحصول عليها بوضوح اختفاء 15 نوعًا، وانخفاضًا في أعداد 14 نوعًا بنسبة 81% في المتوسط، وانفجارًا في أعداد 4 أنواع انتهازية، مقارنةً بالعمل الذي تم إجراؤه في نفس الموقع قبل عشرين عامًا. تظهر النتائج أيضًا زيادة في معدل احتلال الأراضي حول الهور، مما يشير إلى التوسع العمراني الكثيف المرتبط باضطراب في المعايير الفيزيائية الكيميائية للمياه والترربة، والتي تلاحظ بشكل خاص في المناطق المجاورة للتصريفات الحضرية. كل بيانات الرصد البيئي هذه ضرورية لحماية وإدارة هذا النظام البيئي الخاص جدًا بشكل استباقي ومستنير ومستدام

الكلمات المفتاحية: مستنقعات الملاح - التقييم الحيوي - الطيور المائية - رسم الخرائط - الحاضرة الوطنية للقالا - الاعدادات الفيزيائية والكيميائية

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Caractéristiques des zones humides inscrites sur la liste Ramsar de la wilaya d'El-Tarf (Harbi , 2016)	9
2	Températures moyennes mensuelles (°C) (1995-2012) (Houilia, 2018)	10
3	Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (en %).(Harbi, 2016).	10
4	Moyennes mensuelles de la vitesse des vents de la région d'El-Kala (1995-2012) (Station météorologique d'El Kala, 2012).	11
5	Les précipitations moyennes mensuelles (°C) (1995-2012) (Station météorologique d'El Kala, 2012)	11
6	Principaux cours d'eau du PNEK (Harbi ,2016)	12
7	Classification de quelques familles et espèces d'oiseaux d'eau (Reebs, 2021)	19
8	La répartition des familles d'oiseaux d'eau dominants dans les cinq principales régions ornithologiques (Rabhi & Mouhous, 2019)	25
9	Classification des eaux d'après leur Température (Monod ,1989).	48
10	Classification des eaux d'après leur pH (Hakmi, (2002), Agrigon, (2000))	48
11	Classification des eaux d'après leur Conductivité électrique (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002)	48
12	Classification des eaux d'après leur Oxygène dissous (Anras & Guesdon, 2007)	49
13	Composition et structure de l'avifaune du marais du Mellah (les espèces en gras représentent celles qui n'ont pas été observées en 2020-2021).	51
14	Fréquence d'occurrence des espèces (2020-2021).	55
15	Fréquences d'occurrences des différentes espèces durant la période 2000-2001	59
16	Moyenne saisonnière des paramètres physico-chimique de l'eau <i>in situ</i> pour chaque station	70
17	l'évaluation du statut de chaque paramètre comparée aux normes standards	70

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	<i>Fonctionnement des zones humides (Barnaud, 2001)</i>	1
2	<i>Répartition mondiale des marais salés selon les données actuelles disponibles (Mcowen et al., 2017)</i>	2
3	<i>Services écosystémiques des marais salés</i>	3
4	<i>Carte de répartition des zones humides d'Algérie classées sur la liste Ramsar (Gherzouli, 2013)</i>	5
5	<i>Présentation du Parc National d'El Kala (Hamouda , 2012)</i>	7
6	<i>Carte de végétation du Parc National d'El-Kala (Sarri, 2017)</i>	15
7	<i>Aile d'un oiseau (Source internet)</i>	21
8	<i>Morphologie de bec des oiseaux d'eau (Source internet)</i>	22
9	<i>Types des pattes des oiseaux d'eau (Source internet)</i>	23
10	<i>Immigration des oiseaux d'eau vers les quartiers d'hivernage (Source : DGF, 2021)</i>	24
11	<i>Rôle des oiseaux d'eau dans les écosystèmes aquatiques (Source :Frensh National Research Institute for Sustnaible Development , 2023)</i>	26
12	<i>Préciser la localisation exacte des points de prélèvement du sol</i>	35
13	<i>Prélèvement des Echantillons de sol</i>	36
14	<i>Protocole de préparation des échantillons de sol</i>	36
15	<i>Protocoles illustré de dosages des paramètres physico-chimiques</i>	37
16	<i>Situation géographique des stations de mesures au marais</i>	47
17	<i>Espèces non observées (2020-2021)</i>	53
18	<i>Abondance des oiseaux d'eau dans le marais d'El Mellah (2020-2021).</i>	53
19	<i>Fréquence relatives des oiseaux d'eau dans le marais d'El Mellah (2020-2021).</i>	54
20	<i>Fréquence d'occurrence des oiseaux d'eau (2020-2021).</i>	54
21	<i>Indice de diversité de Shannon (H') et de Pielou (J) durant les deux périodes d'études (2000-2001) et (2020-2021)</i>	55
22	<i>Abondance des oiseaux d'eau durant les deux périodes d'étude (2000-2001) et (2020-2021).</i>	57
23	<i>Évolution, en pourcentage, des effectifs entre les deux périodes d'études (2000-2001) et (2020-2021)</i>	58
24	<i>Fréquences d'occurrences comparées entre les deux périodes d'étude</i>	58
25	<i>Carte de relief «Hillshade» du bassin versant avec 2 coupes topographique de l'aire d'étude.</i>	60
26	<i>Présentation de l'altimétrie du lac d' El mellah</i>	62
27	<i>Les pourcentages des diverses classes d'altitude constituant la stratification superficielle du marais</i>	63
28	<i>Réseau hydrographique du bassin versant du lac d'El mellah</i>	64
29	<i>La variation de la pente au niveau du marais du mellah</i>	65
30	<i>La variation des unités d'occupations du sol du village de Bousseta Ahmed entre 2009 et 2021</i>	66
31	<i>La variation des différentes unités d'occupations du sol du village de Bousseta Ahmed entre l'année 2009 et 2021</i>	66
32	<i>La variation spatiotemporelle du village d'El Melha (A : 2009, B : 2021)</i>	67
33	<i>La variation des différentes unités d'occupations du sol du village d'El Malha entre l'année 2009 et</i>	68

	<i>2021</i>	
34	<i>Répartition des formations végétales au niveau du marais du Mellah (A : 2000-2001/ B : 2020-2021)</i>	69
35	<i>Variation de la température moyenne dans les stations de mesure</i>	71
36	<i>Variation du pH moyen dans les stations de mesure</i>	72
37	<i>Variation de la conductivité électrique moyenne dans les stations de mesure</i>	73
38	<i>Variation de l'Oxygène dissous moyen dans les stations de mesure</i>	73
39	<i>Détermination de la texture des différents points d'échantillonnages</i>	74
40	<i>Mesure de pH et conductivité</i>	75
41	<i>Mesure des bases échangeables dans le sol</i>	76
42	<i>Mesure de phosphore et d'azote dans le sol</i>	77
43	<i>Composantes et relations décrivant les interactions hommes – nature dans les espaces urbanisés (d'Après Haase and Schwarz, 2009).</i>	81
44	<i>Interactions interspécifiques des oiseaux d'eau dans les marais salés</i>	83
45	<i>Diffusion des rejets urbain vers le marais et la formation d'eutrophisation (Clichée Henada)</i>	83

LISTE DES PHOTOS

N°	Titre	Page
1	<i>Différentes prises de vue du marais d'El Mellah (Cliché Henada 2022)</i>	27
2	<i>Bourrelet de sable séparant le lac et le marais d'El Mellah (Clichée Henada)</i>	28
3	<i>Exutoire permanent Nord du marais vers la lagune (Clichée Henada, 2021)</i>	29
4	<i>Exutoire temporaire Nord-Est du marais vers la lagune (Clichée Belbel 2021)</i>	30
5	<i>Comptage directe des oiseaux d'eau du marais d'El Mellah (Cliché Henada 2022)</i>	35

Table des matières

I.	INTRODUCTION GENERALE	1
II.	MATERIELS ET METHODES	7
2.1.	Description de la zone d'étude	7
2.1.1.	Les caractéristiques morpho-structuraux du parc National d'El Kala	7
2.1.2.	Données climatiques	8
2.1.2.1.	La Température	9
2.1.2.2.	L'humidité	9
2.1.2.3.	Les vents	10
2.1.2.4.	Les précipitations	10
2.1.3.	Hydrologie du PNEK	11
2.1.4.	Couvert végétal	11
2.1.5.	La richesse faunistique	12
2.1.6.	Les zones humides du parc national d'El Kala	15
2.2.	Présentation du modèle biologique : Les oiseaux d'eau	16
2.2.1.	Classification	19
2.2.2.	Description morphologique	19
2.2.3.	Distribution spatiale	20
2.2.4.	Données bioécologique	23
2.2.5.	Rôle fonctionnel des oiseaux d'eau	24
2.3.	Méthodologie générale	25
2.3.1.	Présentation du site d'étude : Marais du Mellah	26
2.3.1.1.	Géologie et Géomorphologie	26
2.3.1.2.	Hydrologie	28
2.3.1.3.	Richesse Faunistiques	29
2.3.1.4.	Richesse floristique	30
2.3.2.	Etude cartographique	31
2.3.3.	Caractérisation du peuplement d'oiseaux d'eau	31
2.3.4.	Analyse des paramètres physico-chimiques du sol	34
2.3.4.1.	Préparation des échantillons de sol	35
2.3.4.2.	Protocoles opératoires	36
2.3.5.	Analyse des paramètres physico-chimique de l'eau	38
2.3.5.1.	Température	45

2.3.5.2. pH	46
2.3.5.3. Conductivité électrique et oxygène dissous	47
2.4. Analyses des données	47
2.4.1. Analyse des paramètres de structure du peuplement d'oiseaux	48
2.4.1.1. Richesse totale (S)	48
2.4.1.2. Abondance relative (AR%)	48
2.4.1.3. Indice de Shannon-Weaver	48
2.4.1.4. Diversité maximale	49
2.4.1.5. Indice d'équitabilité	49
2.4.2. Analyses statistiques des données	49
III. RESULTATS	49
3.1. Evaluation de la valeur patrimoniale du marais du Mellah	50
3.1.1. Composition du peuplement d'oiseaux	50
3.1.2. Analyse des paramètres de structure du peuplement d'oiseaux	50
3.1.3. Analyse rétrospective et comparative des données	52
3.2. Caractérisation de la géomorphologie du marais du Mellah	55
3.2.1. Morphologie	60
3.2.2. Altimétrie	60
3.2.3. Réseau hydrographique	64
3.2.4. Variation de pentes	64
3.2.5. Caractérisation de l'occupation urbanistique	65
3.2.6. Répartition comparative des formations végétales au niveau du marais du Mellah	68
3.3. L'Analyse des paramètres physico-chimiques	69
3.3.1. Analyse de l'eau	69
3.3.2. Analyse des paramètres physico-chimiques du sol	74
IV. DISCUSSION	78
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	85
VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	87

I. INTRODUCTION GENERALE

Berceaux mondiaux de la diversité biologique, les zones humides sont des régions présentant une valeur inestimable en terme de productivité, et de valeur patrimoniale (Costanza *et al.*, 1997). La définition la plus largement reconnu au sein de la communauté scientifique est celle établie par la convention de Ramsar : « des zones de marais, de tourbières, d'eaux stagnantes ou courantes, douces, saumâtres ou salées, naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, y compris les zones marines dont la profondeur à marée basse ne dépasse pas 6 mètres. » (Allaoua, 2020). Ils assurent la rétention et l'épuration de l'eau, la gestion de l'érosion, l'absorption des éléments nutritifs, des sédiments et des polluants, ainsi que la séquestration et le stockage de carbone. (Costanza *et al.*, 1997). Ces milieux servent d'habitats essentiels pour la faune et la flore, tout en offrant des paysages culturels, récréatifs et attrayants (Alfonsi, 2016), leur conférant ainsi le statut d'infrastructures naturelles. (Samraoui & De Bélair, 1997 ; 1998) (Fig. 1).

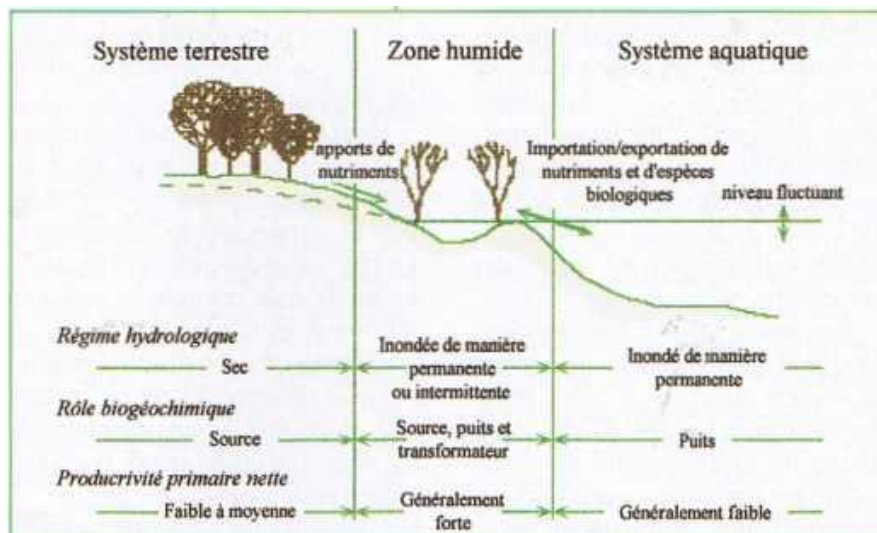


Figure 1. Schémat de fonctionnement des zones humides (Barnaud, 2001)

De nombreux chercheurs se sont intéressés aux marais salés et saumâtres, qui sont considérés comme des écosystèmes humides particulièrement productifs et performants, et dont l'importance mondiale a été décrite dans de nombreux travaux des plus pionniers jusqu'à ceux de l'écologie contemporaine (Chapman, 1960 ; Ranwell, 1972 ; Adam, 1990 et Doody, 2008). Les marais salés ou saumâtres sont ces milieux qui se retrouvent surtout dans les

systèmes marins et estuariens et qui peuvent se retrouver partout où il y a mélange d'eau douce et d'eau salée (**Jacques & Hamel, 1982**) (**Fig. 2**).

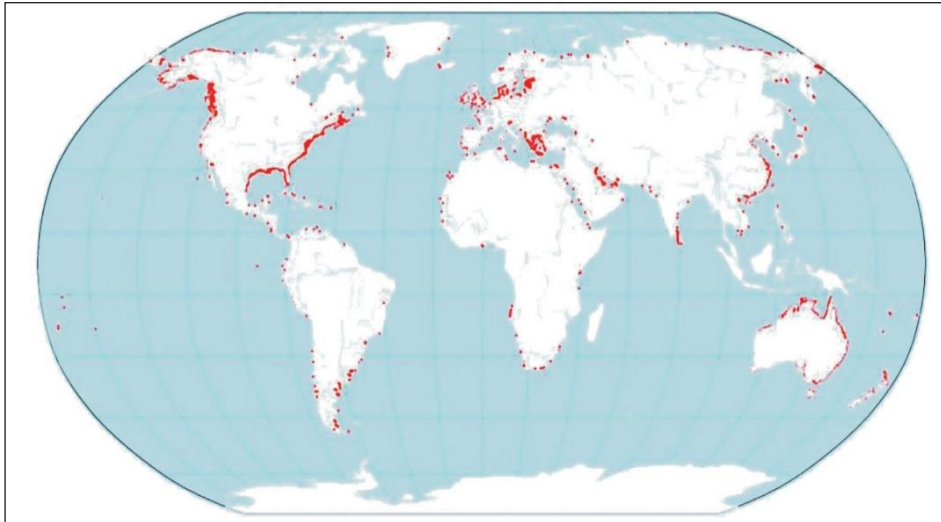


Figure 2. Répartition mondiale des marais salés selon les données actuelles disponibles (Mcowen et al., 2017)

Les marais sont des écosystèmes essentiels, car ils contribuent de manière cruciale à la protection de la biodiversité et à la préservation des écosystèmes. Ils jouent un rôle fondamental dans l'équilibre des écosystèmes aquatiques en agissant comme une structure clé dans la chaîne alimentaire et en contribuant au recyclage des éléments nutritifs des eaux côtières. De plus, ils interviennent dans le processus d'épuration des eaux en éliminant les sédiments, les nutriments, les microbes et les polluants provenant des ruissellements et des cours d'eau (**Gedan et al., 2009**), ils fonctionnent comme des éponges absorbantes qui pompent une grande partie du ruissellement après des tempêtes majeures, réduisant ainsi les inondations. Grâce à leur capacité exceptionnelle à filtrer les contaminants présents dans l'eau qui s'écoule depuis les terres environnantes, les marais agissent comme un rempart protecteur pour les zones estuariennes et les eaux côtières voisines, préservant ainsi ces milieux des effets néfastes de la pollution. De surcroît, ces milieux sont directement impliqués dans le cycle mondial du carbone, représentant ainsi une part non négligeable du stock de carbone biologique terrestre, et sont donc considéré comme un hot spot du « carbone bleu » mondial (**McLeod et al., 2011**). **Chmura et al., (2003)** ont estimé que les milieux humides marécageux séquestrent 10 fois la quantité de carbone séquestré par les tourbières. Par ailleurs, Les marais, en tant que milieux humides, constituent des écosystèmes foisonnants où se développent une variété remarquable de plantes, d'invertébrés, de poissons et d'oiseaux,

spécifiquement adaptés aux conditions souvent humides voire salines de ces habitats. (**Bunzel et al., 2023**), Les marais offrent un environnement propice pour les poissons juvéniles, les crabes et les crevettes, et servent de refuge à des communautés de petits poissons fourrage qui émergent à la surface lors de la marée haute pour se nourrir d'invertébrés (**Shenker & Dean, 1979 ; Zimmerman et al., 2009**) (**Fig. 3**).

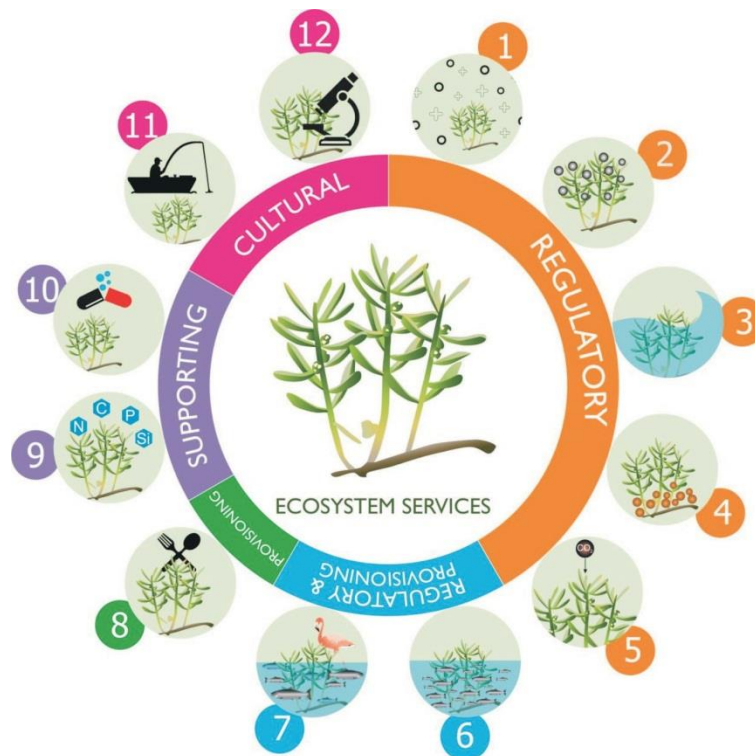


Figure 3. Services écosystémiques des marais salés : 1. Bio-filtre pour les nutriments ; 2. Capture des polluants ; 3. Barrière contre les vagues et les tempêtes ; 4. Piégeage des sédiments et renforcement littoral ; 5. Carbone 6. Nouricière pour poissons ; 7. Aires de gagnage et remise ; 8. Source d'alimentation ; 9. Source des éléments nutritifs ; 10. Usage à des fins médicales ; 11. Loisirs ; 12. Recherche.

L'intérêt des scientifiques et des gestionnaires locaux pour la fréquentation aviaire des marais a été considérable, entraînant de nombreuses campagnes de surveillance biologique. L'objectif est de déterminer l'état de santé de ces habitats privilégiés et d'améliorer leur exploitation de manière durable et pérenne, particulièrement pour bon nombre de limicoles et d'oiseaux d'eau migrateurs, qui y font escale pendant leur migration, et qui peuvent même y hiberner (**Boudraa et al., 2014 ; Bendjeddou, 2022**). En Camargue par exemple, la gestion des marais a été délibérément orientée vers la création de territoires voués à la chasse, à travers la production d'herbiers aquatiques susceptibles d'attirer et de fixer les espèces d'oiseaux d'eau gibiers (**Mouronval et al., 2014**). Autre exemple, les travaux de **Moneuse et al (2020)** qui ont

analysé la distribution spatiale et le suivi des effectifs des limicoles nicheurs au niveau du marais du Poitevin, sur deux périodes (2005/2006) et (2015/ 2016), et qui ont pu démontrer une baisse globale des effectifs, en démontrant tous les facteurs qui compromettent le bon équilibre de cette infrastructure naturelle. Dans ce sens, la durabilité des marais salés ou saumâtres est tributaire d'une multitude de facteurs pouvant altérer la dynamique globale de leur fréquentation et de leur exploitation par l'avifaune. Tout d'abord, les marais subissent l'impact de l'interaction entre l'accumulation verticale de matériaux tels que les sédiments et la tourbe, le processus de décomposition souterraine et les phénomènes d'affaissement, ainsi que l'élévation du niveau de la mer, caractérisée par la fréquence et la durée des inondations (**Gagliano et al., 1981 ; Hatton et al., 1983 ; DeLaune et al., 1983 et Cahoon & Reed, 1995**). Ensuite, elle est fortement conditionnée par le degré d'anthropisation avoisinante, qui a tendance à fragiliser de plus en plus leur bon fonctionnement (**Amara, 2010**). Étant donné les risques directs qui pèsent sur ces écosystèmes remarquables, il est indispensable de mettre en place des programmes de surveillance biologique ou physico-chimique. Ces programmes fourniront aux gestionnaires les informations et les outils nécessaires pour diagnostiquer l'état de ces milieux, et ainsi élaborer des mesures concrètes de protection, de restauration et de gestion durable de leurs activités.

L'Algérie, ayant adhéré à la Convention de Ramsar le 4 mars 1984, a toujours accordé une grande attention à la préservation et à la gestion raisonnée de ses zones humides, et cela n'est pas sans raison, car elles représentent un véritable pays continent qui abrite plus de 1497 sites humides plus nombreux au Nord, principalement à l'Est du pays, dont 50 d'entre eux sont classés sites Ramsar de par leur diversité biologique, écologique et génétique (**Allaoua, 2020**) (**Fig. 4**).

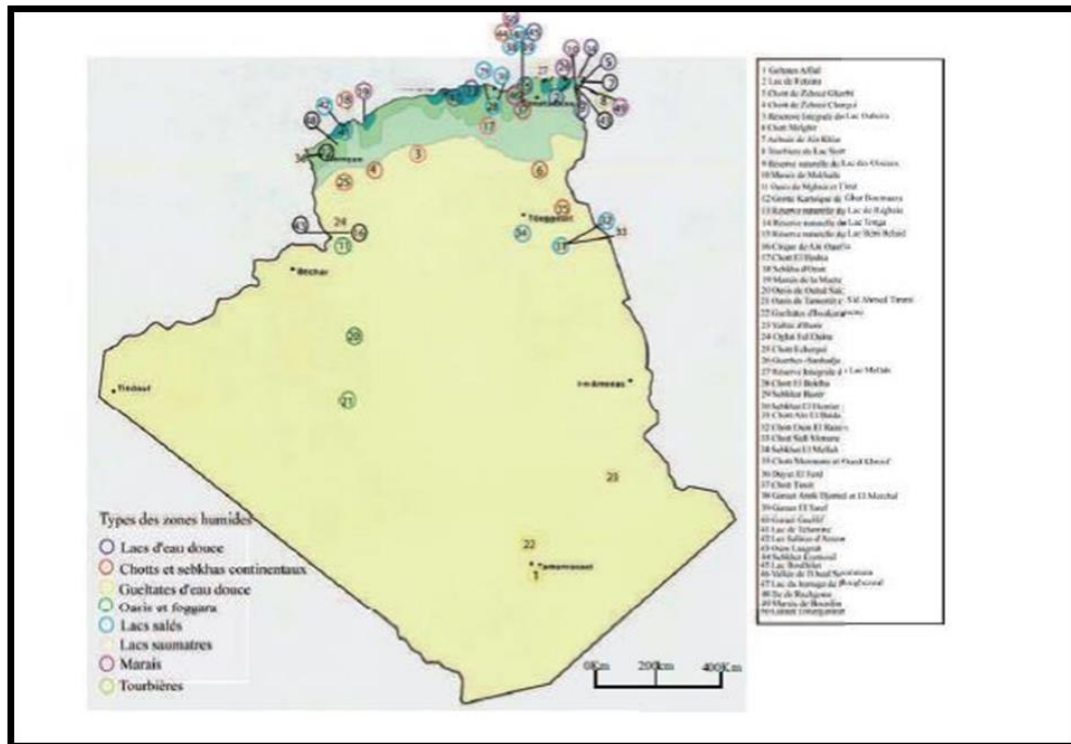


Figure 4. La répartition des zones humides classées Ramsar en Algérie (Gherzouli, 2013)

Au cours de la dernière décennie, un grand intérêt s'est porté sur les nombreux territoires humides temporaires, marres et marais des zones humides algériennes (Touarfia *et al.*, 2021 ; Soltani *et al.*, 2023 et Draïdi *et al.*, 2023). La DGF a recensé en 2006 plus de 19 marais et 79 marécages et a mis l'accent sur l'importance écologique et socio – économiques que revêtent ces sites d'exception (Bendjedid, 2021). Pourtant, ces zones qui jadis s'étendaient du littoral jusqu'aux abords des monts telliens, constituaient un véritable obstacle à l'installation des hommes durant la période coloniale, puisqu'elles ont été identifiées comme des foyers paludiques. C'est pourquoi, tout au long du siècle dernier, d'importantes surfaces furent asséchées (Benyacoub, 1993 ; Ghodbani & Amokrane, 2013). Les travaux impliquaient à la fois le comblement des zones basses, le creusement de canaux pour évacuer les eaux stagnantes vers la mer et la destruction de la couverture végétale naturelle. Actuellement, les marais et marécages sont reconnus pour leur rôle crucial dans la préservation des espèces et des espaces, et sont désormais l'objet d'une attention particulière similaire à celle accordée à toutes les zones humides temporaires méditerranéennes, dans le nord-est du pays, tant le marais de la Mekhadda que celui de Mekeïman font l'objet de surveillances régulières pour étudier leur évolution (Talai-Harbi *et al.*, 2016 ; Bediaf *et al.*, 2020 et Touarfia *et al.*, 2021), le marais de Boussehra (Draïdi *et al.*, 2023) et enfin le marais du Mellah auquel nous nous sommes intéressés, et qui est zone marécageuse d'une superficie de 71,75 Hectares, formant le seul

éco complexe marais – lagune – mer méditerranée en Algérie, et dont les rares travaux le désigne comme un indispensable vivarium d'appui à la lagune du Mellah, avec un rôle fonctionnel pour les oiseaux d'eau (**Boulahbel, 1999 ; Boukheroufa, 2001**).

Dans ce contexte, notre problématique s'intègre dans les thématiques empiriques de gestion conservatoire des zones humides temporaires, véritables assises écosystémiques des milieux naturels, et qui se retrouvent menacées par l'anthropisation induites par les activités humaines (drainage pour l'agriculture, pollution et urbanisation). Nous avons donc mené une étude diagnostique d'évaluation de l'état de santé du marais du Mellah, à travers l'exploitation de deux types d'approches : Une approche biologique, à travers l'utilisation des oiseaux d'eau comme peuplement bio indicateur de la qualité du milieu, et une approche physico – chimique à travers l'analyse des composantes cartographiques, physiques et chimiques. L'étude qui en découle vise les objectifs suivants :

- Caractérisation du peuplement d'oiseaux d'eau et analyse rétrospective de sa structure entre deux périodes (2000/2001) et (2020/2021).
- Etude cartographique du marais du Mellah.
- Caractérisation physico - chimique des matrices du marais du Mellah.

II. MATERIELS ET METHODES

2.1. Description de la zone d'étude

Le parc national d'El-Kala s'étend le long du littoral méditerranéen et de la frontière algéro-tunisienne, couvrant une superficie de 80 000 hectares (**Fig.5**). Il comprend des zones humides dont 43 % de sa superficie est composée d'une plaine d'accumulation fluvio-marine (**Tableau 1**) (**Harbi, 2016**), également des zones agricoles souvent séparées de la mer par un cordon littoral, représentant 57 % de sa superficie totale, ainsi qu'une zone montagneuse d'altitude moyenne atteignant 1200 mètres. (**Pech & Diaf, 2022**). Il est d'une importance cruciale en raison de la diversité des habitats exceptionnels qu'il abrite, où cohabitent des espèces endémiques, boréales et tropicales (**De Belair, 1990**), mais aussi parce qu'il abrite une grande partie de la faune et de la flore du pays (**Samraoui & Belair, 1998**).

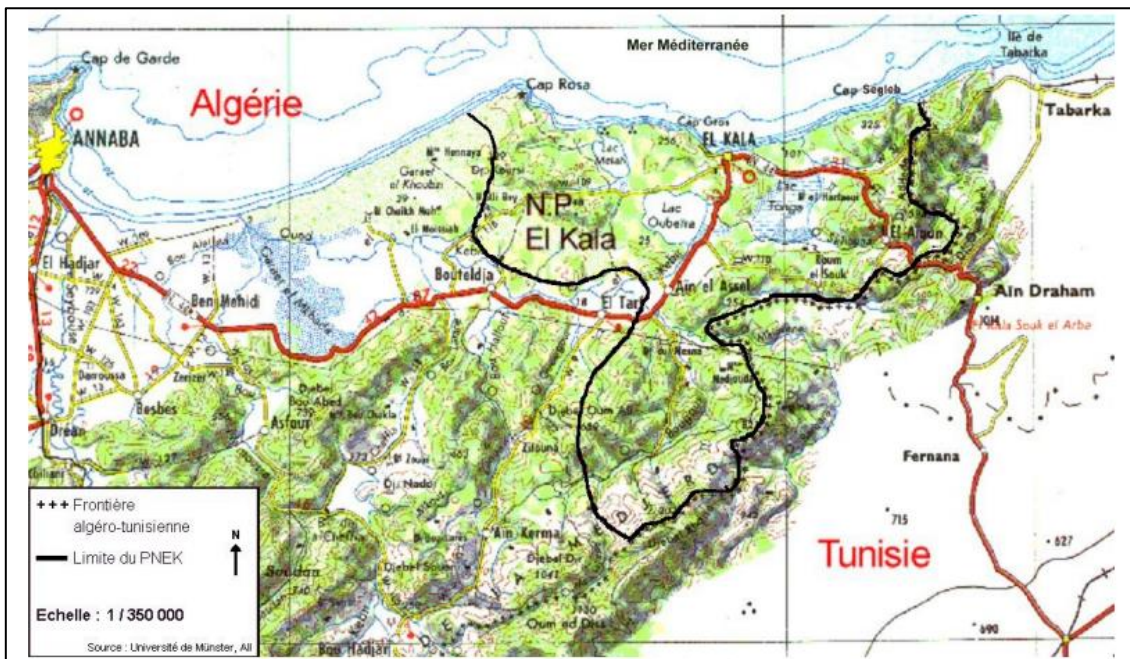


Figure 5. Présentation du Parc National d'El Kala (Hamouda, 2012)

2.1.1. Les caractéristiques morpho-structuraux du parc National d'El Kala

Le relief du Parc est caractérisé par une série de dépressions, certaines étant occupées par des formations lacustres ou palustres, et par des collines élevées présentant diverses formes telles que des dômes, des escarpements et des crêtes,

généralement recouvertes d'une végétation dense (**Benyacoub & Chaibi, 2000**). En suivant une coupe Nord-Sud, le relief varie de 0 à 1200 mètres d'altitude (**Hamouda & Tahar, 2012**).

On distingue :

- Une barrière de dunes côtières s'étendant sur 40 km à l'ouest jusqu'au pied du Djebel Segleb vers le sud. Principalement constituée de sable quaternaire, elle présente quatre degrés de formations dunaires distincts. (**Joleaud, 1936**), la zone comprend des plages de sable blanc et des dunes côtières à l'ouest, des dunes sous-côtières au sable gris à l'est, et enfin des dunes intérieures au sable rougi par les dépôts d'oxyde de fer plus à l'est. Le degré de fossilisation des dunes augmente progressivement depuis la mer vers l'intérieur des terres. Les dunes mortes, les plus anciennes et donc les plus éloignées de la mer, se distinguent par une végétation dense, principalement composée de chênes kermès. Les dunes les plus remarquables sont celles du Cap Rosa, de Mezira et de la Messida.
- Les plaines sublittorales se caractérisent par un relief plat à ondulé, principalement marqué par des dépressions lacustres et marécageuses telles que les lacs Tonga, Mellah et Oubeira. L'altitude de ces plaines ne dépasse pas 60 mètres.
- Les montagnes telliennes comprennent une partie du versant nord de la montagne de la Medjerda, dont l'altitude moyenne atteint 1100 mètres et est surplombée. Le point culminant est le Djebel Ghorra, qui s'élève à 1202 mètres. Les montagnes de la Medjerda, avec des lignes de crête approximativement orientées vers l'ouest-sud-ouest - est-nord-est, ont subi des phénomènes de torsion qui ont brusquement courbé leur direction générale vers le nord-est. On remarque des extensions vers la mer de ce mouvement topographique en deux points spécifiques : le Cap Rosa et le Cap Segleb. Par ailleurs, le relief de la région se distingue par des pentes importantes. En effet, 9% des pentes sont faibles, 11% sont moyennes et 80% sont fortes à très fortes, ce qui caractérise en grande partie le paysage comme montagneux (**Brahmia, 2002**).

Les enjeux de conservation de la nature sont multiples en raison de la diversité des habitats qui abritent de nombreuses espèces, notamment les zones humides qui

servent d'habitat à de nombreuses variétés d'oiseaux migrateurs (**Chebira & Sarrazin, 2015**).

Tableau 1. Caractéristiques des zones humides inscrites sur la liste Ramsar de la wilaya d'El-Tarf (**Harbi, 2016**)

Nom du site	Superficie	Coordonnées
Marais de la Mékhada	8900 ha	36° 48' N et 08° 004 E
Lac des oiseaux	120 ha	36° 47' N, 08° 7' E
Lac Tonga	2400 ha	36° 53' N 8° 31' E
Lac Oubeira	2600 ha	33° 17' 10" N 3° 44' 44" E
Marais de Bourredim	25 ha	36° 48'N, 8° 13' E
Lac Noir	5 ha	36° 54' N 8° 12' E
Aulnaie Ain Khiair	170 ha	36° 40' N 8° 20' E
Lac Mellah	2257 ha	36° 53' N 8° 20' E
Oum Laagareb	729 ha	36° 49' N 8° 12' E

2.1.2. Données climatiques

Le climat de la région d'El-Kala est de type méditerranéen, caractérisé par une grande variabilité, due à la combinaison de plusieurs facteurs :

2.1.2.1. La Température

Dans l'ensemble, la région d'El Kala est située dans une zone au climat méditerranéen subhumide à hiver chaud, où les températures peuvent atteindre jusqu'à 50 °C. Les températures les plus basses sont enregistrées en altitude pendant l'hiver, avec environ 5 à 6 mois de gelée blanche par an. Au niveau de la mer, les températures descendent très rarement en dessous de 0 °C. Les mois les plus froids sont janvier et février, tandis que juillet et août sont les plus chauds. (**Grimes, 2005**). Le tableau ci-dessous (**Tableau 2**) représente les valeurs mensuelles moyennes de la température du PNEK entre (1995 et 2012)

Tableau 2. Températures moyennes mensuelles (°C) (1995-2012) (**Houilia, 2018**)

Mois T°C	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Min	08	09	10	12	16	19	22	23	21	13	13	10
Moyenne	13	13	15	17	21	24	27	28	26	22	17	14
Max	17	18	19	22	26	29	32	33	30	27	22	18

2.1.2.2.L'humidité

Située dans une région de marécages, la région d'El Kala est caractérisée par une forte humidité. Le taux d'humidité de l'air, mesuré en pourcentage, varie entre 72% et 78% pour la période de 1913 à 1936, avec un maximum enregistré pendant l'hiver et au début de l'été. Il oscille entre 68% et 75% pour la période de 1950 à 1988, avec un maximum à la fin de l'été et au début de l'hiver. Pour la période de 1978 à 2015, l'humidité varie entre 71% et 75%. (**Tableau 3**) (**Toumi et al., 2016**).

Tableau 3. Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (en %) (**Harbi, 2016**).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy.
H %	75,8	75,4	74	73,8	74,4	73,6	72,8	72,9	71,8	74,9	74,7	73,6	73,76

2.1.2.3. Les vents

Les vents dans la région sont caractérisés par des régimes de nord-ouest pendant la saison froide. Pendant la saison chaude, la vitesse des vents diminue, et le sirocco souffle principalement en été, asséchant l'atmosphère et favorisant les incendies de forêt en raison des températures élevées. Les vitesses maximales des vents sont enregistrées durant les mois d'hiver, notamment en décembre, janvier et février, comme observé à la station météorologique d'El-Kala (**Houilia, 2018**). Les moyennes mensuelles de la force des vents pour la période de 1995 à 2012 dans la région d'El-Kala sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4. Moyennes mensuelles de la vitesse des vents de la région d'El-Kala (1995-2012)**(Station météorologique d'El Kala, 2012).**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Vitesse (m /s)	4,38	4,27	4,16	3,88	3,17	3,26	3,05	3,04	3,7	3,78	4,15	4,29

2.1.2.4. Les précipitations

La région d'El Kala est l'une des régions algériennes bénéficiant d'une pluviométrie élevée, d'environ 1000 mm par an. Ces précipitations sont principalement dues à deux phénomènes météorologiques : les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'ouest et du nord-ouest, qui affectent le littoral nord-est algérien après avoir traversé l'Espagne et une partie de la Méditerranée, et les dépressions méditerranéennes se formant en Méditerranée occidentale, qui affectent généralement toutes les chaînes montagneuses entourant la Méditerranée, en particulier la partie orientale du Tell algérien (**Houilia, 2018**). Les précipitations mensuelles moyennes enregistrées par la station d'El Kala entre 1995 et 2012 sont consignées dans le tableau 5.

Tableau 5. Les précipitations moyennes mensuelles (°C) (1995-2012)**(Station météorologique d'El Kala, 2012).**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	113	63	75	59	41	21	4	11	62	73	105	112

2.1.3. Hydrologie du PNEK

La topographie de la région d'El-Kala donne lieu à trois systèmes hydrographiques distincts (**voir Tableau 6**). La partie sud-est est alimentée par trois oueds principaux : l'oued Bougous, l'oued Mellila et l'oued El Kébir, ce dernier étant le principal collecteur avec des apports de 245 hm³/an. Pendant les crues, il alimente les nappes dunaires et provoque l'inondation des dépressions inter-dunaires. La partie orientale est caractérisée par de nombreux petits oueds à faible débit qui se dirigent principalement vers la plaine d'Oum Teboul. La partie ouest est également traversée par plusieurs oueds, notamment le Bouaroug, le Mellah, le Reguibet, le Boumerchen et le Dai El-Graa, qui se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah

et Oubeira. La région d'El Tarf est réputée pour ses nombreuses sources, parmi lesquelles les plus importantes sont celles de Bouglez, Bouredim et El-Bhaim, situées au sud-est de la région (**Harbi, 2016**).

Tableau 6. Principaux cours d'eau du PNEK (**Harbi, 2016**)

Principaux oueds	Longueur	Exutoire
Otted Reguibct	8 km	Mellah
Oued Nhal	3,5 km	Plage Cap Rosa
Oued Mellah	7 km	Mellah
Oued El-Aroug	5 km	Mellah
Demat Rihane	1,5 km	Oubeira
Boumerchen	2 km	Oubeira
Dai El-Graa	5 km	Oubeira
El-Areug	10 km	Tonga
El-Hout	14 km	Tonga
Bougous	24 km	Mexa
Sbaa	4 km	Oued El-Kebir
Bouredim	5 km	Bouredim
Messida	10 km	Oubeira - El Kébir
El Kébir Mafrag	35 km	Mafrag

2.1.4. Couvert végétal

Dans le Parc National d'El-Kala, on trouve presque tous les types de végétation caractéristiques de la région méditerranéenne, notamment la végétation lacustre et tropicale telle que l'aulnaie (*Alnus glutinosa*), ainsi que des formations végétales artificielles ou de reboisement. Les formations végétales présentes dans le parc sont les suivantes: (**Fig.6**) (**Sarri, 2017**).

- Les formations rupicoles

Elle colonise les escarpements rocheux difficiles d'accès le long de toute la côte du parc, abritant un cortège floristique principalement composé d'espèces rares, voire endémiques, qui résistent et s'adaptent à l'influence marine.

- **Ripisylves (formation ripicoles)**

Ces formations végétales ripicoles sont généralement présentes le long des cours d'eau (oueds et sources) du parc. En fonction des caractéristiques spécifiques du cours d'eau (permanence, débit d'écoulement, longueur et largeur des lits majeurs et mineurs, altitude et latitude), on trouve des formations de composition et d'importance différentes, dominées principalement par l'aulne (*Alnus glutinosa*), le peuplier (*Populus alba*, *Populus nigra*) et le laurier noble (*Laurus nobilis*). Les ripisylves les plus importantes comprennent l'Oued El Kebir, Bougous, Bourdim, Souk R'guibet, Dey graâ, Demt Rihane, Boulaâroug, Mellah, El Hout, et celles de moindre importance telles que celles de l'Oued Boumerchene, Bouhchicha, El Eurg, Messida, N'hal, Oum Chtob, Ain Bergougaya et Boutribiche.

- **Le maquis de chêne kermès (Cocciferaie)**

Ce sont des formations végétales généralement localisées sur le cordon dunaire consolidé du littoral, jouant un rôle crucial dans la fixation du sable côtier. Ces formations sont principalement composées de chênes kermès pouvant atteindre 7 mètres de hauteur.

- **Le maquis à chêne liège (Subéraie)**

Il se présente sous forme d'une nappe buissonnante dont la hauteur varie entre 4 et 7 mètres, localisée entre les massifs forestiers non dégradés, là où les conditions édaphiques sont les plus contraignantes, tels que Kef Seglab, Ain Khiar et Mexa, au nord de Bougous.

- **Le maquis arboré de chêne liège**

Il s'agit d'un maquis avec une strate buissonnante d'une hauteur moyenne de 2 mètres et une strate arborée dominée par le chêne-liège, généralement de faible hauteur. C'est le type de formation végétale le plus important du parc, couvrant une superficie d'environ 20 000 hectares. On le trouve dans le massif des Djebels Koursi et Brabtia à l'ouest du parc, ainsi que dans le massif de Bougous, d'une superficie d'environ 9000 hectares, au sud-ouest du parc.

- **La forêt de chêne liège**

Il s'agit de la forêt de chêne-liège à trois strates (strate arborée, strate arbustive et strate herbacée). Dans le Parc National d'El-Kala, on distingue deux types de forêts de chêne-liège : la forêt des basses montagnes, où la strate arborée est principalement composée de *Quercus suber*, avec des sujets pouvant atteindre 8

mètres de hauteur, accompagnée d'un sous-bois dense caractérisé notamment par le *Phillyrea angustifolia*, le *Pistacia lentiscus*, l'*Erica arborea*, etc. La strate herbacée y est relativement rare. La forêt de montagne, quant à elle, se caractérise par une absence partielle ou totale de sous-bois, souvent due à l'action combinée du défrichement et du pâturage. La strate arborée est principalement composée de chêne-liège, parfois en mélange avec le chêne zeen, créant une ambiance forestière primitive. Les arbres sont généralement droits et peuvent atteindre jusqu'à 18 mètres de hauteur, avec une moyenne de 10,5 mètres. Les formations les plus importantes sont situées dans la région d'El-Ghorra et d'El Feden (Bougous).

- **La Zeenaie**

La forêt de chêne zeen (*Quercus canariensis*) prédomine généralement sur les expositions nord à nord-ouest, à des altitudes variant de 800 à 1200 mètres, comme c'est le cas pour les zeenaies d'El-Ghorra et d'El-Feden. Cette forêt se présente sous forme de futaie haute, où les arbres peuvent atteindre près de 30 mètres de hauteur en moyenne. Elle se caractérise par l'absence de sous-bois, elle est généralement âgée, rarement jeune, accessible, et dans un état sanitaire allant de bon à moyen. Le chêne zeen forme des peuplements homogènes sur une superficie relativement importante dans le parc.

- **Pineraies à Pin Maritime**

Le pin maritime forme des peuplements naturels, comme ceux situés à la frontière algéro-tunisienne au nord de Haddada, ainsi que des peuplements artificiels, principalement localisés au nord du lac Tonga sur des sols dunaires. Les reboisements autour du lac Tonga ont été réalisés au sein du *Cocciferetum*, et leur vigoureuse régénération par semis naturels témoigne de leur bonne acclimatation.

- **Pineraies à Pin D'Alep**

Les peuplements de pin d'Alep dans le parc national d'El-Kala sont naturels et se présentent sous deux types principaux : les peuplements littoraux sur dune, localisés à l'ouest du lac Mellah, et les peuplements sur grès de Numidie, issus de la dégradation de la subéraie des basses montagnes, comme ceux situés dans la région ouest de Ain Khia et de Haddada.

- Eucalyptaie

L'eucalyptus est une formation artificielle qui occupe d'importantes superficies sur le territoire du parc national. Non entretenue, elle est dense et broussailleuse, implantée dans des maquis ou des subéraies dégradées. Malgré cela, elle conserve relativement la structure et la composition du sous-bois initial, caractérisé par la présence de *Calycotome villosa*, *Genista fero*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Rubus ulmifolius*, entre autres. Cependant, ce sous-bois s'est progressivement clairsemé à mesure que les conditions édaphiques et d'ensoleillement ont évolué avec la croissance des arbres.

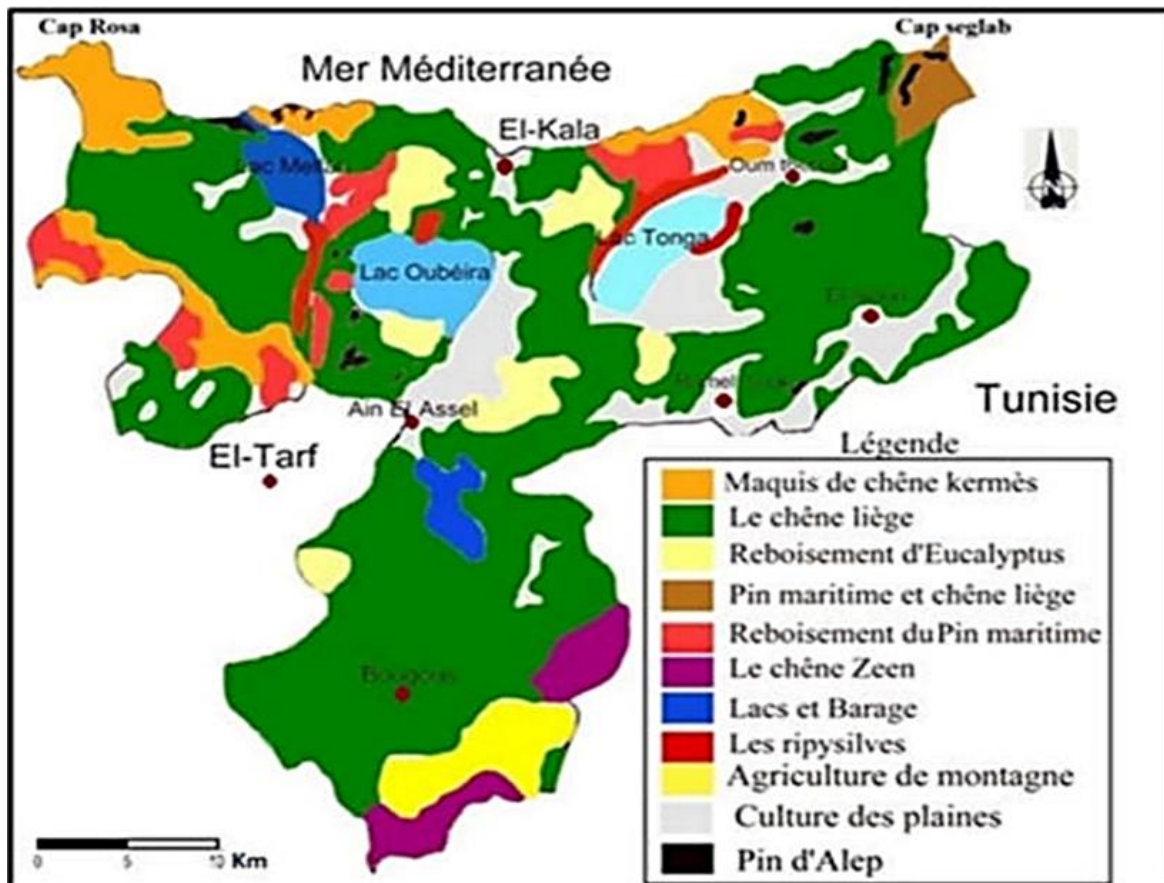


Figure 6. Carte de végétation du Parc National d'El-Kala (Sarri, 2017)

2.1.5. La richesse faunistique

La région d'El Tarf abrite une remarquable richesse faunistique, comme rapporté par Joleaud en 1936. Les lions y ont été maintenus jusqu'en 1891 et les panthères

jusqu'en 1930. Aujourd'hui, bien que moins abondante, la faune compte environ 36 espèces, parmi lesquelles le loup doré d'Afrique (*Canis anthus*), le renard (*Vulpes vulpes*), et la genette (*Genetta genetta*) (**Boukheroufa et al., 2009**). Parmi ces espèces, 7 sont considérées comme rares, notamment le cerf de Barbarie, la loutre, l'hyène rayée, le serval, le caracal, le vespertilion de Daubenton et la pipistrelle de Kuhl. En ce qui concerne l'avifaune, parmi les 189 espèces recensées, 55 sont des hivernantes et 134 sont des nicheuses (**Zentar, 2021**). De plus, plusieurs milliers d'oiseaux d'eau hivernent régulièrement dans les zones humides de la région d'El Tarf. Ces zones abritent plusieurs espèces dont les effectifs atteignent largement le seuil d'importance internationale (**Benyacoub, 1997**). En effet, bien que la plupart des ordres soient identifiés, les données dont nous disposons se limitent principalement à l'entomofaune. Nous savons cependant que le Parc National d'El Kala abrite environ 40 espèces d'Odonates (**Menai, 1993**), 50 espèces de Syrphidés (**Djellab, 1993**), 45 espèces de Carabidés (**Ouchtati, 1993**), et 31 espèces de Lépidoptères (**Beylagoun, 1998**). En ce qui concerne les reptiles, 17 espèces ont été recensées (**Rouag, 1998**), parmi lesquelles 6 sont peu abondantes et 2 espèces sont considérées comme rares, à savoir le Gecko verruqueux et la Cistude d'Europe. Pour les amphibiens, 6 espèces ont été identifiées, comprenant le Crapaud commun et de Mauritanie, le Discoglosse peint, la Rainette méridionale, le Triton de Poiret et la grenouille verte (**Rouag, 1998**).

2.1.6. Les zones humides du parc national d'El Kala

La caractéristique principale et originale du Parc National d'El Kala (PNEK) réside dans la remarquable articulation des zones humides, formant ainsi le complexe laguno-lacustre le plus important à la fois sur le territoire national et dans le bassin méditerranéen. (**Chekchaki, 2012**). Elles abritent une grande biodiversité ce qui leur confèrent le statut d'une réserve de biosphère par l'UNESCO. Ces zones humides comprennent des lacs, des marais et des rivières, offrant un habitat idéal pour une variété d'espèces animales et végétales. Elles sont notamment connues pour être un lieu de reproduction important pour de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs (**Boumezbeur, 2005**).

Parmi ces zones on distingue :

- **Lac Tonga**

Le lac Tonga, à la fois étang et marais d'eau douce, communique avec la mer par le chenal artificiel de la Messida. Il se distingue par la présence d'îlots flottants colonisés par des saules, de vastes étendues d'eau parsemées de nénuphars blancs, et une couverture végétale variée en forme de mosaïque (**Boumezbeur, 1993**). Situé nettement au-dessus du niveau de la mer, ce lac est entouré de collines de hauteurs variables, comprenant des sables dunaires reposant sur les grès de Numidie. Le lac Tonga constitue le principal site d'hivernage pour les oiseaux d'eau, accueillant jusqu'à 25 000 Anatidés et foulques (**Lazli, 2011**). De plus, il offre un habitat de nidification exceptionnel pour plusieurs espèces, dont certaines sont très rares ou en déclin dans leurs zones de répartition, telles que l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*) et la Guifette moustac (*Chlidonias hybridus*) (**Saifouni et al., 2020**).

Belkhenchir (1989) a noté la présence d'une diversité d'animaux non domestiques dans la région, parmi lesquels le sanglier, le caracal, le renard, le chat sauvage, le chacal, le cerf de Berbérie, l'hyène rayée, la mangouste, la loutre, le hérisson d'Algérie et le lièvre ; sept (07) de ces espèces figurent sur la liste des animaux protégés par le décret n°83-509 du 20 août 1983.

La richesse piscivore du lac se caractérise par la présence de l'anguille (*Anguilla anguilla*), de la gambuse (*Gambusia affinis*), du barbeau (*Barbus callensis*), du pseudophoxinel (*Pseudophoxinus callensis*) et du mulot (*Mugil ramada*) (**Amokrane, 2000**). Parmi les principales espèces végétales présentes, on trouve des hélrophytes comme le scirpe des lacs (*Scirpus lacustris*), le roseau commun (*Phragmites australis*), la massette à feuilles étroites (*Typha angustifolia*) et des hydrophytes tels que le nénuphar blanc (*Nymphaea alba*) ainsi que plusieurs potamots : *Potamogeton lucens*, *Potamogeton pectinatus* et *Potamogeton trichoïdes* (**Kadid, 1989 et 1999**).

- Lac Oubeira

Le lac Oubeira, d'une superficie de 2200 hectares, revêt un intérêt zoologique considérable en tant que site d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau. Il est fréquemment visité par des espèces telles que le Canard chipeau, le Fuligule morillon, et une espèce rare, l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*). De plus, il est habité par des populations de Mugilidés (*Liza saliens*, *Mugil cephalus*, *Atherina mochon...*), d'Anguillidés (*Anguilla anguilla...*) et de Cyprinodontidés (*Cyprinodon fatiatus...*) (Miri, 1997 ; Gauthier-Lievre, 1931).

La végétation autour du lac se présente sous forme de ceintures où dominent les scirpes, les roseaux, les potamots et les massettes (Miri, 1997). L'herbier flottant d'hydrophytes est principalement composé de myriophylle (*Myriophyllum spicatum*), de cératophylle (*Ceratophyllum demersum*) et de plusieurs potamos. Le lac Oubeira est également la seule station nationale où pousse la Châtaigne d'eau (*Trapa natans*), une espèce rare d'origine tropicale (Boumaraf, 2010).

- Lac Mellah

Réserve intégrale et site RAMSAR, le lac Mellah couvre une superficie de 860 hectares. Cette lagune, reliée à la mer par un chenal de 900 mètres de long, s'étend sur 4 kilomètres de longueur et 2,5 kilomètres de largeur, avec une profondeur moyenne de 2,5 mètres et un maximum de 6 mètres (Saifouni, 2021). Le lac Mellah est principalement alimenté par l'oued El-Aroug, l'oued Mellah et l'oued Reguibet, et son bassin versant couvre une superficie de 77 km². Parmi les poissons qu'il héberge, on trouve le loup de mer (*Dicentrarchus labrax*), la sole commune (*Solea vulgaris*) et la daurade (*Sparus auratus*). Le lac Mellah revêt une importance particulière pour les oiseaux d'eau, en particulier pour les Fuligules morillon et milouin, ainsi que pour les Grèbes (DGF, 2004).

- Lac Bleu

Également classé réserve intégrale et site RAMSAR, ce lac couvre une petite superficie de 3 hectares. Situé au nord-est du lac Mellah, il est entouré par une mince ceinture de végétation composée de scirpe, de typha, de joncs et de roseaux. On y trouve également certaines espèces rares telles que le nénuphar blanc (*Nymphaea*

alba) et la fougère royale (*Osmunda regalis*) (Saifouni, 2021). Après la disparition du lac Noir, le lac Bleu reste l'unique biotope où *Urothemis edwardsi* (Libellulidae) existe en tant qu'espèce endémique (Samraoui *et al.*, 1993).

2.2. Présentation du modèle biologique : Les oiseaux d'eau

Dans cette étude nous nous sommes intéressés au peuplement des oiseaux d'eau qui fréquentent régulièrement le marais du Mellah.

2.2.1. Classification

Les oiseaux d'eau sont définis comme "des espèces d'oiseaux qui dépendent écologiquement des zones humides". Cette définition est utilisée par la Convention de Ramsar sur les zones humides. Wetlands International considère les espèces des familles suivantes comme des oiseaux d'eau (Reebs, 2021).

Tableau 7. Classification de quelques familles et espèces d'oiseaux d'eau (Reebs, 2021).

Classe	Familles	Exemple d'espèces
Aves	Gaviidae	Plongeurs
	Podicipedidae	Grèbes
	Pelecanidae	Pélicans
	Phalacrocoracidae	Cormorans
	Anhingidae	Anhingas
	Ardeidae	Hérons
	Scopidae	Ombrette africaine
	Ciconiidae	Cigognes
	Balaenicipitidae	Bec-en-sabot du Nil
	Threskiornithidae	Ibis et spatules
	Phoenicopteridae	Flamants
	Anhimidae	Kamichis
	Anatidae	Canards, Oies et Cygnes
	Gruidae	Grues

Aramidae	Courlan brun
Rallidae	Râles, Gallinules et Foulques
Heliornithidae	Grébifoulques
Eurypygidae	Caurale soleil
Jacanidae	Jacanas
Rostratulidae	Tibétain
Recurvirostridae	Échasses et Avocettes
Burhinidae	Oedicnèmes
Glareolidae	Courvites et Glaréoles
Charadriidae	Vanneaux, Pluviers, Gravelots
Scolopacidae	Bécasses, Bécassines, Bécassins, Barges, Courlis, Chevaliers, Tournepierres, Bécasseaux, Phalaropes
Pedionomidae	Pedionome errant
Thinocoridae	Attagis, Thinocores
Laridae	Mouettes, Goélands, Sternes
Rynchopidae	Bec-en-ciseaux

Les oiseaux appartiennent au règne animal, plus spécifiquement au phylum des chordés et à la classe des oiseaux (Aves), Ils se différencient par des caractères morphologiques, qui leurs conforme d'une certaine classification.

2.2.2. Description morphologique

Les oiseaux d'eau partagent des caractéristiques anatomiques, morphologiques et physiologiques adaptées à l'eau, ou bien ont développé des stratégies spécifiques (de reproduction, d'hivernage, de recherche de nourriture) qui favorisent leur survie dans ce type d'environnement (**Tamisier & Dehorter, 1999**). Selon **Treca en 1990** on distingue :

- Les plumes

Les plumes ne sont pas indispensables au vol puisque d'autres animaux sans plume peuvent voler (insectes, chauve-souris...), mais c'est un caractère fondamental de l'adaptation au vol chez les oiseaux. Le développement de La plume ressemble à

celui des écailles des reptiles, au moins h ses débuts. Mais on, ne trouve jamais, chez les oiseaux actuels, d'intermédiaire entre les écailles et les plumes. Il existe plusieurs types de plumes : - les plumes de contour (les "vraies" plumes), qui comprennent les grandes plumes des ailes, les rémies, celles de la queue, les rectrices, et les plumes plus petites qui couvrent le corps de l'oiseau. - le duvet. - les semi-plumes. - les filo-plumes. - et le duvet poudreux.

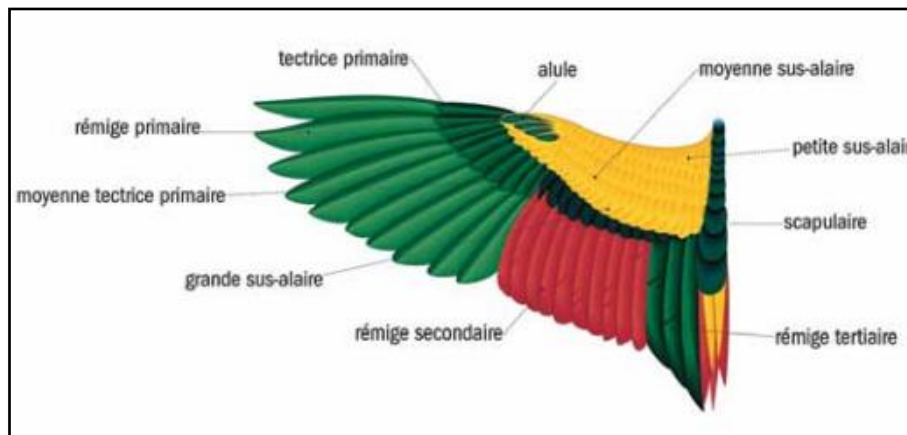


Figure 7. Aile d'un oiseau (Source internet <https://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/File/5%20-%20Oiseaux.pdf>).

- **Bec**

Le bec d'un oiseau est constitué de deux mandibules de lames cornées, généralement dépourvu édentées. Il permet de manipuler la nourriture, sans toutefois qu'il y ait mastication. Sa taille, sa forme et sa robustesse sont d'ailleurs révélatrices du régime alimentaire de l'oiseau. Selon la morphologie le bec, peut avoir d'autres fonctions telles creuser des trous, fouiller la vase, manipuler les matériaux pour la construction du nid, etc (Treca, 1990).

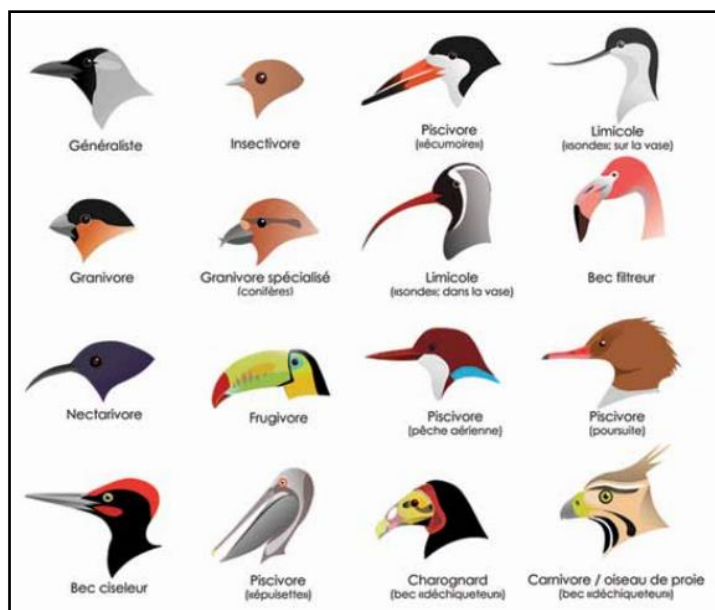


Figure 8. Morphologie de bec des oiseaux d'eau (Source internet <https://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/File/5%20-%20Oiseaux.pdf>).

- Patte

À l'instar du bec, l'apparence des pattes varie aussi beaucoup selon les espèces. Comme la disposition des doigts, la longueur des griffes et la présence de palmures, etc., reflètent le mode de vie et le régime alimentaire des oiseaux. Un rapace dispose de serres lui permettant de capturer efficacement ses proies ; les oiseaux limicoles sont pourvus de pattes et de doigts longs et effilés pour marcher aisément sur la vase; les passereaux ont de petites pattes fines avec un ou deux doigts pointés vers l'arrière, ce qui leur permet de se percher (Treca, 1990).

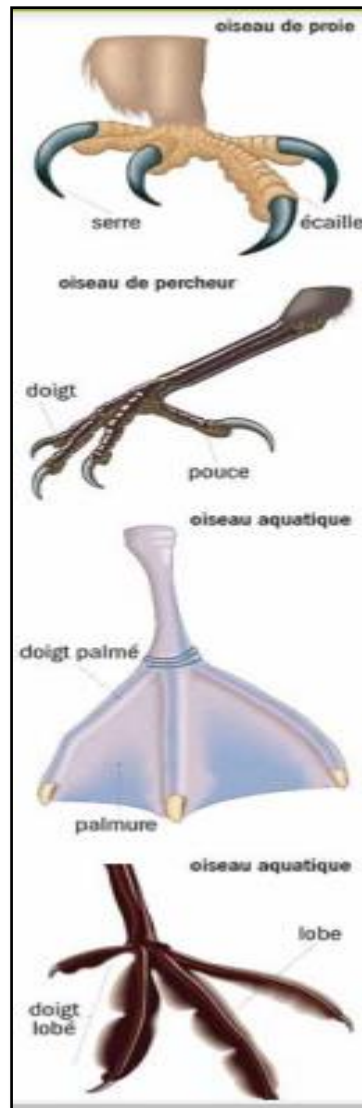


Figure 9. Types des pattes des oiseaux d'eau (Source internet <https://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/File/5%20-%20Oiseaux.pdf>).

2.2.3. Distribution spatiale

La Convention de Ramsar définit les « oiseaux d'eau » comme des espèces écologiquement dépendantes des zones humides. Ils sont souvent de longs migrants transfrontaliers, dont beaucoup sont des migrateurs transcontinentaux. Leur cycle de vie s'inscrit dans une vaste zone biogéographique, le Paléarctique, voire le domaine Afro-tropical. Le manque de nourriture constitue le facteur clé de leur émigration périodique à la recherche d'alimentation (Lack, 1954). Ils se reproduisent dans des pays différents de ceux qui les accueillent tout au long de leur trajet d'aller et de retour, lors des étapes migratoires ou pendant leur période d'hivernage (Chettibih *et*

al., 2019). Ils peuvent être divisés en grands groupes en fonction de leurs comportements alimentaires. Les oiseaux barboteurs s'alimentent principalement à la surface de l'eau, tandis que les plongeurs cherchent leur nourriture en profondeur (Paracuellos, 2006). De nombreux oiseaux d'eau sont migrateurs et parcourent de longues distances entre leurs aires de reproduction et d'hivernage. Lorsque les températures augmentent à nouveau dans leur région d'origine et que les ressources saisonnières redeviennent disponibles, ces oiseaux reviennent pour se reproduire. Le retour est généralement rapide afin de maximiser les chances de trouver un site de nidification dans un endroit où la nourriture sera abondante (Homci & Hamidani, 2019).



Figure 10. Immigration des oiseaux d'eau vers les quartiers d'hivernage (Source : DGF, 2021)

L'Algérie est située au cœur du système de migration de la zone paléarctique et des migrations trans-sahariennes entre l'Eurasie et l'Afrique tropicale. En effet, l'Algérie occupe une position stratégique dans ce système migratoire, se trouvant sur les deux principales voies de migration de l'Est Atlantique.

Selon le découpage établi par Morgan (1982) et Chalabi (1990), elle a été divisée en cinq principales régions ornithologiques et deux principales grandes régions biogéographiques (Tableau.7) (Bellatreche, 1994).

Tableau 8. La répartition des familles d'oiseaux d'eau dominants dans les cinq principales régions ornithologiques (Rabhi & Mouhous, 2019).

Familles dominantes	Régions ornithologique	Régions biogéographiques
Anatidés (57831), Rallidés(12762), Limicoles (7951), oiseaux marins (2733).	Est	Régions méditerranéennes
Anatidés (6308), Rallidés, oiseaux marins.	Centre	
Anatidés(31831), Flamants (11833).	Ouest	
Anatidés (45025), Flamants (8454), Limicoles (6819),Rallidés (3695).	Hauts plateaux	
Flamants	Sud	Région saharienne

2.2.4. Données bioécologique

Le cycle biologique des oiseaux se compose principalement de deux phases : la reproduction et l'hivernage, connectées par les périodes de migration et éventuellement la période de mue (Tamisier & Dehorter, 1999). La phase de reproduction des oiseaux d'eau comprend généralement plusieurs étapes : le regroupement et la formation des couples, la construction du nid, la ponte, l'incubation, l'éclosion des œufs, l'élevage des jeunes, et enfin l'envol de ceux-ci. Pour certaines espèces, il existe également une période postérieure à l'envol durant laquelle les jeunes restent dépendants de leurs parents pendant un laps de temps variable (Tamisier & Dehoter, 1999). La période de reproduction est synchronisée avec la disponibilité optimale de nourriture et d'habitat afin d'assurer la survie des jeunes (Owen & Black, 1990 ; Samraoui et al., 2012).

2.2.5. Rôle fonctionnel des oiseaux d'eau

Effectivement, les oiseaux d'eau sont d'importants indicateurs écologiques, jouant un rôle crucial dans les écosystèmes aquatiques. Leur présence et leur comportement reflètent souvent l'intégrité écologique des milieux aquatiques. Par conséquent, leur étude est essentielle pour évaluer l'impact des perturbations et orienter les actions de

gestion (Carraviéri, 2014). Certains oiseaux d'eau ont des exigences spécifiques en matière d'habitat, tandis que d'autres espèces sont plus flexibles et peuvent être trouvées dans une gamme plus large de milieux aquatiques (Brown *et al.*, 2014).

Ils participent à la régulation des écosystèmes aquatiques en contrôlant les populations d'invertébrés et contribuent à maintenir l'équilibre naturel des écosystèmes aquatiques. (Blondel & Desmet, 2018).

Certains oiseaux d'eau, comme les canards et les oies, se nourrissent de graines de plantes dans les zones humides et les dispersent ensuite par leurs excréments. Cela peut contribuer à répartir les espèces végétales dans l'ensemble de la zone humide et à promouvoir la diversité des plantes (Dorst, 1947) et à contrôler leurs croissances et à les empêcher qu'elles ne deviennent envahissantes et ne dominent la zone humide (Charvolin *et al.*, 2018).

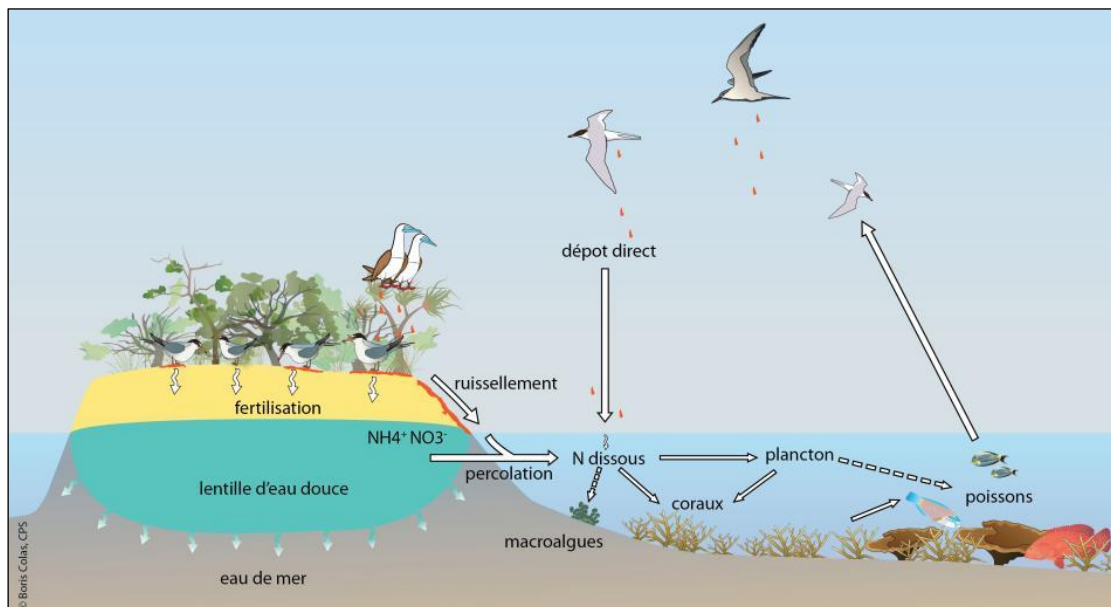


Figure 11. Rôle des oiseaux d'eau dans les écosystèmes aquatiques (Source : Fresh National Research Institute for Sustainable Development, 2023)

2.3. Méthodologie générale

2.3.1. Présentation du site d'étude : Marais du Mellah

Nous nous sommes intéressés à la zone marécageuse nommée « Marais du Mellah » ou autrement dit « Gharaat El Mellah ». Le marais du Mellah s'étend sur une superficie de 71.75 ha. Il est localisé au sud de la lagune du Mellah, au nord de la route CW 109, à l'est en bordure de la route de la vieille Kalle et à l'ouest à la limite

de la présence des scirpes (**Boulahbel, 1999 ; Boukheroufa, 2001**). Il est un emplacement privilégié pour l'alimentation et la nidification de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs ou résidents. Sa richesse est principalement liée à la nature saumâtre et à la faible profondeur de ses eaux, ainsi qu'à la présence d'une importante réserve de nourriture que ces oiseaux exploitent tout au long de l'année.



Photo 1. Différentes prises de vue du marais du Mellah (Cliché Henada)

4 types de biotopes caractérisent le marais du Mellah :

- Une série de dépressions, de faible profondeur, qui peuvent être inondées par les apports pluviaux directs, par l'augmentation de débit de l'oued Bouaroug ou par le flot d'origine marine qui affecte l'ensemble du système lac Mellah-marais. Ces dépressions, dont le fond est vaseux, sont dépourvues de végétation et couvrent une superficie de 24 ha. Leur période d'inondation dure environ 9 à 10 mois. Elles s'assèchent généralement à partir de la mi-juillet jusqu'à la fin septembre (**photo 1**) (**Boukheroufa, 2001**). Elle constitue un lieu d'alevinage pour les poissons du lac (observation de bancs d'alevins).
- Il existe des zones légèrement surélevées, faiblement inondées, entre les dépressions

sur lesquelles croît une végétation halophyte occupant une superficie de 30.5 ha, et constituée essentiellement de scirpes maritimes et de salicornes. Les scirpes maritimes sont remplacés par les scirpes lacustres au sud du marais, lorsque l'eau douce remplace progressivement l'eau saumâtre.

- L'aulne *Alnus glutinosae* et les frenes *Fraxinus excelsior* occupe une superficie de 14.5 ha localisée à l'extrême sud du marais dont la présence et le maintien sont favorisés par l'écoulement de l'oued Bouaroug. Ce type de milieu a été inclus dans le site, dans la mesure où son contact direct avec le marais favorise son exploitation comme zone de nidification ou de protection pour nombreuses espèces (Martin pêcheur, Aigrette garzette, Poule d'eau, Héron blongios.ect).
- Une bande de sable relativement étroite, sous forme de bourrelet, sépare le marais, du lac proprement dit (**Photo 2**). Sa superficie est de 2.75 ha. Sur laquelle croissent quelques pieds de Tamarix, notamment au sud ainsi qu'une maigre végétation de Lentisque, de Myrtes et de Calycotome.



Photo 2. Bourrelet de sable séparant le lac et le marais du Mellah (Cliché Henada)

2.3.1.1. Géologie et Géomorphologie

Les premiers minéraux mentionnés se trouvent dans les fonds des vallées et aux bordures des plaines, tandis que les seconds sont principalement localisés au Sud-Est du Parc National d'El Kala. La tectonique a été influencée de différentes manières, impliquant deux phases distinctes et deux styles prédominants. Les grands mouvements du tertiaire, liés à la phase alpine, sont associés aux mouvements majeurs responsables des alignements Nord-Est. Au quaternaire, des

mouvements transverses et des directions variables ont donné lieu à la formation d'une série de dômes et de cuvettes. Cette activité néotectonique se poursuit jusqu'à la période actuelle (**De Belair, 1990**). Ces mouvements se manifestent principalement à travers des dépôts marins et fluviaux, mais on trouve également des galets, des limons et des sables. Les dépôts marins ont donné naissance à des amas dunaires au nord du lac Mellah, tandis que les dépôts fluviaux se matérialisent sous la forme de dunes résultant de l'érosion marine sur les falaises gréseuses. On observe des formations de sables dunaires répartis en cordons parallèles, correspondant aux plages actuelles, ainsi que des dunes littorales, sud-littorales et anciennes regroupées sous le terme de sables dunaires (**Boukheroufa, 2001**).

2.3.1.2. Hydrologie

Le marais du Mellah se caractérise par un régime hydrologique saisonnier. Durant la saison des pluies il bénéficie, en amont, des apports pluviaux directs, des apports de l'Oued Bouaroug qui prend sa source dans Djebel Brabtia à proximité d'Ain Khiair et dans une moindre mesure d'un certain nombre de petits Oueds secondaires, des canaux de drainage et des exutoires divers des nappes phréatiques (**Boukheroufa, 2001**).



Photo 3. Exutoire permanent Nord du marais vers la lagune (Cliché Henada)

L 'ensemble des eaux qui convergent vers le bassin de réception qu'il constitue, est évacué dans le lac Mellah par deux exutoires permanents (**Photo 3**) localisés à la limite nord du marais et un troisième exutoire temporaire localisé à l'Est du marais (**Photo 4**) (*in* **Boukheroufa, 2001**). C'est également par ces voies que le flot des eaux du lac pénètrent lors des marées.



Photo 4. Exutoire temporaire Nord-Est du marais vers la lagune (Cliché Belbel)

2.3.1.3. Richesse Faunistiques

Le marais du Mellah et sa périphérie font l'objet d'une importante fréquentation faunique qui utilise les potentialités biologiques du site. Grâce à une végétation dense, le site est largement fréquenté par les oiseaux d'eau ainsi que les oiseaux forestiers. **Boukheroufa (2001)** a caractérisé 54 espèces différentes d'oiseaux d'eau, fréquentant le marais du Mellah en fonction de la saison, du niveau d'eau et des flux migratoires. D'autres espèces animales fréquentent régulièrement le marais, qu'il s'agisse des Reptiles et des Amphibiens (**Rouag, 1999**), de bancs d'alevins, suggérant que le marais servirait naturellement de lieu d'alevinage pour les poissons du lac (**Boulahbel ,1999**), des Odonates (**Boulahbel, 1999**), des Carabidés (**Ouchtati, 1993**) et des Lépidoptères (**Beylagoun, 1998 ; Frahtia, 2006**). Le marais est également un habitat pour de nombreuses espèces de mammifères, notamment le loup doré d'Afrique (*Canis anthus*), le renard roux

(*Vulpes vulpes*), la genette commune (*Genetta genetta*) et la mangouste (*Herpestes ichneumon*). Leurs traces sont souvent visibles sur le sable des rives, témoignant de leur présence active dans la région (**Boukhroufa et al., 2009**). Le sanglier (*Sus scrofa*) fréquente les abords immédiats du lac où il se nourrit principalement de champignons ou de mollusques gastéropodes. Les nombreux retournements de sable et de terre sont des signes évidents de ses fréquentes visites dans la région (**Benotmane et al., 2022**).

2.3.1.4. Richesse floristique

La végétation des marais est constituée d'espèces adaptées au milieu humide (généralement halophytes). Sa composition varie selon la hauteur de l'eau, l'importance des périodes d'assèchement, et le taux de salinité. Le marais du Mellah ne déroge pas à cette règle puisque plusieurs espèces halophytes y sont présentes (**Boukheroufa, 2001**).

2.3.2. Etude cartographique

Nous avons mené une étude cartographique du marais du Mellah. La cartographie est une discipline qui englobe toutes les études et opérations, à la fois scientifiques et techniques, nécessaires à la création de cartes ou de plans à partir d'observations directes ou de l'exploitation de données préexistantes (**Meyen, 1973 ; Long, 1974**). La cartographie mobilise un ensemble de techniques jouant un rôle central dans la production de cartes et représente un moyen essentiel d'analyse et de communication en géographie. Elle permet une meilleure appréhension de l'espace, des territoires et des paysages. En particulier, la cartographie des zones humides est précieuse à la fois pour délimiter ces zones de manière exhaustive et homogène, et pour faciliter la représentation spatiale de leurs fonctions hydrologiques, biogéochimiques et écologiques à des échelles de gestion. Ainsi, elle constitue un outil important pour informer et guider les décisions en matière de planification environnementale.

(**Rapinel et al., 2019**). Nous avons parcouru plusieurs étapes tout au long de la conception de nos cartes :

- ❖ Consultation de la documentation : notamment des études antérieures portant sur la botanique, le climat, la géologie et d'autres aspects pertinents

concernant notre région d'étude. (**Benyacoub et al., 1998 ; Boulehbel, 1999 ; Benyacoub & Chabi, 2000 ; Boukheroufa, 2001 et Brahmia, 2002**).

- ❖ Choix de l'échelle : L'échelle choisie est au 1/1000.000 ème pour l'Est Algérien et 1/500 000 ème pour la région de El Kala par exemple.
- ❖ Prospection du terrain : De nombreuses sorties sur terrain ont été effectuées pour une meilleur connaissance de la région et pour cerner la zone d'étude et déterminer les itinéraires à suivre. Lors de la prospection, nous avons également dressé un inventaire floristique et établi la distribution de chaque grande formation végétale dans tout le marais.
- ❖ Traitement des données : A l'aide d'un modèle numérique de terrain (MNT), puis intégré ces données dans le système d'information géographique (SIG), cela nous a permis de réaliser des cartes topographique, morphologique, hydrographique.etc

Les cartes ont été réaliser toute en respectant un certain nombre de principes (**Ozenda, 1963 ; Bontemps, 2004**) :

- La carte doit porter un titre correspondant au sujet traité, court et expressive.
- La légende doit être organisée de manière ordonnée, avec les valeurs et les unités correspondantes présentées consécutivement.
- L'échelle doit être représentée soit de manière graphique et/ou numérique.
- Le choix du figuré doit être le mieux adapté possible au thème de la carte, que ce soit des points, des lignes, ou des surfaces, en prenant en considération les couleurs, les hachures, les formes ou les épaisseurs pour une représentation claire et efficace.
- Il est essentiel que la carte soit lisible en évitant toute surcharge d'informations, en privilégiant une présentation claire et aérée qui facilite la compréhension des données cartographiées.
- Pour faciliter le repérage rapide, la nomenclature avec les noms indispensables doit figurer sur la carte. Il est recommandé d'utiliser une écriture de préférence horizontale pour assurer une lisibilité optimale.
- Pour garantir une utilisation aisée, l'orientation doit être indiquée sur la carte en précisant les quatre points cardinaux et/ou les coordonnées géographiques.

- Il est essentiel de dater la carte en indiquant les données utilisées, ce qui facilite sa mise à jour ultérieure.
- La charte graphique de la carte doit être attrayante pour permettre une exploitation facile et intuitive.

Nous avons ensuite procédé au traitement en utilisant des données satellitaires :

- Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une représentation numérique en trois dimensions de la topographie d'un terrain ou d'une planète, créée à partir de données altimétriques. Le MNT ne tient pas compte des objets présents à la surface du terrain, comme les végétaux ou les bâtiments.
- La mission Shuttle Radar Topography (SRTM) désigne des données topographiques fournies sous forme de fichiers matriciels et vectoriels, collectées par deux agences américaines : la NASA et la NGA (anciennement NIMA). Ces données altimétriques ont été obtenues lors d'une mission de 11 jours effectuée en février 2000 par la navette spatiale Endeavour (STS-99), à une altitude de 233 km, en utilisant la technique de l'interférométrie radar.

Une fois les images satellitaires traitées, les cartes ont été réalisées en utilisant les logiciels suivants :

A. ArcGis 10.3

ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées : ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox. Avec ces trois applications, il est possible d'accomplir toutes les tâches SIG, du niveau le plus élémentaire au plus avancé, notamment la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données et le géotraitement. ArcMap est l'application centrale dans ArcGIS Desktop. C'est l'outil principal pour toutes les tâches liées aux cartes, y compris la cartographie, l'analyse spatiale et la mise à jour des données géographiques. Dans ArcMap, vous travaillez avec des cartes. Chaque carte possède une mise en page comprenant une fenêtre géographique contenant un ensemble de couches, de légendes, de barres d'échelle, de flèches indiquant le nord et d'autres éléments cartographiques.

B. Google Earth Pro

Google Earth est un logiciel développé par la société Google qui permet la visualisation de la Terre à partir d'images satellites assemblées. Il offre aux utilisateurs la possibilité de survoler la Terre virtuellement et de zoomer sur n'importe quel endroit de la planète. La précision des informations disponibles varie en fonction des régions géographiques, mais dans l'ensemble, Google Earth offre une vue détaillée de nombreuses zones du monde.

C. SASPlanet

Il s'agit d'un programme qui permet la visualisation et le téléchargement d'images satellite haute résolution ainsi que de cartes conventionnelles provenant de divers services tels que Google Maps, DigitalGlobe, Kosmosnimki, Yandex.Maps, Yahoo ! Maps, VirtualEarth, Gurtam, OpenStreetMap, eAtlas, Genshtab maps, iPhone maps, Navitel maps, et Bings Maps (Bird's Eye), entre autres. L'avantage principal de ce programme est que toutes les images téléchargées sont stockées localement sur votre ordinateur, ce qui vous permet de les visualiser même sans connexion Internet.

2.3.3. Caractérisation du peuplement d'oiseaux d'eau

Le bio monitoring des oiseaux d'eau du marais du Mellah a été effectué à raison de deux sorties par mois entre 2020 et 2021. Les sorties ont été réalisées tôt le matin (de 7H à 10H) afin d'optimiser l'observation des oiseaux d'eau. Toutes les espèces ont été identifiées en utilisant les clés de **Vinicombe et al., 2014**. Nous avons utilisé la méthode absolue pour le dénombrement des oiseaux (dénombrement exhaustif). On retiendra ce comptage individuel puisque le groupe d'oiseaux se situe à une distance inférieure à 200 m et ne dépasse pas les 200 individus (**Blondel, 1969 ; Lamotte & Bourlière, 1969**). La méthode absolue est appliquée en fonction de :

- La taille du site.
- La taille de la population des oiseaux.
- L'homogénéité de la population

(**Blondel, 1969**).



Photo 5. Comptage directe des oiseaux d'eau du marais du Mellah (Cliché Henada)

2.3.4. Analyse des paramètres physico-chimiques du sol

Après avoir parcouru toute la périphérie du marais du Mellah, nous avons choisi 6 points de prélèvements en fonction de la végétation environnante et la proximité des habitations des riverains (**Fig.13**).

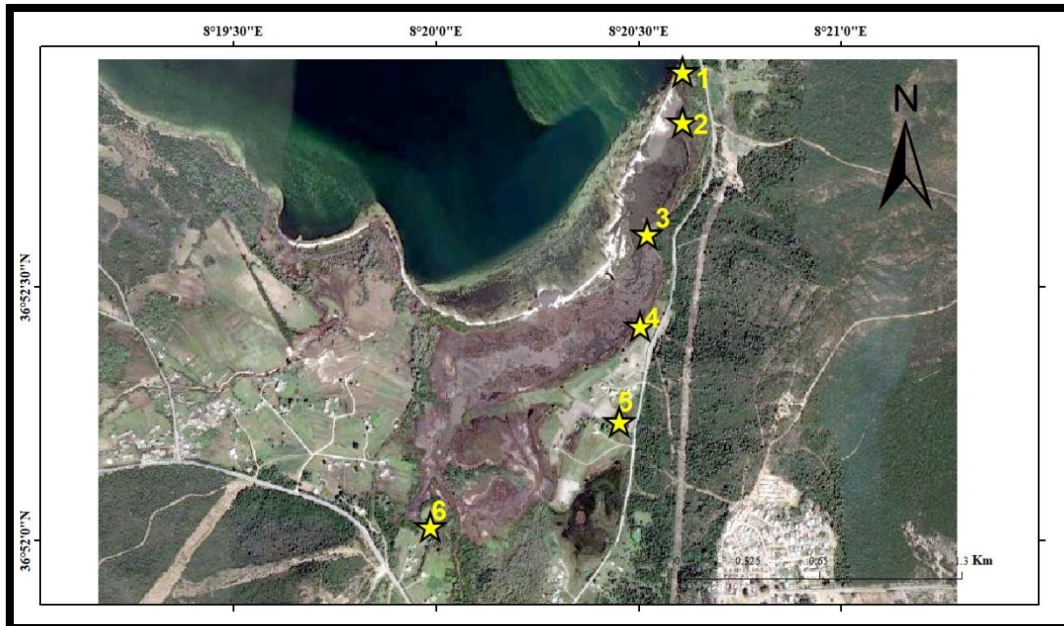


Figure 12. Illustration des Points de prélèvement du sol (@ Henada)

Nous avons prélevé à l'aide d'une tarière environ 250 grammes de sol, à raison de 3 répliquât par point et les échantillons récoltés ont été stockés dans des sachets en craft étiquetés (date, localisation).



Figure 13. Prélèvement des Echantillons de sol (clichée Henada)

2.3.4.1. Préparation des échantillons de sol

La préparation des échantillons prélevés sur terrain (Séchage, Broyage, Tamisage et conservation) a été faite dans le laboratoire **Sol et développement durable de l'Université de Badji Mokhtar Annaba (Fig.14)**. L'analyse physico_ chimique des échantillons a été faite dans le laboratoire central de l'entreprise FERTIAL (ISO 14001).



Figure 14. Protocole de préparation des échantillons de sol (clichée Henada)

Les différents paramètres physique et chimique ont été analysés selon les méthodes suivantes :

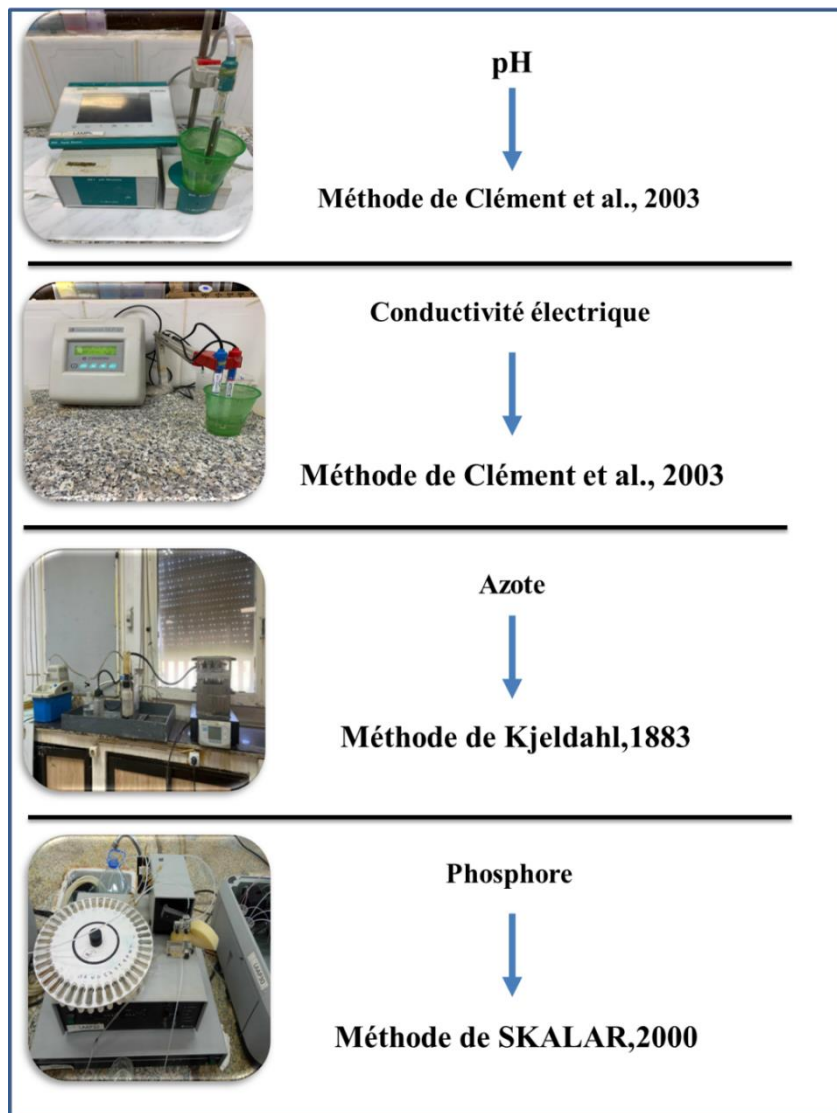


Figure 15. Protocoles illustré de dosages des paramètres physico-chimiques

2.3.4.2. Protocoles opératoires

❖ Détermination du pH et la conductivité électrique

- Principe du pH

- Préparation de la suspension de sol (prise d'essai / eau 1/5 P/P).
- Mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de mesure et une électrode de référence plongée dans une suspension aqueuse en équilibre de l'échantillon de sol.
- La mesure se fait manuellement à l'aide d'un pH mètre de paillasse. L'appareil est d'abord étalonné avec les tampons 4 et 7.
- Le pH est mesuré sous agitation, à stabilité, à température ambiante.

- Principe de la conductivité électrique

- Filtration de l'extrait aqueux P/P 1/5
- Mesure conductimétrie du courant conduit par les ions présents dans une colonne de l'extrait aqueux délimitée par deux électrodes en platine maintenues parallèles.
 - La résistivité électrique de la colonne en ohms-centimètre est : $res = R \cdot S / L$ avec : -R : résistance de la colonne de l'extrait, dépendante de la concentration en ions, de la nature des ions, de la température de la solution et de la viscosité de la solution. -S : section de la colonne en cm². -L : longueur de la colonne.
- La conductivité électrique en siemens est : $EC = 1 / res$

- Mode opératoire

A. Prise d'essai

- Peser à 0.01 g près 20 g d'échantillon de terre fine sèche à 2 mm.
- Verser la prise d'essai dans le flacon plastique pré numéroté correspondant.
- Travailler dans l'ordre de la feuille de travail.

B. Mise en suspension

- Distribuer dans chaque flacon 100 ml d'eau déminéralisée à 20°C +2°C
- Fermer hermétiquement chaque flacon.
- Placer les flacons dans la caisse d'agitation.

- Agiter pendant 30 minutes sur agitateur rotatif réglé à 40 tours/ minute.
- Sortir les échantillons de la caisse d'agitation.

C. Filtration d'une partie de l'extrait

- L'opération de filtration n'est pas nécessaire si la conductivité n'est pas demandée.
- Passer alors directement au point C Sans attendre.
- Pour chaque échantillon, agiter vigoureusement le flacon à la main.
- Retirer rapidement le couvercle et verser rapidement sur le filtre une partie de la suspension.
- Recueillir les filtrats dans un pilulier plastique.
- Ne pas remplir trop les filtres de manière à éviter des remontées de matière le long du filtre et une contamination des extraits.
- Les filtrats obtenus doivent être clairs et le volume récupéré sur électrodes avec une pissette d'eau déminéralisée entre chaque échantillon.
- A la fin de la série de mesure, mesurer à nouveau frisant (environ 50 ml). Les filtres auront été préalablement lavés trois fois à l'eau déminéralisée puis séchés. Faire les mesures de la conductivité et du pH sitôt après, le jour même.
- Le filtrat obtenu sera utilisé pour la mesure de la conductivité (dès la filtration réalisée, couvrir les piluliers). Le reste de la suspension de sol sera utilisé pour la mesure du pH.

D. Mesure du pH

- Commencer la mesure des pH entre une heure et deux heures après la fin de l'agitation.
- La mesure est réalisée sous agitation, à stabilité, sur la suspension de sol.
- La température des solutions étalon doit être la même que la température des échantillons (à $\pm 1^\circ\text{C}$).
- L'appareil est équipé d'une sonde thermique qui corrige le pH en fonction de la température. On veillera cependant à ce que les solutions étalon et les extraits à mesurer soient à la même température.
- Etalonner le pH mètre avec les tampons pH 4 et pH 7 en entrant les valeurs des pH 4 et 7 pour cette température.

- Noter la valeur de la pente d'étalonnage dans le cahier d'utilisation de l'appareil. Bien rincer les électrodes entre chaque mesure.
- Mesurer chaque étalon comme échantillon et vérifier que l'on retrouve pH 4.00 \pm 0.01 et pH 7.00 \pm 0.01.
- Verser la suspension de sol (environ 50 ml) dans un bécher propre muni d'un magnétique. Mesurer le pH de la suspension de chaque échantillon.
- Les électrodes doivent plonger d'au moins 3 cm dans la suspension.
- La mesure se fait à stabilité sous agitation (agitation magnétique). Pour un fonctionnement normal des électrodes, le temps de stabilisation est inférieur à 30 secondes.
- Noter la valeur du pH sur la feuille de travail. Bien rincer les le pH 7 comme échantillon et noter la valeur obtenue sur la feuille de travail. On doit retrouver 7.00 \pm 0.02

E. Mesure de la conductivité électrique :

- L'appareil CRISON est équipé d'une sonde de température, donc elle corrige la conductivité lue en fonction de la température mesurée de la solution.
- L'appareil est programmé pour être étalonné avec 2 solutions étalon (par ex 1413 μ S/cm et 12.88 US/cm).
- La mesure se fait après une période d'agitation de la solution à mesurer. Il faut être sûr qu'il n'y ait pas de bulle d'air dans la cellule au moment de la mesure.
- La mesure est donnée à stabilité.
- Etalonner l'appareil avec les 2 solutions étalon prévues.
- Vérifier l'étalonnage en repassant les 2 solutions étalon comme échantillon. Noter sur la feuille de travail la température des solutions indiquée par l'appareil. L'appareil donne la mesure de la conductivité à 25°C.
- Attention aux unités (mS/cm ou μ S/cm). La mesure est réalisée sur l'extrait filtré.
- La différence de température entre les échantillons et les étalons est normalement compensée par la sonde thermique mais il vaut mieux que les solutions étalon et les extraits à mesurer soient à la même température.
- Entre chaque mesure, rincer soigneusement l'électrode de conductimétrie et la sonde de température à l'eau déminéralisée et sécher avec un papier absorbant. La conductivité lue est donnée par l'appareil à 25°C.

- Noter la valeur en mS/cm (millisiemens/cm) à 25°C sur la feuille de rapport des analyses.
- Note : $EC(20^\circ C) - EC(25^\circ C) \cdot 0.90253$. Pour exprimer le résultat en mS/m, multiplier le résultat en mS/cm par 100. A la fin de la série de mesure, mesurer à nouveau la conductivité des solutions étalon. Les valeurs trouvées doivent être égales aux valeurs attendues à 5% près.

❖ Détermination du phosphore

- Principe

- Cette méthode implique l'extraction des formes de phosphore soluble en agitant l'échantillon dans une solution d'hydrogencarbonate de sodium selon des conditions spécifiques. Cette agitation vise à réduire la concentration des ions calcium, aluminium et fer (II) en favorisant la précipitation du carbonate de calcium, des hydroxydes d'aluminium et de fer (III). Ce processus libère les ions phosphates dans la solution pour permettre leur analyse ultérieure.
- Suite à la dialyse, l'heptamolybdate d'ammonium et l'antimoine III potassium oxyde tartrate réagissent en milieu acide pour générer un complexe appelé antimoine phosphate molybdène.
- Ce complexe, lorsqu'il est réduit par l'acide ascorbique à 40°C, acquiert une teinte bleu foncé. L'intensité de cette coloration est proportionnelle à la concentration en orthophosphate, et elle est mesurée à une longueur d'onde de 880 nm.

- Matériel et appareillage

Spectrophotomètre à flux continu SKALAR Agitateur rotatif

- Il s'agit d'un pH-mètre de paillasse, ainsi que d'une balance analytique de précision avec une précision de 10.001 g.
- Papier filtre exempt des éléments à déterminer, tel que le filtre Whatman ou le Schleicher et Schuell 512 2 125 mm.

- Réactifs

- Seuls des réactifs de qualité analytique reconnue sont utilisés.

- La solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et le charbon actif utilisé doivent présenter une absorbance du blanc inférieure à 0,015.
- La solution d'extraction utilisée est de l'hydrogénocarbonate de sodium (NaHCO₃) à une concentration de 0,5 mol/L, accompagnée de l'agent mouillant FFD6.
- Les réactifs utilisés comprennent de l'acide sulfurique à une concentration de 95-97% (H₂SO₄), de l'heptamolybdate d'ammonium tétrahydraté, du potassium antimoine III oxyde tartrate hémi hydraté, ainsi que de l'acide ascorbique.

- Mode opératoire

A. Réception des échantillons :

- Les échantillons sont reçus conformément aux instructions prévues dans le protocole.

B. Prise d'essai :

- Utilisez une spatule pour prélever avec précision 5 g ± 0,001 g d'échantillon d'essai (terre fine sèche à 2 mm) dans un récipient de pesée.
- Transférez la masse prélevée dans un flacon d'agitation numéroté de 250 ml. Assurez-vous d'utiliser un pinceau pour nettoyer soigneusement la main de pesée.
- En début de série, ajoutez systématiquement un échantillon à blanc.
- Le blanc est utilisé pour éliminer toute trace de contamination potentielle présente dans l'eau ou dans les réactifs.

C. Mise en solution :

- Toute l'opération de mise en solution doit être aussi rapide que possible afin de limiter au maximum le temps entre l'ajout de la solution d'extraction et la filtration. Il est recommandé de travailler toujours dans l'ordre de numérotation des flacons.
- Vérifiez que la solution d'hydrogénocarbonate de sodium est à une température de 20°C ± 1°C. Ensuite, ajoutez dans chaque flacon 100 ml de solution d'extraction, en utilisant 20.5 ml avec le distributeur LAAP80.
- Refermez soigneusement chaque flacon de manière hermétique.

- Placez immédiatement les flacons dans une caisse d'agitation dans l'ordre numérique prévu, puis installez les caisses d'agitation sur l'agitateur rotatif.
- Assurez-vous que les caisses sont correctement calées pour éviter tout mouvement. Laissez-les agiter exactement pendant 30 minutes à une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Enregistrez la température d'extraction sur la feuille de travail.

D. Filtration :

- Placez des entonnoirs munis de papiers filtres plissés sur la rampe de filtration.
- Disposez des petits flacons ou des piluliers numérotés sous les entonnoirs pour recueillir les filtrats.
- Dès que l'agitation est terminée, retirez les flacons de l'agitateur et procédez immédiatement à la filtration. Agitez à nouveau chaque flacon à la main
- Retirez le bouchon et versez une partie de la suspension sur le filtre.
- Organisez les flacons contenant les filtrats sur un plateau dans l'ordre chronologique des numéros de la feuille de travail.
- Refermez les flacons en attendant le dosage. Retirez et jetez les filtres usagés.
- Le dosage doit être réalisé le jour même.

E. Dosage :

- Juste avant le dosage, sortir les réactifs du réfrigérateur afin de les laisser revenir à température ambiante.
- Allumer le spectrophotomètre, l'interface ainsi que le PC de pilotage. Allumer le four dans le compartiment d'analyse du phosphore à 40°C . Régler le passeur sur les paramètres de base : le temps de prélèvement à 10 secondes et le temps de rinçage à 60 secondes.
- Le temps de passage de l'air est réglé à 1 seconde.
- Laissez l'appareil tourner à l'eau déminéralisée puis avec les réactifs pendant au moins 20 minutes avant de démarrer les dosages.
- Polissez à nouveau les cuvettes de l'échantillonneur dans l'ordre fixé par la table d'échantillons et lancez le dosage. Pour utiliser l'appareil SKALAR, suivez les instructions du Guide d'utilisation du logiciel SKALAR FLOW ACCESS et lancez l'analyse.

F. Essai à blanc et limite de quantification :

- Un essai à blanc est systématiquement effectué au début de chaque série analytique. Les résultats dérivés du blanc sont enregistrés dans les fiches de laboratoire.
- La limite supérieure de la valeur du blanc à ne pas dépasser est également définie. Cette valeur ne doit pas excéder 0,018 mg/l. En cas de dépassement de cette limite, l'essai doit être répété en utilisant une nouvelle courbe d'étalonnage.

❖ Détermination de l'azote

- Principe

La minéralisation de l'azote organique se fait par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur de minéralisation. Cette réaction transforme l'azote organique en azote ammoniacal. Ensuite, l'azote ammoniacal est entraîné par un courant de vapeur et refixé dans une solution d'acide borique de 2%. Enfin, il est titré par une solution standard d'acide sulfurique (0,01 mol/L). L'azote ainsi déterminé est généralement assimilé à l'azote total lorsque l'azote nitrique est négligeable par rapport à l'azote total.

- Matériel et appareillage

- Le distillateur et le titrateur automatique Foss KJELTEC sont utilisés pour l'analyse d'azote à échantillonnage manuel.
- L'unité de minéralisation automatique de marque VELP SCIENTIFICA est connectée à un dispositif de récupération des fumées acides. Cet ensemble comprend des tubes de minéralisation de 250 ml, qui sont utilisés pour le processus de minéralisation des échantillons.
- Distributeur de 100 ml.
- La balance analytique précise à 0.001 g près est utilisée en conjonction avec de la verrerie de précision de classe A pour assurer des mesures précises et fiables lors des analyses.

- **Réactifs**

- Acide sulfurique (d=1.84, 97%)
- Le catalyseur de minéralisation à base de dioxyde de titane est associé à une solution d'acide sulfurique 1N pour favoriser la minéralisation de l'échantillon d'azote organique.
- L'acide sulfurique à 0,01 mol/l est utilisé comme titrant pour la titration de l'azote ammoniacal, tandis que l'hydroxyde de sodium à 10 mol/l peut être utilisé pour ajuster le pH de la solution. L'acide borique à 2% est utilisé pour refixer l'azote ammoniacal avant titrage.
- Eau de qualité II

- **Mode opératoire**

A. Réception des échantillons.

B. Prise d'essai

- Pour prélever l'échantillon, utilisez une spatule pour peser environ 25 g de terre sèche fine à 2 mm dans une coupelle de pesée.
- Transférez le contenu pesé dans un tube de minéralisation de 250 ml à l'aide d'une spatule. Assurez-vous de nettoyer la coupelle de pesée à l'aide d'un pinceau.
- Prévoyez les trois premiers tubes comme étant des essais à blanc.

C. Mise en solution :

- Portez des lunettes de sécurité avant de commencer. Ajoutez une pastille de catalyseur, puis versez 5 ml d'acide sulfurique à 97% à l'aide du distributeur.
- Placez les tubes dans le bloc de minéralisation dans l'ordre de leur numéro. Activez le système d'aspiration des vapeurs de la hotte d'attaque.
- Programmez la minéralisation du bloc selon les paramètres suivants : montée progressive à 400°C, puis stabilisation pendant 30 minutes à cette température (400°C).
- Après avoir laissé refroidir, retirez les tubes du bloc de minéralisation et couvrez-les en attendant le dosage.

D. Dosage :

- Assurez-vous d'avoir préparé les quantités nécessaires de réactifs pour l'ensemble des séries de dosage. Mettez l'appareil (FOSS) sous tension et programmez-le selon les paramètres requis.
- Ouvrir le robinet (eau de refroidissement).
- Une fois l'auto-test terminé, saisissez le mot de passe 1234 pour ouvrir une session. Ensuite, entrez le programme d'analyse, le poids et le type d'échantillon (blanc ou échantillon de sol).
- Une fois le processus terminé, le taux d'azote dans le sol est calculé et affiché directement sur l'écran de l'appareil en pourcentage.
- Un essai à blanc est systématiquement réalisé en début de chaque série analytique afin d'évaluer et de corriger les éventuelles contaminations externes. Cela permet d'établir une référence pour déterminer la limite de quantification, qui est la plus faible concentration d'un analyte pouvant être mesurée avec précision.
- Le suivi de la dérive du blanc est enregistré sur la feuille de paillasse pour permettre d'évaluer toute variation et d'assurer la précision des mesures.
- La limite supérieure de la valeur du blanc à ne pas dépasser est fixée à 0,15 ml. En cas de dépassement de cette limite, l'essai doit être refait en utilisant un nouveau blanc. La limite de quantification (Lq) est établie à 0,001%.

2.3.5. Analyse des paramètres physico-chimique de l'eau

Nous avons procédé des mesures physico – chimiques de l'eau du marais du Mellah, pendant la saison printanière, période qui coïncide avec le pic de richesse avifaunistique (**Boulehbel, 1999, Boukheroufa, 2001**). Nous avons choisi six points de prélèvement : un point dans chaque exutoire, un point localisé au centre du marais, un point au Nord-ouest du marais, et le dernier point situé à proximité de la zone urbaine (**Fig.16**).

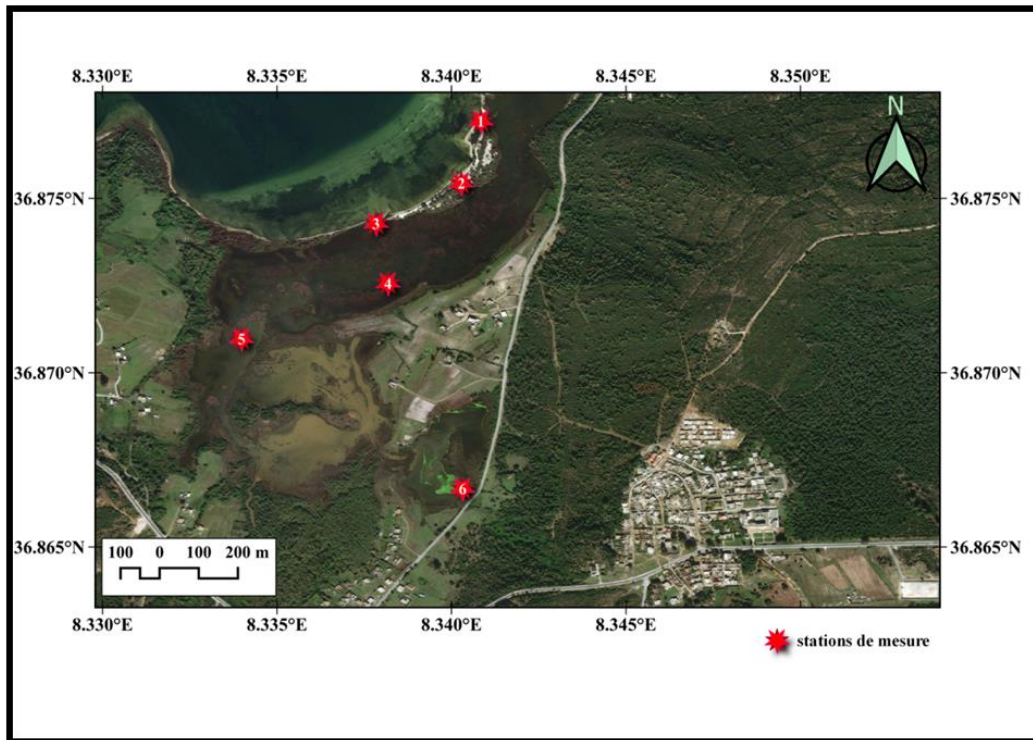


Figure 16. Situation géographique des stations de mesures au marais

Au niveau de chaque point, nous avons mesuré à l'aide d'un multi paramètre (**réf/ HANNA HI9828**) préalablement étalonné, la température, le pH, la conductivité électrique, et l'O₂ dissous (**Fig.16**). Ces mesures ont été réalisées tôt le matin, dans les mêmes conditions météorologiques. Nous avons réalisé une sortie par mois, soit trois prélèvements par point durant la saison printanière.

Afin d'évaluer l'état de santé du marais du mellah, les moyennes des paramètres physico-chimiques ont été comparées aux normes :

2.3.5.1. Température

La mesure de la température est indispensable pour la détermination du pH, conductivité électrique de l'eau, elle influence la solubilité des sels et des sédiments. Elle est mesurée généralement par un thermomètre, ou un multi-paramètre (**Boukrouma, 2008**), l'étude de **Monod (1989)** a été prise comme référence, pour l'analyse du facteur température (**Tableau 9**).

Tableau 9. Classification des eaux d'après leur Température (Monod ,1989).

Température °C	Qualité
< 20°C	Normale
20°C-22°C	Bonne
22°C-25°C	Moyenne
25°C-30°C	Médiocre
> 30°C	Mauvaise

2.3.5.2. pH

Les normes fixées par (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002) ont été prise en considération pour comparer nos données de pH (Tableau 10).

Tableau 10. Classification des eaux d'après leur pH (Hakmi, (2002), Agrigon, (2000)

pH	Qualité
pH<5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	PH neutre
7 <pH<8	Neutralité approchée : majorité des eaux de surface
5,5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense

2.3.5.3. Conductivité électrique et oxygène dissous

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température (Rodier, 1996).

Nos données sur la conductivité électrique et d'oxygènes dissous ont été évaluées en prenant en considération les normes de (Agrigon, 2000 ; Hakmi, 2002) (Tableau 11, 12).

Tableau 11. Classification des eaux d'après leur Conductivité électrique (Agrigon, 2000 ; Hakmi, 2002).

X (µs/cm)	Types d'eaux
0.005	Eau déminéralisée
10<X<80	Eau de pluie

30<X<100	Eau peu minéralisée, domaine granitique
300<X<500	Eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst)
500<X<1000	Eau très minéralisée
1000<X<3000	Eau très minéralisée, saumâtre ou saline
X>3000	Eau de mer

Tableau 12. Classification des eaux d'après leur Oxygène dissous (Anras & Guesdon, 2007)

Oxygène dissous (mg/l O ₂)	Qualité
> 8	Très bonne
6 à 8	Bonne
4 à 6	Passable
3 à 6	Mauvaise
< 3	Très mauvaise

2.4. Analyses des données

2.4.1. Analyse des paramètres de structure du peuplement d'oiseaux

2.4.1.1. Richesse totale (S)

D'après **Blondel (1979)**, la richesse totale désigne le nombre total d'espèces présentes dans un peuplement. Elle correspond également au nombre d'espèces observées au moins une fois à la fin de N relevés.

2.4.1.2. Abondance relative (AR%)

D'après **Blondel (1979)**, la diversité ne se limite pas au simple nombre d'espèces, mais prend également en compte leur abondance relative. **Faurie et al., (1998)** indiquent que l'abondance relative est exprimée en pourcentage (%). Pour déterminer l'espèce dominante, elle se calcule selon la formule suivante

$$AR\% = n / N \times 100$$

n : Le total des individus d'une espèce

N : nombre total des individus des espèces présentes.

2.4.1.3. Indice de Shannon-Weaver

Selon **Blondel et al., (1973)**, l'indice de diversité Shannon-Weaver est considéré comme le meilleur moyen de traduire la diversité. **Ramade (1982)** présente sa formule comme suit :

$$H'(\text{bits}) = -\sum (n_i / N) \text{Log}_2 (n_i / N).$$

n_i : est l'effectif de l'espèce i .

N : est le nombre total des individus de toutes les espèces identifiés dans le site.

D'après **Blondel (1979)**, plus H' est grand, plus forte est la compétition interspécifique potentielle. Plus l'indice H' sera grand, plus la communauté sera diversifiée.

2.4.1.4. Diversité maximale

La diversité maximale, ou H' max, correspond à la valeur la plus élevée possible qu'elle peut avoir dans un peuplement :

$$H' \text{ max} = \text{Log}_2 S$$

H' max est la diversité maximale.

S est la richesse totale.

2.4.1.5. Indice d'équitabilité

L'équirépartition désigne le rapport de la diversité observée à la diversité maximale, selon la formule suivante :

$$E = H' / H' \text{ max}$$

E est l'équitabilité qui exprime la présence ou l'absence d'un équilibre entre les effectifs des espèces trouvées dans le site d'étude d'une espèce donnée. **Ramade (1982)** signale que l'équitabilité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

2.4.2. Analyses statistiques des données

La représentation graphique de nos résultats a été réalisée sous forme d'histogrammes et de graphiques circulaires. Les matrices ont été établies sous Excel pour le calcul des différents paramètres de la structure du peuplement d'oiseaux d'eau.

III. RESULTATS

3.1. Evaluation de la valeur patrimoniale du marais du Mellah

3.1.1. Composition du peuplement d'oiseaux

Au terme de notre étude, et en tenant compte des données relatives à la période (2000-2001), 34 espèces au total ont été observées au niveau du marais, durant les deux périodes. Ces 34 espèces sont répartis entre 5 ordres (**Anseriformes, Charadriiformes, Podicipédiformes, Gruiformes, Péléciformes**) et 10 familles (**Anatidae, Scolopacidae, Charadriidae, Recurvirostridae, Ardeidae, Podicipedidae, Haematopodidae, Burhinidae, Glareolidae et Rallidae**) (Tableau 13). Cependant, nous avons constaté que 15 espèces n'ont pas été observé durant la période (2020-2021) comparativement au données antérieurs recueille en 2000-2001 (Fig. 17)

Tableau 13. Composition et structure de l'avifaune du marais du Mellah (les espèces en gras représentent celles qui n'ont pas été observées en 2020-2021).

Ordres	Famille	Nom Commun	Nom Scientifique
Anseriformes	Anatidae	Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
		Canard siffleur	<i>Mareca penelope</i>
		Canard souchet	<i>Spatula clypeata</i>
		Fuligule milouin	<i>Aythya ferina</i>
		Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>
		Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>
Charadriiformes	Scolopacidae	Bécasseau cocorli	<i>Calidris ferruginea</i>
		Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i>
		Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>
		Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>
		Bécassine sourde	<i>Lymnocyptes minimus</i>
		Chevalier aboyeur	<i>Tringa nebularia</i>

		Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i>
		Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>
		Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i>
		Tournepierre à collier	<i>Arenaria interpres</i>
	Charadriidae	Grand gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i>
		Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>
		Petit gravelot	<i>Charadrius dubius</i>
		Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>
		Pluvier doré	<i>Pluvialis apricaria</i>
		Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>
	Haematopodidae	Huîtrier pie	<i>Haematopus ostralegus</i>
	Recurvirostridae	Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>
	Burhinidae	Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>
	Glareolidae	Glaréole à collier	<i>Glareola pratincola</i>
Podicipediformes	Podicipedidae	Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>
Gruiforms	Rallidae	Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>
		Poule d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>
Pelecaniforms	Ardeidae	Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>
		Grande aigrette	<i>Ardea alba</i>
		Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>
		Héron crabier	<i>Ardeola ralloides</i>
		Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i>

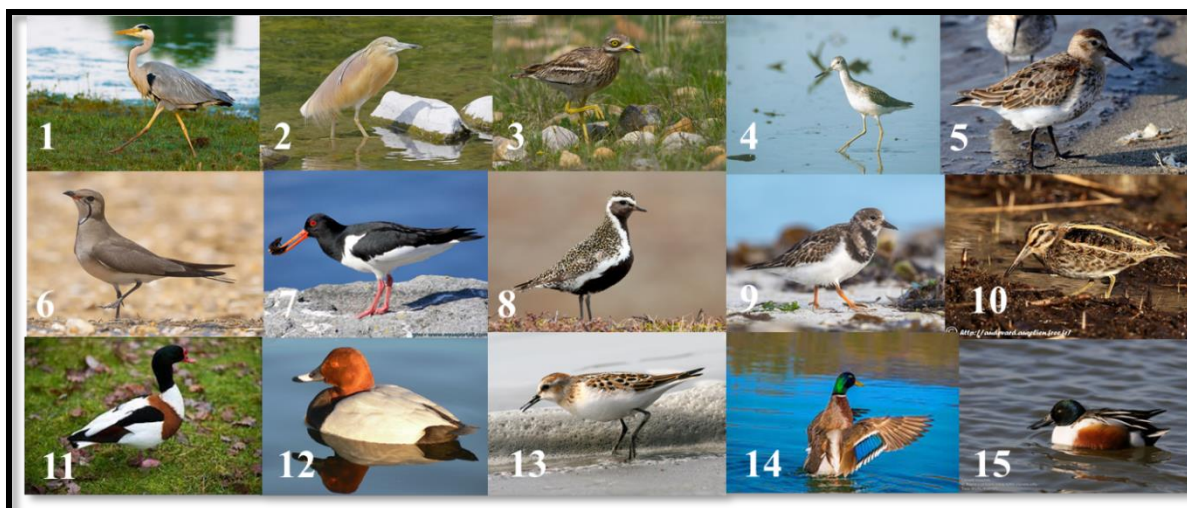


Figure 17. Espèces non observées (2020-2021) : (1) Héron cendré ; (2) Héron crabier ; (3) Œdicnème criard ; (4) Chevalier aboyeur ; (5) Bécasseau variable ; (6) Glaréole à collier ; (7) Huitrier pie ; (8) Pluvier doré ; (9) Tournepierre à collier ; (10) Bécassine sourde ; (11) Tadorne de belon ; (12) Fuligule milouin ; (13) Bécasseau minute ; (14) Canard souchet ; (15) Canard colvert (Source Birdlife international).

3.1.2. Analyse des paramètres de structure du peuplement d'oiseaux

- Abondance et fréquence relative

Le calcul des effectifs et des fréquences relatives (P_i) des différentes espèces du peuplement d'oiseaux d'eau du marais montre que la foulque macroule (379 Individus / $P_i = 28.95 \%$), l'Echasse blanche (300 Individus / $P_i = 22.92 \%$), l'Aigrette garzette (235 Individus / $P_i = 17.95 \%$) et le Vanneau huppé (179 Individus / $P_i = 13.67 \%$) sont les espèces les plus abondantes. Les espèces restantes ont des effectifs qui varient entre 1 et 76 individus, avec des fréquences relatives n'excédant pas les 6 % (**Fig. 18 et 19**).

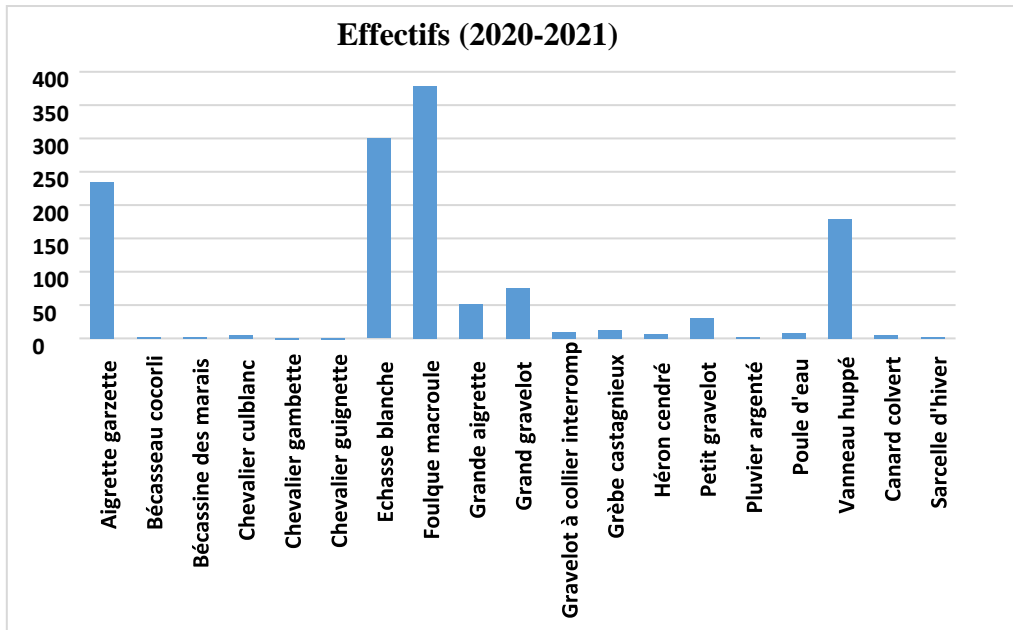


Figure 18. Abondance des oiseaux d'eau dans le marais du Mellah (2020-2021).

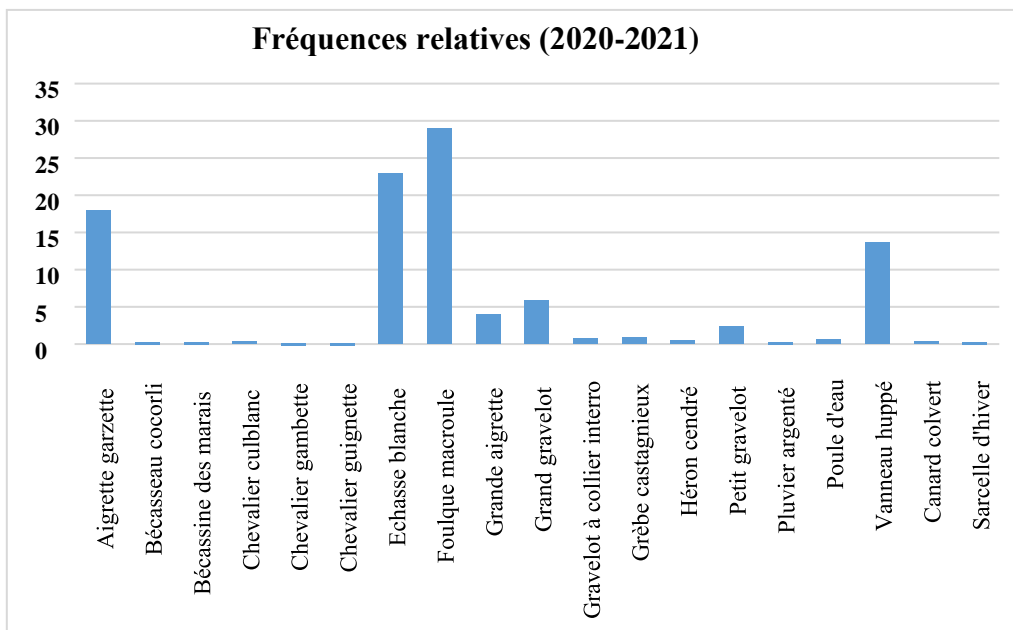


Figure 19. Fréquence relatives des oiseaux d'eau dans le marais du Mellah (2020-2021).

- Fréquence d'occurrence

Les résultats du calcul des fréquences d'occurrences révèlent que l'Aigrette garzette, la foulque macroule, et la grande aigrette sont des espèces constantes avec des fréquences d'occurrences qui varient entre 78% et 89%. Le Grand gravelot, l'Echasse blanche et le Héron cendré, fréquentent régulièrement le marais, alors que le chevalier culblanc, le vanneau

huppé, le Gravelot à collier interrompu et le Petit gravelot sont des espèces plutôt communes avec des fréquences comprises entre 25% et 50%. Les autres espèces présentent des fréquences inférieures à 25% ce qui leur confère le statut d'espèces rares dans le marais (Fig.20 et Tableau 14).

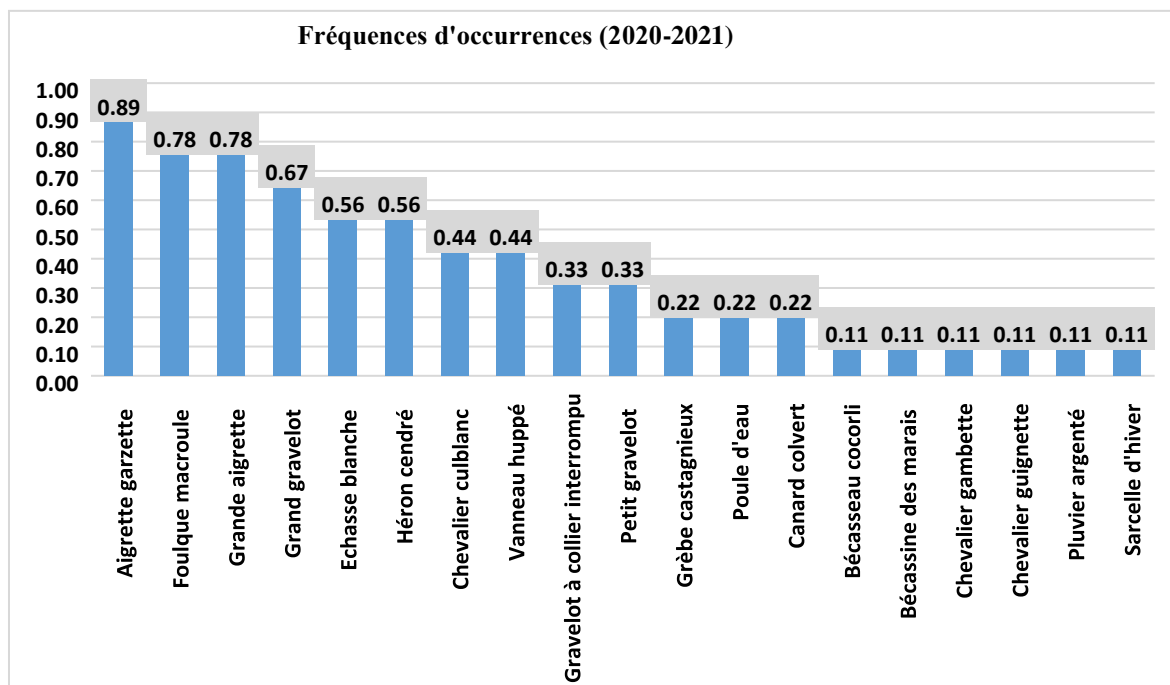


Figure 20. Fréquence d'occurrence des oiseaux d'eau (2020-2021).

Tableau 14. Fréquence d'occurrence des espèces (2020-2021).

	Fréquence d'occurrence (Fi) (%)	Espèce Rare (Fi < 25)	Espèce Commune (25 ≤ Fi < 50)	Espèce Régulière (50 ≤ Fi < 75)	Espèce Constante (75 ≤ Fi < 100)	Espèce Omniprésente (Fi=100)
Aigrette garzette	89				X	
Foulque macroule	78				X	
Grande aigrette	78				X	
Grand gravelot	67			X		
Echasse blanche	56			X		
Héron cendré	56			X		
Chevalier culblanc	44		X			
Vanneau huppé	44		X			

Gravelot à collier interrompu	33		X			
Petit gravelot	33		X			
Grèbe castagnieux	22	X				
Poule d'eau	22	X				
Canard colvert	22	X				
Bécasseau cocorli	11	X				
Bécassine des marais	11	X				
Chevalier gambette	11	X				
Chevalier guignette	11	X				
Pluvier argenté	11	X				
Sarcelle d'hiver	11	X				

3.1.3. Analyse rétrospective et comparative des données

- Indices de diversité de Shannon (H') et Pielou (J)

Ces indices permettent de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude et par conséquent d'observer une évolution au cours du temps. L'analyse comparative révèle un peuplement plus diversifié et plus homogène ($H' = 3.70$ et $J = 0.73$) durant la période (2000-2001) par rapport à la période actuelle (2020-2021) ($H' = 2.73$ et $J = 0.64$). Ces valeurs mettent en évidence une évolution plutôt régressive du peuplement d'oiseaux d'eau.

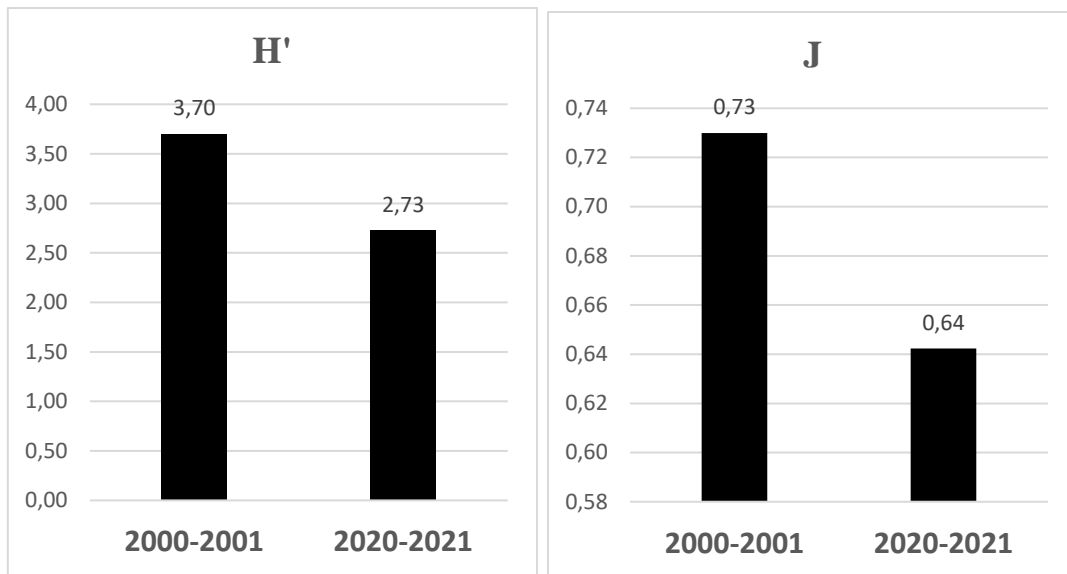


Figure 21. Indice de diversité de Shannon (H') et de Pielou (J) durant les deux périodes d'études (2000-2001) et (2020-2021)

- **Analyse comparative des richesses et des effectifs**

La comparaison des richesses entre les deux périodes d'étude montre une diminution de 15 espèces en vingt ans d'intervalle (de 34 à 19 espèces) ce qui représente une perte de 56% des espèces du peuplement. **(Voir le tableau 13)**

En termes d'effectifs, 2398 Individus, toutes espèces confondues, ont été dénombré durant la période 2000-2001. Vingt ans après, notre étude a permis d'observé une diminution significative des effectifs (1309 individus), soit une perte de 1089 individus, et une diminution spécifique moyenne de 81%. Pour autant, cette diminution ne concerne pas toutes les espèces : la poule d'eau est la seule espèce qui n'a pas subi de changement d'effectif ; L'échasse blanche, la foulque macroule, la grande aigrette et l'aigrette gazette sont au contraire des espèces qui ont vu leurs effectifs augmentés très fortement à hauteur de 1054%, 673%, 478% et 39% respectivement. **(Fig. 22 et 23).**

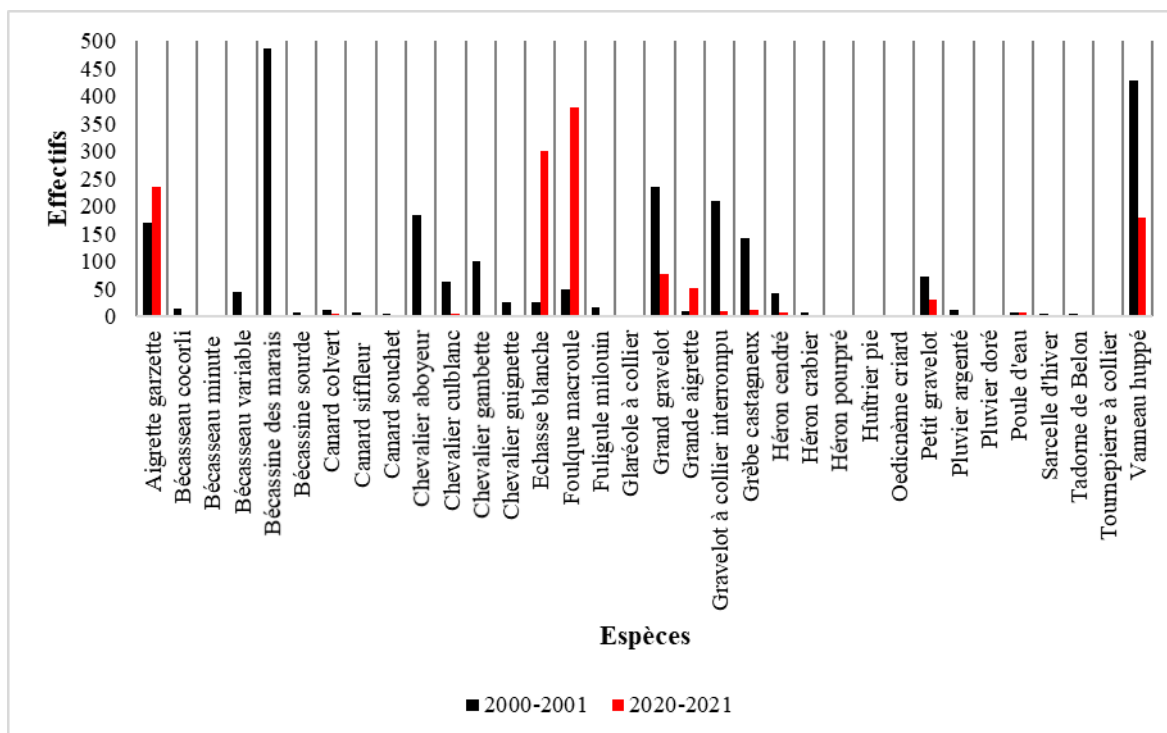


Figure.22. Abondance des oiseaux d'eau durant les deux périodes d'étude (2000-2001) et (2020-2021).

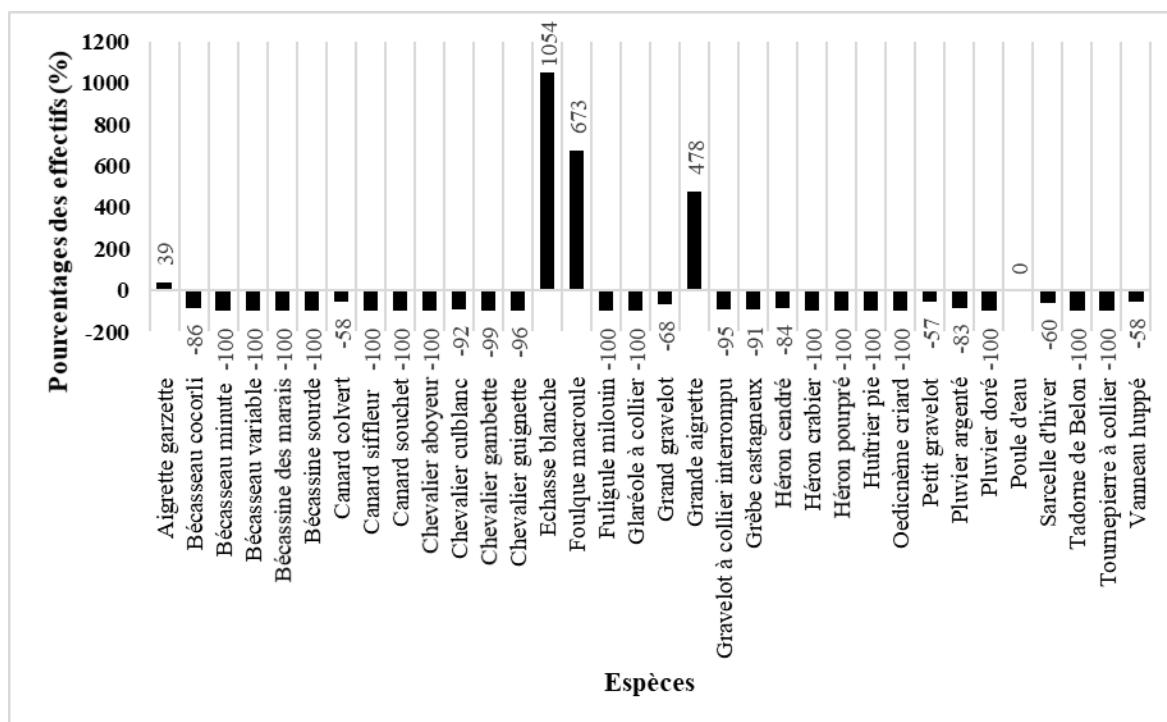


Figure 23. Évolution, en pourcentage, des effectifs entre les deux périodes d'études (2000-2001) et (2020-2021)

- Analyse comparative des fréquences d'occurrences

Le tableau suivant représente les fréquences d'occurrences des différentes espèces durant la période 2000-2001 (Boukheroufa, 2001) (Tableau 15).

Tableau 15. Fréquences d'occurrences des différentes espèces durant la période 2000-2001

	Fréquence d'occurrence (Fi) (%)	Espèce Rare (Fi < 25)	Espèce Commune (25 ≤ Fi < 50)	Espèce Régulière (50 ≤ Fi < 75)	Espèce Constante (75 ≤ Fi < 100)	Espèce Omniprésente (Fi=100)
Chevalier culblanc	100					X
Chevalier gambette	100					X
Gravelot à collier interrompu	100					X
Grèbe castagneux	100					X
Aigrette garzette	89				X	
Bécassine des marais	67			X		
Grand gravelot	67			X		
Grande aigrette	67			X		
Héron cendré	67			X		
Chevalier aboyeur	56			X		
Chevalier guignette	56			X		
Foulque macroule	56			X		
Petit gravelot	56			X		
Vanneau huppé	56			X		
Bécassine sourde	44		X			
Canard colvert	44		X			
Echasse blanche	44		X			
Héron crabier	44		X			
Pluvier argenté	44		X			
Poule d'eau	44		X			
Bécasseau variable	33		X			
Fuligule milouin	33		X			
Canard siffleur	22	X				

Glaréole à collier	22	X				
Héron pourpré	22	X				
Sarcelle d'hiver	22	X				
Tadorne de Belon	22	X				
Tournepie à collier	22	X				
Bécasseau cocorli	11	X				
Bécasseau minute	11	X				
Canard souchet	11	X				
Huîtrier pie	11	X				
Oedicnème criard	11	X				
Pluvier doré	11	X				

L'analyse comparative des fréquences d'occurrences entre les deux périodes (2000-2001) et (2020-2021) montre globalement qu'elles sont tous inférieures durant notre étude, marquant des présences de plus courtes durées dans le marais pour toutes les espèces. (**Fig.24**)

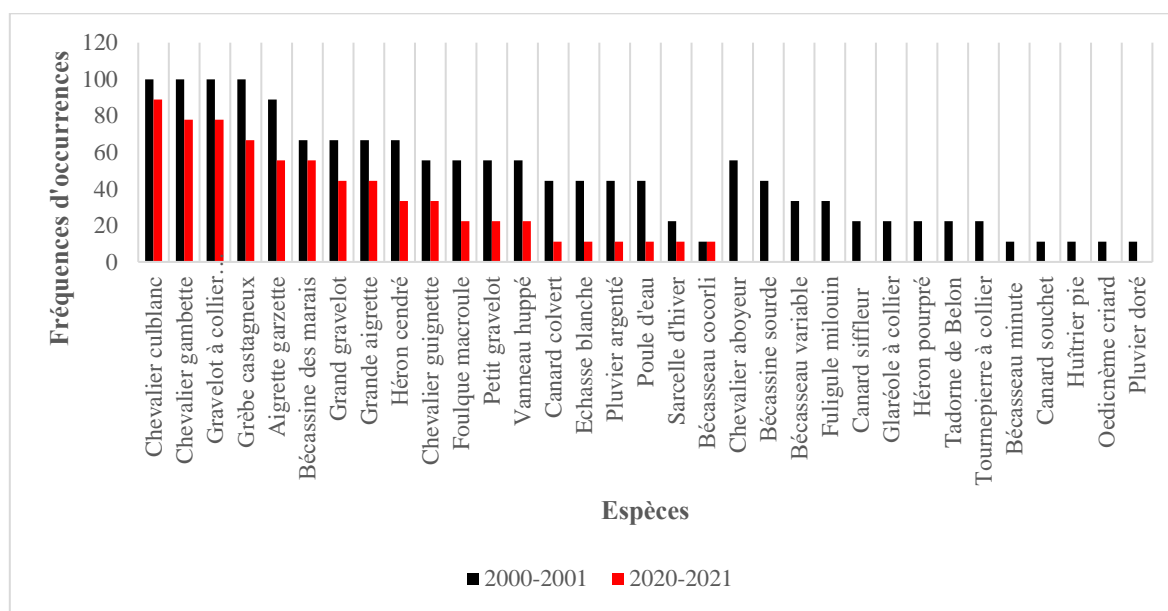


Figure 24. Fréquences d'occurrences comparées entre les deux périodes d'étude

3.2. Caractérisation de la géomorphologie du marais du Mellah

Nous avons caractérisé différents paramètres géomorphologiques du marais du Mellah, partant du principe que son existence et son bon fonctionnement dépendent toujours de l'équilibre subtile et de l'interaction entre les processus de transport des sédiments, l'affaissement du sol, l'élévation du niveau de la mer et la dynamique de la végétation.

3.2.1. Morphologie

L'analyse de la géomorphologie du marais du Mellah s'est appuyée sur les coupes topographiques du site. Les résultats obtenus montrent une variation de reliefs constituant le bassin versant, avec des hauteurs qui diminuent en allant du Sud vers le nord et de l'Ouest vers l'Est (Fig .25 et 26).

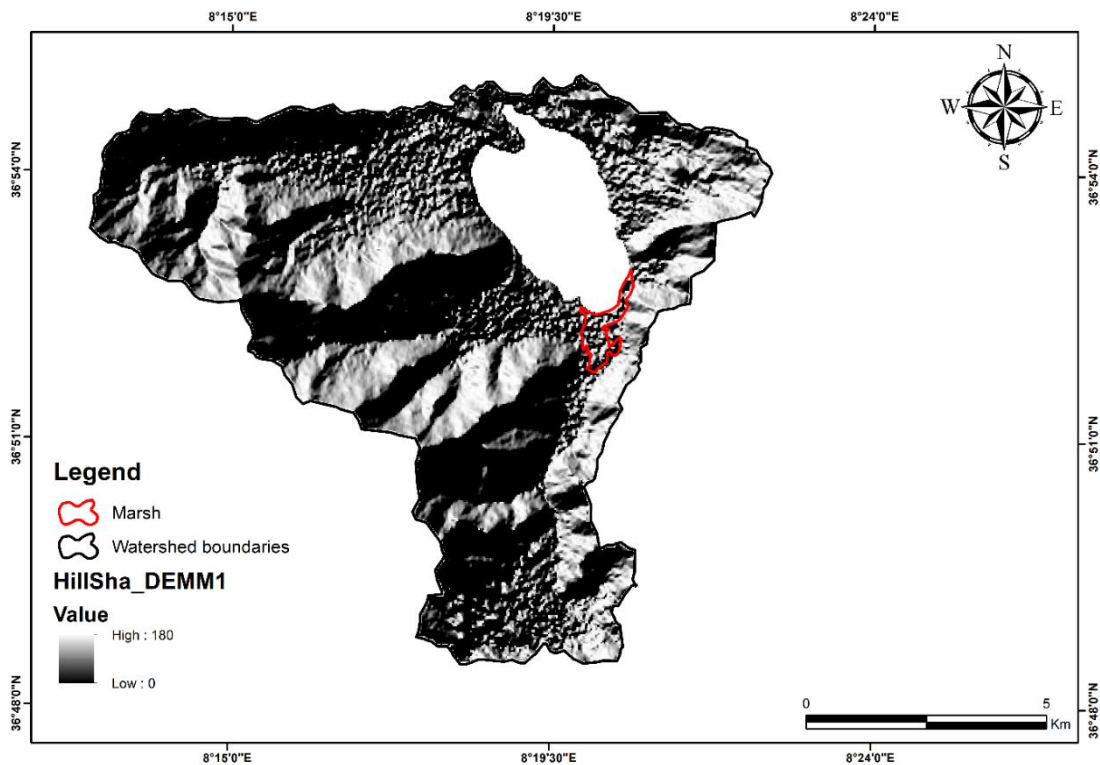
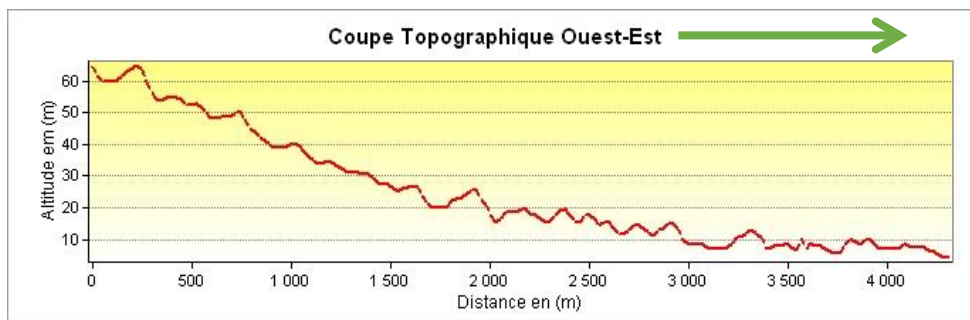
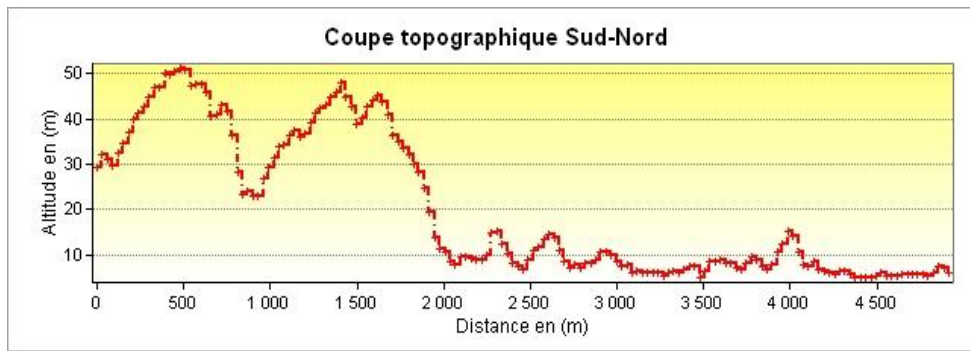


Figure 25. Carte de relief «Hillshade» du bassin versant avec 2 coupes topographique de l'aire d'étude.





3.2.2. Altimétrie

En cartographie, les isoplèthes d'altitude sont des lignes de niveau rejoignant tous les points ayant la même altitude, et dont la distance verticale séparant deux courbes de niveau, s'appelle l'équidistance. Sur notre présente carte, cette équidistance est de 10m, et cette présentation nous renseigne sur le cheminement d'écoulement des différents cours d'eau qui vont se déplacer des hautes vers les basses altitudes. D'ailleurs, on observe que les zones plates à faible relief allant du 0 à 30 mètre occupent la majeure partie du bassin versant dont le marais est inclus ; elle atteint ses maximas en allant vers le Sud-Ouest. (**Fig. 26 et 27**)

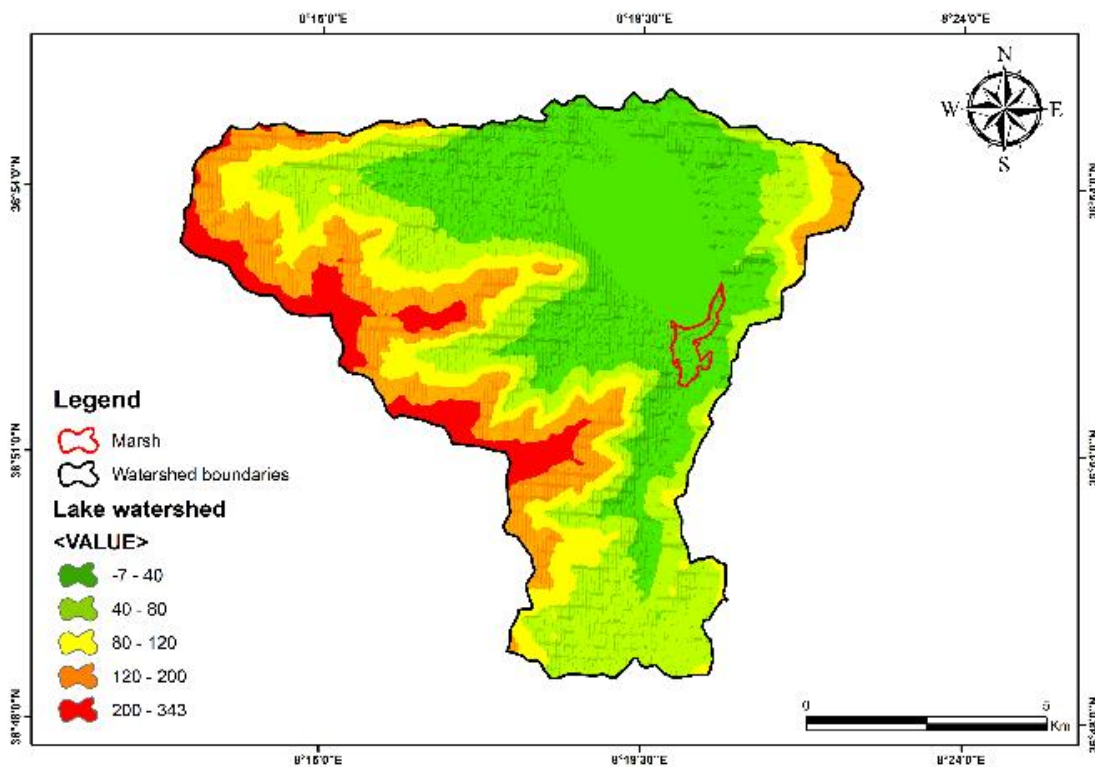


Figure 26. Présentation de l'altimétrie du lac El mellah

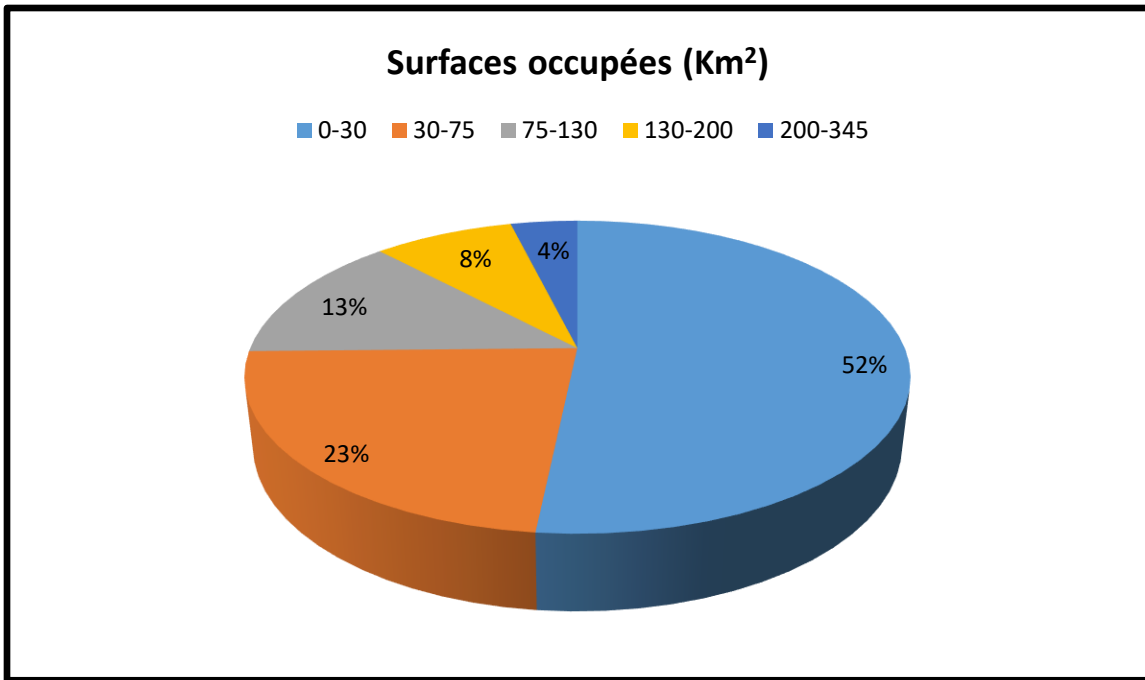


Figure 27. Les pourcentages des diverses classes d'altitude constituant la stratification superficielle du marais.

Nous avons utilisé un modèle numérique de terrain (MNT), qui est un fichier de format TIFF, contenant des informations sur l'altitude pour chaque pixel, et qui permet la visualisation du relief du bassin versant. Cette exploitation nous a permis de mettre en évidence cinq classes d'altitudes :

Classe N°1 (entre 0 m et 30m) : les altitudes de 0m représentent l'eau du lac et celle du marais du mellah, et celles entre 0m et 30 m sont occupées principalement par le bâti et notamment par les aires agricoles. Cette classe d'altitude occupe plus que la moitié du bassin versant (52%).

Classe N°2 (entre 30m et 75m) : occupe 23% de la surface totale du bassin versant.

Classe N°3 (entre 75m et 130m) : une grande partie de cette classe se trouve dans la partie Sud et Sud-Ouest du bassin. Cette classe d'altitude couvre 13% de la surface totale.

Classe N°4 (entre 130m et 200m) : représente que 8% de la surface totale.

Classe N°5 (entre 200m et 345m) : l'altitude augmente au niveau des collines et au niveau des piémonts de l'ouest vers le Sud-Ouest. Cette classe d'altitude représente seulement 4% de la surface.

3.2.3. Réseau hydrographique

Nous avons réalisé une carte conçue en associant le modèle numérique du terrain (MNT) au SIG, afin de caractériser les ressources en eaux du bassin versant (**Fig 28**). Il en ressort que le réseau hydrographique verse ses eaux au niveau du lac Mellah, en traversant le marais. Ces cours d'eau sont représentés essentiellement par l'Oued Bouaroug qui provient du sud du bassin versant.

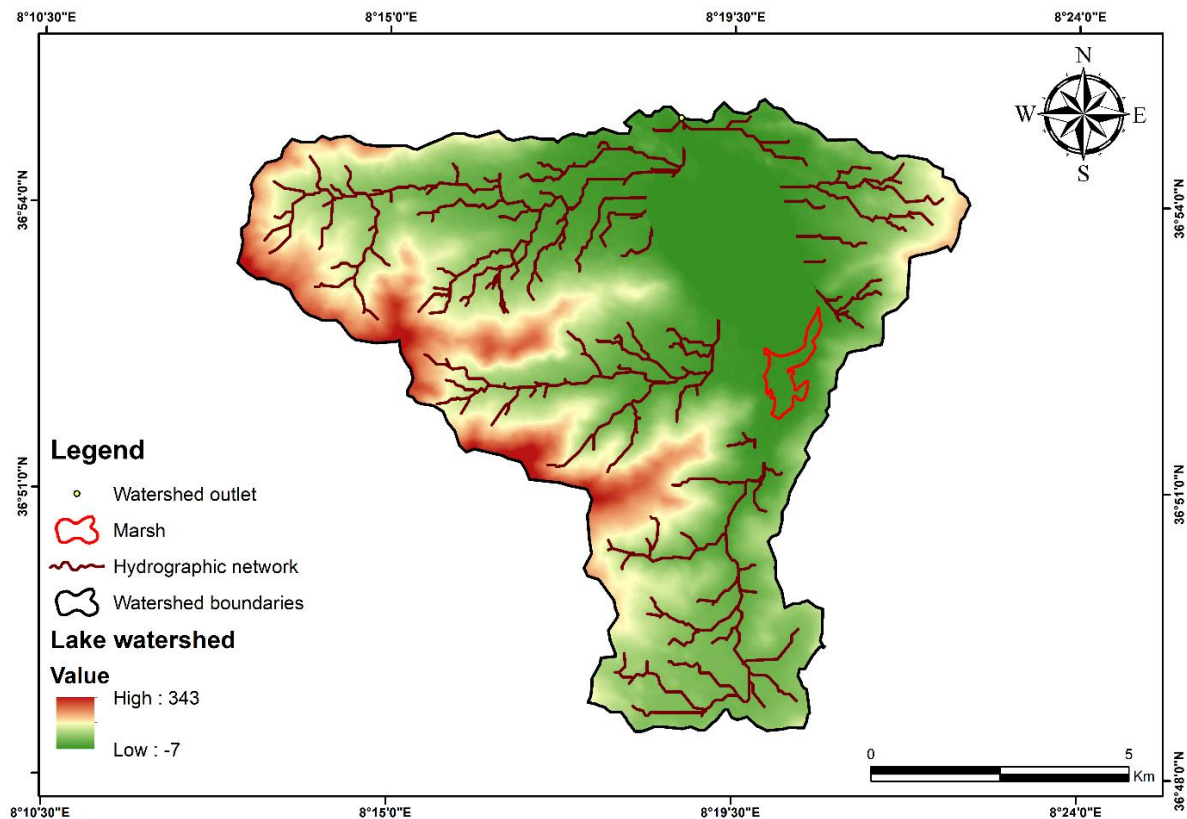


Figure 28. Réseau hydrographique du bassin versant du lac du Mellah

3.2.4. Variation de pentes

La caractérisation des pentes du bassin versant montre une stratification en allant du marais vers le Sud-ouest du bassin (**Fig.25**). Les valeurs obtenues se divisent en six classes : les plus faibles pentes, soit de 0 à 2%, sont observées au niveau du marais et du lac du Mellah qui occupent 62% de la surface totale soit 31.89 Km². En revanche, les pentes les plus élevées (7 à 13%) sont observées au Sud-Ouest surtout sur les sommets de montagne de Brabtia avec une occupation de 0.78 Km² de superficie du bassin versant, (**Fig.29**). Ce secteur est généralement occupé par le ruissellement intense, ce qui engendre une forte sensibilité à l'érosion et accentue la pente.

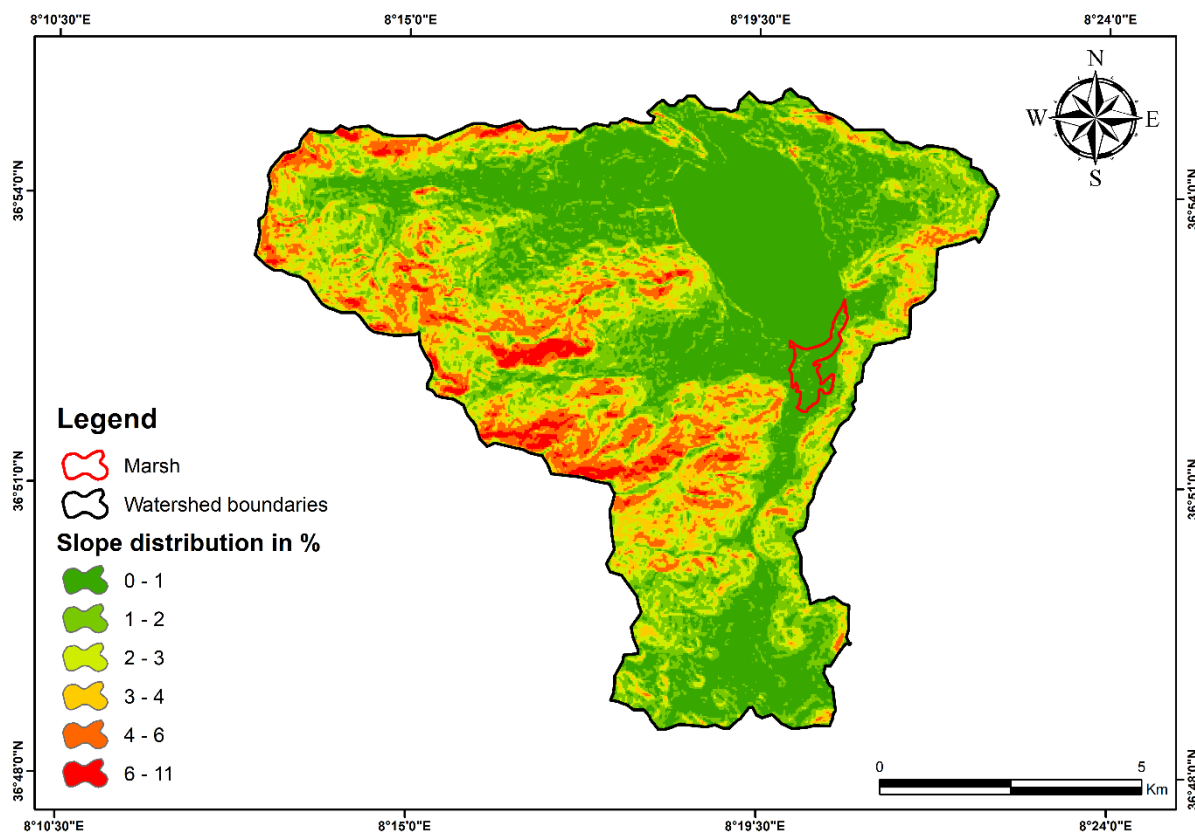


Figure 29. La variation de la pente au niveau du marais du mellah

3.2.5. Caractérisation de l'occupation urbanistique

Nous avons pris deux images satellitaires des deux années 2009 et 2021 et nous les avons comparés en fonction du critère « occupation urbanistique ». Nos résultats montrent clairement une augmentation de l'urbanisation au niveau du village de Bousseta Ahmed, situé au niveau Est, à 500 m de distance du marais du mellah (**Fig.30**). D'après le graphique illustré par la **figure 31**, nous constatons une augmentation de l'occupation urbaine de 181 %. Cette unité occupait en 2009 une superficie de 8.42 ha, et occupe actuellement une superficie de 23.7 ha. La superficie de la forêt a diminué de 15.36 %, en laissant place à l'aménagement du territoire (l'urbanisation), alors que les cultures et les pistes ont pris plus de superficie et ont atteint 13.02 ha en 2021, par rapport à une superficie de 8.76 ha en 2009, soit une augmentation de 67 %.

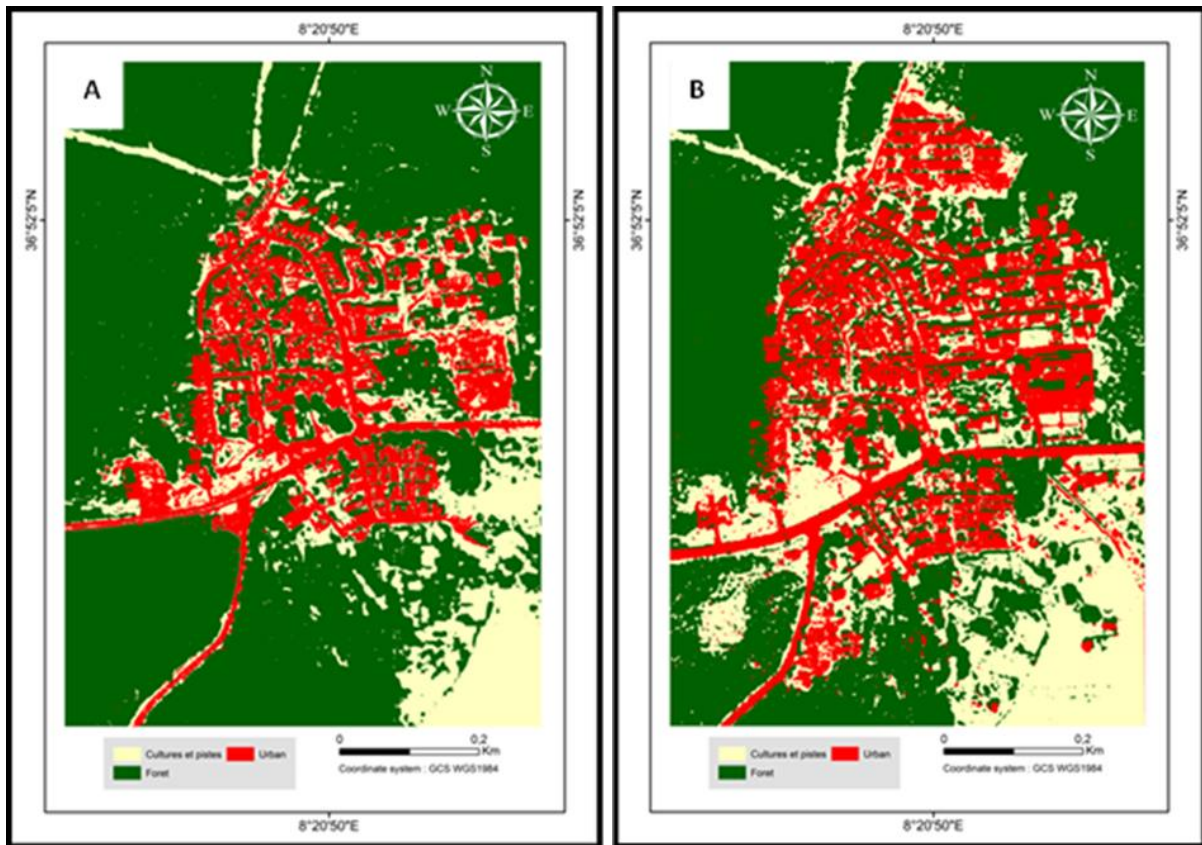


Figure 30. La variation des unités d'occupations du sol du village de Bousseta Ahmed entre 2009 et 2021

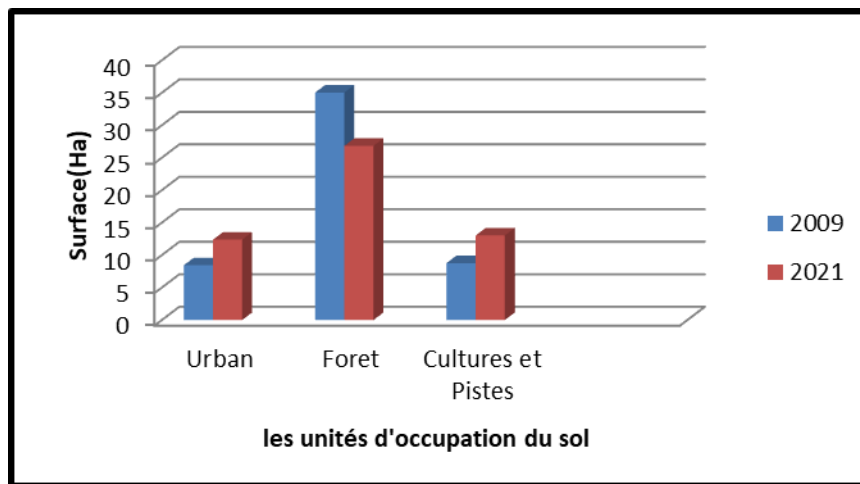


Figure 31. La variation des différentes unités d'occupations du sol du village de Bousseta Ahmed entre l'année 2009 et 2021

Il en est de même pour le village d'El Malha, puisque nous avons également pris deux images satellitaires des deux années 2009 et 2021, et nous les avons comparés en fonction du critère « Occupation urbanistique ». Nos résultats montrent également une augmentation de l'occupation urbaine (**Fig.32**). L'analyse du graphique illustré en **figure 33**, révèle une augmentation de l'urbanisation de 74 %, passant d'une superficie de 1.8 ha en 2009, à celle de 2.44 ha en 2021. La superficie de la forêt quant à elle a augmenté de 2.22%. En revanche, on constate une diminution spatiale de la superficie des cultures de 6.16%.

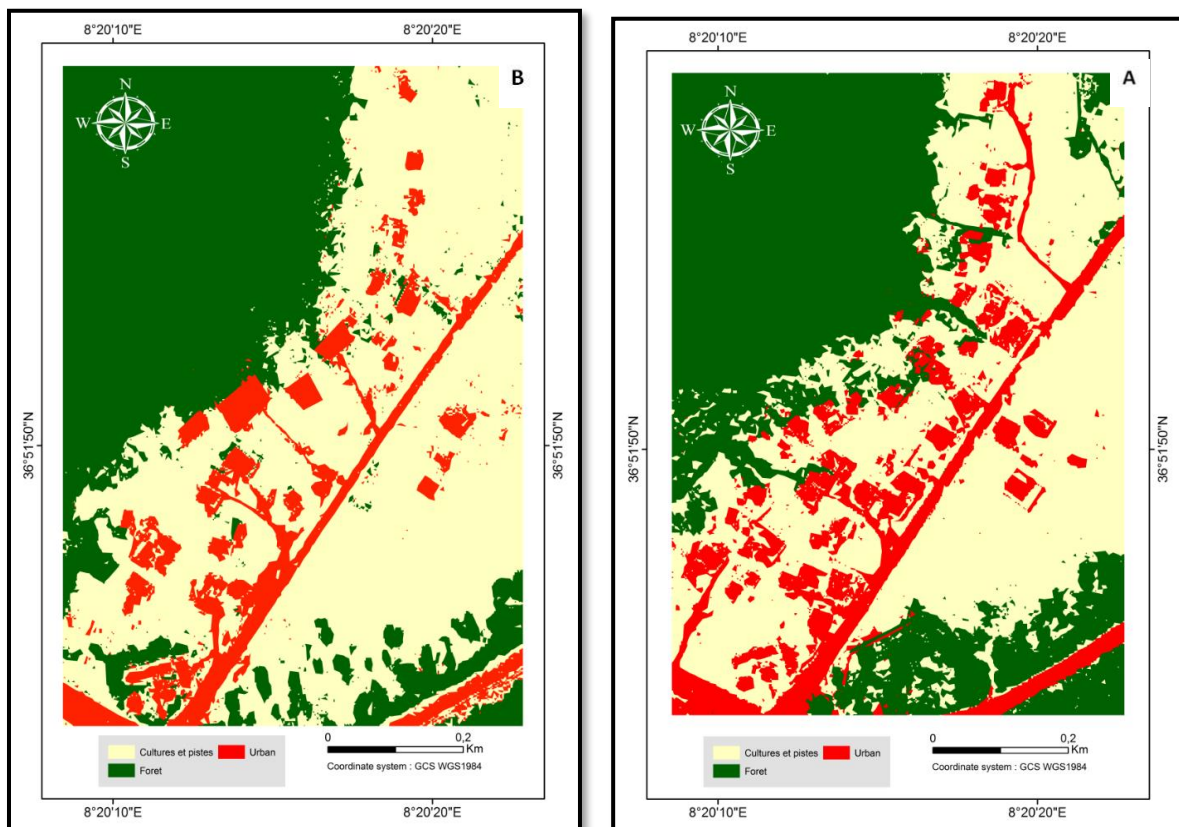


Figure 32. La variation spatiotemporelle du village d'El Melha (A : 2009, B : 2021)

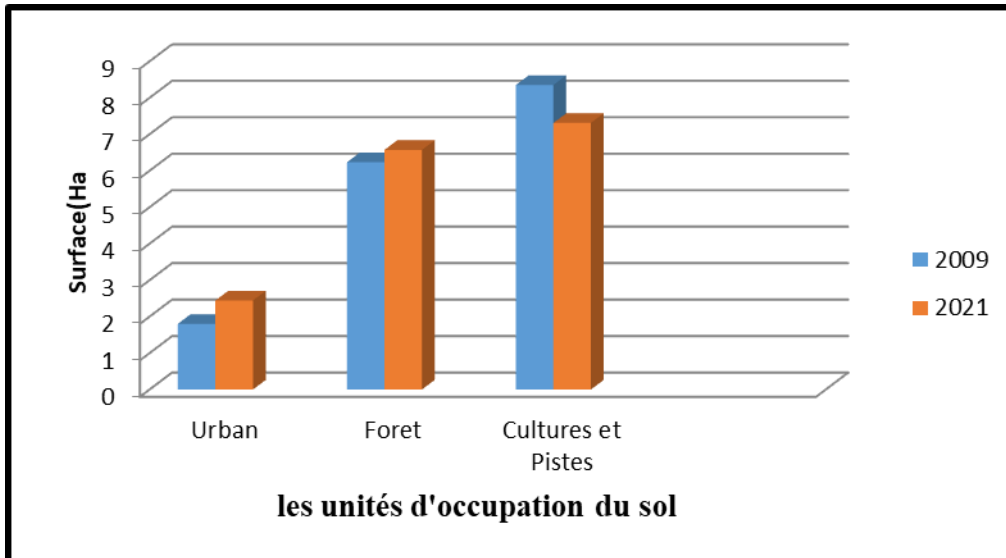


Figure 33. La variation des différentes unités d'occupations du sol du village d'El Malha entre l'année 2009 et 2021

3.2.6. Répartition comparative des formations végétales au niveau du marais du Mellah

La cartographie des unités de végétation caractéristiques du marais à partir de l'inspection du terrain et de l'imagerie satellitaire des deux périodes d'étude (2000-2001 et 2020-2021), a mis en évidence le fait qu'il n'y a eu aucun changement perceptible sur la composition, la répartition des formations végétales et le taux de recouvrement. Nous constatons une dominance des joncs *Juncus acutus*, de scirpes *Scirpus maritimus* et de salicornes *Salicornia Arabica*. Les aulnes *Alnus glutinosae*, et les frênes *Fraxinus excelsior*, viennent en deuxième position. Les tamarix *Tamarix gallica* et les genévriers cade *Juniperus Oxycedrus* sont également présents, mais avec une densité moins importante (Fig.34)

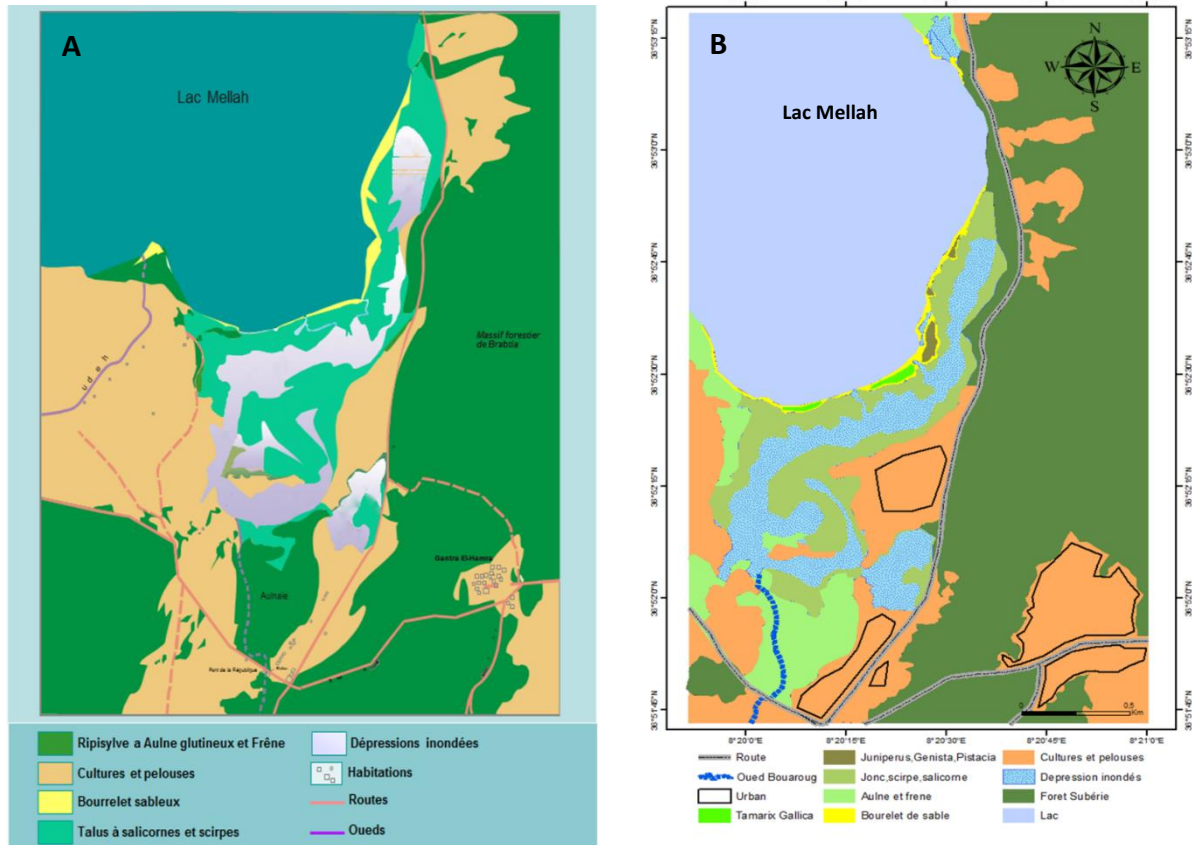


Figure 34. Répartition des formations végétales au niveau du marais du Mellah (A : 2000-2001/ B : 2020-2021)

3.3. L'Analyse des paramètres physico-chimiques

3.3.1. Analyse de l'eau

La caractérisation des paramètres physico-chimiques de l'eau dans les 6 stations de prélèvements montre une fluctuation entre les points de mesure, pour tous les paramètres physico – chimiques, en fonction de la proximité avec la zone urbaine : Les valeurs moyennes maximales de température et de conductivité électrique sont observées au niveau des stations qui s'approchent de la zone urbaine, alors que le minimum d'oxygène dissous est constaté au niveau des points exutoires, tandis que le pH varie peu d'une station à l'autre (**Tableau 16**).

Tableau 16. Moyenne saisonnière des paramètres physico-chimiques de l'eau *in situ* pour chaque station

Paramètres mesurés	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6
Température (C°)	27,24 ± 2,24	29,14 ± 2,42	28,56 ± 1,96	29,58 ± 2,05	32,65 ± 3,11	34,02 ± 2,34
pH	5,34 ± 0,38	5,12 ± 0,58	5,51 ± 0,18	5,08 ± 0,23	5,02 ± 0,63	4,91 ± 0,25
CE (µs /cm)	1360 ± 466,12	2159 ± 235,24	1767 ± 306,57	2312 ± 296,18	2625 ± 386,05	2782 ± 319,43
OD (mg /l)	0,87 ± 0,11	0,89 ± 0,09	0,91 ± 0,08	1,13 ± 0,13	1,01 ± 0,05	0,92 ± 0,14

Tableau 17. L'Evaluation du statut de chaque paramètre comparé aux normes standards

Paramètres mesurés	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6
Température (C°) (Monod, 1989)	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Mauvaise	Mauvaise
pH (Agrigon, 2000 ; Hakmi, 2002)	Acide	Acide	Acide	Acide	Acide	Acide
CE (µs /cm) (Anras & Guesdon, 2007)	Eau très minéralisée	Eau très minéralisée	Eau très minéralisée	Eau très minéralisée	Eau très minéralisée	Eau très minéralisée
OD (mg /l) (Anras & Guesdon, 2007)	Très mauvaise	Très mauvaise	Très mauvaise	Très mauvaise	Très mauvaise	Très mauvaise

- Température

La température moyenne mesurée dans le marais du mellah a été de 29,58°C avec un minimum de 27.24 °C au niveau de la station 1 (exutoire temporaire) et un maximum de 32.65°C au niveau de la station 6 (point de rejet urbain).

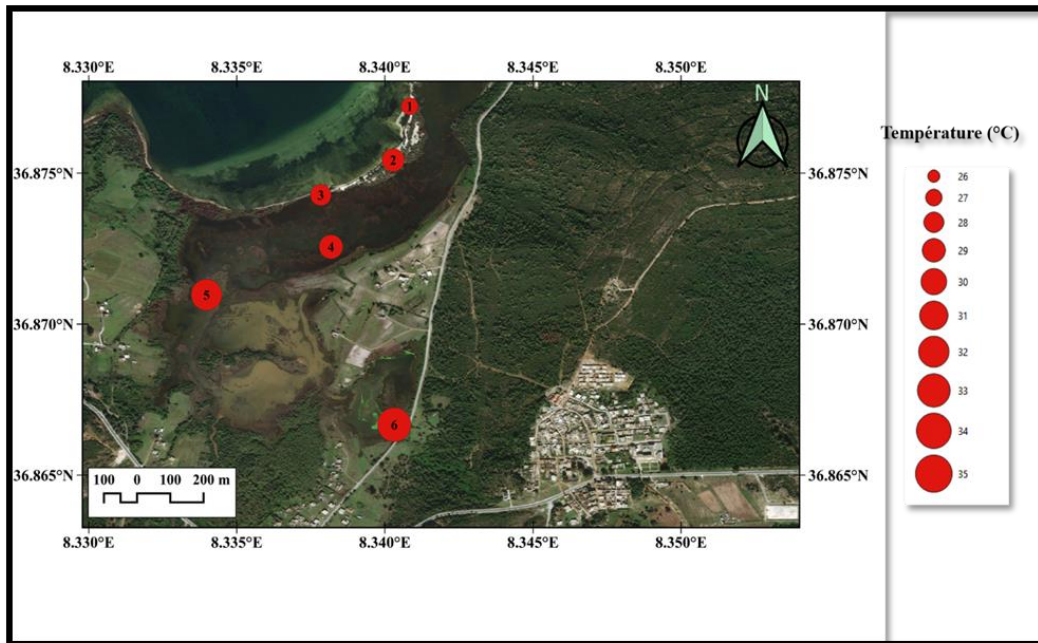


Figure 35. Variation de la température moyenne dans les stations de mesure

- **pH**

Le pH moyen mesuré dans le marais du mellah a été de 5.12 avec un minimum de 4,91 au niveau de la station 6 et un maximum de 5.51 dans la troisième station.

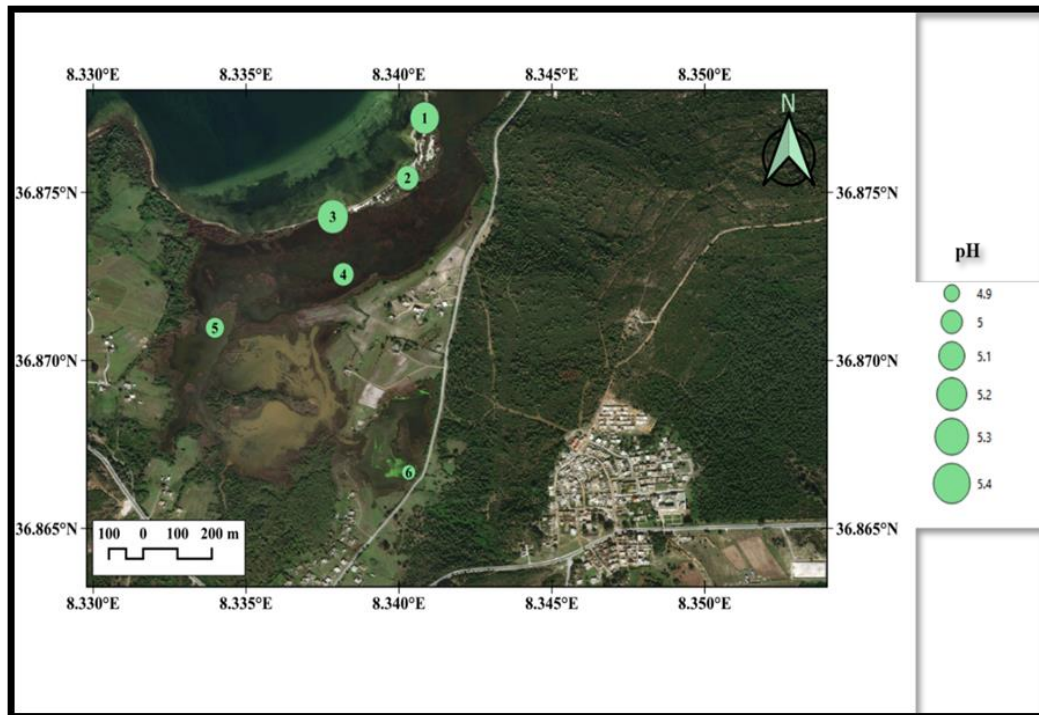


Figure 36. Variation du pH moyen dans les stations de mesure

- Conductivité électrique

La conductivité moyenne mesurée dans le marais du Mellah a été de 2168 mS/cm, un minimum de 1360mS/cm mesuré dans la station 1 et un maximum de 2782mS/cm au niveau de station 6. Ceci pourrait très bien être expliqué par la proximité du village.

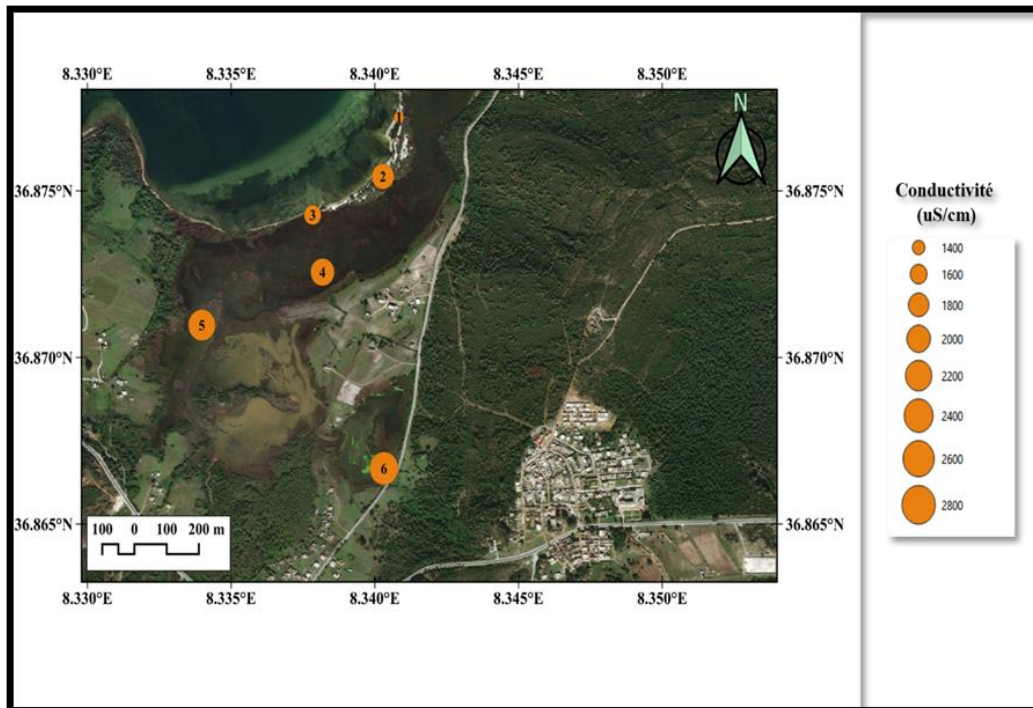


Figure 37. Variation de la conductivité électrique moyenne dans les stations de mesure

- Oxygène dissous

La valeur moyenne de l’oxygène dissous dans les stations étudiées a été de 0.92 mg/l, un minimum de 0.87 mg/l et un maximum de 1.13 mg/l. Les stations les moins oxygénées se trouvent au niveau des exutoires, ainsi on constate de légères variations au niveau des autres points de mesure.

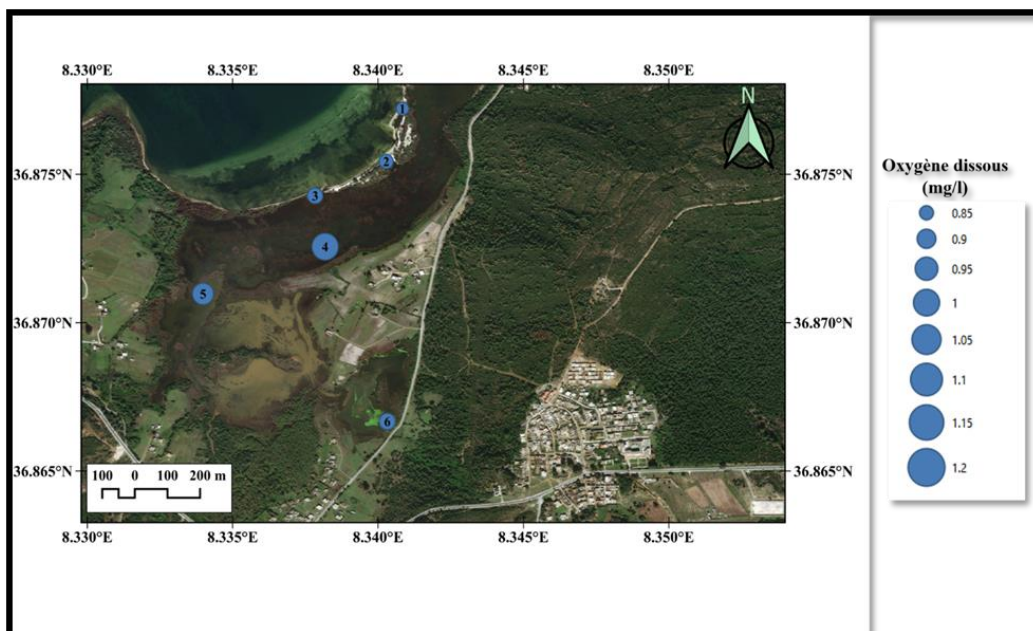


Figure 38. Variation de l’Oxygène dissous moyen dans les stations de mesure

3.3.2. Analyse des paramètres physico-chimiques du sol

- Détermination de la texture du marais

Les résultats de la granulométrie des échantillons de sol montrent globalement que le marais présente selon le triangle textural (Duchaufour, 2001), une texture sableuse à sablonolimoneuse, ce qui suggère une fertilité physique importante, favorisant l'infiltration des sédiments et des nutriments (Abdous & Belkhef, 2019). Les proportions des éléments varient en fonction des points de prélèvements.

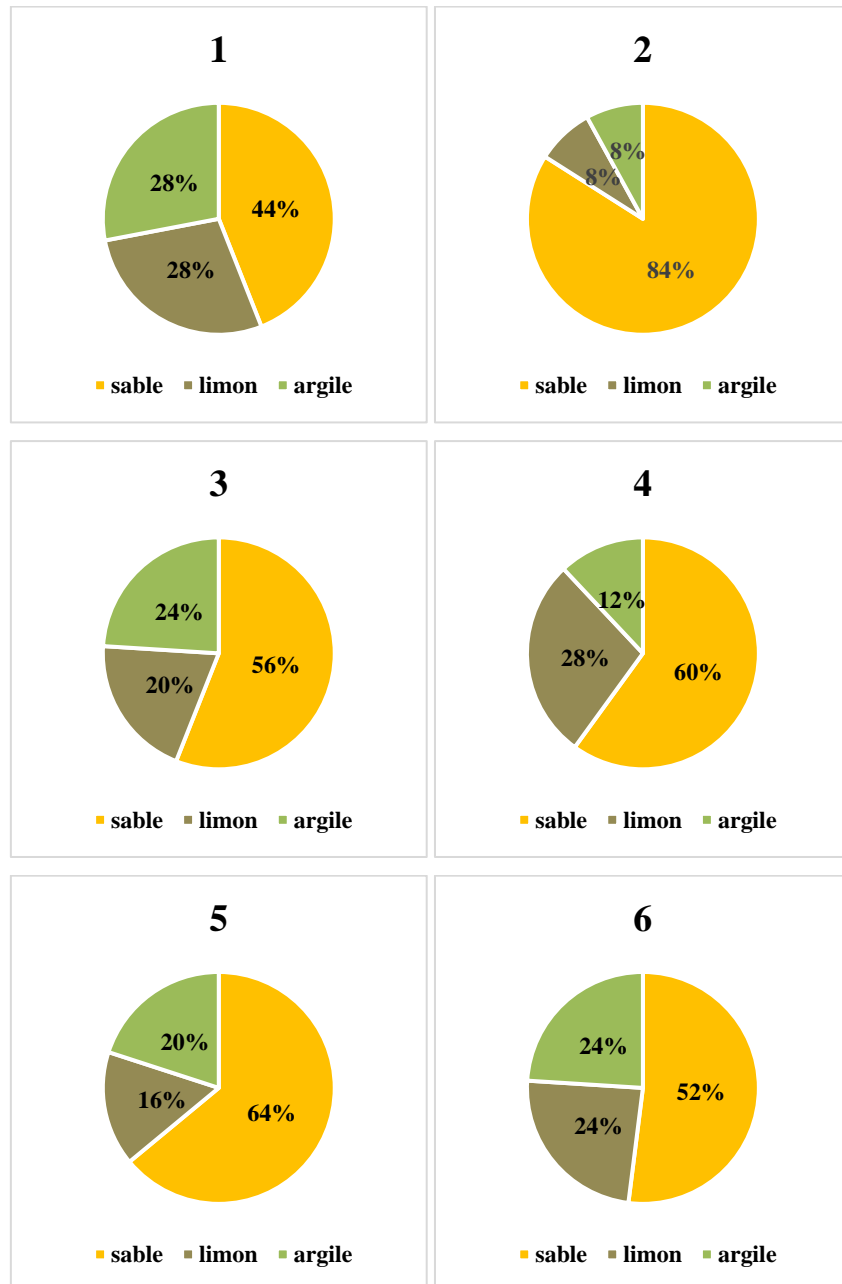


Figure 39. Détermination de la texture des différents points d'échantillonnages

- **Mesure de Ph et conductivité :**

○ **pH :**

Le pH de marais est généralement acide entre (5.2-6.2) dans les différents points à l'exception de troisième point qui présente une valeur neutre (6.8).

○ **Conductivité électrique :**

Les valeurs maximales de la conductivité électrique se concentrent dans le 3 points (9.23mS/cm) suivi par le 6 (3.13mS/cm) point, indiquant que le sol est très salé selon la classification **d'USSL (1954)**. Ceci correspond aux mêmes valeurs de sodium dans les échantillons traités dans le 3 et le 6 point respectivement.

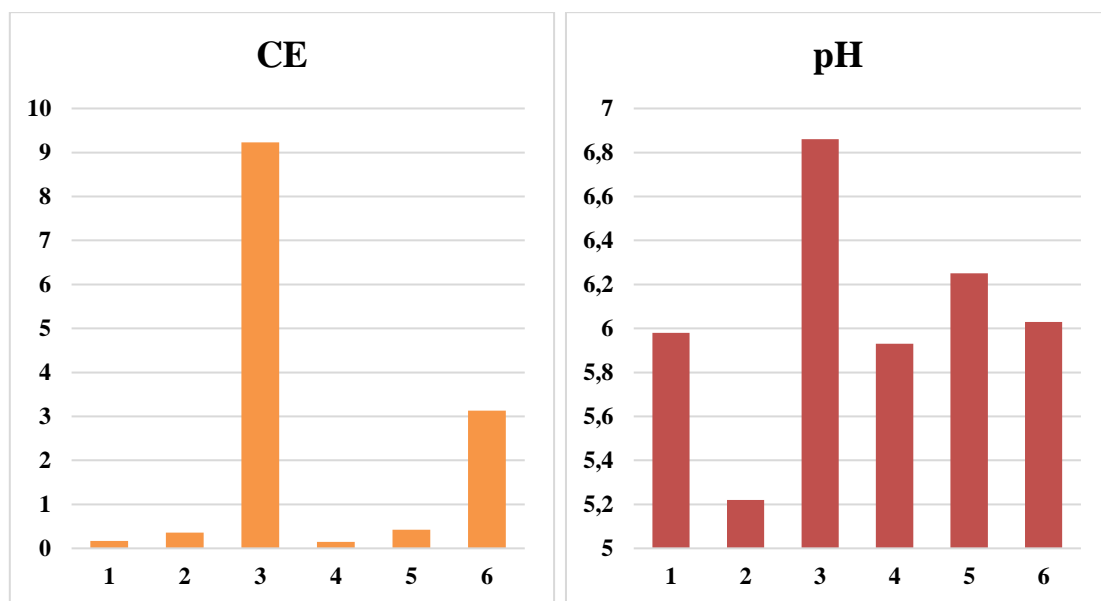


Figure 40. Mesure de pH et conductivité

- **Mesure des bases échangeables :**

Les résultats montrent des teneurs variables des bases échangeables entre les points de prélèvements. Le calcium et le magnésium enregistrent des valeurs importantes là où il y a une proportion considérable d'argile. Cependant le 2 point présente les valeurs les plus faibles. Ces derniers interviennent dans le maintien de la structure de sol.

Les valeurs de sodium (Na) et de potassium (K) les plus élevées sont enregistrées dans le 3ème point, ainsi des valeurs considérables dans le 5 et 6 points d'échantillonnage.

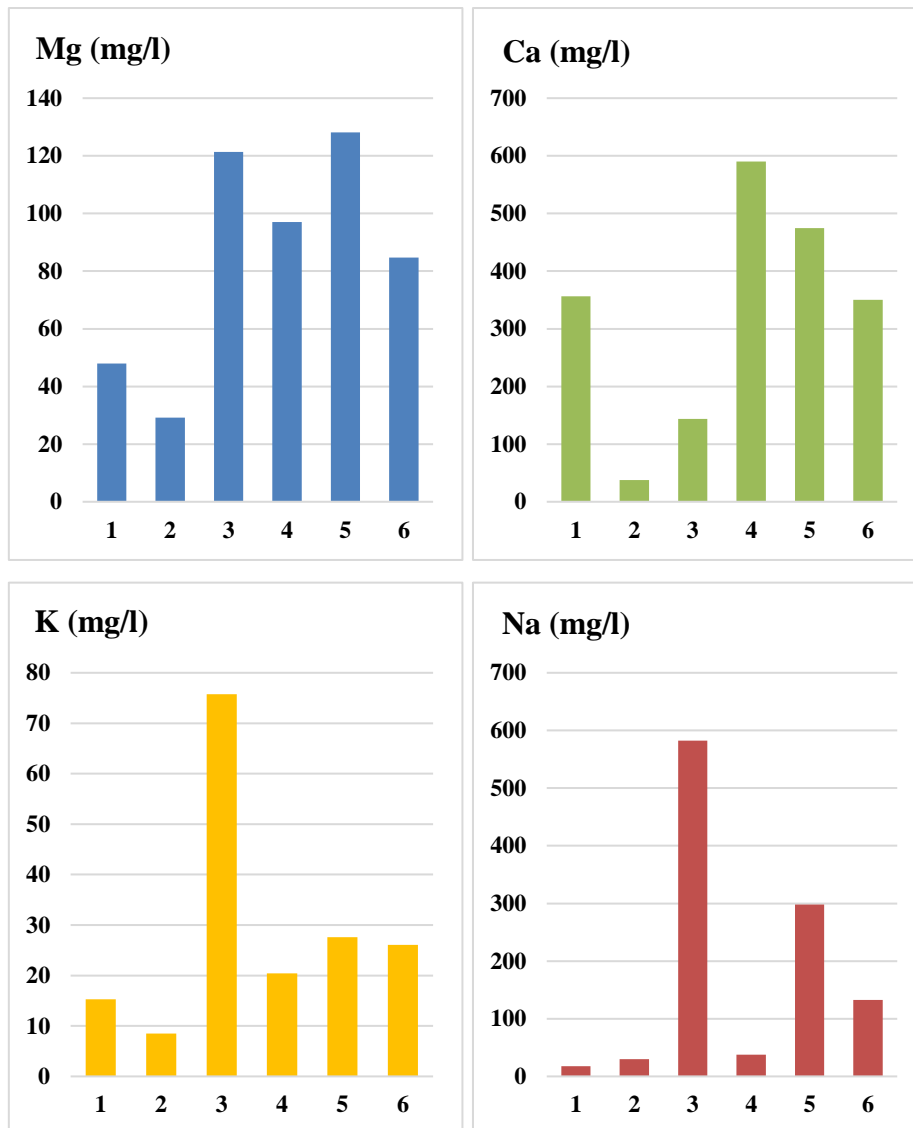


Figure 41. Mesure des bases échangeables dans le sol

- **Mesure de l'azote et du phosphore :**

○ **Azote :**

La mesure de l'azote dans le marais montre que le point 5 enregistre la valeur la plus importante. Tandis que les restes d'échantillons présentent des valeurs raisonnables, augmentent en fonction de l'intention des groupements végétaux.

○ **Le phosphore :**

La mesure du phosphore indique une valeur maximale au niveau du 4ème point, le reste des échantillons présentent des valeurs plus ou moins proche.

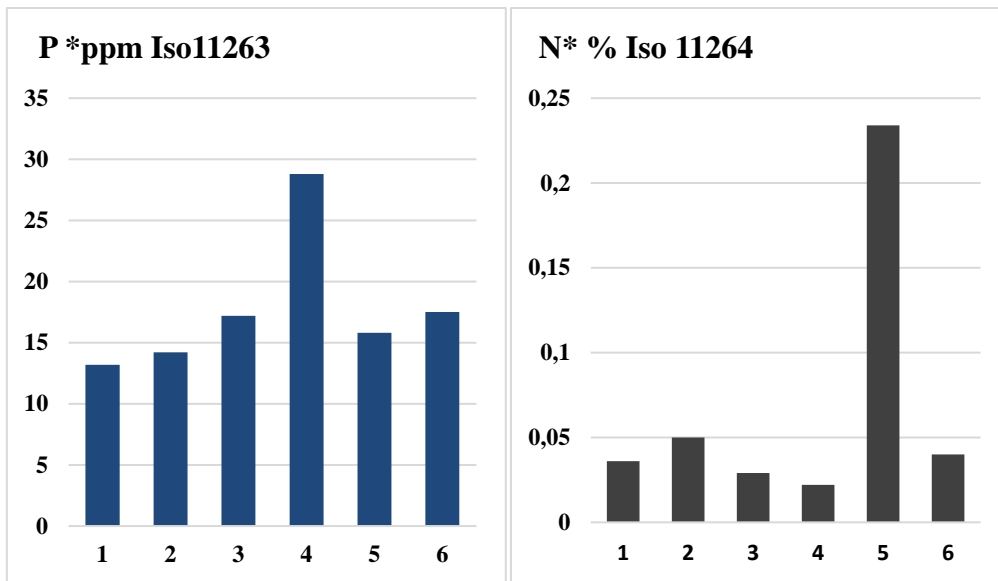


Figure 42. Mesure de phosphore et d'azote dans le sol

IV. DISCUSSION

Les oiseaux d'eau : ces Bio indicateurs de la qualité des marais

Par définition, un bio indicateur est une espèce végétale ou animale, ou même un ensemble d'espèces, dont la présence, l'abondance, la biomasse ou d'autres caractéristiques biologiques peuvent servir de révélateurs quant à l'état écologique d'un environnement donné, ou encore quant à l'impact des activités humaines sur celui-ci (**Blandin, 1986**), si bien que ces indicateurs biologiques sont en capacité d'intégrer et retranscrire plusieurs variables du milieu, constituant ainsi un complément essentiel pour la détermination de la qualité physico-chimique des milieux humides pour évaluer leur état écologique, les marais le cas échéant (**CPIE, 2015**). Les bio-indicateurs reflètent un grand nombre de paramètres de l'environnement difficiles ou coûteux à mesurer individuellement : ce sont bien souvent de véritables intégrateurs biologiques (**Benoit-Chabot, 2014**). Les oiseaux d'eau sont devenus des indicateurs biologiques significatifs pour évaluer la santé des zones humides, en raison de leur attrait, de leur comportement grégaire qui facilite le comptage des populations et de leurs migrations sur de longues distances (**Jacobs et al., 2006**). Comprendre la diversité des espèces d'oiseaux et leur répartition dans les zones humides, notamment dans les marais saumâtres, offre un moyen efficace de surveiller et de gérer ces écosystèmes naturels. Ces informations fournissent aux responsables des aires protégées des données pour guider des décisions éclairées sur la manière de maintenir, d'étendre ou de restreindre les activités des populations locales (**Bellatrache, 2008**). Les résultats obtenus confortent ces données dans la mesure où nous avons pu mettre en exergue des différences significatives de diversité et de dynamique du peuplement d'oiseaux d'eau entre les deux périodes 2000/2001 et 2020/2021. En effet, nous avons comptabilisé 19 espèces d'oiseau d'eau au niveau du marais au lieu des 34 espèces recensées en 2001, soit une diminution spécifique de 56%. Les mêmes tendances ont été révélées pour les effectifs, puisque nous avons comptabilisé 1309 individus au lieu des 2398 individus comptabilisés il y a 20 ans. La diminution des effectifs d'oiseaux d'eau comme celle des indices de végétation est un phénomène global constaté dans tous les marais salés et saumâtres au Maroc et en Tunisie (**El Agbani & Dakki, 2005 ; Lahrouz et al., 2011 ; Ouali et al., 2014 ; Hamdi & Hamdi, 2015**). En Algérie, les marais ont fait l'objet d'études épisodiques, seuls les marais classés Ramsar ont fait l'objet de missions de monitoring, c'est le cas du marais de la Mekhada dont les travaux réalisés entre 2012 et 2022 révèlent une diminution de la richesse spécifique des oiseaux d'eau (**Bediaf et al., 2020 ;**

Bendjedid, 2021 ; Bendjeddou, 2022 ; Soltani et al., 2023). Ces travaux ont mise en évidence une diminution de diversité et d'effectifs des oiseaux d'eau hivernants et ont expliqué cette tendance par des évènements locaux tels que les déplacements ou la pression de dérangement et par des phénomènes à plus grande échelle tels que les changements climatiques ou la pollution. Partant du principe que les marais jouent un rôle crucial pour les oiseaux d'eau en fournissant un habitat riche en ressources alimentaires et en offrant des conditions propices à la reproduction et à l'élevage des jeunes (**Barnaud, 2010 ; Rault et al., 2022**), toute perturbation quel que soit l'échelle considérée, pourrait causer une perte de superficie ou de qualité des marais (**Mitchell et al., 2023**), et peut avoir des conséquences désastreuses sur la richesse et la dynamique globale du système Marais – oiseaux d'eau.

Espèces sensibles VS espèces robustes : quelles indications vis-à-vis du marais du Mellah ?

Outre le changement de dynamique et de diversité avifaunistique du marais du Mellah, les résultats obtenus ont mis en évidence la disparition totale de 15 espèces, des plus rares aux plus régulières : les limicoles le cas échéant. Parmi ces espèces, on remarquera un effondrement des effectifs de la bécassine des marais dont l'effectif était très important il y a 20 ans et qui devient assez rare ne dépassant pas les deux individus actuellement. La Bécassine des marais est un limicole qui fréquente les zones humides dulçaquicoles mais également les milieux saumâtres riches en proies alimentaires. Sa niche écologique réunit au moins trois caractéristiques importantes, en l'occurrence un sol saturé en eau jusqu'à un sol inondé dont la hauteur du niveau ne peut excéder 40 mm, un substrat de composition organique (terre, tourbe) ou plus minéral (vase compacte), et une végétation herbacée assez courte ne dépassant pas 200 mm (**Natura, 2000**). De nombreux auteurs ont identifié les menaces qui pèsent sur la dynamique de cette espèce : les aménagements hydro-agricoles ou autres aboutissant au drainage, à l'assèchement des milieux marécageux, la déprise agropastorale, et les pollutions liées à l'épandage des boues, et l'utilisation de produits chimiques (**Mondain – Monval et al., 2002 ; Kruger, 2023**). D'une façon générale, le déclin de la diversité des limicoles est une constatation mondiale à travers toute leur aire de répartition et résulterait de multiples causes dont les plus remarquables restent la pollution et les changements climatiques (**Delany et al., 2009 ; Aarif et al., 2020, 2021**).

A contrario, nos résultats ont mis en évidence la dominance des espèces dont la plasticité écologique leur permet de s'adapter aux nouvelles conditions imposées par la fragmentation

des habitats humides. La foulque macroule se distingue dans ce sens par des effectifs plus importants durant la période 2020/2021, comparativement aux données de la période 2000/2001.

La foulque est l'un des oiseaux d'eau les plus abondants, avec une aire de répartition qui couvre trois continents, avec des travaux de suivi particulièrement en Europe (**Jortay, 2002**), et en Afrique du Nord (**Isenman & Moali, 2000**). En Algérie, l'aire de répartition de l'espèce couvre tout le nord algérien (**Baaziz & Samraoui, 2008 ; Samraoui, 2009 ; Metna et al., 2013, Guergueb et al., 2014 ; Boukrouma, 2016; Saidi et al., 2022**), ce qui en fait l'espèce la plus commune et sans doute la plus adaptée aux zones humides algériennes (**Rizi et al., 1999; Samraoui & Samraoui, 2008 ; Benradia et al., 2018 ; Belabed – Zediri et al., 2020**).

Taux d'occupation du sol vs diversité ornithologique du marais : un constat accablant

*« Désormais omniprésent, l'étalement urbain combiné à la recomposition de villes remodèle La géographie fabriquant des territoires hybrides, ni urbains ni ruraux » (**Mangin, 2004**).*

L'évaluation du taux d'occupation des sols est généralement réalisée à partir de données provenant des bases de données sur l'occupation des terres existantes, ou à partir des recensements de population. (**Aguejedad, 2009**). Néanmoins, les progrès de la télédétection ont facilité le suivi des changements d'occupation des sols (**Skupinski et al., 2009**). Cet outil offre une vision synthétique d'un même territoire, homogène et répétitive (**Aguejedad, 2009**). Des séries temporelles d'images, comme celles issues de 2009 et 2021 et que nous avons analysé, permettent de retracer dans le temps l'évolution de l'occupation des sols. L'étude d'un schéma conceptuel typique utilisé dans la plupart des modèles de simulation de l'évolution de l'occupation et de l'utilisation des sols. (**Fig 43**), montre les principales composantes d'un paysage urbain et leurs interactions (**Haase & Schwarz, 2009**) : les facteurs d'évolution du paysage urbain relèvent de la composante anthropique – essentiellement la démographie et l'économie- qui exerce des pressions sur la composante « usage des sols » qui à son tour impacte la composante « environnement », le marais du Mellah le cas échéant. Les travaux de **Aguejedad, (2009)** montrent clairement que ces trames conceptuelles reposent malheureusement sur l'hypothèse de processus à sens unique entre les facteurs de changement et les impacts de l'occupation et de l'utilisation des sols.

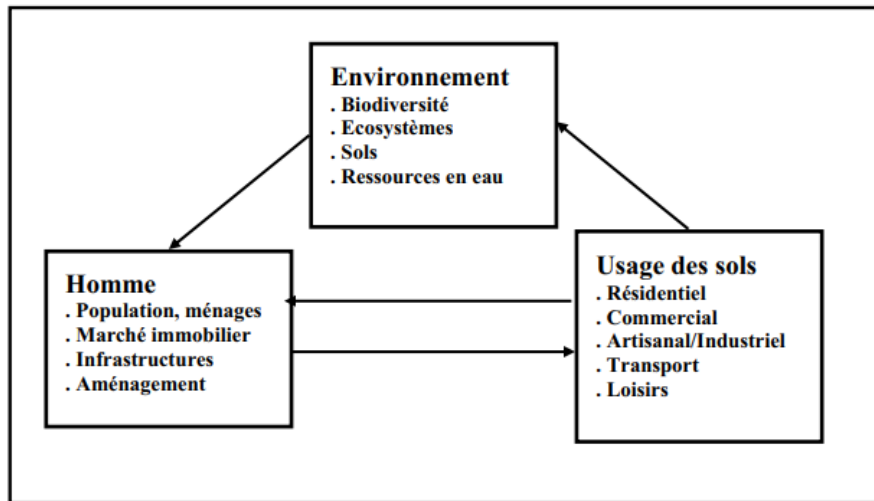


Figure 43. Composantes et relations décrivant les interactions hommes – natures dans les espaces urbanisés (d’Après Haase and Schwarz, 2009).

Dans notre étude, le déclin des espèces d’oiseaux d’eau inféodées au marais du Mellah, signale incontestablement une dégradation importante du milieu. Les zones humides sont fréquemment impactées par des projets d’aménagement, or dans le cadre des opérations d’aménagement d’intérêt général, toute atteinte doit être « supprimée », « réduite » ou « compensée » selon l’intensité de l’action et la résilience du milieu (ANEb, 2020). L’Analyse spatio – temporelle d’évolution du taux d’occupation du sol montre une expansion effrénée du tissu urbain autour du marais en une dizaine d’années à peine. La dynamique d’urbanisation se traduit le plus souvent par la mise en place de structures anthropiques permanentes (Ormerod, 2003) qui provoquent de profondes mutations du paysage (Leston et Rodewald, 2006 ; Torrens, 2008) s’associant à des changements d’occupation du sol le plus souvent irréversibles (McKinney, 2006). Cette expansion modifie structurellement la physionomie même des campagne, c’est d’ailleurs le cas pour les deux villages Bousseta Ahmed et El Malha , et n’est donc pas sans conséquences sur la perturbation des écosystèmes humides, et sur la biodiversité (Weng, 2007).

Facteurs abiotiques VS richesse ornithologique : quels enseignements ?

Des études récentes ont montré l’effet délétère de la pollution sur la disparition des marais salés à travers le globe (Freng *et al.*, 2021 ; Freng *et al.*, 2022) et la profonde mutation dans leurs processus écologiques (Bernhardt *et al.*, 2017 ; Escher *et al.*, 2020 ; Thoré *et al.*, 2024). La dégradation des marais salés par la

pollution urbaine concerne principalement les impacts causés par divers types de pollutions provenant des activités humaines tels l'urbanisation, l'intensification de l'agriculture, le prélèvement d'eau, le drainage, l'extraction de matériaux et l'assèchement, qui induisent non seulement la pollution de ces zones mais également leur disparition **(Delphy, 2020)**. Les teneurs importantes d'éléments chimiques tels que l'azote, le phosphore et les métaux lourds modifient profondément les paramètres physiques et chimiques de ces zones **(Liang & Wang, 2003 ; Gao et al., 2023)**, et provoquent une altération de la qualité d'eau, la modification de la composition floristique, notamment la prolifération des algues, des bactéries, et l'asphyxie de ces milieux **(Lin et al., 2023 ; Sorokovikova et al., 2022 ; Mosley et al., 2022 ; Zabaleta et al., 2023)**.

A l'état naturel, les oiseaux d'eau sont inféodés aux marais saumâtres et salés principalement pour leur structure paysagère qui en fait un habitat idéal offrant ressources trophiques et protection pour bon nombre **(Bai et al., 2018)**. L'introduction de substances toxiques par des rejets urbains, industriels ou agricoles provoque une série d'effets dévastateurs en cascade **(Jiang et al., 2015)**, perturbant profondément la dynamique et la diversité des oiseaux d'eau, **(Pandiyan et al., 2022)**. Ces effets concernent la modification de la qualité de l'eau et donc la diminution des ressources benthique, le changement dans les communautés floristique **(Mao et al., 2018)** et/ou la prolifération d'espèces invasives, ce qui peut avoir un impact négatif sur la population **(Melville et al., 2016)**.

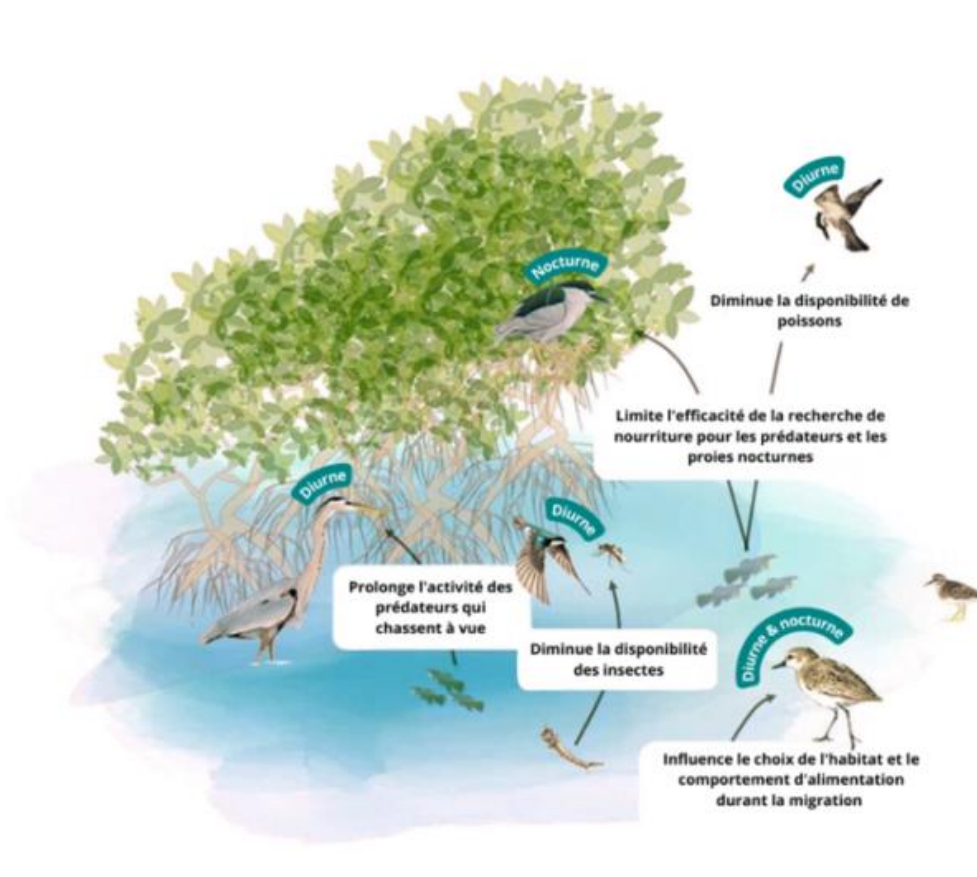


Figure 44. Interactions interspécifiques des oiseaux d'eau dans les marais salés

L'analyse de la qualité de l'eau dans notre étude ne montre aucun changement marquant, les valeurs sont aux normes quoi que l'intensification des rejets peuvent les modifier à long terme. Cependant la caractérisation physico-chimique du sol de marais du Mellah montre des teneurs élevées d'azote et de phosphore, près des affluent urbain, ce qui a provoqué l'apparition d'une eutrophisation du plan d'eau à proximité. (Fig.45).



Figure 45. Diffusion des rejets urbain vers le marais et la formation d'eutrophisation (Clichée Henada)

Les contaminations des sols par les éléments azotés et phosphorés peuvent être lessivées vers les nappes phréatiques ou les hydroécosystèmes avoisinantes (**Bertin et al., 2021**), ces éléments nutritifs participent à la formation d'eutrophisation, induisant à terme la perte de la zone humide (**Bi et al., 2014**). Ce constat physico – chimique associé aux résultats relatifs à la perte de diversité avifaunistique, conforte un diagnostic clair de perturbation du marais du Mellah. L'étude faite par **Putkuri et al., 2013** sur l'impact de la pollution urbaine des lacs de la Finlande révèle une diminution importante des populations d'oiseaux d'eau. D'autres études mettent en exergue une corrélation entre l'augmentation du taux d'occupation de sol (les rejets récurrents des activités anthropiques) avec le déséquilibre de la qualité des zones humides (**Okoye & Ogbemor, 2023**), et par conséquent l'apparition d'eutrophisation et la diminution des effectifs d'oiseaux d'eau. (**Mattsson et al., 2003 ; Hilli-Lukkarinen et al., 2011 ; Guillemain et al., 2013 ; Fraixedas et al., 2015**).

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les marais salés et saumâtres sont des écosystèmes côtiers, particulièrement dynamiques, et dont l'importance reflète l'ampleur des multiples services écosystémiques rendus, pourtant ils restent encore mal connus, pas assez reconnus, et largement sous exploités. C'est pour cette raison qu'il devient urgent de consolider toutes les connaissances, les recherches et les états des lieux sur ces sites d'exception, afin d'alimenter les assises fondamentales de demandes de mise sous protection, de restauration voire d'exploitation raisonnée.

C'est dans ce contexte global que s'inscrit ce travail de caractérisation géomorphologique d'un site singulier, puisque le marais du Mellah forme le seul éco complexe avec la seule lagune d'Algérie qui elle-même communique avec la mer méditerranée. Son positionnement stratégique en fait un véritable exemple d'analyse du bon fonctionnement de ces zones humides dont le régime hydrographique est fluctuant en fonction des facteurs abiotiques, mais dont l'importance nourricière vis-à-vis du lac Mellah est incontestable. Les enjeux de cette thèse, au-delà de la pure caractérisation visent à analyser l'évolution de l'exploitation avifaunistique du marais, depuis les travaux pionniers de **Boulahbel (1999)** et de **Boukheroufa (2001)** qui ont décrit à l'époque, un milieu d'une richesse spécifique très appréciable avec de grands effectifs, synonyme d'habitat clé offrant toutes les ressources et besoins nécessaires à la survie, à la reproduction et au développement des oiseaux d'eau, et ce en dépit d'une superficie relativement réduite. Il y a vingt ans, les seuls enjeux de conservation, concernait la pression de dérangement induite par les activités localisées et épisodique de braconnage.

Au terme de cette étude, nous avons pu démontrer l'impact de la perturbation anthropique que subit le marais du Mellah, à travers l'utilisation d'un outil biologique d'appréciation, en l'occurrence les oiseaux d'eau, qui s'avèrent être d'excellents bio indicateurs de l'état de santé des zones humides. D'autres facteurs géomorphologiques ont été caractérisés et ont confirmé cette perturbation, qu'il s'agisse de la cartographie, pour une visualisation spatiale qui a été déterminante pour comprendre la structure du milieu physique, l'expansion qui en résulte du taux d'occupation des sols, ou encore de la qualité physico – chimique du sol et des eaux du marais. Cette caractérisation géomorphologique du marais constitue une étape cruciale pour une gestion environnementale informée et durable de cet écosystème si particulier. Elle fournit une base solide pour la prise de décision, la conservation de la nature, et la compréhension des interactions complexes entre les composants physiques et biologiques des marais. Pour autant, il est nécessaire voire indispensable de maintenir les

missions de monitoring sur les facteurs biotiques et abiotiques pour garantir la conservation durable des espèces et des espaces.

A partir de tous ces éléments, il serait intéressant d'envisager les perspectives suivantes :

- Continuer le monitoring du peuplements d'oiseaux d'eau afin d'analyser les dynamiques d'hivernage et de nidification des différentes espèces exploitant le marais sur de plus longues périodes, et en déduire l'impact de l'anthropisation sur ces processus.
- Faire une caractérisation régulière de la qualité des eaux du marais et exploiter d'autres matrices clés telles que les sédiments, afin de détecter la moindre trace de pollution pouvant expliquer l'effondrement des effectifs
- Réaliser une enquête ethno zoologique auprès des riverains et des gestionnaires locaux afin de mettre en place des dispositifs de sensibilisation sur ces milieux productifs mal connus, en vue d'une prise de conscience voire une prise en main efficace et pérenne.

L'étude cartographique qui a été menée à partir des techniques modernes de télédétection nous a permis de produire des cartes thématiques précises, permettant de mettre en exergue tout le potentiel géomorphologique et hydrologique du marais, même si la stabilité de ce dernier reste tributaire de la permanence, la qualité et la stabilité. Outre la description géomorphologique détaillée, nous avons réalisé la caractérisation physico – chimique de l'eau du marais. La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres. Ces paramètres permettent d'acquérir des connaissances de base, de développer une surveillance pour détecter des perturbations et de mettre en place un suivi pour rétroagir sur la gestion.

A partir de ces éléments, il serait intéressant de dégager les perspectives suivantes :

- Réaliser la cartographie inter saisonnière du marais afin de suivre la variation spatio-temporelle de ce dernier
- Exploiter d'autres types de matrices pour les analyses physico – chimiques comme les échantillons de sols afin de caractériser le type de pollution que reçoit le marais
- Conduire une approche biologique en étudiant la faune inféodée au marais pour en déduire son rôle fonctionnel.
- Prévoir un plan d'action pour préserver au mieux ce site d'exception

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Aarif, K.M., Kaiser, S.A., Nefla, A. & Almaaroufi, A. 2020.** Over-summering abundance, species composition, and habitat use patterns at a globally important site for migratory shorebirds. *The wilson journal of ornithology*, 132(1) :165-172p.
2. **Aarif, K.M., Nefla, A., Nasser, M., Prasad, P.K., Athira, T.R. & Bin Muzaffar, S. 2021.** Multiple environmental factors and prey depletion determine declines in abundance and timing of departure in migratory shorebirds in the west coast of India, *Global Ecology and Conservation*, 26 :1-20p.
3. **Adam, P. 1990.** *Saltmarsh Ecology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press
4. **Agrigon, A. 2000.** *Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments*. DUNOD. 206p.
5. **Aguejdad, R. 2009.** *Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole*. Thèse de doctorat, Université européenne de Bretagne, 374p.
6. **Alfonsi, E. 2016.** *Processus d'assemblage des communautés végétales dans les zones humides de Gironde : Du diagnostic aux services écosystémiques*. Thèse de doctorat : Ecologie évolutive, fonctionnelle et des communautés, Université de Bordeaux. 189 p.
7. **Allaoua, S. 2020.** *Education Environnementale et Conservation des Zones Humides à Intérêt Local et International*. Thèse de doctorat : Protection conservation et valorisation des ressources naturelles, Université de Badji Mokhtar, Annaba. 99 p.
8. **Amar, R. 2010.** *Impact de l'anthropisation sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins : exemple de la Manche-mer du nord*. *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 8 :1-13.
9. **Amokrane, S. 2000.** *Approche bioécologique d'un poisson semi-marin : l'anguille d'Europe <<Anguilla anguilla Linnaeus 1758>> dans la région d'El-Kala*. Thèse. I.N.A, El-Harrach, Alger, 80 p.

10. **ANEB. 2020.** L'adaptation au changement climatique, à l'échelle des bassins hydrographiques : le coût des mesures vs le coût inquiétant de l'inaction. Consulté sur : <https://www.riob.org/sites/default/files/JOIGNEAU%2C%20ANEB-FR.pdf>.
11. **Anras, L. & Guesdon, S. 2007.** Hydrologie des marais littoraux - Mesures physicochimiques de terrain. Collection "Marais Mode d'emploi". Ed. Forum des Marais Atlantiques. 76 p.
12. **Baaziz, N. & Samraoui, B. 2008.** The Status and Diurnal Behaviour of Wintering Common Coot *Fulica Atr L* in the Hauts Plateaux, Northeast Algeria. *European Journal of Scientific Research*, 23 : 495-512p.
13. **Bai, Q.Q., Chen, J.Z., Chen, Z.H., Dong, G.T., Dong, J.T., et al. 2015.** Identification of coastal wetlands of international importance for waterbirds: a review of China Coastal Waterbird Surveys 2005–2013. *Avian Research*, 6: 1-12p.
14. **Barnaud, G. 2001.** Des écosystèmes dynamiques et changeants : les zones humides. Consulté le 28/01/2024 sur [l'URL] : <https://www.lajauneetlarouge.com/des-ecosystemes-dynamiques-et-changeants-les-zones-humides/>
15. **Bediaf, S., Benmetir, S., Bouchecker, A. & Lazli, A. 2020.** Diversité de l'avifaune aquatique hivernante du marais de la Mekhada état actuel et valeur patrimoniale d'un site Ramsar (Nord-est Algérien). *Bulletin de la société zoologique de France*, 145(2) : 97-118.
16. **Belabed-Zediri, H., Belabed, A.I. & Bouslama, Z. 2020.** Etude comparative de l'écologie de la reproduction des rallidés entre milieu urbain et milieu naturel dans le nord-est Algérien. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 145 :489–508p.
17. **Belkhenchir, S. 1989.** Contribution à l'étude des mammifères dans le Parc National d'El-Kala (stations : dunes de la Messida et Aulnaie du lac Tonga). Inventaire et étude biologique. Thèse d'Ingénieur I.N.A, El-Harrach, Alger, 54 p.
18. **Bellatrèche, M. 1994.** Écologie et Biogéographie de l'Avifaune forestière nicheuse de la Kabylie des Babors. Thèse Doctorat, Université de Bourgogne (Dijon). 146 p.

19. **Bellatreche, M. 2008a.** Cours de conservation et gestion de la faune. Doc. Polyc., I.N.A., El-Harrach, Alger. 18 p.
20. **Bendjeddou, R. 2022.** Rôle fonctionnel du marais de la Mekkhada (Wilaya d'ElTarf) pour les Anatidés et Rallidés hivernants. Thèse de doctorat : Ecologie animale, Université de Badji Mokhtar, Annaba.172 p.
21. **Bendjedid, H. 2021.** Ecoéthologie du Canard souchet *Spatula clypeata* hivernant dans le Lac des Oiseaux et le marais de la Mékhada (wilaya d'El Tarf) Algérie. Thèse de doctorat : Biologie Animale, l'Université de Badji Mokhtar, Annaba. 167 p.
22. **Benoit-Chabot, V. 2014.** Les facteurs de sélection des bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques : élaboration d'un outil d'aide à la décision. Maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke. Canada. 118p.
23. **Benotmane, K.H., Boukheroufa, M., Guediri, M., Hadiby, R., Frih, A. & Sakraoui, F. 2022.** Impact of the wild boar *Sus scrofa* Linnaeus, 1758 (Mammalia Suidae) on wetlands soil quality: case of Black and Blue Lakes (National Parc of El Kala, northeastern Algeria). *Biodiversity Journal*, 13 (4) : 799-804p.
24. **Benradia, M., Mena, M., Guellati, K., Maazi, M.C., Bouslama, Z. & Houhamdi, M. 2018.** Ecologie des Anatidés et de la foulque macroule *Fulica atra* dans les zones humides de la wilaya de Souk-Ahras (nord-est de l'Algerie). *Bulletin de la Société zoologique de France*, 143(3): 145–169p.
25. **Benyacoub, S. 1993.** Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord-Est algérien). Thèse de doctorat, Université de Bourgogne. 297 p.
26. **Benyacoub, S. 1997.** Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'El kala. Composition - statut - répartition. Etude individuelle. N E I 10. Projet Banque Mondiale. 67 p.
27. **Benyacoub, S., Louanchi, M., Baba Ahmed, R., Benhouhou, S., Boulahbal, R., Chalabi, B., Haou, F., Rouag, R. & Ziane, N. 1998.** Plan directeur de gestion du Parc National d'El-Kala et du complexe des zones humides (Wilaya d'El Tarf), Projet Banque Mondiale 200p.
28. **Benyakoub, S. & Chabi, Y. 2000.** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala.

29. **Bernhardt, E.S., Rosi, M. J. & Gessner, M.O. 2017.** Synthetic chemicals as agents of global change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(2) :1-18p.
30. **Bertin, P.N., Crognale, S., Plewniak, F., Battaglia-Brunet, F., Rossetti, S. & Mench, M. 2021.** Water and soil contaminated by arsenic : the use of microorganisms and plants in bioremediation. *Environmental Science and Pollution Research*,29 : 9462-9489p.
31. **Beylagoun, I. 1998.** Contribution à l'inventaire des Lépidoptères dans le Parc National d'El Kala. Mémoire d'Ingéniorat, Université de Badji Mokhtar, Annaba. 36 p.
32. **Bi, J., Zhang, M.Y., Chen, W.W., Lu, J.G. & Lai, Y.M. 2018.** A new model to determine the thermal conductivity of fine-grained soils. *International journal of Heat and Mass transfert* ,123 : 407–417p.
33. **Blandin, P. 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes. *Bulletin de l'écologie*, 17 : 1-23.
34. **Blondel, J & Desmet, J.F. 2018.** Des oiseaux et des hommes : fonctions écologiques et services écosystémiques, Versailles, Éditions Quae, 62 p.
35. **Blondel, J. 1969.** L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. I. La méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P.). *Revue d'écologie (la Terre et la vie)*, 29(4) : 533-589p.
36. **Boudraa, W., Bouslama, Z. & Houhamdi, M. 2014.** Inventaire et écologie des oiseaux d'eau dans le marais de Boussedra (Annaba, Nord-Est de l'Algérie. *Bulletin zoologique de France*, 139(1-4) : 279-293p.
37. **Boukheroufa, M., Sakraoui, F., Benyakoub, S., Giraudoux, P. & Raoul, F. 2009.** Ecologie alimentaire de la Genette commune (*Genetta genetta*) dans un écosystème forestier du parc national d'El-Kala (Nord-est Algérien). *Mésogée*, 651 : 83-91p.
38. **Boukhroufa, M .2001.** Rôle fonctionnel du marais de mellah pour les oiseaux d'eau : Caractérisation et analyse de la variation des paramètres de structure de peuplement. Thèse d'ingéniorat : Ecologie et Environnement, Université de Badji Mokhtar, Annaba. 54p.
39. **Boukrouma, N. 2008.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel: cas de la retenue collinaire d'Ain

- Fakroune (W. d'Oum El-Bouaghi). Mémoire de Magister : Ecologie et génie de l'environnement, Université 8 mai 1945, Guelma. 64 p.
40. **Boukrouma, N., Bouguessir, M. & Benbrinis, S. 2016.** First data for breeding biology of the Common Coot (*Fulica atra*) in Bourgas Lake (Souk Ahras, Northeastern Algeria). *International journal of current science*, 19(4):102-109p.
 41. **Boulahbel, R. 1999.** Caractéristiques d'un modèle de peuplement d'oiseaux d'eau nicheurs. Cas du lac Oubeira et du marais du lac Mellah (Parc National d'ElKala). Thèse de Magistère : Ecologie et Environnement, Université de Badji Mokhtar Annaba. 80 p.
 42. **Boumaraf, W. 2010.** Cartographie et impact de la qualité des eaux du lac Oubeira sur la relation sol-végétation (Parc National d'El Kala). Thèse de Magister en Ecologie végétale, Université Badji Mokhtar Annaba, 82p.
 43. **Boumezbeur, A. 1993.** Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismaure à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et du fuligule nyroca (*Fuligila nyroca*) sur le lac Tonga et le lac des oiseaux est algérien. Mesure de protection et de gestion du lac Tonga. Thèse de doctorat, USTL Montpellier, 254 p.
 44. **Boumezbeur, A. 2005.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du Lac El Mellah (Wilaya d'El Tarf). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 16 p.
 45. **Brahmia, Z. 2002.** Rôle fonctionnel du lac Oubeira et du lac Mellah (parc national d'El-Kala) pour les oiseaux marins. Mémoire de Magister, Université de Badji Mokhtar, Annaba, 101p.
 46. **Brown, J., Smith, A., Johnson, C. & Davis, R. 2014.** Waterbirds as ecological indicators of wetland health: A case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142(3):112-126 p.
 47. **Bunzel, D., Milker, Y., Francescangeli, F. & Schmiedl, G. 2023.** Braving the extremes: foraminifera document changes in climate-induced and anthropogenic stress in Wadden Sea salt marshes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11:1-18 p. Doi: 10.3389/fevo.2023.1199281

48. **Cahoon, D. R. & Reed, D. J. 1995.** Relationships among marsh surface topography, hydroperiod, and soil accretion in a deteriorating Louisiana salt marsh. *Journal of Coastal Research*, 11(2), 357–369 p.
49. **Carraviéri, A. 2014.** Seabirds as bioindicators of Southern Ocean ecosystems : concentrations of inorganic and organic contaminants, ecological explanation and critical evaluation. Thèse de doctorat : Biologie environnemental et des population , Ecologie, Université de Rochelle. 258p.
50. **Chalabi, B. 1990.** Contribution à l'étude de l'importance des zones humides algériennes pour la protection de l'avifaune cas du Lac Tonga (P.N.E.K).Thèse magister , INA , Alger. 133p.
51. **Chapman, V.J. 1960.** The plant ecology of Scolt Head Island. Scolt Head Island (ed. J.A. Steers), W. Heffer & Sons, Cambridge, UK. 85-163p.
52. **Charvolin, F., Grillas, P., Marion, L., Millon, L., Moutou, F., Tancoigne, E. & Treillard, A. 2018.** Les espèces exotiques envahissantes et leur gestion. Rapport technique. 54p.
53. **Chebira, B.A. & Sarrasin, B. 2015.** La mise en tourisme des ressources naturelles dans la région d'El-Kala (Algérie) : inadéquation entre la demande touristique et le positionnement du Parc national. 6iemes journées scientifiques du tourisme durable. 18p.
54. **Chekchaki, S. 2012.** Caractérisation morpho-analytique des sols des aulnaies glutineuses du complexe lacustre (Parc National d'El Kala). Mémoire de Magister : Biologie et Ecologie végétale, Université Badji Mokhtar Annaba, 154p.
55. **Chmura, G. L., Anisfeld, S. C., Cahoon, D. R & Lynch, J. C. 2003.** Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global biogeochemical cycles*, 17 (4):1-11p.
56. **Clément, A. & Vigouroux, B. 2003.** Unsupervised segmentation of scenes containing vegetation (Forsythia) and soil by hierarchical analysis of bi-dimensional histograms. *Pattern Recognition Letters*, 24(12) : 1951-1957p.
57. **Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Linburg, K., Naeem, S., O'nail, R., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & Belt, M.V.D. 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387 : 253-260 p.

58. **CPIE. 2015.** Charte nationale du réseau des CPIE, Adoptée lors du Congrès 2015 de l'Union nationale des CPIE.
59. **De Belair, G. 1990.** Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustre et marécageux (El-Kala Est Algérien). Thèse de doctorat, Université à Montpellier II. 193p.
60. **Delany, A. & Bragge, P. 2009.** Study of physiotherapy students' and clinical educators' perceptions of learning and teaching. *Medical Teacher* ,31(9) :1-10p.
61. **Delaune, R. D., Smith, C. J. & Patrick, W. H. 1983.** Methane release from Gulf coast wetlands. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 35(1): 8-15 p.
62. **Delphy, R. 2020.** Caractérisation de la pollution urbaine en Île-de-France par une synergie de mesures de surface et de modélisation fine échelle. Thèse de doctorat : Physique de l'Atmosphère. Ecole Doctorale des Sciences de l'Environnement d'Île-de-France , 141p.
63. **DGF. 2004.** Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord.
64. **Djellab, S. 1993.** Inventaire et écologie des Syrphidés (Ordre: Diptera) dans le parc national d'El - Kala. Thèse de Magistère, Université Badji Mokhtar, Annaba. 184 p.
65. **Doody, J.P. 2008.** Management of Natura 2000 habitats. Atlantic salt meadows (*Glauco-Puccinellietalia maritima*) 1330. Rapport technique. 31p.
66. **Dorst, J. 1947.** Le rôle disséminateur des oiseaux dans la vie des plantes. *Revue d'Écologie*, 3(4) : 106-119 p.
67. **Draïdi, K., Djemadi, I., Bakhouch, B., Narsis, S., Bouslama, Z., Abdenour, M. & Tiar, G. 2023.** A multi-year survey on aquatic avifauna consolidates the eligibility of a small significant peri-urban wetland in northeast Algeria to be included on the IBA network. *Wetland Ecology and Management*, 31(5) :1-18 p.
68. **El Agbani, M.A. & Dakki, M. 2005.** Importance ornithologique du complexe des zones humides de la région de Smir. In : Bayed A. & Scapini F. (eds). *Ecosystèmes côtiers sensibles de la Méditerranée: cas du littoral de Smir*. Trav. Inst. Sci., Rabat, série Générale, 4, 61-64 p.

69. **El Ouali Lalami, A., EL-Akhal, F., Berrada, S., Bennani, L., Raiss, N & Maniar, S. 2014.** Evaluation de la qualité hygiénique des eaux de puits et de sources par l'utilisation d'une analyse en composantes principales (ACP) : Une étude de cas de la région de Fès (MAROC) [Evaluation of hygiénique quality of waters in wells and springs by using a Principal Component Analysis (PCA): A case study of the region of Fez (MOROCCO)] *Journal of Materials and Environmental Science*, 5 (1) : 2333-2344p.
70. **Escher, B.I., Stapleton, H.M. & Schymanski, E.L. 2020.** Tracking complex mixtures of chemicals in our changing environment. *Science*, 367(6476) : 388-392p. Doi: 10.1126/science.aay6636.
71. **Faurie, C., Ferrera, C., Medori, P. & Devaux, J. 1998.** *Ecologie - Approche scientifique et pratique* (Ed. J-B.Bailliere), Paris. 339 p.
72. **Feng, H., Qiao, Y., Xia, L., Yang, W., Zhao, Y., Jeelani, N. & An, S. 2021.** Alteration of Nutrient Substrates and Absence of Seawater Due to Coastal Embankments Affects Soil Microbial Communities in Salt Marshes of Eastern China, *Research square*, 1-32p.
73. **Feng, H.Y., Zhao, H., Xia, L., Yang, W., Zhao, Y.Q., Jeelani, N. & An, S.Q. 2022.** Nitrogen cycling in plant and soil subsystems is driven by changes in soil salinity following coastal embankment in typical coastal saltmarsh ecosystems of Eastern China. *Ecology and Engineering*, 174, 1-16p.
74. **Frahtia, K. 2005.** Contribution à l'étude des Lépidoptères dans la région d'El-Kala. Diversité, déterminisme de la répartition et dynamique post-incendie des peuplements de Rhopalocères. Mémoire de Magistère, Université de Badji Mokhtar, Annaba.89p.
75. **Fraixedas, S., Lindén, A. & Lehtikoinen, A. 2015.** Population trends of common breeding forest birds in southern Finland are consistent with trends in forest management and climate change. *Ornis Fennica* 92:187-203p.
76. **Gagliano, S.M.K., Meyer-Arendt, J. & Wicker, K.M. 1981.** Land loss in the Mississippi River deltaic plain. *Transactions Gulf Coast Association of Geological Societies*, 31: 295-300p.
77. **Gao, J., Han, H., Gao, C., Wang, Y., Dong, B. & Xu, Z. 2023.** Organic amendments for in situ immobilization of heavy metals in soil: A review. *Chemosphere*, 335.

78. **Gauthier-Lièvre, L. 1931.** Recherches sur la flore des eaux continentales de l'Afrique du Nord / par Lucienne Gauthier-Lièvre, Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord, 299p.
79. **Gedan, K. B., Silliman, B. R. & Bertness, M.D. 2009.** Centuries of human-driven change in salt marsh ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 1: 117–141p.
80. **Gherzouli, C. 2014.** Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est-algérien : apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 208p.
81. **Ghodbani, T. & Amokrane, K. 2013.** La zone humide de la Macta : un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, 7 : 139-155p.
82. **Grimes, M. 2013.** Utilisation des Techniques Numériques pour la Modélisation de la Propagation du Champ Acoustique dans les Matériaux » Thèse de Doctorat, Université de Jijel. 160 p.
83. **Guergueb, N., Alloui, N., Ayachi, A. & Bennoune, O. 2014.** Effect of slaughterhouse hygienic practices on the bacterial contamination of chicken meat. *Scientific Journal of Veterinary Advances*, 3(5) :71-76p.
84. **Guillemain, M., Pöysä, H., Fox, A.D., Arzel, C., Dessborn, L., Ekroos, J., Gunnarsson, G., Holm, T.E., Christensen, T.K., Lehtikoinen, A., Mitchell, C., Rintala, J. & Møller A.P., 2013.** Effects of climate change on European ducks : what do we know and what do we need to know? *Wildlife Biology*, 19 : 404-419p.
85. **Haase, D. & Schwarz, N. 2009.** Simulation Models on Human–Nature Interactions in Urban Landscapes: A Review Including Spatial Economics, System Dynamics, Cellular Automata and Agent-based Approaches. *Living Review. Landscape Research*, 3 : 1-45p.
86. **Hakmi, A. 2002.** Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer Oran. Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie, Oran, 71p.
87. **Hamouda, S. & Tahar, T. 2012.** Apport de l'analyse spatiale dans le suivi du couvert végétal du parc national d'El-Kala, (Algérie). *Science Technologique*, (25) : 59 -70 p.

88. **Harbi, S. 2016.** Structure et écologie des Sarcelles d'hiver *Anas crecca crecca* hivernant au niveau du Lac des Oiseaux et du Marais de la Mékhada (Wilaya d'El-Tarf). Thèse de doctorat : Biologie Animale, Université Badji Mokhtar, Annaba, 118p.
89. **Hatton, R. S., Delaune R.D. & Patrick, J.R. 1983.** Sedimentation, accretion and subsidence in marshes of Barataria Basin, Louisiana. *Limnology and Oceanography*, 28: 494-502 p.
90. **Hilli-Lukkarinen, M., Kuitunen, M. & Jukka Suhonen. 2011.** The effect of changes in land use on waterfowl species turnover in Finnish boreal lakes. *Ornis Fennica*, 88 :185–194.
91. **Houilia, A. 2018.** Contribution à l'inventaire de la macrofaune sous cinq groupements forestiers (chêne liège, chêne zéen, chêne kermès, pin maritime et aulne glutineux) du Parc National d'El-Kala dans le Nord-Est de l'Algérie. Thèse de doctorat : Ecologie Animale, Université Badji Mokhtar, Annaba, 201p.
92. **Isemann, P. & Moali, A. 2000.** Oiseaux d'Algérie (Birds of Algeria). Édité. Société d'Études Ornithologiques de France, Paris, 336 p.
93. **Jacobs, R., Smith, P.C. & Street, A. 2006.** Mesurer l'efficacité des soins de santé : techniques analytiques et politiques de santé.
94. **Jacques, D. & Hamel, C. 1982.** Système de classification des terres humides du Québec. Québec, ministère du Loisir, de la chasse et de la pêche, Direction générale de la faune. 130 p.
95. **Jiang, J.H., Su, H., Zhai, C., Shen, T.J., Wu, T., Zhang, J., Cole, J.N.S., von Salzen, K., Donner, L.J., Seman, C., Del Genio, A., Nazarenko, L.S., Dufresne, J.L., Watanabe, M., Morcrette, C., Kosshiro, T., Kawai, H., Gettelman, A., Millán, L., Read, W.G., Livesey, N.J., Kasai, Y. & Shiotani, M. 2015.** Evaluating the diurnal cycle of upper-tropospheric ice clouds in climate models using SMILES observations. *Journal of Atmospheric Sciences*, 72(3) : 1022-1044p. Doi:10.1175/JAS-D-14-0124.1.
96. **Joleaud, L. 1936.** Etude géologique de la région de Bône et la Calle, 2 ième série stratigraphie et description générale. Typo-litho & Jules Carbonel, 199p.
97. **Jortay, A. 2002.** Nidification et hivernage de la foulque macroule (*Fulica atra*) dans les bassins de décantation de Hesbaye liégeoise. *Aves*, 39(2) : 65-84p.

98. **Kadid, Y. 1989.** Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. Parc National d'El-Kala. Thèse. Ing. Agr., I.N.A, El-Harrach, Alger, 106 p.
99. **Kadid, Y. 1999.** Contribution à l'étude des phytocénoses aquatiques du lac Tonga, El-Kala (W. D'El-Tarf). Thèse. Magistère., Scien, Agro, I.N.A, El-Harrach. Alger. 161 p.
100. **Kruger, A. & Amours, F. 2023.** Politique d'approvisionnement de matière ligneuse. Consulté sur l'URL : https://www.kruger.com/wp-content/uploads/2023/06/Kruger_Politique_Matiere_ligneuse_juin2023_FR-11-23.pdf.
101. **Lahrouz, A., Omari, L. & Kiouach, D. 2011.** Analyse globale d'une approche déterministe et stochastiquemodèle épidémique sirs non li. Analyse non linéaire : modélisation et control, 16(1) : 59-76 p.
102. **Lamotte, M. & Bourlière, F. 1969.** Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres, Paris, Masson. 303 p.
103. **Lazli, A. 2011.** Contribution à la connaissance de l'écologie et de la biologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* et du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au lac Tonga. Thèse de Doctorat, Université de Béjaia, 103p.
104. **Lin, S.X., Liu, Z.J., Wang, Y.C., Li, J.Y., Wang, G.G., Zhang, W. & He, H. 2023.** Soil acidification associated with changes in inorganic forms of N reduces the yield of tea (*Camellia sinensis*). Archives of Agronomy and Soil Science, 69(9) :1660-1673p.
105. **Liu, Y., Wang, Z. & Lü, W. 2013.** Resilience and affect balance as mediators between trait emotional intelligence and life satisfaction. Personality and Individual Differences, 54 : 850–855p.
106. **Long, G. 1974.** Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire. Tome 1.Principes généraux et méthodes. Masson et Cie, Paris. 232p.
107. **Mangin, D. 2004.** La ville franchisée : formes et structures de la ville contemporaine. Paris, La Villette.
108. **Mao, D., Luo, L., Wang, Z., Wilson, M.C., Zeng, Y., Wu, B. & Wu, J. 2018.** Conversions between natural wetlands and farmland in China:

- A multiscale geospatial analysis. *Science of the Total Environment*, 634: 550-560p.
109. **Mattsson, J., Ckurshumova, W. & Berleth, T. 2003.** Auxin signaling in *Arabidopsis* leaf vascular development. *Plant Physiology*, 131 : 1327–1339p.
 110. **McKinney, M.L. 2006.** Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3) :247-260p.
 111. **McLeod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Bjork, M., Duarte, C. M., Lovelock, C. E., Schlesinger, W.H. & Silliman, B. R. 2011.** A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂, *Frontiers in Ecology and Environment*, 9: 552-560p.
 112. **Mcowen, C., Weatherdon, L., Bochove, J., Sullivan, E., Blyth, S., Zockler, C., Stanwell-Smith, D., Kingston, N., Martin, C., Spalding, M. & Fletcher, S. 2017.** Une carte mondiale des marais salants. *Journal de données sur la Biodiversité*, 5 : 2-13p.
 113. **Melville, D.S., Chen, Y. & Ma, Z. 2016.** Shorebirds along the Yellow Sea coast of China face an uncertain future a review of threats. *Emu*, 116(2) : 100–110p.
 114. **Menai, R. 1993.** Contribution à l'étude des macro-invertébrés des eaux continentales de l'Algérie : Inventaire, écologie et biogéographie des odonates. Thèse de doctorat : Biodiversité et conservation des zones humides, Université de Badji Mokhtar, Annaba, 165p.
 115. **Metna, F., Lardjane-Hamiti, A., Merabet, S., Sayoud, M.S., Boukhemza-Zemmouri, N. & Boukhemza, M. 2013.** Monthly changes in the workforce, characteristics of the nests and eggs of the common coot (*Aves, Rallidae*) in the nature reserve of Lake Réghaïa (Algeria), *Bulletin de la Société zoologique de France*, 138(1-4): 93-101p.
 116. **Meyen, E. 1973.** Multi lingual dictionnaire of technical terme in cartographie. *International Cartographie Association Commission II Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.*
 117. **Miri, Y. 1997.** Cartographie et phytoécologie des groupements végétaux du lac Oubeira (El Kala). These de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 99 p.

118. **Mitchell, S., Boateng, I. & Couceiro, F., 2017.** Influence of flushing and other characteristics of coastal lagoons using data from Ghana. *Ocean & Coastal Management, The challenge of developing policies and management strategies under changing baselines and unbounded boundaries* 143, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.10.002>.
119. **Mondain-Monval, J.Y., Desnouhes, L. & Taris, J.P. 2002.** Lead shot ingestion in waterbirds in the Camargue (France). *Game & wildlife science*, 19 (3) : 237-246 p.
120. **Moneuse, S., Guéret, J.P., Sudraud, J., Turpaud-Fizzala, V. & Robin, F. 2020.** Tendances et répartition des limicoles nicheurs du Marais poitevin. Bilan des deux enquêtes 2005-2006 et 2015-2016. *Naturae*, (5): 85-100p.
121. **Monod, J. 1989.** Memento technique de l'eau. Edition degrement Tome I .21-23 p.
122. **Morgan, N. C. & Boy, V. 1982.** An Ecological Survey of Standing Waters in North West Africa : I. Rapid Survey and Classification. *Biological Conservation*, 24(1) : 5-44p.
123. **Mosley, L.M., Dang, T., McLaughlin, M.J. & Fitzpatrick, R.W. 2022.** Extreme biogeochemical effects following simulation of recurrent drought in acid sulfate soils. *Applied Geochemistry*, 136 :105146.
124. **Mouronval, J.B., Brochet, A.L., Aubry, P. & Guillemain, M. 2014.** Les anatidés hivernant en Camargue se nourrissent-ils dans les marais aménagés pour la chasse. *Faune sauvage*, 303 : 14-21p.
125. **Natura. 2000.** La plate-forme technique nationale d'échanges du Réseau Natura 2000, Atteinte de ressources et de compétences pour la nature. 17p.
126. **Okoye, G.U. & Ogbebor, J.U. 2023.** Evaluation of the Organic Pollution Status of some Rivers in Edo State using Palmer's Pollution Index *Journal of Science and Technology Research*, 5(4) :97-105p.
127. **Ormerold, S.J. 2003.** Restoration in applied ecology : editor's introduction. *Journal of Applied Ecology* 40 : 44-50p.
128. **Ouali, M., Daoud-Bouattour, A., Etteieb, S., Gammar, A.M., Ben Saad-Limam, S. & Ghrabi-Gammar, Z. 2014.** Le marais de Joumine, Parc National de l'Ichkeul, Tunisie : diversité floristique, cartographie et

- dynamique de la végétation (1925-2011). *Revue d'écologie terre et vie*, 69 : 3-24p.
129. **Ouchtati, N. 1993.** Contribution à l'inventaire et à l'étude des Brachinidés, Carabidés et Cicindelidés de la région d'El-kala. Mémoire de Magistère. Université Badji Mokhtar, Annaba, 93 p.
 130. **Owen, M. & Black, J.M. 1990.** Waterfowl ecology. Chapman & Hall, New York.
 131. **Ozenda, P. 1963.** Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle », Document pour la carte de la végétation des Alpes, Grenoble, n°1.
 132. **Pandiyan, J., Poiyamozi, A., Mahboob, S., Al-Ghanim, K.A., Al-Misned, F., Ahmed, Z., Manzoor, I. & Govindarajan, M. 2022.** Assessment of the Toxic Effects of Heavy Metals on Waterbirds and Their Prey Species in Freshwater Habitats. *Toxics*, 10(641) : 1-12p.
 133. **Pech, P. & Diaf, I. 2022.** Développement touristique et conservation de la nature Le cas du parc national d'El Kala, wilaya d'El Tarf, Algérie, 23p.
 134. **Putkuri, E., Lindholm, M. & Peltonen, A. 2013.** State of the environment in Finland 2013. Finnish Environment Institute, 115p.
 135. **Ranwell, D.S. 1972.** Ecology of Salt Marshes and Sand Dunes. London, UK: Chapman & Hall.
 136. **Rapinel, S., Clément, B. & Hubert-Moy, L. 2019.** Cartographie des zones humides par télédétection : approche multi-scalaire pour une planification environnementale. *Cybergeog : European Journal of Geography Cartographie, Imagerie, SIG*, 885,1-22p.
 137. **Rault, J.L., Sandøe, P., Sonntag, Q. & Stuardo, L. 2022.** Positive Animal Welfare: Bridging the Gap or Raising Inequalities Worldwide? *Frontiers in Animal Science*, 3: 1-8p .
 138. **Reebs, S. 2021.** Ornithologie. Note de cours, Université de Moncton, Canada, 175p.
 139. **Rizi, H., Benyacoub, S., Chabi, Y. & Banbura, J.1999.** Caractéristiques de nidification et de reproduction des foulques *Fulica atra* se reproduisant sur deux lacs en Algérie. *Ardéola*, 46 : 179-186p.
 140. **Rodier, J. 1996.** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8ème édition, Dunod, Paris, 1130p.

141. **Rouag, R. 1998.** Contribution à l'étude de l'herpétofaune du Parc National d'El Kala. Thèse de Magister, Université de Badji Mokhtar. Annaba. 227p.
142. **Saidi, H., Rizi, H., Baaloudj, A. & Houhamdi, M. 2022.** Ecology and diurnal behavior of the Eurasian coot *Fulica atra* in the Oubeira Lake (Northeastern Algeria). *Ukrainian Journal of Ecology*, 12(5) : 70-75p.
143. **Saifouni, A. 2021.** Les zones humides en Algérie : proposition d'une nouvelle classification, inventaire national et typologie (Doctoral dissertation).
144. **Saifouni, A., Bellatreche, M. & Chebouti-Meziou, N. 2020.** Identification and mapping of natural habitats of Tonga lake (E-kala, Alegria). *Revue Agrobiologia*, 10 (1) : 1999-2009p.
145. **Samraoui B., Samraoui F., Benslimane N., Alfarhan A.H. & Al-Rasheid K.A.S. 2012.** A precipitous decline of the Algerian newt *Pleurodeles poireti* Gervais, 1835 and other changes in the status of amphibians of Numidia, North-eastern Algeria. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, 67(1) : 71-81p.
146. **Samraoui Chenafi, F. 2009.** Contribution à l'étude de l'écologie de la reproduction des Ardéidés (Héron Garde bœufs *Ardea ibis*, Héron crabier *Ardéola ralloides*, Aigrette garzette *Egretta garzetta* et Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax*) en Numidie (nord – est algérien) Thèse de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 178p.
147. **Samraoui, B. & De Belair, G. 1998.** Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse, 4 : 90 p.
148. **Samraoui, B. & De Belair, G. 1997.** Les zones humides de Guerbes-Sanhadja : Partie I, Vue d'ensemble. *Écologie*, 28 : 233–250p.
149. **Samraoui, B., Benyacoub, S., Mecibah, S. & Dumont, H.J. 1993.** Afrotropical libellulids (Insecta : Odonata) in the Lake district of El Kala. North-East Algeria with a rediscovering of *Urothemis edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur). *Odonatologia*, 22(3): 365-372.
150. **Samraoui, B. & Samraoui, F. 2008.** An ornithological survey of the wetlands of Algeria: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58 :71-96p.

151. **Sarri, D. 2017.** Biodiversité et dynamique des populations d'oiseaux d'eau dans le marais du Mellah. Thèse de doctorat : Ecologie, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 240p.
152. **Shenker, J.M. & Dean, J.M. 1979.** The utilization of an intertidal salt marsh creek by larval and juvenile fishes: Abundance, diversity and temporal variation. *Estuaries* 2 : 154–163p .
153. **Skupinski, G., BinhTran, D. & Weber, C. 2009.** Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain – Le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France). *Cybergeo : European Journal of Geography*, 1-23p.
154. **Soltani, R., Nouri, N. & Lazli A. 2023.** Diversity and seasonal variation of wader community (Aves, Charadriiformes) in the Mekhada Marsh (northeastern Algeria). *Ekológia (Bratislava)*, 42(3) : 257–266p.
155. **Sorokovikova, L.M., Tomberg, I.V., Sinyukovich, V.N. & Ivanov, V.G. 2020.** Dynamics of nutrient concentrations and eutrophication of the waters in Barguzin Bay (Lake Baikal). *Limnology Freshwater Biology*, 4 : 890–891p.
156. **Talai-Harbi, S., Rouaiguia, M., Bara, M., Saker, H. & Houhamdi, M. 2016.** Ecology of the Eurasian Teal *Anas crecca* at the Mekhada marsh (northeast of Algeria). *Journal of entomology and zoology studies*, 4(4) :342-345p.
157. **Tamisier, A. & Dehorter, O. 1999.** Camargue, Canards et Foulques. Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver. Centre Ornithologique du Gard. Nîmes. 369p
158. **Thoré, E.S.J., Muylaert, K., Bertram, M.G. & Brodin, T. 2023.** Microalgae. *Curr. Biol.* 33, R91–R95. Doi: 10.1016/j.cub.2022.12.032
159. **Touarfia, M., Bouali, N., Djouamaa, A, Maazi, M. & Houhamdi, M. 2021.** Influence of edaphic factors on the structure and distribution of plant species in and around Mekeiman Marsh Wetland, Northeast of Algeria. *Biodiversitas*, 22(6) : 3219-3228p. DOI: 10.13057/biodiv/d220625
160. **Toumi, A., Reggam, A., Alayat, H. & Houhamdi, M. 2016.** Physico-chemical characterization of waters of the lake ecosystem: Case of Lake of Birds (Far NE Algerian). *Journal of Materials and Environmental Science*, 139(147): 2028-2508p.

161. **Tréca, B. 1990.** Eléments d'anatomie, morphologie et physiologie aviennes. Colloque : Atelier de Formation Lutte Anti-Aviaire, Niamey (NER),10p.
162. **Vinicombe, K., Harris, A. & Tucker, L. 2014.** Le Guide expert de l'Ornitho. Delachaux et Niestlé, Paris, 2 éd, 398 p.
163. **Weng, Y.C. 2007.** Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and urban planning*, 81 : 341-353p.
164. **Zabaleta, B., Haakonsson, S., Achkar, M. & Aubriot, L. 2023.** High-frequency zones of phytoplankton blooms in the Río de la Plata Estuary associated with El Niño-Southern Oscillation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 286 :1-20p.
165. **Zentar, A. 2021.** Importance des aulnaies pour l'avifaune dans le nord-est algérien : composition et structure des peuplements d'oiseaux nicheurs et effet du morcellement. Thèse de doctorat en Ecologie Animale, Université Badji Mokhtar Annaba ,128p.
166. **Zimmerman, M.S., Schmidt, S.N., Krueger, C.C., Vander Zanden, M.J. & Eshenroder, R.L. 2009.** Ontogenetic niche shifts and resource partitioning of lake trout morphotypes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66 : 1007-1018p.