

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Ecologie et génie de l'environnement
Laboratoire de domiciliation Laboratoire de Conservation des Zones Humides

THÈSE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT EN 3^{ème} CYCLE

Domaine : Sciences de la Nature et de la vie Filière : Ecologie- Environnement
Spécialité : Ecologie- Environnement

Présentée par

Aouadi Abdallah

Intitulée

*Cartographie et évaluation du marais de Boussedra Nord-est
Algérien*

Soutenue le : 31/03/2022

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr Bousbia Aissam	MCA	Univ. de Guelma	Président
Mme Soumati Souiki Lynda	Pr	Univ. de Guelma	Encadreur
Mr Maazi Mohamed Cherif	Pr	Univ. de Souk Ahras	Examinateur
Mme Habbachi Wafa	Pr	Univ. de Annaba	Examinateur
Mme Samraoui Farrah	Pr	Univ. de Guelma	Membre invité

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

J'aimerais tout d'abord remercier les membres **Bousbia Aissam, Maazi Mohamed Cherif** et **Habbachi Waffa** qui ont accepté de participer dans le jury de soutenance de cette thèse.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements les plus sincères au Pr. Samraoui Farrah, de m'avoir proposé ce sujet de thèse, d'avoir mis en place la méthodologie ainsi que d'avoir développé ce sujet afin d'englober l'aspect sociodémographique. Je lui suis reconnaissant de m'avoir orienté, aidé et conseillé tout au long de la réalisation de cette thèse, ainsi que pour son dévouement et sa disponibilité. Ma gratitude s'adresse aussi au Pr. Samraoui Boudéjma pour son aide précieux et son implication. Mes remerciements les plus vifs s'adressent au Pr. Soumati Souiki Lynda d'avoir gentiment assuré mes inscriptions durant toutes ses années.

Je remercie encore tous les membres du laboratoire de conservation des zones humides LCZH : (Nedjah Riad, Touati Laid, Satha Yalles Amina, Cherairia Mouna, Bouchecker Abdennour, Athamnia Mohammed, Haihem Dalal, Haferssas Besma, Ayaichia Fethi, Benslimane Nouara, et Bouhala Zineb), ainsi que mes collègues Rouibi Yacine, Talbi Awatif, et Dambri Besma avec lesquelles j'ai partagé des moments d'amitié et de bonheur.

J'adresse mes sincères remerciements à Mme. Angela Boggero pour son accueil chaleureux et sa générosité durant le stage que j'ai effectué au centre Consiglio Nazionale delle Ricerche, ainsi que pour les connaissances qu'elle m'a transmises en matière de taxonomie des larves de chironomidae. Je tiens aussi à remercier tous les membres du Consiglio Nazionale delle Ricerche, Alejandro Martínez, Stefano Mammola, Laura Garzoli, Diego Fontaneto, Maria Belen Sathicq, Jordi, et Gianluca pour le chaleureux accueil qu'ils m'ont réservé et pour les merveilleux moments qu'on a passés ensemble.

J'adresse mes vifs remerciements à tous les enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'université de Guelma qui m'ont formé durant l'année théorique, en particulier à Mr. Boudalia Sofiane et ses leçons pleines d'informations précieuses et de sens d'humour où on ne s'ennuyait jamais.

Dédicace

Je dédie ce travail à la mémoire de mon père (Allah Yarhmou) et à toute la famille
et à mes amis.

Résumé

Les villes algériennes connaissent depuis plusieurs années une urbanisation galopante ceci au détriment des habitats naturels. L'étude de la réponse des zones humides au rétrécissement de l'occupation du sol est une première étape importante pour atténuer l'impact de l'empiètement humain ainsi que d'autres facteurs de stress environnementaux. Afin d'évaluer l'empiètement humain et ses répercussions sur les zones humides Algériennes, nous avons suivi les changements d'utilisation du sol et inventorier aussi la composition de l'assemblage de l'avifaune aquatique et des macroinvertébrés au niveau du marais urbain de Bousedra qui est situé au Nord-Est de l'Algérie. Par ailleurs, une enquête méthodologique basée sur un questionnaire a été menée auprès des résidents locaux du marais urbain de Bousedra afin d'enquêter sur les perceptions et les attitudes locales.

Les résultats de l'occupation et du changement du sol ont indiqué qu'au cours des deux dernières décennies, Bousedra a subi une réduction substantielle de ~50% de sa superficie initiale, ceci au détriment d'une expansion de la zone urbaine et agricole. Les analyses de l'association des macroinvertébrés et de la végétation aquatique ont révélé l'effet important de la variété des plantes aquatiques sur l'amélioration de la richesse des macroinvertébrés. Malgré le déclin de plusieurs espèces d'oiseaux d'eau sensibles au changement de l'habitat, la diversité des oiseaux d'eau, du site incluant l'érismaire à tête blanche *Oxyura leucocephala* et Filigule nyroca *Aythya nyroca*, montre que Bousedra reste encore un lieu important en tant que zone d'hivernage pour de nombreuses espèces migratrices menacées. Les résultats de l'enquête révèlent un manque général de compréhension de la biodiversité et des services écosystémiques, ce qui peut induire les résidents locaux en erreur et les déconnecter de l'utilitaire. En termes de priorités de gestion, les petites zones humides isolées méritent d'avoir le même intérêt de conservation que les zones humides plus grandes et moins isolées. De plus, les résultats de l'enquête indiquent un besoin urgent d'éliminer les inégalités et d'améliorer les opportunités de subsistance locales, et également d'intégrer l'éducation environnementale dans les programmes scolaires afin de changer les attitudes et les comportements des résidents locaux.

Mots clés : Zones humides, marais urbain, oiseaux d'eau, Bousedra, SIG, macroinvertébrés

Abstract

Algerian cities have experienced rampant urbanization for several years often to the detriment of natural habitats. Investigating the response of wetlands to adjacent land-use shrinkage is an important first step to mitigate the impact of human encroachment and other environmental stressors. In order to evaluate the human encroachment and its repercussions on Algerian wetlands, we monitored land-use changes, we inventoried the composition of waterbird and macroinvertebrates assemblages in Boussedra, which is an urban pond located in northeast Algeria. Moreover, a methodological survey based on a questionnaire was carried on local residents of the urban pond of Boussedra in order to investigate the local perceptions and attitudes. Land use and land change (LULC) results indicated that in the last two decades, Boussedra was subjected to a substantial reduction of ~50% of its initial area, to the detriment of an expansion of the urban and agricultural area. Analyses of Macroinvertebrates and aquatic vegetation association revealed the important effect of the aquatic plant diversity on improving macroinvertebrate richness. Despite the decline of several waterbirds sensitive species the diversity of waterbirds, including White-headed Duck *Oxyura leucocephala* and Ferruginous Duck *Aythya nyroca*, reflected that Boussedra still an important site as a staging and wintering area for many endangered migratory species. Survey results reveal a general lack of understanding of biodiversity and ecosystem services, which may mislead locals so that they disconnect biodiversity from utilitarian. In terms of management priorities, small isolated wetlands deserve to have the same conservation interest as larger and less isolated wetlands. Moreover, survey results point to an urgent need to eliminate inequalities and enhance the local livelihood opportunities, and also incorporate environmental education in school curricula in order to change local resident's attitudes and behaviors

Key words: Wetlands, urban marsh, waterbirds, Boussedra, GIS, macroinvertebrates.

ملخص

شهدت المدن الجزائرية منذ عدة سنوات توسع عمرانيا كبيرا على حساب الموائل الطبيعية. تعد دراسة استجابة الأراضي الرطبة لانكماش الغطاء الأرضي خطوة أولى مهمة في التخفيف من تأثير التعدي البشري بالإضافة إلى الضغوطات البيئية الأخرى. من أجل تقييم التعدي البشري وتداعياته على الأراضي الرطبة الجزائرية ، قمنا برصد تغيرات في استخدام الأراضي في منطقة نوميدية وقمنا بجدد تكوين تجمعات الطيور المائية واللافقاريات في هور حضري يقع في شمال شرق الجزائر. علاوة على ذلك ، تم إجراء استبيان على السكان المحليين لبوسدره من أجل دراسة تصوراتهم ومواقفهم

أشارت نتائج استخدام وتغير الغطاء الأرضي أنه في العقدين الماضيين، تعرضت بوسدره لتخفيض كبير بنسبة 50 % من مساحتها الأولية ، على حساب التوسع في المنطقة الحضرية والزراعية. كشفت تحليلات اللافقاريات الكبيرة والغطاء النباتي المائي عن التأثير المهم للتنوع النباتي المائي على تحسين ثراء اللافقاريات الكبيرة على الرغم من انخفاض العديد من الأنواع الحساسة للطيور المائية ، إلا أن تنوع الطيور المائية ، بما في ذلك البطة ذات الرأس الأبيض والبطة الحديدية، يعكس أن بوسدره لا تزال موقعا مهما كمنطقة انطلاق وشتاء للعديد من الأنواع المهاجرة المهتدة بالانقراض. تكشف نتائج الاستبيان عن نقص عام في فهم التنوع البيولوجي وخدمات النظام البيئي ، مما قد يضلل السكان المحليين حتى يفصلوا التنوع البيولوجي عن المنفعة

من حيث أولويات الحفاظ على البيئة ، فإن الأراضي الرطبة الصغيرة المنعزلة تستحق نفس الاهتمام بالمحافظة المكرس للأراضي الرطبة الكبرى والأقل عزلة. علاوة على ذلك، تشير نتائج الاستبيان إلى الحاجة الملحة للقضاء على عدم المساواة وتعزيز فرص كسب العيش المحلية ، وكذلك دمج التعليم البيئي في المناهج المدرسية من أجل تغيير مواقف وسلوكيات السكان المحليين

الكلمات المفتاحية: الأراضي الرطبة ، الأهوار الحضرية ، الطيور المائية ، بوسدره ، نظم المعلومات الجغرافية ، اللافقاريات الكبيرة.

Sommaire

Introduction	2
1. Généralités sur les zones humides	3
1.1. Importance et rôle écologique des zones humides	3
1.2. Intérêt socioéconomiques et culturelle des zones humides.....	5
1.3. Généralités sur les zones humides méditerranéennes.....	7
1.4. Etat des lieux des zones humides en Algérie	9
1.5. Biodiversité des zones humides	12
1.6. Caractéristiques climatiques et géographique de la région d'étude	14
2. Matériel et méthodes	17
2.1. Présentation de la région d'étude	17
2.2. Description du site d'étude.....	17
2.3. La cartographie du marais urbain de Boussedra	18
2.3.1. Le calcul et la cartographie des indices spectraux NDVI, NDPI, MNDWI	19
2.3.2. Analyse diachronique de l'évolution de l'occupation du sol.....	19
2.3.3. Cartographie de la température de surface du sol (LST).....	21
2.4. Inventaire du peuplement d'avifaune aquatique	21
2.5. Echantillonnage et identification des macro-invertébrés aquatiques	22
2.6. Approche sociodémographique	23
2.7. Analyses statistiques	23
2.7.1. Assemblage de l'avifaune aquatique dans le marais de Boussedra	23
2.7.2. Analyse multivariée de la distribution des macros invertébrés.....	24
2.7.3. Analyse statistique du questionnaire	24
3. Résultats	26
3.1. Cartographie des indices spectraux et de l'occupation du sol	26
3.1.1. Cartographie des indices MNDWI, NDPI, et NDVI.....	26
3.1.2. Modèle spatial de la température de la surface du sol au niveau de Boussedra.....	31
3.2. Distribution et structure des macroinvertébrés benthiques	35
3.3. La structure du peuplement d'avifaune aquatique	35
3.3.1. Composition du peuplement d'avifaune aquatique recensés à Boussedra.....	35
3.3.2. Modèles saisonniers d'assemblages d'oiseaux d'eau à Boussedra.....	38
3.4. Perception et attitude des résidents locaux de Boussedra.....	39
3.4.1. Caractéristiques sociodémographiques des répondants.....	39

3.4.2. Perception de la biodiversité dans le marais de Boussedra	43
3.4.2. La valeur du marais de Boussedra	44
4. Discussion	52
4.1. Le changement de l'habitat au niveau de la Numidie	52
4.2. Biodiversité et assemblages de macroinvertébrés benthiques de Boussedra	55
4.3. La dynamique de l'avifaune aquatique du marais de Boussedra	56
4.4. La perception des résidents locaux	59
Conclusion	63
References bibliographiques	64

Annexes

Questionnaire

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Liste des zones humides d'importance internationale Ramsar en Algérie	9
2	Les valeurs de l'indice d'aridité	15
3	Les images satellitaires utilisées dans l'analyse	18
4	Les indices satellitaires utilisés dans cette étude	19
5	Les images satellitaires utilisées dans le calcul de la température du sol	21
6	Changement de l'occupation du sol durant la période 1984 et 2018	30
7	Paramètres physicochimiques et caractéristiques des stations	32
8	Checklist des taxons de macroinvertébrés benthiques collectés a Boussedra	33
9	Structure et statuts phénologiques des oiseaux d'eau au niveau de Boussedra	37
10	Les caractéristiques démographiques des participants à l'enquête	40
11	Estimations des paramètres des analyses du Modèle linéaire généralisé (binomiales) de la perception de la biodiversité par les résidents locaux	50
12	Estimations des paramètres des analyses du Modèle linéaire généralisé (binomiales) de la perception du marais de Boussedra par les résidents locaux	51

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	L'effet des paramètres abiotique sur les fonctions des zones humides.	4
2	Interaction entre les services écosystémiques, économiques et sociales.	6
3	Distribution des espèces menacées dans la région méditerranéenne.	7
4	Heat map appliquée sur la distribution des zones humides d'importance mondiale Ramsar (Kernel density estimation).	8
5	Répartition des espèces menacées des zones humides la biodiversité méditerranéenne.	8
6	Heat map (Kernel density estimation) illustrant la distribution des zones humides (site Ramsar) en Algérie.	10
7	Répartition des sites ZICO à travers Algérie.	11
8	Cartographie de l'indice de l'empiètement humain au niveau de la Numidie.	12
9	Richesse biologique des zones humides.	13
10	L'évolution annuelle de la précipitation au niveau de Annaba entre (1984 à 2020), téléchargé à partir de TerraClimate.	14
11	La température maximale et minimale au niveau de Annaba entre (1984 à 2020), téléchargé à partir de TerraClimate.	14
12	Variation mensuelle et interannuelle de la précipitation et de la température, téléchargé à partir de TerraClimate.	15
13	Carte de climat selon la classification d'Emberger.	16
14	Localisation géographique la Numidie orientale (complexe des zones humides d'Annaba et d'El-Kala).	17
15	Localisation géographique du marais périurbain de Bousedra.	18
16	Organigramme méthodologique de la classification supervisée.	20
17	Les stations d'échantillonnage des macroinvertébrés.	22

18	Carte de l'indice MNDWI (Modified normalized difference water index entre 1984, 1993, 2003, et 2020 au marais de Bousshedra.	26
19	Carte des indices de NDPI (Normalized difference Pond index), entre 1984, 1993, 2003, et 2020 au marais de Bousshedra.	27
20	Carte de l'indice de végétation NDVI (Normalized difference vegetation index) entre 1984, 1993, et 2020.	28
21	Évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol entre 1984, 1993, 2003 et 2020 au niveau du marais de Bousshedra.	29
22	Évolution de l'occupation du sol de la région de Bousshedra durant les années 1984, 1998, 2008, et 2018 (Buffer zone = 1 Km).	30
23	La température de surface du sol (LST) en Degré Celcius entre 1984, 2008, 2015 et 2021 au niveau de Bousshedra.	31
24	Proportions des différents groupes de macroinvertébrés benthiques.	32
25	Abondance relative des familles de macroinvertébrés par sites.	34
26	Analyse en composantes principales (ACP) illustrant l'association plantes aquatiques-macroinvertébrés.	35
27	La richesse des familles des oiseaux d'eau.	36
28	Abondance des familles d'avifaune aquatique.	37
29	Les indices de shannon et d'équitabilité.	38
30	Analyse en composantes principales (PCA) basée sur les données d'abondance des familles (A) et des espèces (B).	39
31	Répartition du niveau scolaire des personnes interrogées en fonction de l'âge.	41
32	Répartition de la profession des personnes interrogées en fonction du genre.	41
33	Répartition de la profession des personnes interrogées en fonction de l'âge.	42
34	Durée de résidence des répondants.	42

35	La perception de la valeur de la biodiversité par les répondants.	43
36	Les réponses concernant l'observation (A) et la prédilection (B) pour les groupes d'animaux des zones humides.	43
37	Perception des résidents locaux envers la diminution des oiseaux d'eau et les pratiques de chasse.	44
38	les réponses des résidents locaux concernant la valeur que représente Boussedra.	45
39	Répartition des réponses à « Pensez-vous que l'existence du marais est bénéfique pour l'écosystème ? ».	45
40	Répartition des réponses à « Pensez-vous que la végétation des marais peut être utilisée par l'homme ? ».	46
41	Répartition des réponses à « Pensez-vous que le marais est dégradé ? ».	46
42	Répartition des réponses à la question « Avez-vous remarqué un rétrécissement de la taille du marais ».	47
43	La perception des résidents locaux envers le marais dans leur voisinage.	47
44	Répartition des réponses à la question « La zone humide a-t-elle besoin de mesures de protection et de conservation ? ».	48
45	Répartition des réponses à la question « Existe-t-il une procédure favorable dont vous pensez que la zone humide a besoin ? ».	48
46	Distribution des réponses à la question « Qui doit être responsable de la gestion de la zone humide ? ».	49
47	Terrassement des déchets ménagères entassés.	50

Introduction

Le bassin méditerranéen représente un hot-spot de biodiversité (Myers et al. 2000), comportant une mosaïque de zone humide qui représente 1,5% des zones humides mondiales (Perennou et al. 2012). Les zones humides de l'Afrique du nord y compris celles de l'Algérie sont d'une importance majeure pour la richesse faunistique et floristique qu'elles abritent, mais aussi pour leurs rôles de relais pour les oiseaux d'eau pendant le passage du paléarctique vers l'Afrique subsaharienne, constituant ainsi un lieu d'hivernage de haltes migratoires, ou de reproduction très important (Britton and Crivelli 1993; Van Dijk and Ledant 1983; Samraoui et al. 2011; Stevenson et al. 1988). La plupart des zones humides d'Algérie sont soumises à de nombreuses perturbations anthropiques qui affectent leur fonctionnement et rendent particulièrement vulnérables la biodiversité qu'elles abritent (Bouldjedri et al. 2011; Demnati et al. 2017). Les principales causes de ces perturbations sont la fragmentation de l'habitat, la pollution de l'eau, l'introduction des espèces exotiques, et l'urbanisation (de Belair and Samraoui 1994; Dudgeon et al. 2006; Samraoui, De Belair, and Benyacoub 1992). Ces altérations de l'habitat peuvent affecter significativement les oiseaux d'eau hivernants, menant au déclin des espèces les plus sensibles à ces changements d'habitat (Battisti et al. 2008; O'Connell 2000; Zou et al. 2016). Parmi les zones humides les plus menacées en Algérie on peut citer Boussedra, qui est un marais périurbain situé au nord est algérien à Annaba, et qui constitue un lieu d'hivernage et de nidification d'une importance primordiale pour des espèces menacées globalement comme l'érismanette à tête blanche *Oxyura leucocephala*, fuligule nyroca *Aythya nyroca* et la sarcelle marbrée *marmaronetta angustirostris* (Samraoui et al. 2014). A cause des opérations de terrassement et de l'expansion urbaine, le marais de Boussedra a perdu plus une grande partie de sa superficie initiale (Samraoui et al. 2015; Samraoui and Samraoui 2008). L'intégration des techniques de télédétection et du système d'information géographique constitue un outil précieux pour évaluer l'état d'une zone humide confrontée à une dégradation de l'habitat, afin de d'évaluer et de mesurer l'ampleur de cette perturbation (He et al. 2011). De plus, l'étude des réponses des oiseaux aquatiques face aux divers changements environnementaux et le suivi du statut phénologique permettra d'évaluer le statut des oiseaux d'eau et l'état écologique des zones humides qu'elles abritent, afin de guider les procédures de conservation (Dodman and Diagana 2007; Haig, Mehlman, and Oring 1998; Hoffmann, Hafner, and Salathé 1996; Ma et al. 2009; Samraoui et al. 2011). De plus, l'utilisation

des macros invertébrées benthique est un atout important dans le but de bio évaluer la qualité de l'eau (Castellanos Romero et al. 2017), et de l'habitat en général.

Le présent travail (problématique), consiste à faire une évaluation et un état des lieux du marais de Boussedra, à travers :

- La réalisation d'une analyse diachronique de l'occupation du sol afin de mesurer le changement de la taille et de la composition du marais urbain de Boussedra.
- La détermination de la structure, de la dynamique spatiotemporelle et du statut phénologique de l'avifaune aquatique qu'abrite le marais de Boussedra, afin de détecter les changements dans la composition du peuplement de l'avifaune aquatique.
- L'étude de la perception et de l'attitude des résidents locaux envers le marais de Boussedra dans leurs voisinages

Quartres chapitres ont été consacrés à ce travail :

- Le premier chapitre met la lumière sur le rôle écologique et l'intérêt socioéconomique des zones humides ainsi que l'état des zones humides en Algérie.
- Le deuxième chapitre décrit la région d'étude ainsi que la méthodologie de travail qui a été suivi (télédétection, dénombrement, échantillonnage, élaboration et administration du questionnaire, et analyses statistiques).
- Le troisième chapitre est consacré à l'exposition des résultats obtenues
- Le quatrième chapitre est dédié à l'interprétation et à la discussion des résultats obtenus.

L'objectif de cette étude vise en premier lieu à évaluer l'état écologique du marais de Boussedra, et aussi d'étudier la perception des résidents locaux du marais afin de proposer une meilleure approche de conservation intégré, qui prendra en considération les résidents locaux en tant partie prenante.



Chapitre I : Généralités sur les zones humides

1. Généralités sur les zones humides

1.1. Importance et rôle écologique des zones humides

Les fonctions écosystémiques représentent le potentiel des écosystèmes à fournir un service qui à son tour dépend de la structure et des processus écologiques. Par conséquent, la fonction, le processus écologique et les services sont principalement liés, où les services fournis par les écosystèmes sont représentés par des fonctions qui dépendent de la structure et des processus écologiques de ces écosystèmes. Par exemple, la production primaire est nécessaire pour maintenir une population qui peut être exploitée afin de fournir de la nourriture; en outre, le cycle des nutriments est nécessaire pour la purification de l'eau afin de fournir de l'eau propre (De Groot, Brander, and Finlayson 2018).

Les services écosystémiques peuvent être regroupés en 4 groupes qui sont : les services d'approvisionnement (ressources génétiques, biomasse, eau douce, et habitat des oiseaux aquatiques), les services de régulation (purification de l'eau, contrôle des crues, atténuation du changement climatique, etc.), les services culturels (valeurs éducatives et esthétiques, relations sociales), et les services de soutien (la production d'oxygène atmosphérique, rétention du sol, cycle des éléments nutritifs, cycle de l'eau et fourniture de l'habitat) (Nyman 2011; Richardson 1994). Ces quatre catégories sont l'ultime « utilité » pour la société dans le sens où elles sont directement orientées vers le bien-être humain (Brinson 2011).

Les zones humides fournissent un service vital pour un grand nombre d'espèces qui ont un statut de conservation critique, vulnérable ou rares au niveau régional et mondial, et qui représentent une partie importante de la biodiversité (Keddy 2010), contribuant ainsi au maintien de la richesse biologique (Junk et al. 2006). Les fonctions écologiques des zones humides se localisent à différentes échelles à savoir : le niveau global, le niveau écosystémique et le niveau de la population.

Au niveau global ces fonctions comprennent, les transferts hydrologiques, l'écroulement des crues, le cycle biogéochimique, le stockage du carbone, l'autoépuration du milieu naturel, ainsi que l'aquifère et/ou le rejet de l'écosystème (Nyman 2011; Richardson 1994). Tandis qu'au niveau de la population, les zones humides sont considérées comme des habitats fauniques pour des espèces menacées, maintenant ainsi une biodiversité unique.

D'importantes fluctuations saisonnières et annuelles ont eu lieu dans ces écosystèmes, principalement en raison de l'interaction de plusieurs facteurs abiotiques et biotiques, et qui à leurs tour ont un impact direct ou indirect sur la faune et la flore aquatique (**Figure 1**) (Brown, Monfils, and Fredrickson 2009). À l'échelle mondiale, la diminution des zones humides mondiales au cours des 50 dernières années a été estimée à 35% (Darrah et al. 2019). En outre, la base de données des sites Ramsar a mis en lumière les risques les plus importants pour les zones humides où le changement écologique a affecté environ 84 % des zones humides classées Ramsar (Stuip, Baker, and Oosterberg 2002). Ces dégradations ont eu un impact direct sur les fonctions écologiques de cet écosystème.

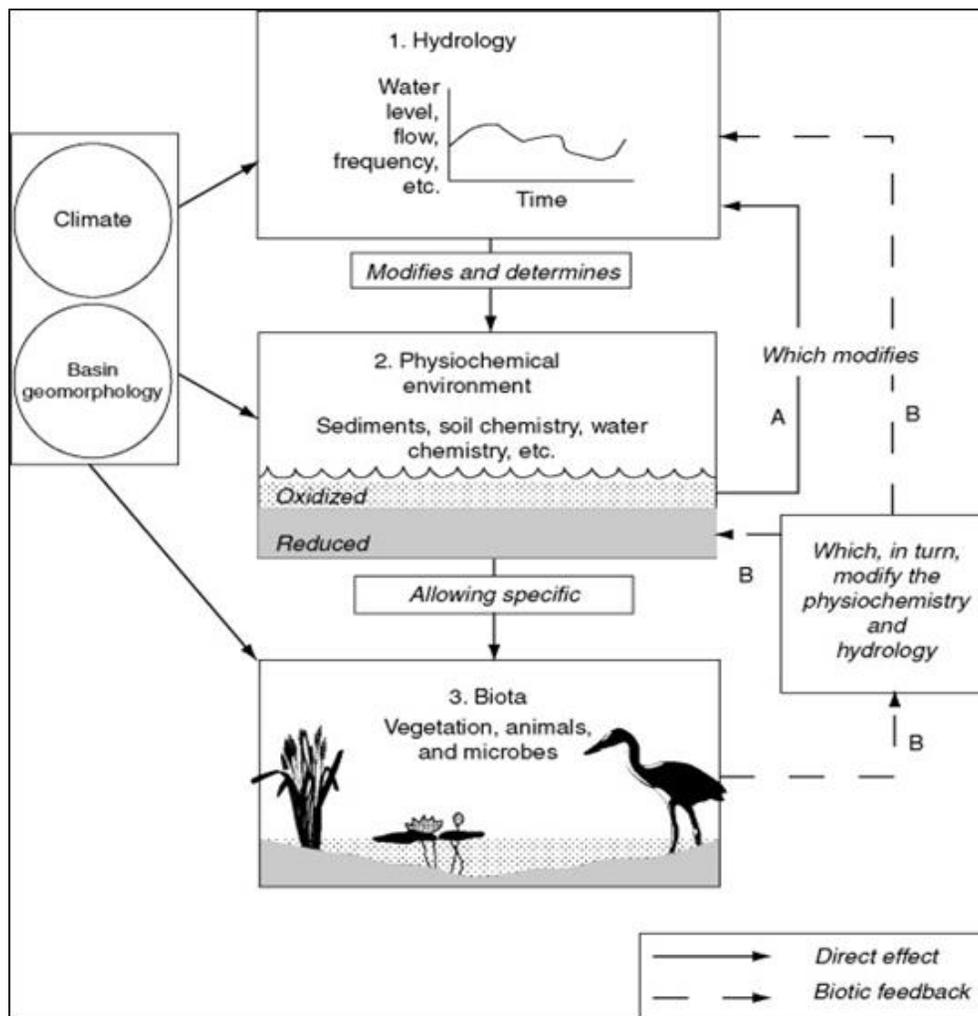


Figure 1 - L'effet des paramètres abiotique sur les fonctions des zones humides (Brown et al. 2009).

1.2. Intérêt socioéconomiques et culturelle des zones humides

Les zones humides constituent un élément important pour le bien-être humain par leur influence sur la santé mentale (Ilse R. Geijzendorffer et al. 2019), et aussi pour les valeurs spirituelles et culturelles qu'elles procurent (Zhou et al. 2020) (**Figure 2**). Avec une superficie mondiale estimée à 12,8 millions de km², la valeur économique globale des zones humides Ramsar pourrait atteindre une valeur d'environ 70 milliards de dollars par an (Schuyt and Brander 2004), où cette estimation est faite sur la base des fonctions que ces zones humides fournissent. En Afrique, les zones humides fournissent de nombreux biens et services aux communautés environnantes, comme l'agriculture, le pâturage du bétail, les produits naturels et les médicaments, la pisciculture (Demnati et al. 2012; Jogo and Hassan 2010; Schuijt 2002).

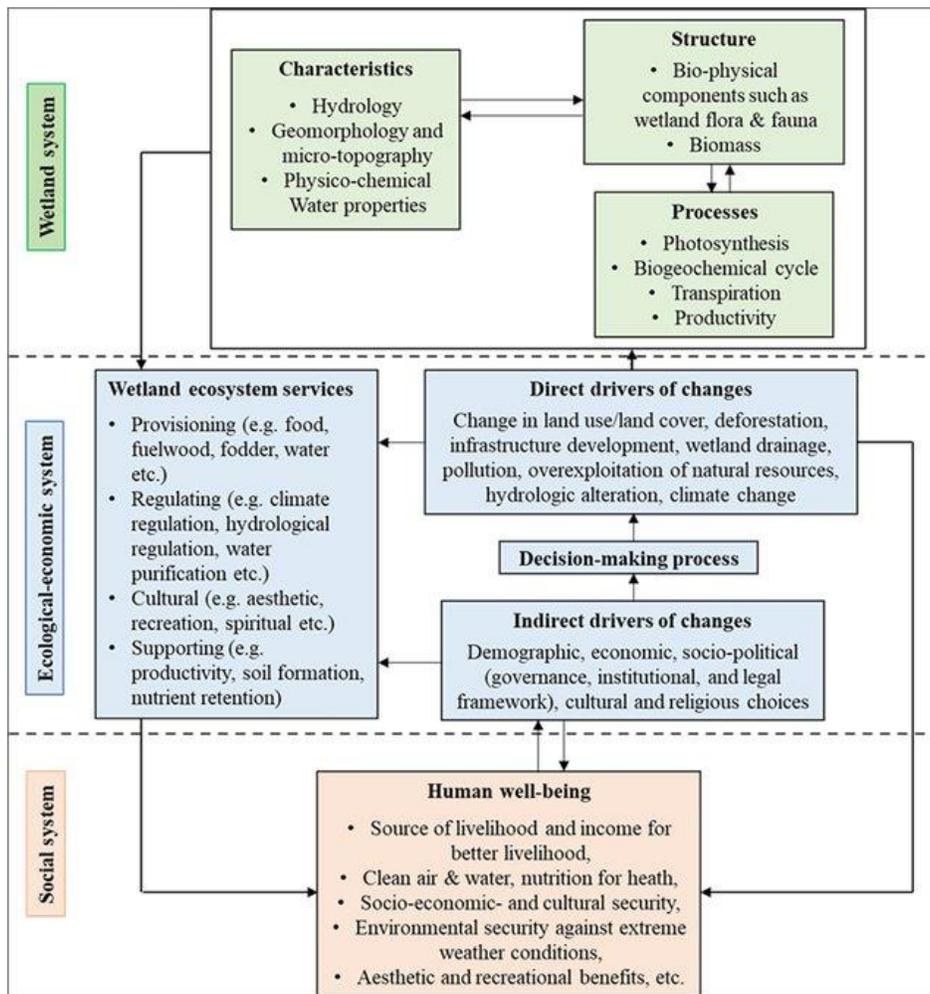


Figure 2 - Interaction entre les services écosystémiques, économiques et sociales (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

L'aspect économique reflète l'importance des zones humides pour les personnes qui dépendent de ces biens et services que fournit cet écosystème (Schuyt 2005). Cependant, la protection des zones humides sert à conserver de nombreux biens et services qui ont une valeur économique pour la population locale mais aussi pour les communautés en dehors de ces zones humides (Franco et al. 2007). Par conséquent, Les études d'évaluation économique et sociale peuvent aider à clarifier et à quantifier les valeurs économiques de ces biens et services. La valeur économique totale (VET) est un outil économique précieux qui vise à quantifier les « bénéfiques » apportés par un écosystème, tout en prenant en compte les valeurs non marchandes, les fonctions écologiques et valeur de non-usage (Franco et al. 2007).

Cet outil a pour but de classer les avantages économiques des zones humides, à afin d'éviter la sous-évaluation des avantages qui tourmente l'analyse économique conventionnelle et ainsi la prise de décision et la conservation (Emerton 2016). Les zones humides du nord d'Afrique offrent de nombreux avantages socio-économiques aux populations locales, comme l'exploitation des poissons d'eau douce (l'anguille *Anguilla anguilla*) (Perennou et al. 2012), ainsi que la végétation aquatique halophyte traditionnellement utilisé comme vertu médicinale (Demnati et al. 2020). Les Chotts Melghir et Merouane présentent des valeurs socio-économique considérables comme l'extraction minérale du chlorure de sodium et du carbonate (Demnati et al. 2017). Ces sites Ramsar présentent également des enjeux économiques importants en tant que source de production de sel et d'élevage (Demnati et al. 2017).

Au-delà des valeurs socio-économiques, de nombreuses zones humides ont également une valeur socioculturelle importante, où il a été démontré qu'au niveau mondial plus de 30 % des zones humides classées Ramsar avaient une importance archéologique, culturelle, religieuse, ou artistique (Schuyt and Brander 2004). Au niveau global les zones humides disparaissent à un rythme croissant, à cause de l'exploitation économique intensif autour des zones humides en raison de leurs avantages hydrologiques/physiques, chimiques, biologiques et socioéconomiques (Williams 1991). Les zones humides d'Afrique du nord assurent de nombreux services culturels (Demnati et al. 2012, 2017), et fournissent plusieurs fonctions et valeurs écologiques (Skinner and Smart 1983). Les plantes halophytes des lacs salés offrent une variété de valeurs culturelles et économiques en tant que patrimoine culturel et ressources médicinales, pour la population locale (Demnati et al. 2020).

1.3. Généralités sur les zones humides méditerranéennes

En termes de diversité animale et végétale, le bassin méditerranéen est l'une des régions les plus riches et les plus diversifiées au monde (Cuttelod et al. 2009; Ilse R Geijzendorffer et al. 2019). Cette région est considérée comme un hotspot de biodiversité (Cuttelod et al. 2009; Myers et al. 2000), abritant plusieurs espèces classées en danger (**Figure 3**), et renfermant un niveau d'endémisme très élevé (Cuttelod et al. 2009; Isenmann and Thévenot 2018). Les zones humides sont une composante essentielle du maintien du statut du bassin méditerranéen en tant que point chaud de la biodiversité mondiale, faisant partie des écosystèmes les plus productifs en fournissant plusieurs services essentiels.

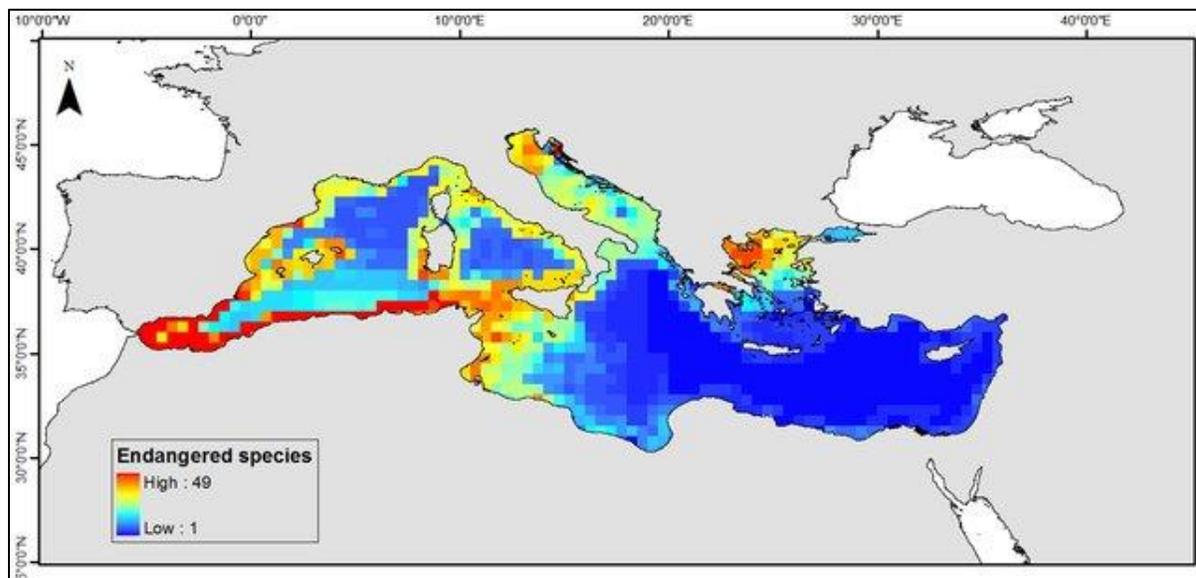


Figure 3 - Distribution des espèces menacées dans la région méditerranéenne (Coll et al. 2010).

Au niveau mondial le continent africain est le plus riche en zone humide désignée comme site Ramsar avec un pourcentage de 46 % (Max Finlayson et al. 2011). De plus le bassin méditerranéen renferme un nombre très élevé des zones humides d'importance internationale (site Ramsar) (**Figure 4**), et détient également une superficie d'environ 19 millions d'hectares de zones humides, cumulant ainsi 1,5% des zones humides mondiales (Perennou et al. 2012).

La région méditerranéenne est aussi connue pour sa remarquable diversité d'habitat de zone humide, incluant : les deltas en Espagne, les chotts et sebkhas en Algérie, les marais et les lacs ainsi que les lagunes littorales méditerranéennes (Perennou et al. 2020).

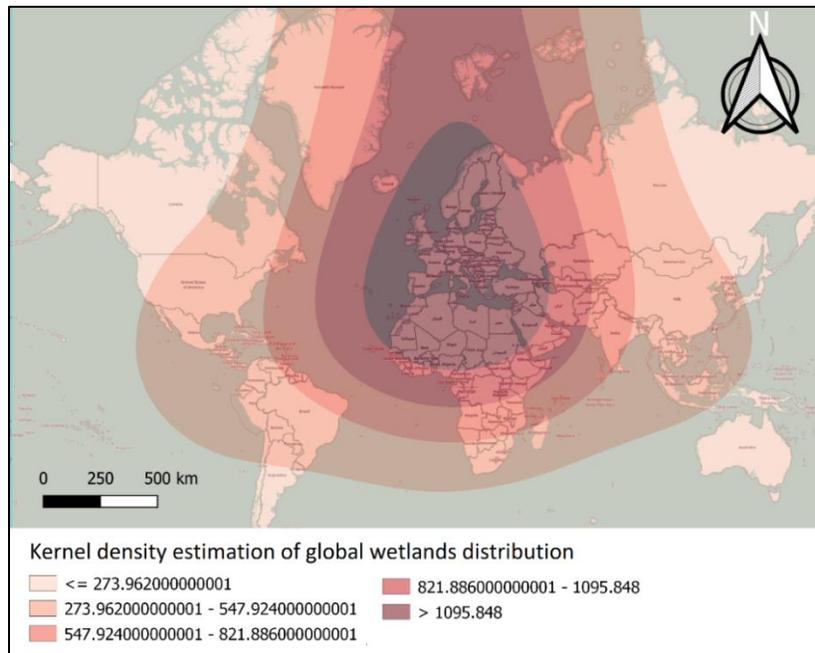


Figure 4 - Heat map appliquée sur la distribution des zones humides d'importance mondiale Ramsar (Kernel density estimation).

La région méditerranéenne est considérée comme un hot-spot pour la biodiversité mondiale (**Figure 5**). Malheureusement, la dégradation des zones humides méditerranéennes représente le plus grand danger qui pèsent sur la biodiversité, où une espèce sur trois est en danger (Galewski 2012). De plus, les écosystèmes d'eau douce sont soumis à de fortes pressions ou environ 56% des espèces endémiques de poissons d'eau douce sont menacées d'extinction (Cuttelod et al. 2009).

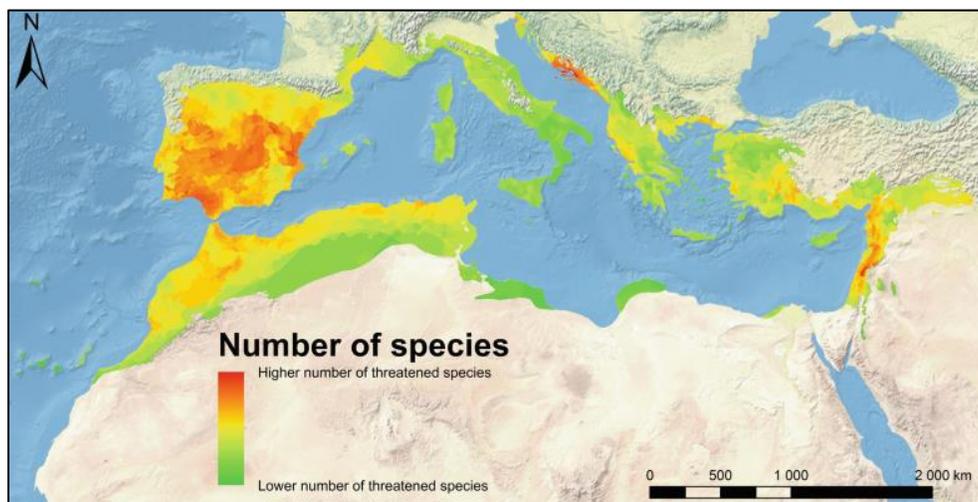


Figure 5 - Répartition des espèces menacées des zones humides la biodiversité méditerranéenne (Ilse R Geijendorffer et al. 2019)

1.4. Etat des lieux des zones humides en Algérie

En Algérie, 50 zones humides ont été inscrites en vertu de la convention Ramsar (Aliat et al. 2016) (**Tableau 1**). Ces sites englobent une multitude de type de zone humide comme les lacs, les sebkhas les chotts, les marais, les oasis. Parmi ces zones humides 42 sont des sites d'importance ornithologique (Samraoui and Samraoui 2008).

Tableau 1, Liste des zones humides d'importance internationale Ramsar en Algérie (informations téléchargées depuis <https://rsis.ramsar.org/>)

Wilaya	Site Ramsar	Superficie	Cordonnées
El Tarf	Aulnaie de Aïn Khiair	180 ha	36°47'57"N 08°18'59"E
Ouargla	Chott Aïn El Beïda	6,853 ha	31°58'52"N 05°19'16"E
Djelfa	Chott de Zehrez Chergui	50,985 ha	35°12'59"N 03°31'58"E
Djelfa	Chott de Zehrez Gharbi	52,200 ha	34°56'N 02°48'06"E
Saïda	Chott Ech Chergui	855,500 ha	34°16'09"N 00°33'25"E
Sétif et Batna	Chott El Beïdha-Hammam Essoukhna	12,223 ha	35°55'16"N 05°49'08"E
M'Sila, Batna	Chott El Hodna	362,000 ha	35°26'04"N 04°41'54"E
El Oued, de Biskra et Khenchela	Chott Melghir	551,500 ha	34°15'10"N 06°30'43"E
El Oued	Chott Merrouane et Oued Khrouf	337,700 ha	33°53'29"N 06°10'33"E
Ouargla	Chott Oum El Raneb	7,155 ha	32°02'21"N 05°23'32"E
Ouargla	Chott Sidi Slimane	616 ha	33°17'30"N 06°02'53"E
Oum El Bouaghi	Chott Tinsilt	2,154 ha	35°52'42"N 06°28'35"E
Skikda	Complexe Guerbes-Sanhadja	42,100 ha	36°52'47"N 07°18'02"E
Tlemcen	Dayet El Ferd	3,323 ha	34°29'55"N 01°14'23"W
Oum El Bouaghi	Garaet Annk Djemel et El Merhsel	18,140 ha	35°47'37"N 06°48'26"E
Oum El Bouaghi	Garaet El Taref	33,460 ha	35°40'55"N 07°07'56"E
Oum El Bouaghi	Garaet Guellif	24,000 ha	35°47'22"N 06°58'52"E
Oum El Bouaghi	Garaet Timerganine	1,460 ha	35°39'56"N 06°57'08"E
Oran	Grande Sebkh d'Oran	56,870 ha	35°31'29"N 00°47'12"E
Tlemcen	Grotte karstique de Ghar Boumâaza	20,000 ha	34°40'56"N 01°22'25"W
Tamanrasset	Gueltat Afilal	20,900 ha	23°08'43"N 05°43'32"E
Ain Téouchent	Ile de Rachgoun	66 ha	35°19'17"N 01°28'46"W
Oum El Bouaghi	Lac Boulhilet	856 ha	35°43'54"N 06°46'12"E
Oran	Lac de Télamine	2,399 ha	35°44'09"N 00°22'57"E
Médéa	Lac du barrage de Boughezoul	9,058 ha	35°41'55"N 02°47'34"E
Annaba	Lac Fetzara	12,000 ha	36°47'16"N 07°30'32"E
El Tarf	Lac des Oiseaux	120 ha	36°46'55"N 08°07'25"E
Tassili n'Ajjer	La Vallée d'Iherir	57,891.9 ha	25°19'33"N 08°28'47"E
Nâama	Le Cirque de Aïn Ouarka	2,350 ha	32°42'38"N 00°10'11"E
Tamanrasset	Les Gueltat d'Issakarassene	35,100 ha	23°23'20"N 05°42'41"E
Oran, Mascara	Les Salines d'Arzew	5,778 ha	35°41'25"N 00°19'22"E
El Tarf	Marais de Bourdim	59 ha	36°48'N 08°15'11"E
Mostaganem	Marais de la Macta	44,500 ha	35°38'52"N 00°06'16"E
El Tarf	Marais de la Mekhada	8,900 ha	36°47'05"N 08°00'27"E
Nâama	Oasis de Moghrar et de Tiout	195,500 ha	32°41'53"N 00°24'09"E
Adrar	Oasis de Ouled Saïd	25,400 ha	29°26'44"N 00°17'53"E
Adrar	Oasis de Tamantit et Sid Ahmed Timmi	95,700 ha	27°45'30"N 00°19'38"E
Nâama	Oglat Ed Daïra	23,430 ha	33°18'07"N 00°54'02"E
El Tarf	Oum Lâagareb	729 ha	
El Tarf	Lac El Mellah	2,257 ha	36°53'44"N 08°19'27"E
El Tarf	Lac Oubeira	2,200 ha	36°50'47"N 08°23'13"E
El Tarf	Lac Tonga	2,700 ha	36°51'22"N 08°30'02"E
Jijel	Lac de Béni-Bélaïd	600 ha	36°52'43"N 06°06'30"E
Alger	Lac de Réghaïa	842 ha	36°47'06"N 03°20'34"E
Sétif	Sebket Bazer	4,379 ha	36°02'58"N 05°41'03"E
Sétif	Sebket El Hamiet	2,509 ha	35°54'57"N 05°33'32"E
Ghardaïa	Sebket El Melah	18,947 ha	30°30'20"N 02°55'34"E
Oum El Bouaghi	Sebket Ezzemoul	6,765 ha	35°52'33"N 06°32'59"E
El Tarf	Tourbière du Lac Noir	5 ha	36°51'18"N 08°12'25"E
Béjaïa	Vallée de l'oued Soummam	12,453 ha	36°36'12"N 04°45'42"E

En Algérie 41 zones humides ont été désignées comme Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), dont la majorité d'entre elles ont été regroupées dans trois régions à savoir : la Numidie (Annaba et El Tarf), les Hauts Plateaux de l'Est (qui comprend le complexe d'Oum El Bouaghi), ainsi que le complexe des zones humides d'Oran (Samraoui and Samraoui 2008). La partie Nord-est de l'Algérie est considérée comme la région la plus riche en termes de zone humide Ramsar englobant 10 sites à la Numidie et 7 dans la wilaya d'Oum el Bouaghi, suivies par la région de l'Oranie avec 7 sites, tandis que le reste des sites sont répartis au centre ainsi qu'au sud de l'Algérie (**Figure 6**).

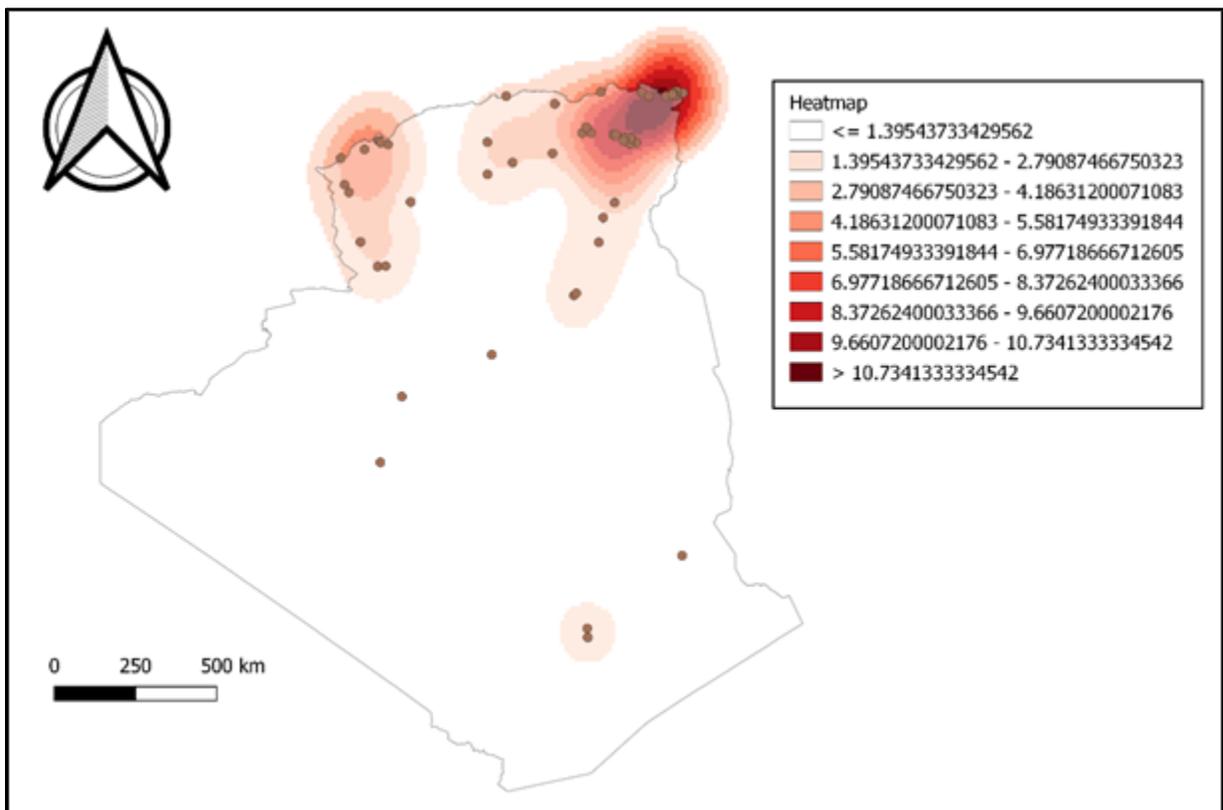


Figure 6 - Heat map (Kernel density estimation) illustrant la distribution des zones humides (site Ramsar) en Algérie.

Les zones importantes pour les oiseaux algériens (ZICO) couvrent une superficie totale combinée de 130 000 km² (**Figure 7**), soit environ 5,5% de la superficie terrestre du pays, où la majorité des sites ZICO sont concentrées dans la moitié Nord est du pays, entre la région de Tell qui représentent une prépondérance de (23) sites, suivies par le complexe de la Numidie (Annaba et El Kala), ainsi que les zones humides du Constantinois (Coulthard 2001).

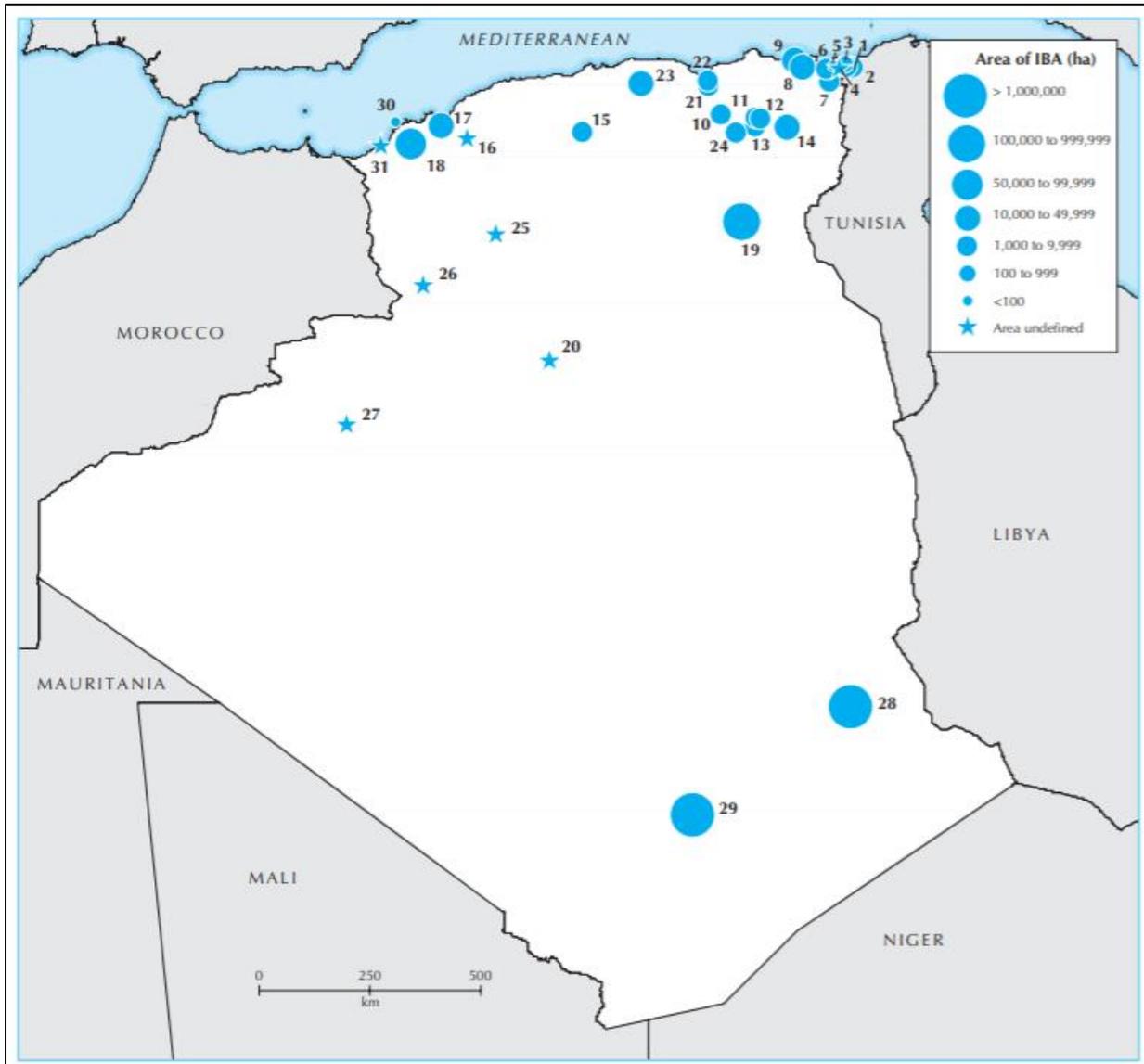


Figure 7 – Répartition des sites ZICO à travers Algérie (Coulthard 2001).

Selon l'inventaire de Samraoui and Samraoui (2008), 41 sites Algérien répondaient à un ou plusieurs critères d'une zone importante pour les oiseaux (ZICO), portant ainsi le nombre total de sites qualifiés (ZICO) en Algérie à 53. Parmi ces sites (ZICO) 21 ne sont actuellement pas encore répertoriés dans le réseau IBA comme Bussedra, Mafragh, Sidi Chahmi, et Sidi Salem (Samraoui and Samraoui 2008). Malheureusement, de nombreux zones humides algériens sont soumis à de forte pression humaine et (de Belair and Samraoui 1994; Benslimane et al. 2019; Samraoui and Samraoui 2008).

L'indice d'empreinte humaine (HFI) mesure le degré des effets anthropiques incluant (l'urbanisation, le changement de l'occupation des terres l'agriculture, la densité humaine). L'échelle HF varie de 0 à 100, la partie la moins influencée est représentée par une valeur de zéro, tandis que la partie la plus influencée par l'empiétement humain est représentée par une valeur qui tend vers 100 (Mansuy et al. 2019). La figure ci-dessous montre que le marais de Boussedra est situé dans une région qui est fortement anthropisée, De plus le parc national El-Kala connaît des valeurs d'indice empreinte humaine qui sont autour de 40 à 70, où l'indice est plus ou moins élevé dans le complexe des zones humides.

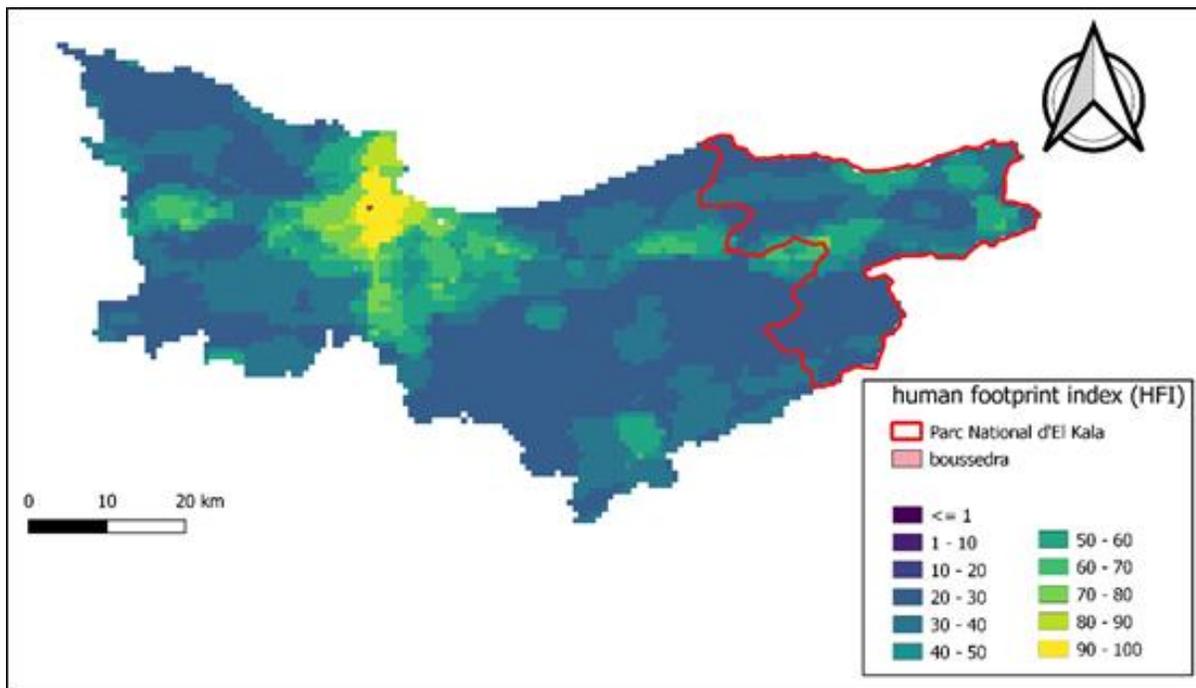


Figure 8 - Cartographie de l'indice de l'empiétement humain au niveau de la Numidie (WCS and University 2005).

1.5. Biodiversité des zones humides

La biodiversité des zones humides fait référence à la variété des espèces biologiques, incluant les espèces végétales, animales et microbiennes (**Figure 9**). La biodiversité des zones humides offre aux humains plusieurs gammes de services, qui ont une contribution directe à la productivité économique (par exemple la pêche); mais aussi comme une réserve de génétique (Dudgeon et al. 2006). De plus, la biodiversité joue aussi un rôle important dans le cycle des nutriments et les cycles du carbone, la purification et la filtration de l'eau.

Les zones humides d'importance internationale (sites Ramsar) couvrent 1,9 million de km² et héberge des espèces uniques qui dépendent des zones humides telles que les oiseaux d'eau, les macroinvertébrés, et les amphibiens (Junk et al. 2006). Globalement, 20% des espèces d'oiseaux sont dépendant des zones humides, cet écosystème abrite mondialement 878 d'espèces d'oiseaux d'eau où le plus grand nombre de populations d'oiseaux d'eau se trouve en Asie, suivi par le Néotropique et l'Afrique (Fitter and Etherington 1984).

Les invertébrés aquatiques sont adaptés aux conditions très variables et souvent stressantes des écosystèmes et constituent une grande partie de la biodiversité des zones humides, et ils jouent un rôle central dans les réseaux trophiques des zones humides. Par conséquent, Comprendre l'écologie de ces organisme benthiques permettra de mieux comprendre les fonctions globales et d'évaluer la qualité de cet écosystème. Les invertébrés aquatiques sont depuis longtemps connus comme des proies importantes pour de nombreuses espèces d'avifaune aquatique et de poissons, jouant ainsi un rôle primordiale dans la chaine alimentaire au niveau des zones humides (Batzer and Boix 2016).

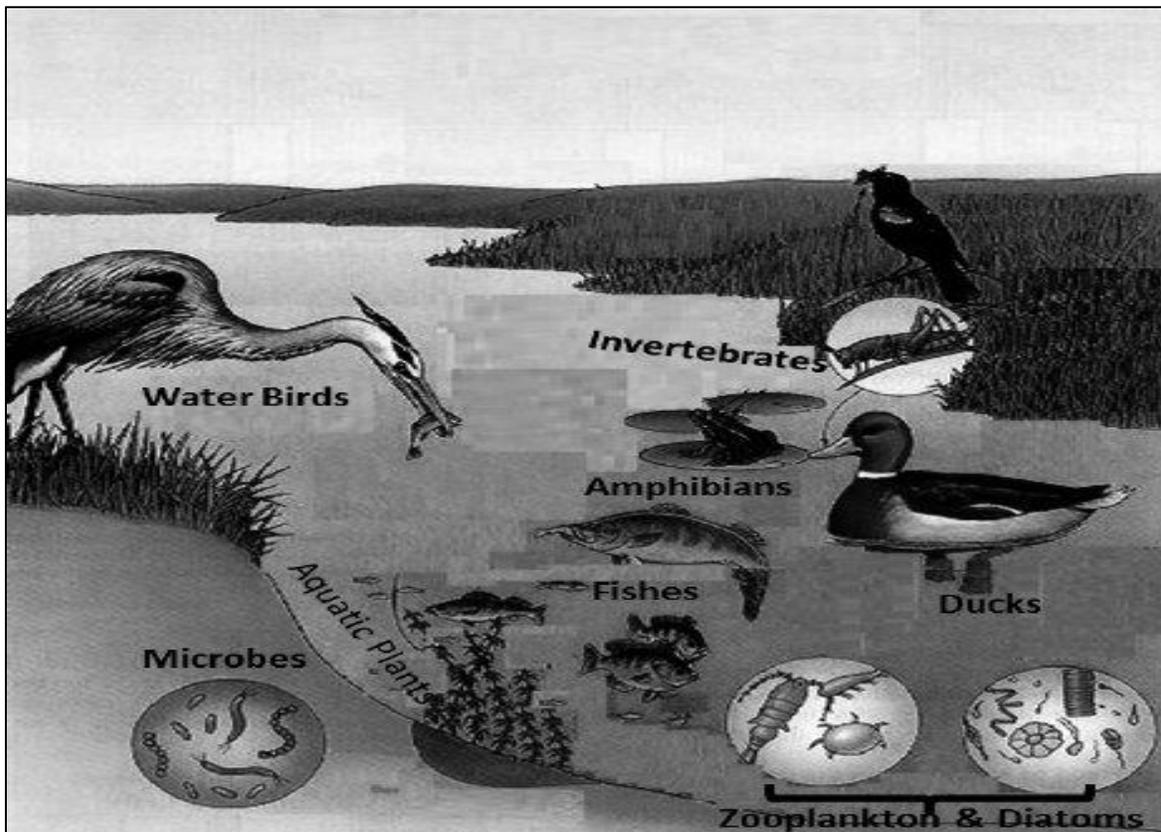


Figure 9 – Richesse biologique des zones humides (Brambilla et al. 2020).

1.6. Caractéristiques climatiques et géographique de la région d'étude

Les tendances pluviométriques enregistrées durant la période de 1984 à 2020 montrent une nette baisse de la précipitation au niveau de la région d'Annaba (**Figure 10 et 12**), indiquant une instabilité (Boudiaf et al. 2020), et un déficit pluviométrique d'environ 30% (Taibi and Souag 2012).

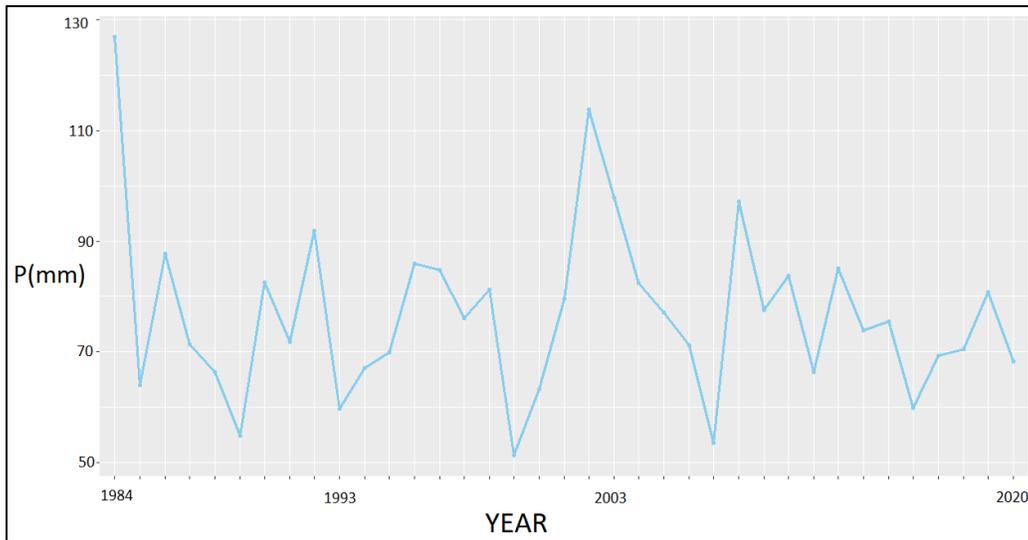


Figure 10 - L'évolution annuelle de la précipitation au niveau de Annaba entre (1984 à 2020), téléchargé à partir de TerraClimate (<http://www.climatologylab.org/terraclimate.html>).

La température moyenne maximale et minimale enregistré entre 1984 et 2020 illustre une tendance progressive, où la température moyenne a connu une augmentation d'environ 2 °C.

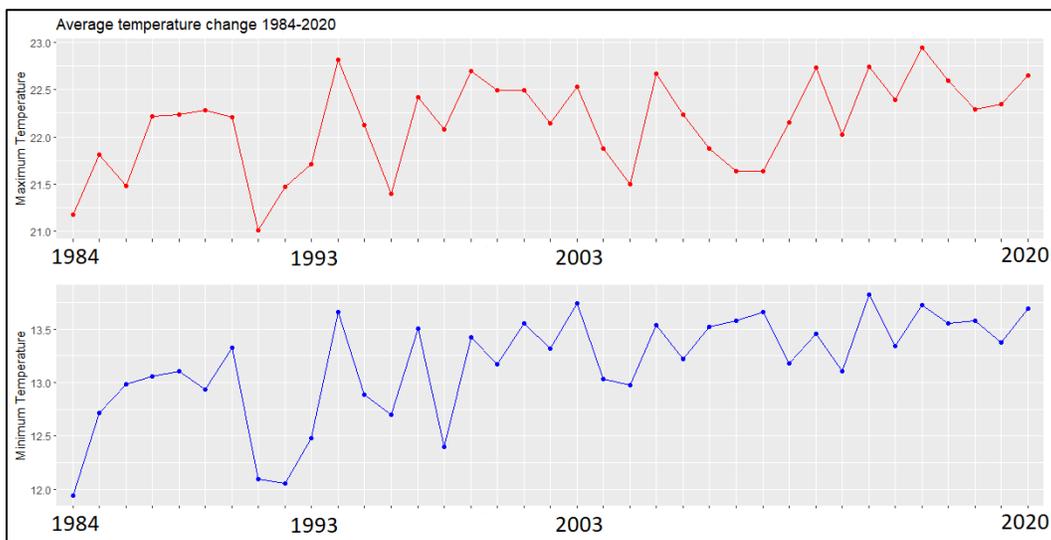


Figure 11 - La température maximale et minimale au niveau de Annaba entre (1984 à 2020), téléchargé à partir de Terra Climate (<http://www.climatologylab.org/terraclimate.html>).

La précipitation mensuelle a connu une nette baisse passant de plus de 350 mm en enregistré en Décembre 1984 à 220 mm en 2020, les mois les plus pluvieux sont Décembre et Janvier, tandis que le mois le moins pluvieux est représenté par le mois de Juillet avec une précipitation qui avoisine les 3 mm (**Figure 12**).

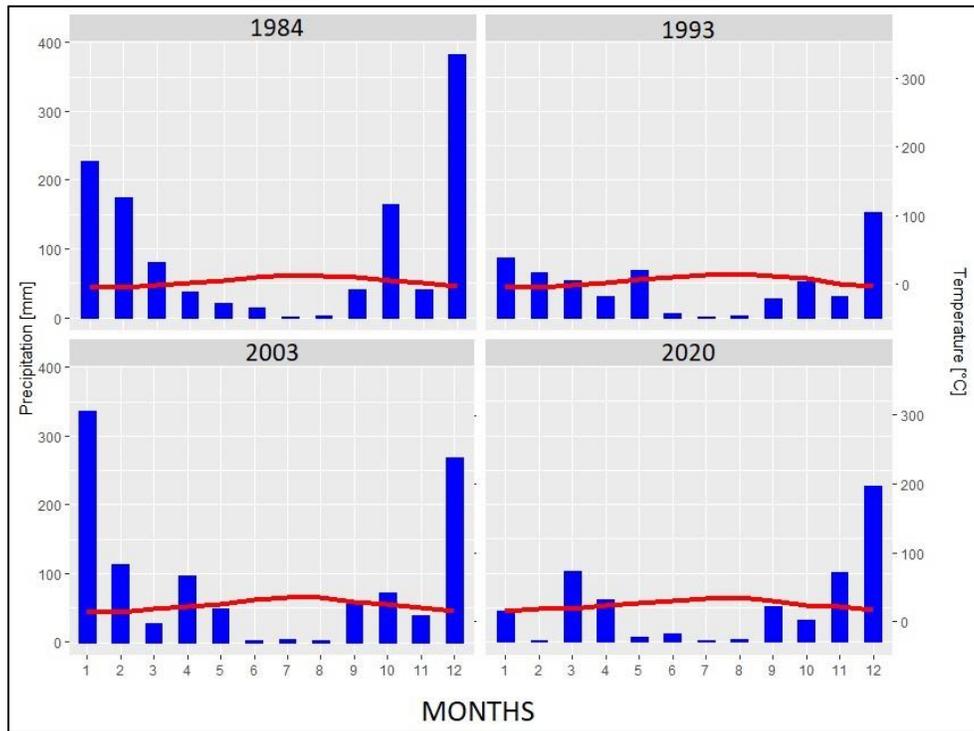


Figure 12 – Variation mensuelle et interannuelle de la précipitation et de la température, téléchargé à partir de TerraClimate (<http://www.climatologylab.org/terraclimate.html>).

L'indice d'aridité est utilisé pour l'évaluation du type du climat en traduisant le déficit annuel entre la quantité des précipitations reçue (P) par rapport à la demande de l'évapotranspiration potentielle (ETP) (Thornthwaite 1948), où plus l'indice est faible plus l'aridité est élevée et permet ainsi de classer les climats d'hyper aride à humide, selon les valeurs suivantes :

Tableau 2. Les valeurs de l'indice d'aridité

Climat	Indice
Arde	$0,05 < I < 0,20$
Semi-aride	$0,21 < I < 0,50$
Sub-humide tempéré	$0,51 < I < 0,65$
Humide	$I > 0,65$

Selon le climagramme pluviométrique d'Emberger la région de notre étude se situe dans le périmètre qui se trouve dans l'étage bioclimatique sub-humide tempéré (**Figure 13**).

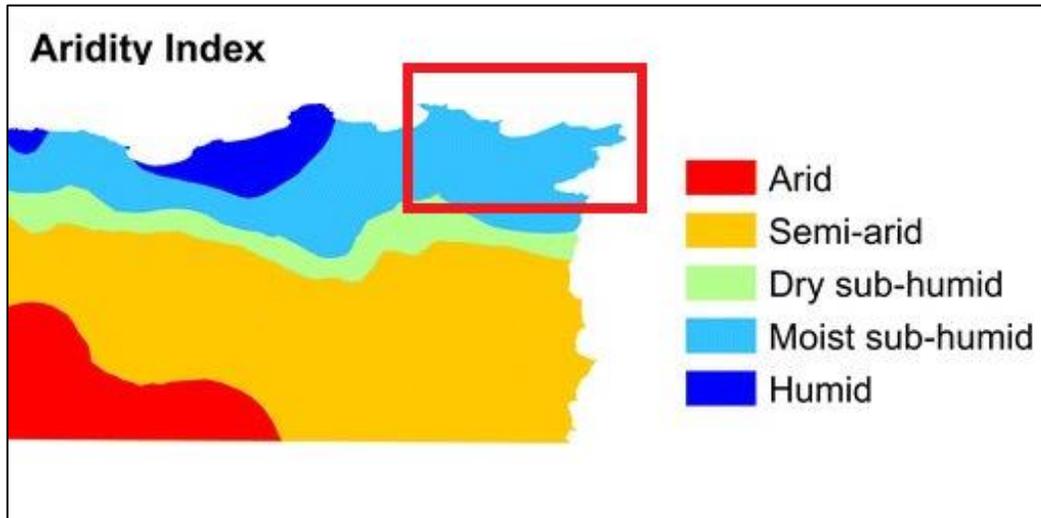
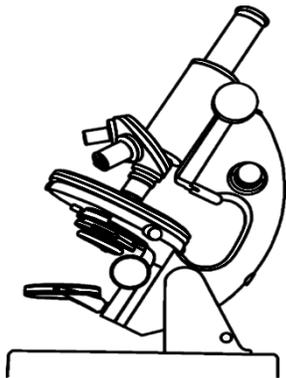
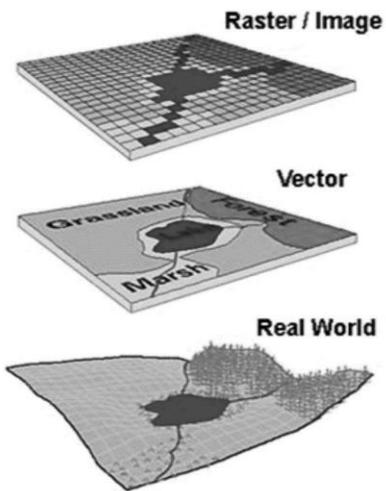


Figure 13 - Carte de climat selon la classification d'Emberger (Merabti et al. 2018).



Chapitre II : Matériel et méthodes

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la région d'étude

La région du Nord-est renferme une mosaïque de zone humides incluant des lacs (Tonga, Oubeira, Fetzara), des marais (Mokhada, Boussedra), et des lagunes (El Mellah) (**Figure14**), présentant ainsi un important habitat pour l'avifaune aquatique hivernante et nicheuse (Skinner and Smart 1983; Stevenson et al. 1988). Ces zones humides sont un véritable sanctuaire de biodiversité abritant plusieurs espèces faunistique et floristiques endémiques comme le triton de Poiret *Pleurodeles poireti* (B. Samraoui et al. 2012), ou *Barnardia numidica* (Allem et al. 2017).

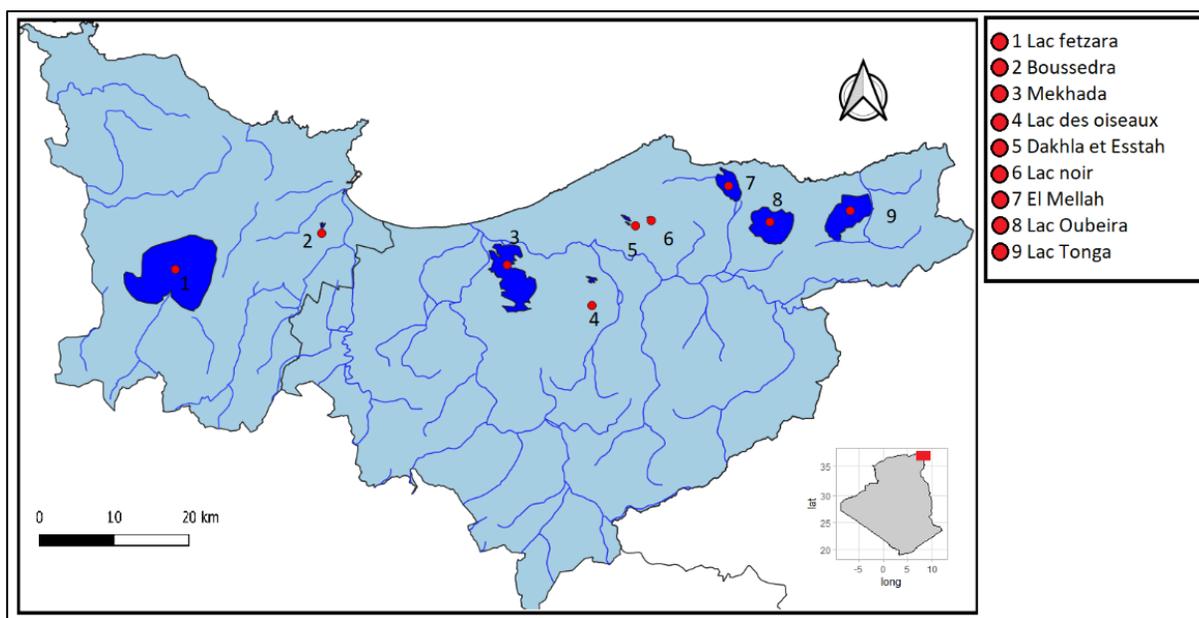


Figure 14 - Localisation géographique la Numidie orientale (complexe des zones humides d'Annaba et d'El-Kala).

2.2. Description du site d'étude

Boussedra est un marais d'eau douce périurbain situé au nord est Algérien (**Figure 15**), il est dominé par une formation de *Scirpus maritimus* et *Typha angustifolia* et de tamaris *Tamarix gallica* (F. Samraoui et al. 2012). Malgré sa petite taille Boussedra est un lieu d'une grande importance ornithologique, où il représente un lieu d'hivernage et de reproduction pour plusieurs espèces dont certaines sont sur la liste rouge de l'UICN comme : le Blongios nain *Ixobrychus minutus* érisature à tête blanche *Oxyura leucocephala* et Fuligule nyroca *Aythya nyroca* (Samraoui and Samraoui 2008). Depuis 2003, une estimation visuelle suggère que le marais a perdu plus de 30% de sa taille initiale à cause des installations industrielles et de l'expansion urbains (F. Samraoui et al. 2012; Samraoui et al. 2015)

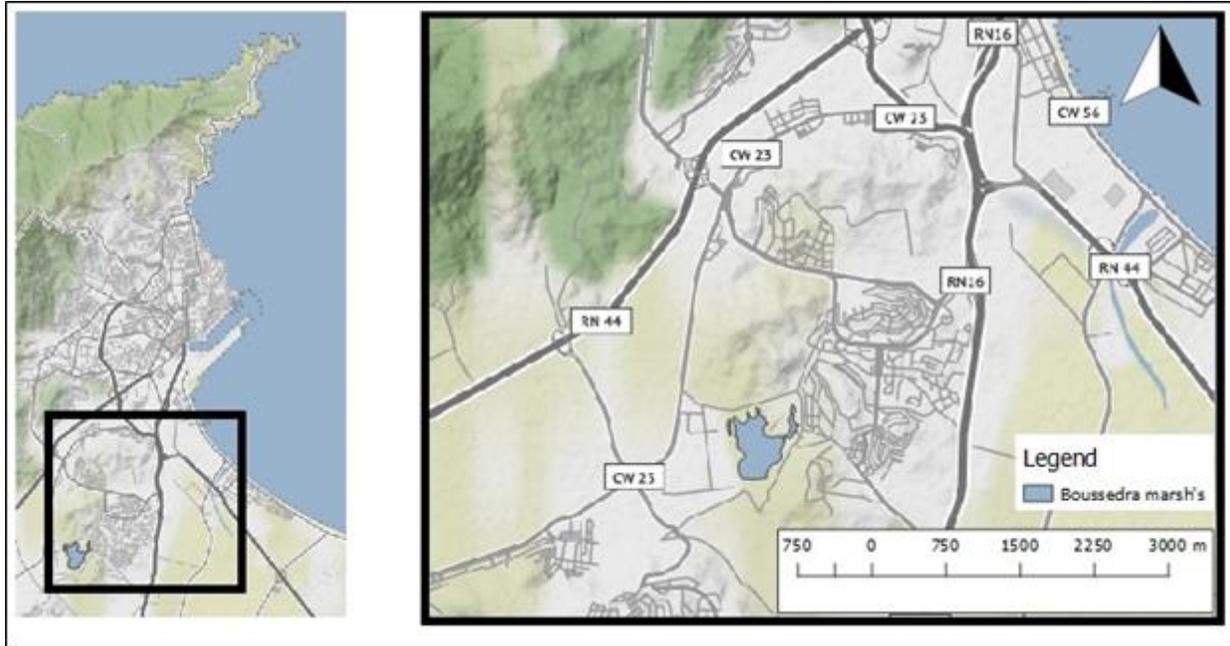


Figure 15 - Localisation géographique du marais périurbain de Boussedra.

2.3. La cartographie du marais urbain de Boussedra

Téléchargement des images satellitaires Landsat 5, 7, et 8

Les images Landsat sont disponibles gratuitement via les services du USGS Earth Explorer data. Pour obtenir les images satellitaires à partir du site de l'USGS (United States Geological Survey) <https://earthexplorer.usgs.gov/>, un compte d'utilisateur doit être ouvert. La prochaine étape consiste à définir la zone de recherche en introduisant les coordonnées géographiques (longitude et latitude) de la région étudiée puis à identifier la date de l'image à télécharger (**Tableau 4**).

Tableau 3. Les images satellitaires utilisées dans l'analyse.

Satellite	Capteurs	Date
Landsat 5	Thematic Mapper (TM)	20-04-1984
	Thematic Mapper (TM)	08-05-1993
Landsat 7	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	19-05-2003
Landsat 8	Operational Land Imager (OLI) and the Thermal Infrared Sensor (TIRS)	07-04-2020

2.3.1. Le calcul et la cartographie des indices spectraux NDVI, NDPI, MNDWI

La classification et la cartographie des petites zones humides (comme le marais de Bousedra) sont souvent délicates en raison de la petite taille, de l'hétérogénéité du paysage et du mélange de végétation aquatique avec la surface de l'eau (Simioni et al. 2018). Par conséquent, la détection des zones humides de petite et la discrimination de la couverture végétale du plan d'eau nécessitent en premier lieu le calcul des indices de végétation différentiel normalisé (NDVI), d'eau différentiel normalisé modifié (MNDWI) et l'indice (NDPI) (Lacaux et al. 2007; Mozumder, Tripathi, and Tipdecho 2014). Des corrections atmosphériques sont d'abord appliquées sur les images satellitaires puis les indices sont alors calculés par le ratio de chaque indices (**Tableau 3**), après ça les indices sont alors cartographiés avec le logiciel R 4.0.3 à l'aide des packages ggplot2 (Wickham 2016) et raster (Hijmans 2020).

Tableau 4. Les indices satellitaires utilisés dans cette étude.

indices	Indice	Ratio	Références
NDPI	Normalized difference pond index	$(MIR2 - Vert) / (MIR2 + Vert)$	(Lacaux et al. 2007)
MNDWI	Modified Normalized Difference Water Index	$(Vert - MIR2) / (Vert + MIR2)$	(Xu 2006)
NDVI	Normalized difference vegetation index	$(PIR - Rouge) / (PIR + Rouge)$	(Tucker and Sellers 1986)

2.3.2. Analyse diachronique de l'évolution de l'occupation du sol

Prétraitement des images satellitaires (Pre-Processing)

En utilisant le plug-in de classification semi-automatique (SCP) du logiciel QGIS, un prétraitement des images satellitaires Landsat a été effectué. Ce prétraitement consiste à découper les images selon les zones d'étude puis à appliquer une correction atmosphérique a fin de convertir les pixels en valeurs décimale de réflectance (Congedo 2016).

Classification supervisée

Une analyse diachronique du changement de l'occupation du sol a été réalisée, à partir d'images satellitaire Landsat 5 TM (pour les années 1984, 1993 et 1998), Landsat 7 ETM (2008, et 2013) et Landsat 8 OLI / TIRS (2018, et 2020), ainsi que les images raster des indices (NDVI), (MNDWI), et (NDPI) générées auparavant.

La classification consiste en premier temps à générer des zones d'entraînement (ROI) pour chaque classe, puis une classification basée sur les signatures spectrales des zones d'entraînement est alors effectuée, en utilisant l'algorithme de distance minimale (Congedo 2016).

Post-traitement de la classification (Post-processing)

Après avoir réalisé la classification supervisée un traitement a posteriori et une analyse de précision sont alors effectuées afin de d'évaluer la qualité de la classification et de corriger certaines erreurs de classification. Enfin, des mesures de la superficie de chaque classe est effectué par le logiciel QGIS (Congedo 2016), est une carte d'occupation du sol est alors réalisée.

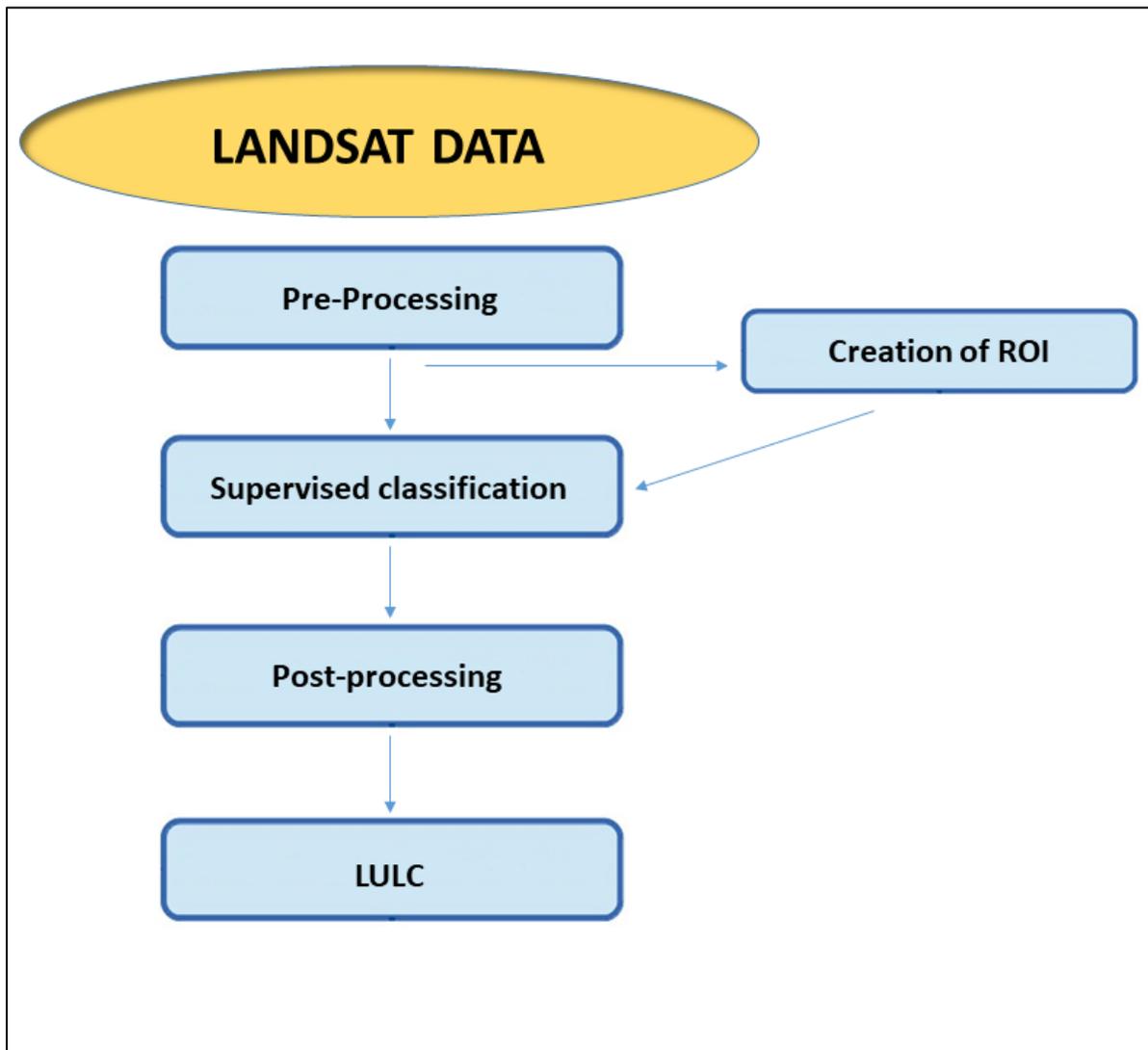


Figure 16 - Organigramme méthodologique de la classification supervisée.

2.3.3. Cartographie de la température de surface du sol (LST)

Une analyse multi-temporelle a été effectuée sur les bandes thermique des images Landsat (1984, 2008, 2015 et 2021) qui ont été toutes choisies durant le mois de mars et avril (**Tableau 5**). Le changement de la température de surface terrestre (LST) durant la période de 1984 à 2021 au niveau du marais de Boussedra a été effectué à l'aide du plugin de classification semi-automatique de QGIS. La première étape consiste à calculer la radiance spectrale TOA (Top of Atmospheric) à l'aide de la calculatrice raster, puis une conversion de TOA à la luminosité de température atmosphérique est réalisée. La deuxième étape fait appel au calcul de la proportion de végétation de NDVI et d'émissivité, et enfin un calcul de la température de surface terrestre est effectué (Laosuwan, Gomasathit, and Rotjanakusol 2017; Sobrino, Jiménez-Muñoz, and Paolini 2004), à l'aide de la formule :

$$LST = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388) * \ln(\epsilon))).$$

Tableau 5. Les images satellitaires utilisées dans le calcul de la température du sol.

Satellite	Capteurs	Bande	Dates
Landsat 5	Thematic Mapper (TM)	6	1984-04-20
	Thematic Mapper (TM)	6	2008-04-06
Landsat 7	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	6	2015-04-10
Landsat 8	Operational Land Imager (OLI) et (TIRS)	10	2021-05-01

2.4. Inventaire du peuplement d'avifaune aquatique

Un inventaire a été menée sur une année, durant la période qui s'étale de (janvier 2018 jusqu'au mois de décembre 2018), avec un rythme d'une sortie chaque quinzaine, dans le but de recenser le peuplement d'avifaune aquatique du marais de Boussedra. Les oiseaux ont été observés grâce à un télescope ornithologique Bushnell Trophy Xtreme (60x65) à partir de deux points d'observations qui ont été choisis en raison de leurs accessibilités relatives et de leur vision générale (Schricke 1982). Des dénombrements individuels sont effectués lorsque le nombre d'oiseaux est inférieur à 200 individus, sinon lorsque ce nombre dépasse les 200 individus, une estimation de la taille de la population est alors effectuée en divisant la population en plusieurs blocs (Blondel 1975).

La présence ou l'absence, la répartition ainsi que l'abondance des espèces observées ont été enregistrés, et une prospection des nids a été aussi effectuée en période de reproduction afin de déterminer le statut phénologique des oiseaux d'eau recensés.

2.5. Échantillonnage et identification des macro-invertébrés aquatiques

À l'aide d'une époussette de (200 μm), un échantillonnage mensuel des macros d'invertébrés a été réalisé sur cinq stations en fonction des strates de végétation (*Typha angustifolia*, *Tamarix gallica*, *Scirpus maritimus* et *Juncus maritimus*, *Phragmites australis*, et eau libre), à trois profondeurs variées pour chaque station (**Figure 17**). Des paramètres physico chimiques sont aussi mesurés pour chaque relevé à l'aide d'un multi paramètre de terrain. Les échantillons sont ensuite conservés dans du formol dilué à 7 %, puis au laboratoire un dépouillement des échantillons et une identification est alors effectuée à l'aide du guide d'identification (Tachet et al. 2010), afin d'élaborer une check-list des taxons échantillonnés.

L'association des types de végétation et des paramètres physico chimiques avec la distribution des spécimens échantillonnés va nous permettre de faire le lien entre les macro-invertébrés et leurs habitats.

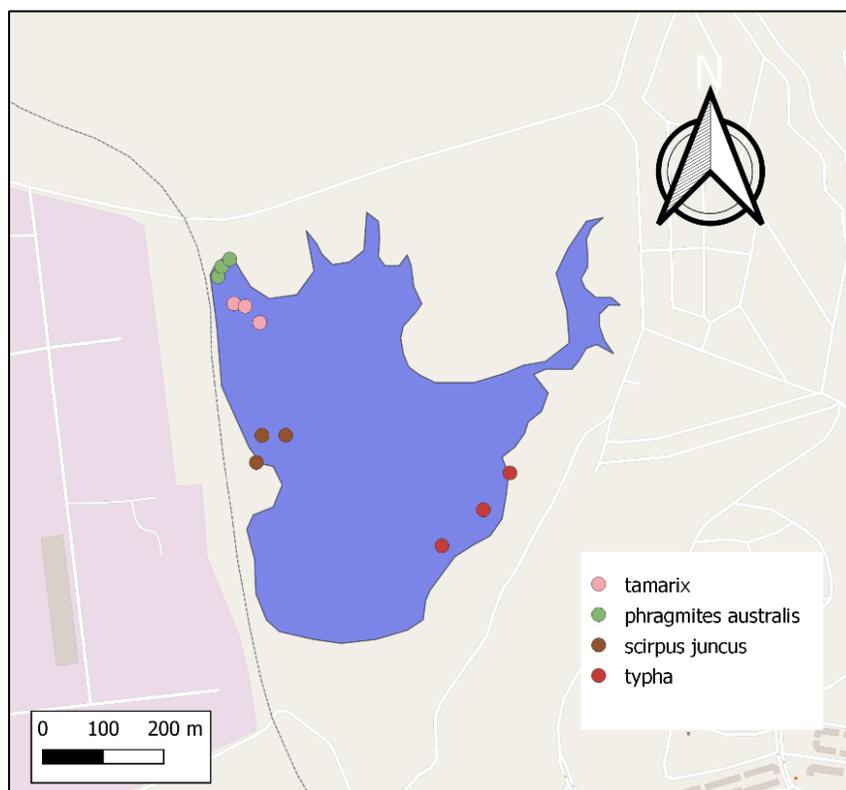


Figure 17 - Les stations d'échantillonnage des macroinvertébrés

2.6. Approche sociodémographique

Conception et élaboration du questionnaire

Le questionnaire est composé d'une première partie comportant les caractéristiques sociodémographiques du répondant, à savoir (le genre, l'âge, le niveau scolaire, la profession, et la durée d'habitation), tandis que l'autre partie comporte un enchaînement de questions fermées et de questions ouvertes à choix uniques ou multiple qui vise à étudier :

- (1) La notion de la valeur de la biodiversité chez les résidents locaux et leur perception des espèces sauvages qu'abrite le marais.
- (2) La perception des résidents locaux concernant l'existence du marais de Boussedra dans leur voisinage.
- (3) L'attitude des résidents locaux envers l'avenir du marais, la notion de responsabilité et de la mise en place d'un plan de conservation du marais.

Le questionnaire a été conçu d'une manière claire et concise tout en évitant l'ambiguïté des mots techniques et scientifiques, ensuite traduit en arabe pour qu'il soit simple à lire et à répondre par la totalité des répondants.

L'administration des questionnaires au résident locaux

Selon le genre des répondants, l'administration des questionnaires a été effectuée par le biais de deux méthodes ; d'une part une administration en face-à-face des répondants hommes a été effectuée où le répondant est interrogé pendant une durée de 15 minutes. Pour les répondants femmes une auto-administration qui consiste en la distribution puis le recueil des questionnaires a été effectuée. Le choix de la méthode auto-administration est particulièrement due au caractère social de la région.

2.7. Analyses statistiques

2.7.1. Assemblage de l'avifaune aquatique dans le marais de Boussedra

Afin d'analyser la structure de la communauté d'avifaune aquatique de Boussedra les paramètres écologiques suivants ont été utilisés: la richesse spécifique (R): le nombre d'espèces enregistrées dans chaque relevé, l'abondance (N): nombre d'individus pour chaque espèce, l'abondance relative (%): expliqué par la proportion de l'abondance d'une espèce par rapport à l'abondance totale de toutes les espèces $RA = n / N \times 100$.

De plus, l'indice de Shannon et d'équitabilité ont également été utilisés pour mesurer la structure de la communauté d'oiseaux d'eau, l'indice de Shannon-Wiener est calculé avec la fonction :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

où S est le nombre d'espèces et p_i l'abondance proportionnelle des espèces i dans la communauté, tandis que la régularité $E = H'/H_{max}$ est le rapport de l'indice de Shannon (H') au valeur maximale que cet indice pourrait atteindre $H_{max} = \ln S$ (Krebs 2014). Une analyse en composantes principales (ACP) basée sur le recensement des oiseaux, (espèce \times mois) et (famille \times mois) a été effectué, en incluant les saisons comme variable supplémentaire afin d'explorer le la variation saisonnière de la communauté d'oiseaux d'eau. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R (R Core Team 2017).

2.7.2. Analyse multivariée de la distribution des macros invertébrés

Une check-list des macroinvertébrés a été élaborés, et l'abondance totale et relative ont été calculé. Une analyse en composantes principales (ACP) a été réaliser sur la matrice (Station \times Taxon), ainsi que trois variables inclus en tant que variables supplémentaires (conductivité, température, dureté de l'eau, et la végétation aquatique), dans le but d'étudier l'assemblages des macroinvertébrés benthiques en fonction des paramètres physicochimiques, de la couverture végétale, et de la profondeur. L'analyse multivariée a été effectuée à l'aide du package FactoMineR implémenté dans le logiciel R (R Core Team 2017)

2.7.3. Analyse statistique du questionnaire

Analyse des questions à choix multiples

Concernant l'analyse des questions à choix multiples, les réponses sont d'abord transformées en variables dichotomiques (0/1). Ensuite un tri à plat est réalisé grâce à la fonction multiResponse du package 'userfriendlyscience' (Peters, Peters, and XLConnect 2018), afin de calculer le pourcentage des répondants et des réponses. Un diagramme en bâton est alors réalisé avec le packgaes Ggplot (Wickham 2016) afin de représenter le pourcentage des répondants pour chaque réponse.

Analyse des interactions des Co variables avec les caractéristiques sociodémographiques

La relation entre les réponses et les variables sociodémographiques a été étudiée à l'aide du test z à une proportion et du modèle linéaire généralisé (GLM) avec une distribution d'erreur binomiale et une fonction (lien logit). Un test du rapport de vraisemblance a été utilisé pour tester l'effet des Co variables afin de choisir les variables à garder, puis la qualité de l'ajustement a été évaluée en utilisant la fonction de vraisemblance des données.



Chapitre III : Résultats

3. Résultats

3.1. Cartographie des indices spectraux et de l'occupation du sol

3.1.1. Cartographie des indices MNDWI, NDPI, et NDVI

Les Figures 18, 19, et 20 illustrent la variation temporelle des indices de l'eau (NDPI et MNDWI) et de la végétation (NDVI) entre 1984, 1993, 2003, et 2020 au niveau du marais de Boussedra. L'indice d'eau différentiel normalisé modifié (MNDWI) allait d'une valeur moyenne de -0.4 enregistré en 1993 à une valeur moyenne de 0.75 enregistré en 2020 (**Figure 18**).

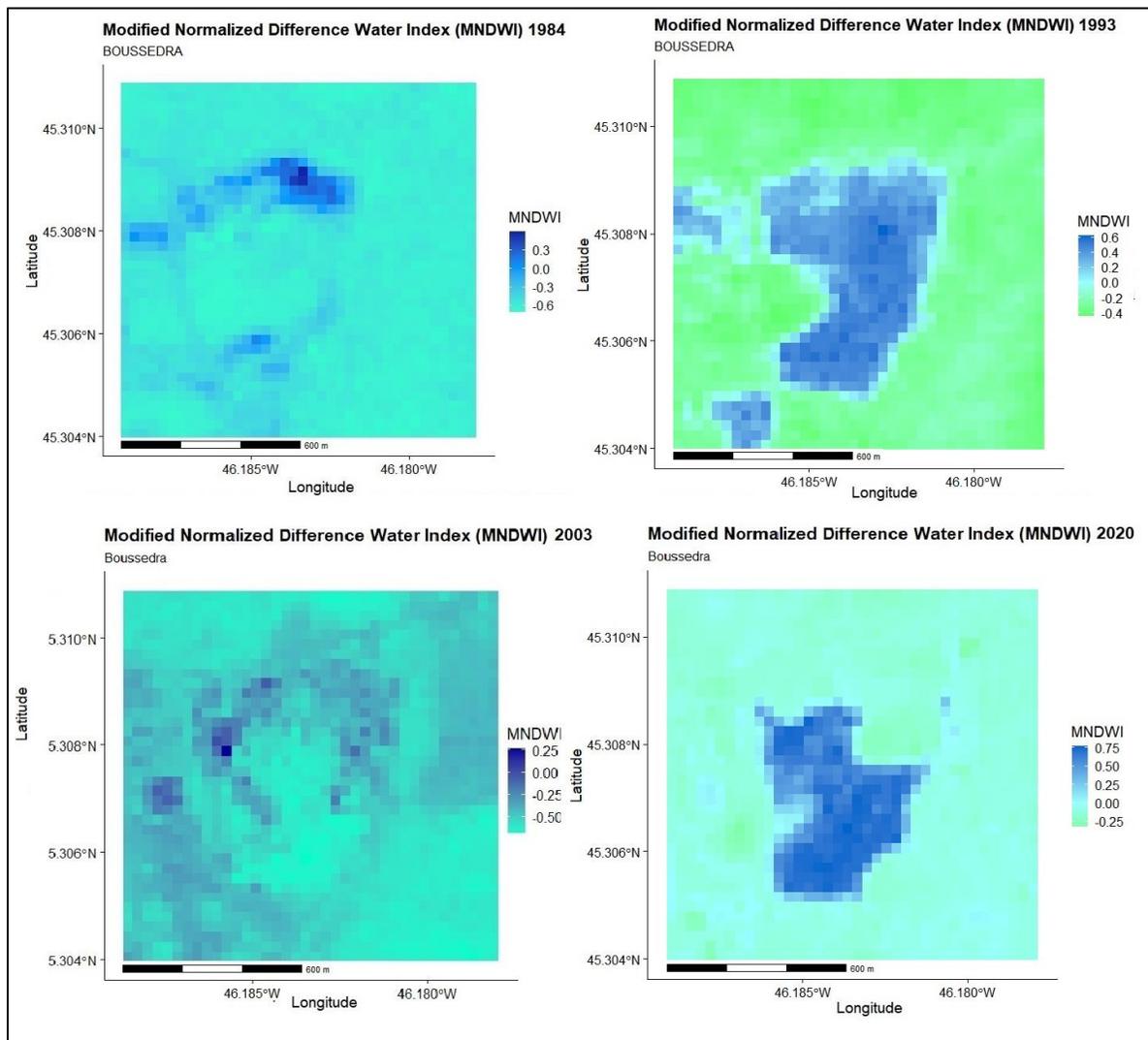


Figure 18 - Carte de l'indice MNDWI (Modified normalized difference water index entre 1984, 1993, 2003, et 2020 au marais de Boussedra

De plus, la valeur moyenne de l'indice NDPI variait de $-0,75$ en 1984 à $0,6$ en 2020 (**Figure 19**).

Les valeurs de NDPI qui se rapprochent de 1 sont indicatifs de la surface d'eau libre profonde, tandis que les terres bâties et la végétation terrestre auront des valeurs négatives qui tendent vers -1 .

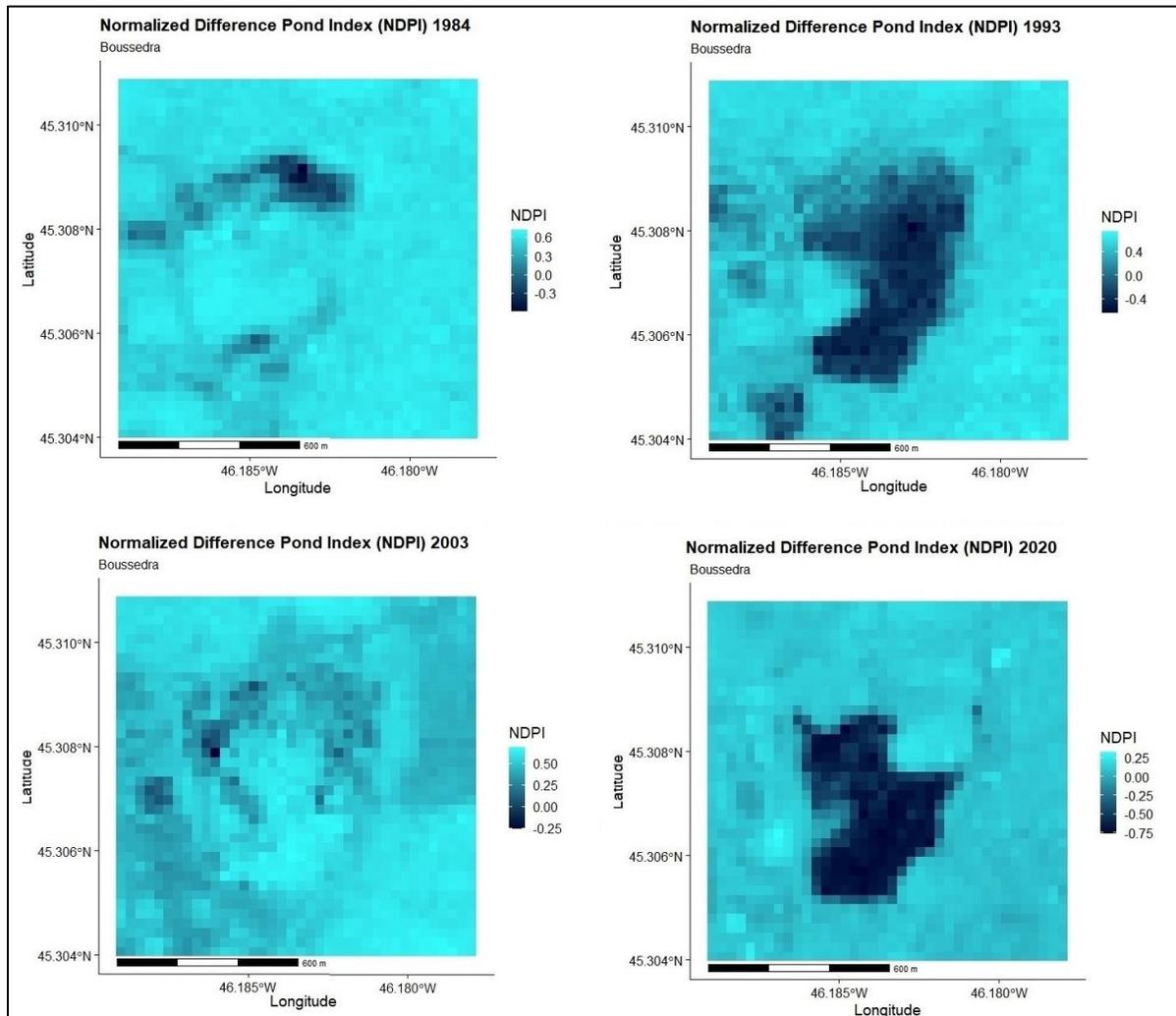


Figure 19 - Carte des indices de NDPI (Normalized difference Pond index), entre 1984, 1993, 2003, et 2020 au marais de Boussedra

Les valeurs du NDVI qui se rapproche de 1 indiquent les zones avec une végétation dense, et les valeurs négatives qui se rapprochent de -1 correspondent à l'eau. Tandis que les valeurs proches de zéro ($-0,1$ à $0,1$) correspondent généralement à des zones stériles comme les zones bâties et l'urbanisation. L'indice de végétation NDVI variait d'une valeur moyenne de 0.4 enregistré en 2003 à une valeur moyenne de -0.25 enregistré en 2020. Ces résultats illustrent un changement significative du couvert végétal et de la végétation aquatique à l'intérieur et autour du marais entre 2003 et 2020 (**Figure 20**).

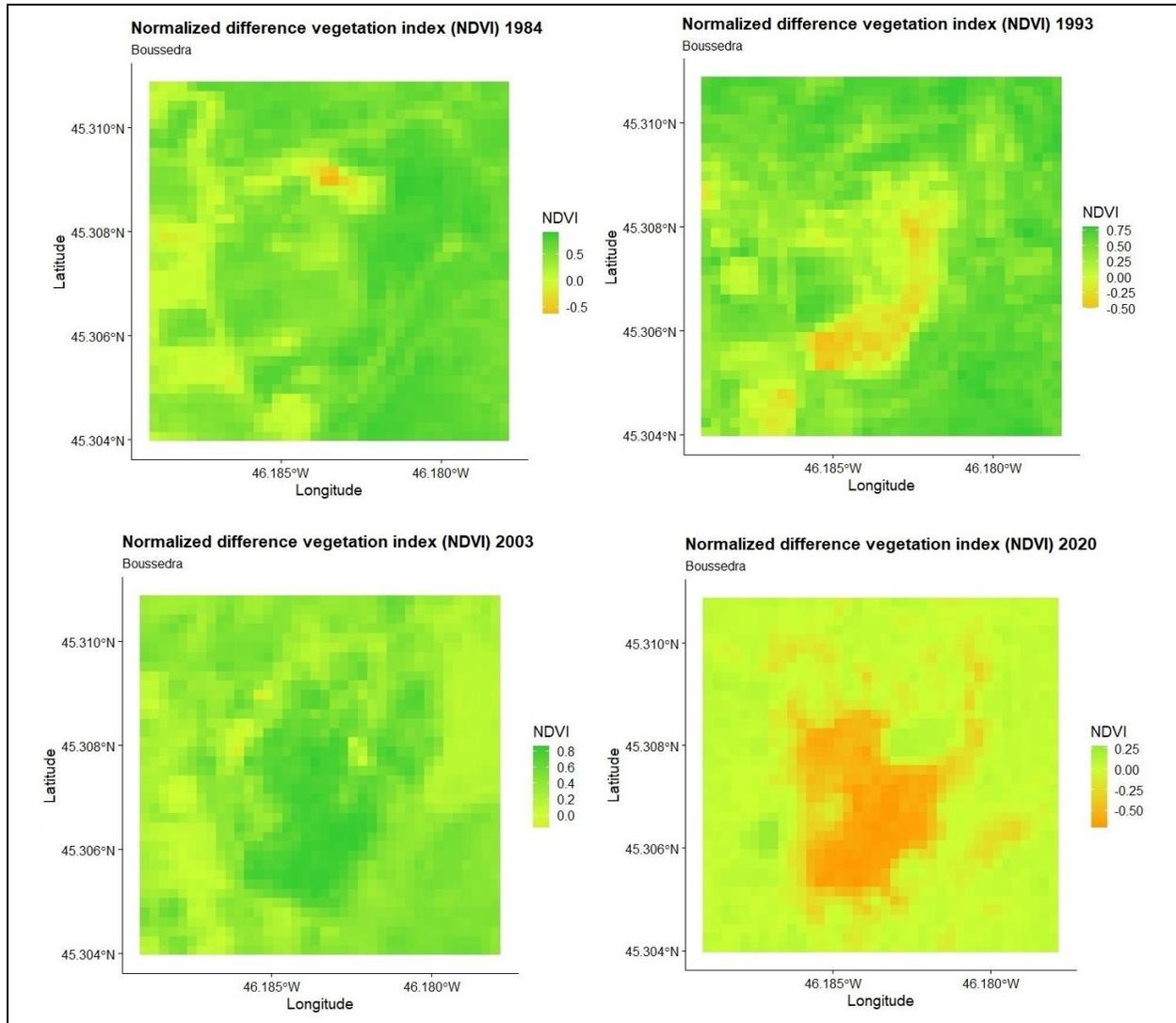


Figure 20 - Carte de l'indice de végétation NDVI (Normalized difference vegetation index) entre 1984, 1993, et 2020.

L'analyse de l'évolution de la composition de l'utilisation des sols (1984-2020), au niveau du marais de Boussedra a révélé une augmentation exponentielle de la zone d'urbanisation avec une expansion qui passe de 15.39 ha en 1984 à 57.51 ha en 2020, ceci au détriment d'une réduction de la surface de végétation terrestre qui a régressé de 65.79 ha à 17.01 ha, et un rétrécissement du plan d'eau qui dépasse les 40 % de la taille initial. De plus, les résultats indiquent une régression de la couverture de la végétation aquatique autour et à l'intérieur du marais durant la période de 1993 à 2020 passant d'une superficie de 6.48 ha à 2.11 ha en 2020 (**Figure 21**).

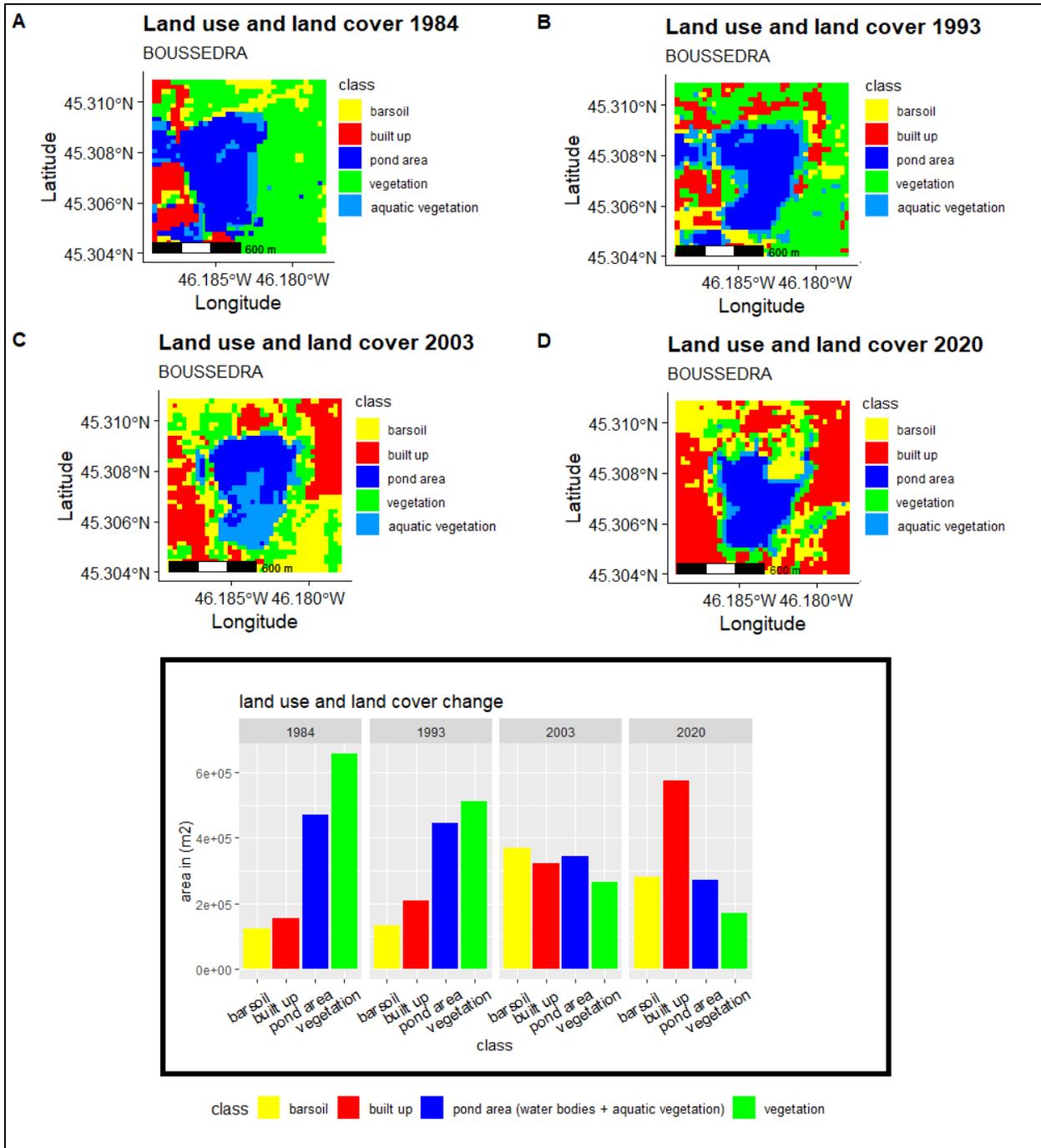


Figure 21 - Évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol entre 1984, 1993, 2003 et 2020 au niveau du marais de Bousshedra.

Les résultats de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol pour les années 1984, 1998, 2008, et 2018 montrent une expansion progressive des zones d'enfouissement, de l'étalement urbain et des terres agricoles autour du marais (**Figure 22**).

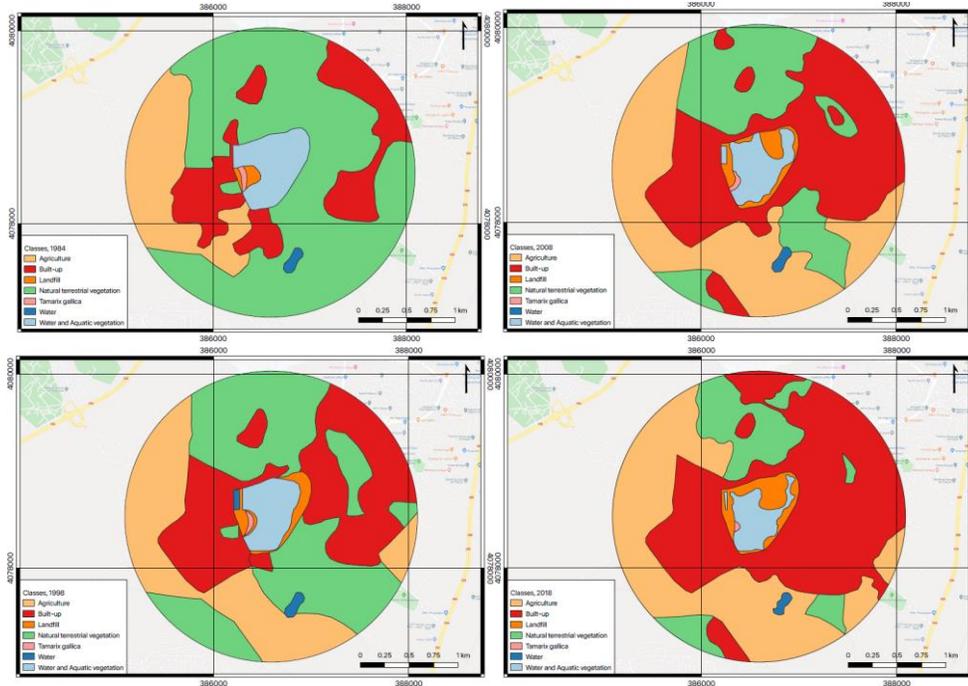


Figure 22 - Évolution de l'occupation du sol de la région de Bussedra durant les années 1984, 1998, 2008, et 2018 (Buffer zone = 1 Km).

Le tableau ci-dessous (**Tableau 6**) montre l'ampleur de cette expansion où la superficie des zones d'enfouissement et des terres agricole a pratiquement doublé durant les deux dernières décennies (de 1998 à 2018), tandis que l'étalement urbain est passé de 62% en 1998 à 148% en 2018. Cette expansion passe au détriment d'un rétrécissement drastique de la superficie du plan d'eau et de la végétation aquatique causant une perte de 43% de la taille initial du marais.

Tableau 6. Changement de l'occupation du sol durant la période 1984 et 2018.

	1984	1998	2008	2018
Partie intérieure				
Eau	0	-44%	-64%	-24%
Végétation aquatique	0	6%	17%	-64%
<i>Tamarix gallica</i>	0	-23%	-29%	-69%
Eau + végétation aquatique	0	-21%	-26%	-43%
Partie extérieure				
Zone bâtie (Urbanisation)	0	62%	100%	148%
Eau	0	0%	-2%	-18%
Végétation terrestre naturelle	0	-34%	-58%	-77%
Agriculture	0	49%	90%	100%

3.1.2. Modèle spatial de la température de la surface du sol au niveau de Bousshedra

Au cours de la période s'étalant de 1984 à 2021, l'évolution de la température du sol au niveau de Bousshedra a connu une augmentation significative de la température du sol à l'intérieur et autour du marais, passant de 18 °C à 22 °C au niveau du plan d'eau, tandis qu'au niveau de la partie extérieure (autour du marais), la température du sol a augmenté brusquement d'une température qui avoisine les 22 °C à une température qui dépasse les 30 °C en 2021 (**Figure 23**).

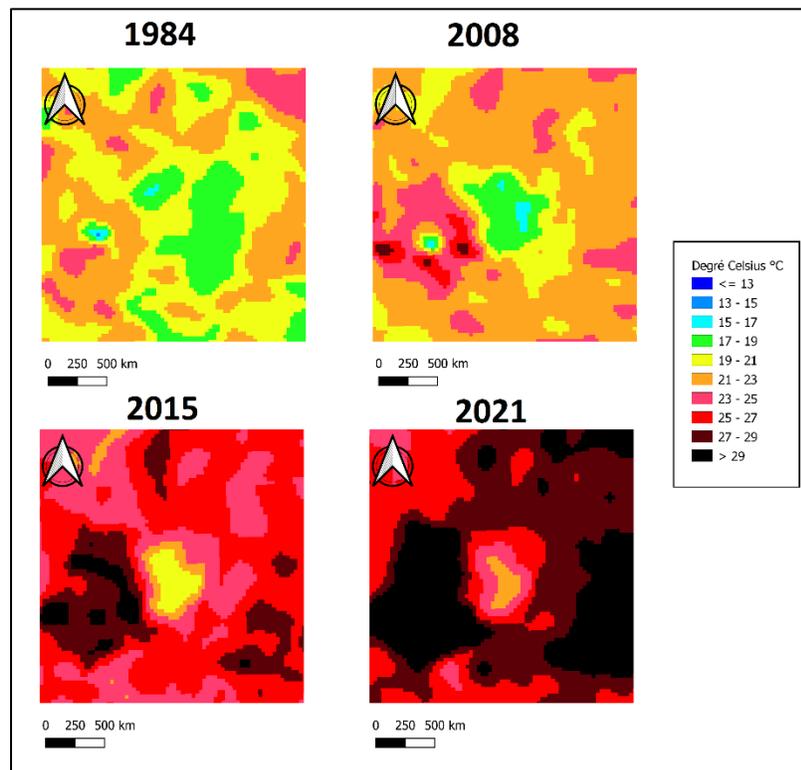


Figure 23 - La température de surface du sol (LST) en Degré Celcius entre 1984, 2008, 2015 et 2021 au niveau de Bousshedra.

3.2. Distribution et structure des macroinvertébrés benthiques

Les paramètres physico-chimiques des stations

La conductivité électrique de l'eau a dépassé les 1100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les quinze stations échantillonnées, tandis que la température de l'eau oscille entre une valeur minimale de 23.79 °C enregistré à la station 2B et une valeur maximale de 28.37 °C enregistré à la station 1A. La dureté de l'eau varie entre 174 et 954 ppm enregistré dans la station 1A et 5B respectivement (**Tableau 7**).

Tableau 7. Paramètres physicochimiques et caractéristiques des stations.

Station	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Température ($^{\circ}\text{C}$)	Dureté de l'eau (PPM)	Couverture Végétale	Profondeur (Cm)
1A	1159.82 \pm 205.32	28.37 \pm 6.60	550.11 \pm 183.11	<i>Typha angustifolia</i>	20-30
1B	1202.16 \pm 165.28	25.47 \pm 5.64	535.58 \pm 113.02	<i>Typha angustifolia</i>	40-50
1C	1172.16 \pm 149.45	26.29 \pm 5.97	517.42 \pm 152.54	<i>Typha angustifolia</i>	60-100
2A	1076.58 \pm 157.79	24.79 \pm 5.44	541.25 \pm 88.51	<i>Tamarix gallica</i>	20-30
2B	1143.91 \pm 139.80	23.79 \pm 4.74	548.83 \pm 87.89	<i>Tamarix gallica</i>	40-50
2C	1154.08 \pm 130.20	24.23 \pm 5.38	558.17 \pm 127.11	<i>Tamarix gallica</i>	60-100
3A	1152.75 \pm 127.08	26.38 \pm 6.14	550.83 \pm 69.65	<i>Juncus et scirpus</i>	20-30
3B	1140.08 \pm 97.94	25.71 \pm 5.75	551.83 \pm 86.42	<i>Juncus et scirpus</i>	40-50
3C	1149.16 \pm 111.45	25.82 \pm 5.41	553.25 \pm 94.97	<i>Juncus et scirpus</i>	60-100
4A	1191.16 \pm 183.34	25.28 \pm 5.86	572.42 \pm 141.03	<i>Phragmites australis</i>	20-30
4B	1189 \pm 150.17	25.57 \pm 5.20	556.83 \pm 126.55	<i>Phragmites australis</i>	40-50
4C	1184.41 \pm 155.39	25.87 \pm 4.95	552.42 \pm 121.25	<i>Phragmites australis</i>	60-100
5A	1131.58 \pm 104.70	25.3 \pm 4.87	541.08 \pm 135.38	Eau libre	20-30
5B	1178 \pm 124.66	24.82 \pm 4.57	595.25 \pm 151.24	Eau libre	40-50
5C	1171.83 \pm 118.83	25.24 \pm 2.99	541.25 \pm 107.51	Eau libre	60-100

La composition des macroinvertébrés benthiques

Au total, 37 taxons appartenant à six classes ont été collectés (**Tableau 8**). Les classes les plus dominées étaient les coléoptères (42,9 %) suivis par les hémiptères (19 %), et les diptères (11,9 %), tandis que les taxons les moins représentés étaient les branchiopodes, les oligochètes et les crustacés (**Figure 24**). En ce qui concerne la composition, les coléoptères, les diptères, et les odonates étaient les plus diversifiés avec 7, 4, et 3 familles respectivement.

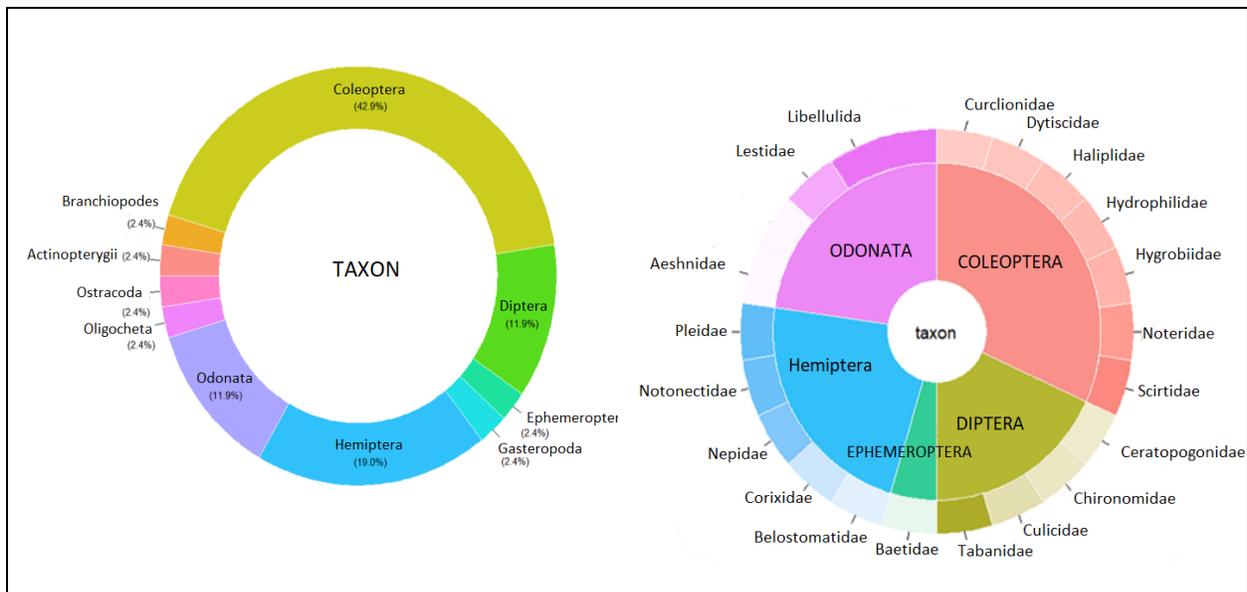
**Figure 24** - Proportions des différents groupes de macroinvertébrés benthiques.

Tableau 8. Checklist des taxons de macroinvertébrés benthiques collectés à Bousseadra.

Classe	Sous-classe ou Ordre	Sous-ordre ou Famille	Genre ou Espèce	N
Insectes	Hémiptère	Corixidae	<i>Corixa sp</i>	337
			<i>Sigara sp</i>	1580
		Notonectidae	<i>Anisops sp</i>	433
			<i>Notonecta sp</i>	52
			<i>Nychia sp</i>	75
		Pleidae	<i>Plea sp</i>	77
		Nepidae	<i>Nepa sp</i>	1
	Belostomatidae		3	
	Diptère	Chironomidae		4720
		Culicidae		271
		Tabanidae		1
		Ceratopogonidae		8
	Coléoptère	Hygrobiiidae	<i>Hygrobia hermanni</i>	8
			<i>Berosus sp</i>	132
		Hydrophilidae	<i>Helochaeres sp</i>	9
			<i>Hydrobius sp</i>	5
			<i>Hygrotus sp</i>	54
		Dytiscidae	<i>Celina sp</i>	1
			<i>Laccophilus sp</i>	14
			<i>Hyphydrus sp</i>	5
			<i>Hydrovatus sp</i>	6
			<i>Cybister sp</i>	1
			<i>Noterus sp</i>	132
		Noteridae		4
		Scirtidae		1
	Curculionidae		1	
	Haliplidae	<i>Haliplus sp</i>	10	
	Ephéméroptères	Baetidae		181
	Odonata	Anisoptera		6
		Libellulidae		2
		Aeshnidae		25
Lestidae			3	
Zygoptera			3	
Branchiopode		Cladocera		\
Ostracode				\
Clitellates	Oligochètes			128
	Hirudinea			6
Gasteropode				388
Actinopterygii	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia sp</i>	24
TOTAL				10904

En termes de dominance, les Chironomidae, les Corixidae et les Notonectidae faisaient partie des familles les plus prépondérantes au niveau de la plupart des sites échantillonnés, tandis que les familles des Culicidae et les Dytiscidae étaient plus ou moins dominantes dans la station 1B et 4 respectivement (**Figure 25**).

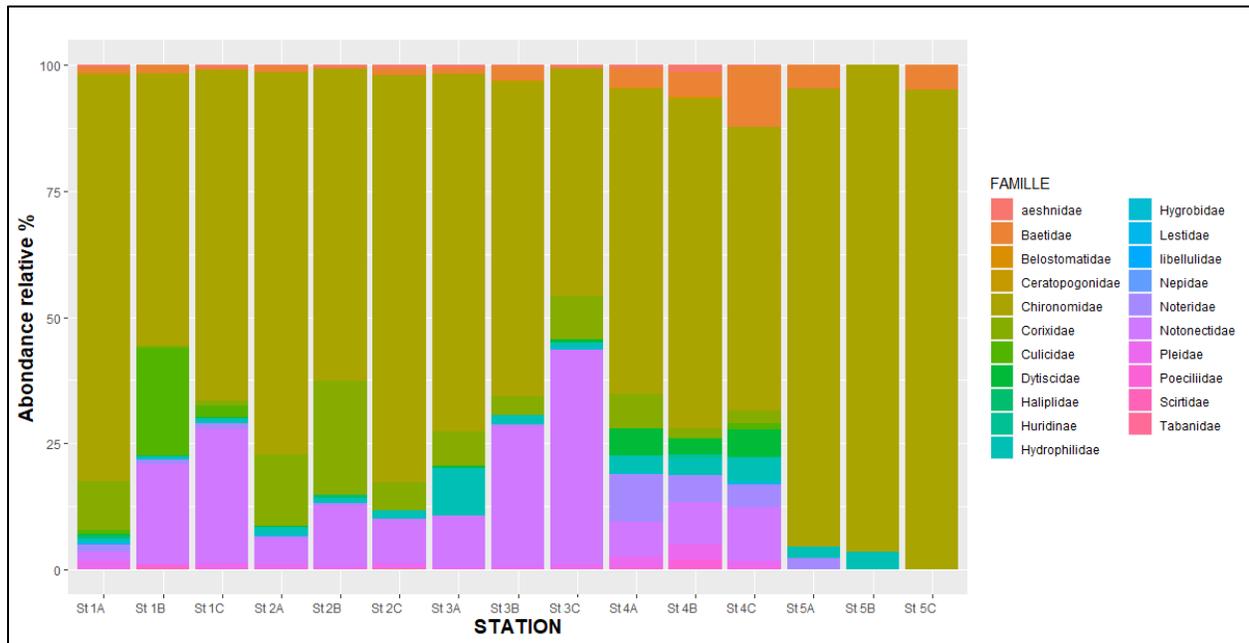


Figure 25 - Abondance relative des familles de macroinvertébrés par sites.

L'effet des types de plantes aquatiques sur la distribution des macroinvertébrés

Les deux premiers axes de l'analyse en composante principale (ACP) regroupent 58 % de l'inertie totale. Le premier axe (F1= 37,21 % de l'inertie) sépare les stations en deux compartiment, soit le groupe des stations 4 et les autres stations (1, 2, et 3). Tandis que, le second axe (F1= 21,03 % de l'inertie) séparait les stations 5 et les autres stations. Les résultats de l'analyse en composante principale (ACP), ont séparé les taxons de macroinvertébrés en deux groupes distincts (**Figure 26**). Le premier groupe constitué de (Odonata, gambusia, Ephemeroptera, Coleoptera et Hirudinea) est associé à une formation végétale dominée par le roseau commun *phragmites australis*, tandis que le second groupe composé de (Chironomidae, Corixidae, Culicidae, Hemiptera et Oligochaeta) est associé à une valeur de conductivité élevée et une température de l'eau assez basse, ainsi qu'un couvert végétale composé de *Typha angustifolia*, et de *scirpus maritimus*. La station 1B (*Typha angustifolia*) est fortement associé à un effectif élevé de chironomidae.

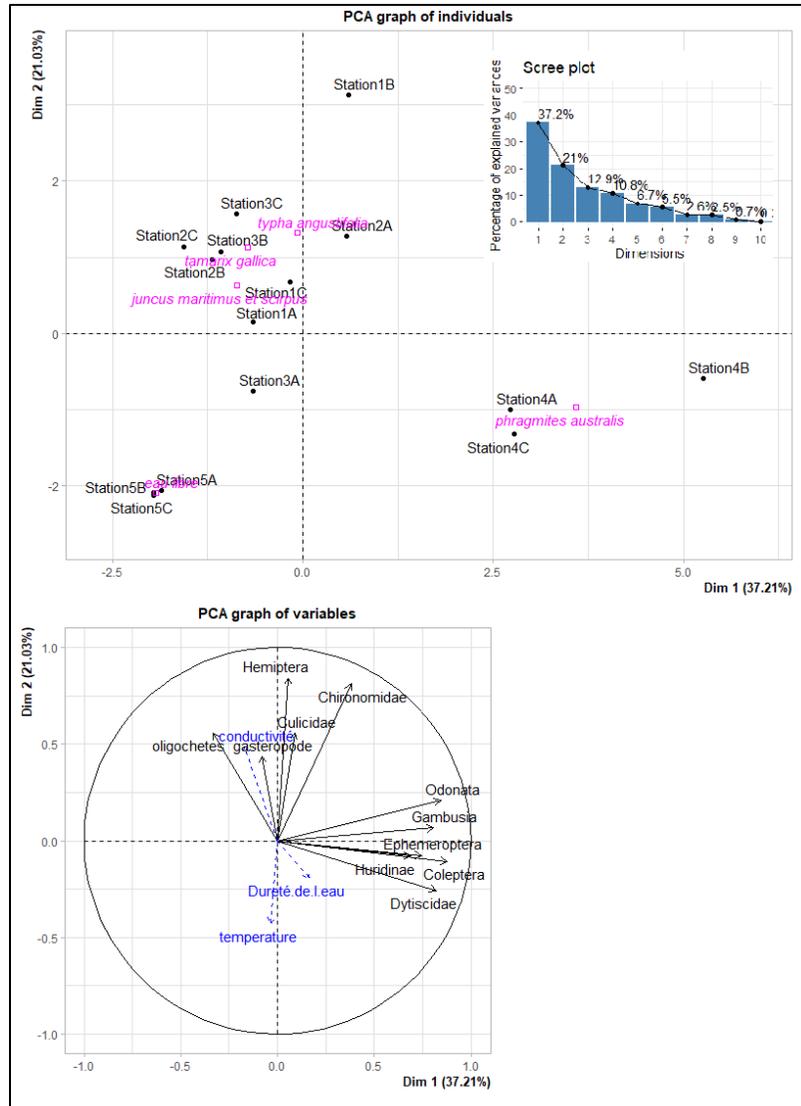


Figure 26 - Analyse en composantes principales (ACP) illustrant l'association plantes aquatiques-macroinvertébrés.

3.3. La structure du peuplement d'avifaune aquatique

3.3.1. Composition du peuplement d'avifaune aquatique recensés à Bussedra

Le peuplement d'avifaune aquatique est composé de 29 espèces appartenant à 11 familles (**Figure 27**), dont 12 espèces sont des migrateurs d'hiver, 11 sont des reproducteurs résidents, tandis que les autres sont soit des migrateurs de passage (**Tableau 9**). Au niveau des espèces, l'éristature à tête blanche, le héron garde-boeuf *Bubulcus ibis* et le Canard souchet *Spatula clypeata* sont les plus dominants. Les Anatidae et les Ardeidae sont les familles les plus dominantes avec une richesse spécifique de 11 et 4 espèces respectivement, suivies par les Podicipedidae et les Rallidae représentés par trois espèces pour les deux familles.

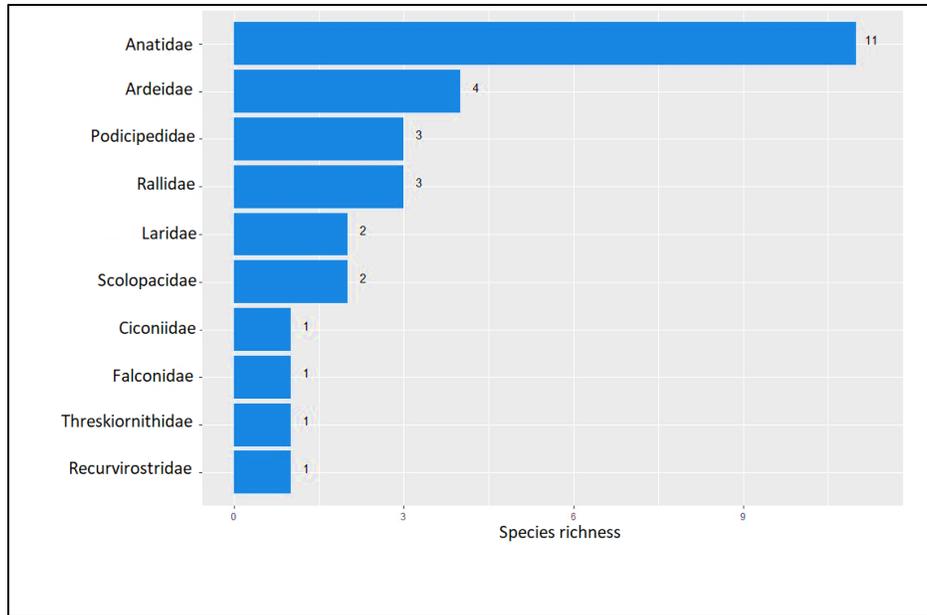


Figure 27 - La richesse des familles des oiseaux d'eau.

La richesse en espèces varie d'un maximum de 23 espèces enregistrées à la fin de novembre à un minimum de 12 espèces enregistrées en août, avec une diminution significative pendant la période de mai à août. En termes d'abondance, les familles les plus dominantes sont les Laridés et les Anatidés avec un effectif qui dépasse les 700 individus, les Rallidés arrivent en troisième position avec 232 individus, ces pics d'abondance ont été tous enregistrés durant la période hivernal (**Figure 28**).

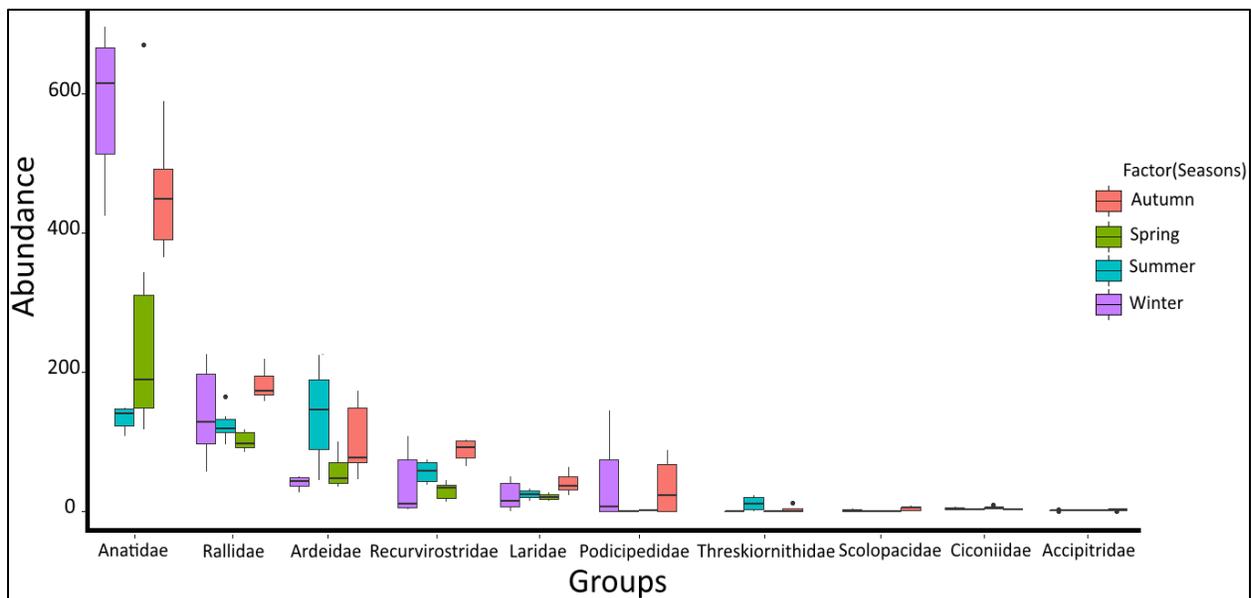


Figure 28 - Abondance des familles d'avifaune aquatique.

Tableau 9. Structure et statuts phénologiques des oiseaux d'eau au niveau de Boussedra.

Nom commun	Nom scientifique	Abondance Relative (%)	Abondance moyenne Mean \pm SD	Statut phénologique
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	4.33	32.17 \pm 14.56	RN
Canard chipeau	<i>Anas strepera</i>	0.66	7.58 \pm 10.74	H
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>	2.01	23.58 \pm 28.43	H
Canard souchet	<i>Anas clypeata</i>	11.13	130.67 \pm 127.33	H
Érismature à tête blanche	<i>Oxyura leucocephala</i>	17.76	163.5 \pm 91.07	RN
Canard siffleur	<i>Anas penelope</i>	0.60	7 \pm 8.69	H
Canard pilet	<i>Anas acuta</i>	0.54	6.33 \pm 8.30	H
Sarcelle d'été	<i>Anas querquedula</i>	0.03	0.17 \pm 0.58	MP
Fuligule nyroca	<i>Aythya nyroca</i>	4.43	36.33 \pm 19.49	RN
Fuligule milouin	<i>Aythya ferina</i>	1.75	21.25 \pm 22.54	H
Fuligule morillon	<i>Aythya fuligula</i>	0.01	0.17 \pm 0.58	H
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>	9.34	71.67 \pm 21.71	RN
poule d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	7.96	67.92 \pm 21.44	RN
Talève sultane	<i>Porphyrio porphyrio</i>	1.45	12.42 \pm 6.54	RN
Grèbe à cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i>	0.09	1.25 \pm 2.99	MP
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>	0.78	5.75 \pm 3.65	RN
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	3.12	25.33 \pm 13.63	RN
Échasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>	7.22	56.83 \pm 36.34	RN
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	0.20	1.42 \pm 2.02	RN
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	0.01	0.08 \pm 0.29	RN
Héron garde-bœufs	<i>Ardea ibis</i>	12.63	92.42 \pm 65.20	RN
Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i>	1.01	4.5 \pm 15.59	RN
Butor étoilé	<i>Botaurus stellaris</i>	0.00	0.08 \pm 0.29	MP
Ibis falcinelle	<i>Plegadis falcinellus</i>	0.72	4.58 \pm 7.70	RN
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i>	1.82	24.33 \pm 46.01	MP
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>	10.06	145.08 \pm 246.23	MP
Chevalier arlequin	<i>Tringa erythropus</i>	0.06	0.67 \pm 1.37	H
Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>	0.06	0.75 \pm 1.42	H
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	0.21	1.67 \pm 0.49	RN

(RN) = Resident nicheur, (H) = Hivernant, (MP) = Migrateur de passage

Les indices de Shannon et d'équitabilité ont fluctué parallèlement avec des valeurs maximales de ($H' = 2,72$) pour l'indice de Shannon et ($E = 0,89$) pour la régularité enregistrée en novembre et octobre respectivement, alors qu'une valeur minimale de ($H' = 1,57$) pour L'indice de Shannon et ($E = 0,66$) pour la régularité ont été enregistrés en janvier (**Figure 29**).

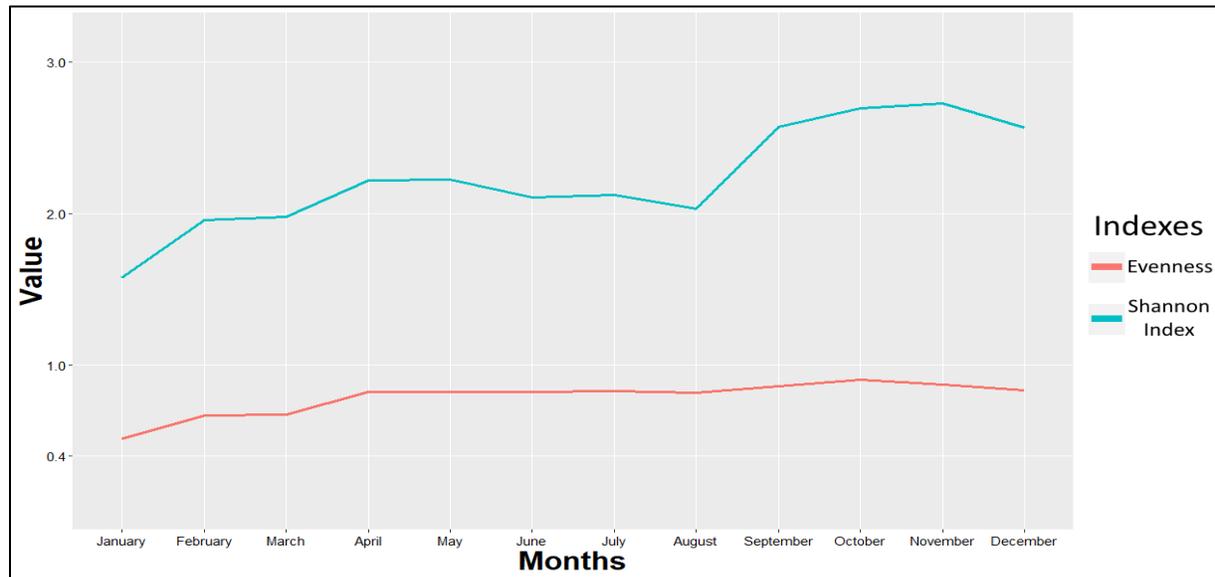


Figure 29 - Les indices de shannon et d'équitabilité.

3.3.2. Modèles saisonniers d'assemblages d'oiseaux d'eau à Bousdedra

Les deux ordinations de l'analyse en composante principale appliquées sur l'abondance des espèces (**Figure 30A**) et des familles (**Figure 30B**) regroupant plus de 60% de l'inertie totale, ont montré un modèle saisonnier où les espèces et les familles sont subdivisées en quatre groupes en fonction de leur occurrence saisonnière.

Le premier axe (horizontale) de l'ACP basées sur l'abondance des espèces (**Figure 30A**) oppose la période automnale caractérisée par des espèces comme le (Goéland leucopnée *Larus michahellis*, Canard siffleur *Anas penelope*, Canard pilet *Anas acuta*) et la période du printemps qui est marquée par l'occurrence des espèces telles que (Cigogne blanche *Ciconia ciconia*, Bihoreau gris *Nycticorax nycticorax*). Alors que, le deuxième axe (verticale) sépare les espèces hivernantes (L'Érismature à tête blanche, Canard souchet, Fuligule milouin *Aythya ferina*, et Mouette rieuse *Chroicocephalus ridibundus*) des espèces nicheuses et associé à la période estivale (Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*, Fuligule nyroca, Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis*).

En ce qui concerne l'ACP basée sur (famille x mois), les deux premiers axes principaux regroupent un pourcentage de (70,95%) de l'inertie totale (**Figure 30B**). En particulier, 41,91% de la variance totale était expliquée par le premier axe principale (horizontale) qui sépare les migrateurs de passage (Scolopacidae, Recurvirostridae et Podicipedidae) observés au début de septembre, et les Ciconiidae enregistré en faible abondance au printemps. Tandis que le deuxième axe (verticale) qui regroupe 29,04% de l'inertie totale sépare les Anatidés et les Laridés représentés par des espèces abondantes en hiver des Ardeidae, Accipitridae et Threskiornithidae qui comprennent les espèces résidentes et reproductrices.

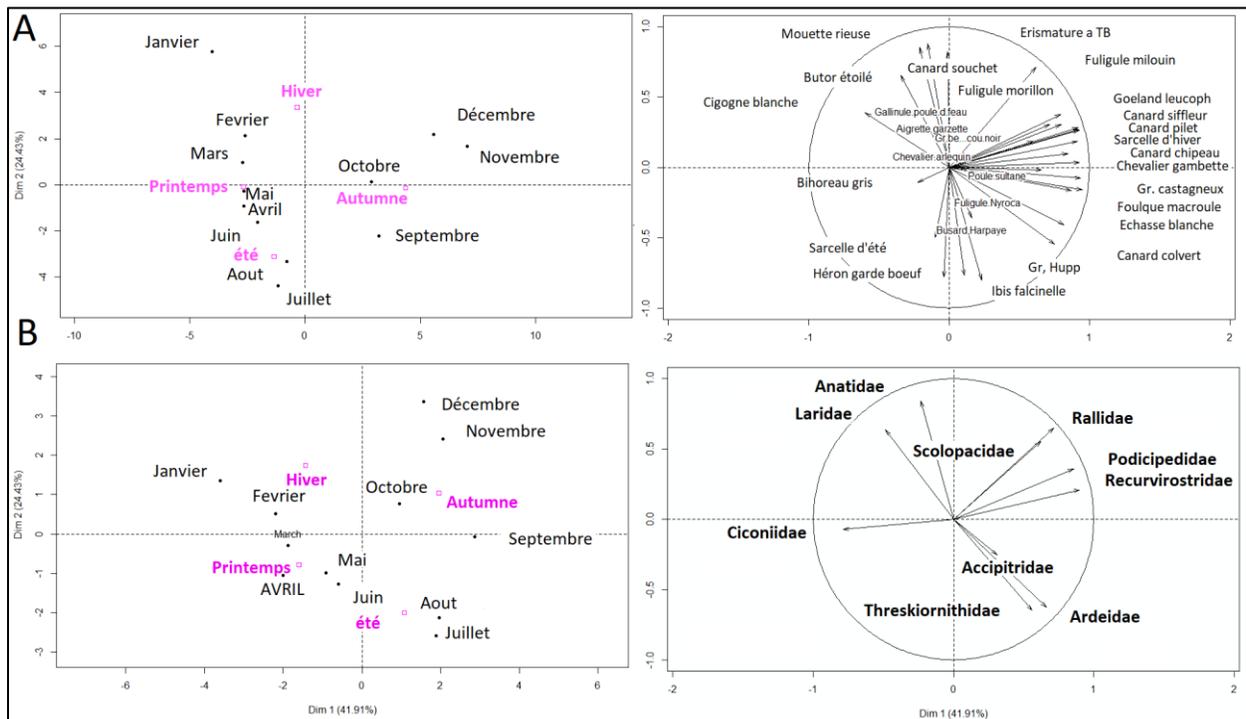


Figure 30 - Analyse en composantes principales (PCA) basée sur les données d'abondance des familles (A) et des espèces (B).

3.4. Perception et attitude des résidents locaux de Bussedra

3.4.1. Caractéristiques sociodémographiques des répondants

La population échantillonnée a été composée de 64,29% d'homme (N = 63 individus) et 35,71% de femmes (N = 35 individus). La classe d'âge la plus fréquente était celle des répondants de 25 à 34 ans (N = 39), tandis que la seconde classe avait plus de 55 ans (N = 20).

Il convient de mentionner que le niveau scolaire le plus dominant des personnes interviewées était le niveau secondaire (N = 38) avec un pourcentage de 38,78%, tandis que le niveau universitaire est en faible pourcentage 12,24%. En ce qui concerne la profession, le statut sans emploi a atteint le pourcentage le plus élevé (~ 46,94%) parmi les répondants, suivis par ouvrier 23,47% et employé 14,29 % (**Tableau 10**).

Tableau 10. Les caractéristiques démographiques des participants à l'enquête.

Variable		N	pourcentage	NA
Genre	1. Homme	63	(64.29 %)	(0%)
	2. Femme	35	(35.71 %)	
Age	1. 15-24	17	(17.35 %)	
	2. 25-34	39	(39.80 %)	(2.04%)
	3. 35-45	19	(19.39 %)	
	4. 46-55	1	(01.02 %)	
	5. 55+	20	(20.41 %)	
Niveau scolaire	1. École primaire	16	(16.33 %)	
	2. Moyen	17	(17.35 %)	(3.06%)
	3. Secondaire	38	(38.78 %)	
	5. Universitaire	12	(12.24 %)	
Profession	6. Sans niveau	11	(12.24 %)	
	1. Agriculteur	1	(01.02 %)	
	2. Ouvrier	23	(23.47 %)	(2.04%)
	3. Employé	14	(14.29 %)	
	4. Commerçant(e)	7	(07.14 %)	
	5. Etudiant	5	(05.10 %)	
	6. Sans emploi	46	(46.94 %)	

Selon la figure ci-dessous (**Figure 31**) les répondants recevant une éducation de niveau universitaire appartiennent aux classes d'âge 15-24 et 25-34 ans, tandis que les personnes sans éducation formelle appartiennent à la classe d'âge des plus de 55 ans (83.33%). Il est aussi à noter que les personnes ayant un niveau secondaire appartiennent d'une manière équitable à toutes les classes d'âge enregistrées dans le cadre de cette enquête.

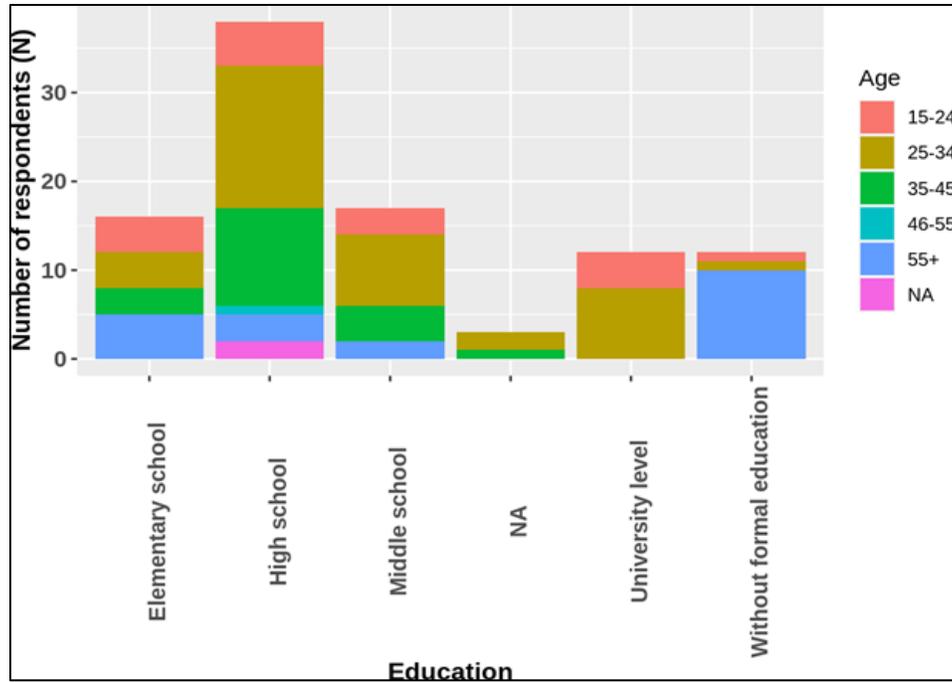


Figure 31 - Répartition du niveau scolaire des personnes interrogées en fonction de l'âge.

De plus, comme le montre la (**Figure 32**), les hommes ont tendance à recevoir un diplôme d'étude secondaire, tandis que les femmes affichent un pourcentage plus élevé dans la catégorie sans éducation formelle. En outre, à partir des pourcentages des diplômés universitaires, il y a une indication de pourcentages égaux pour les deux sexes.

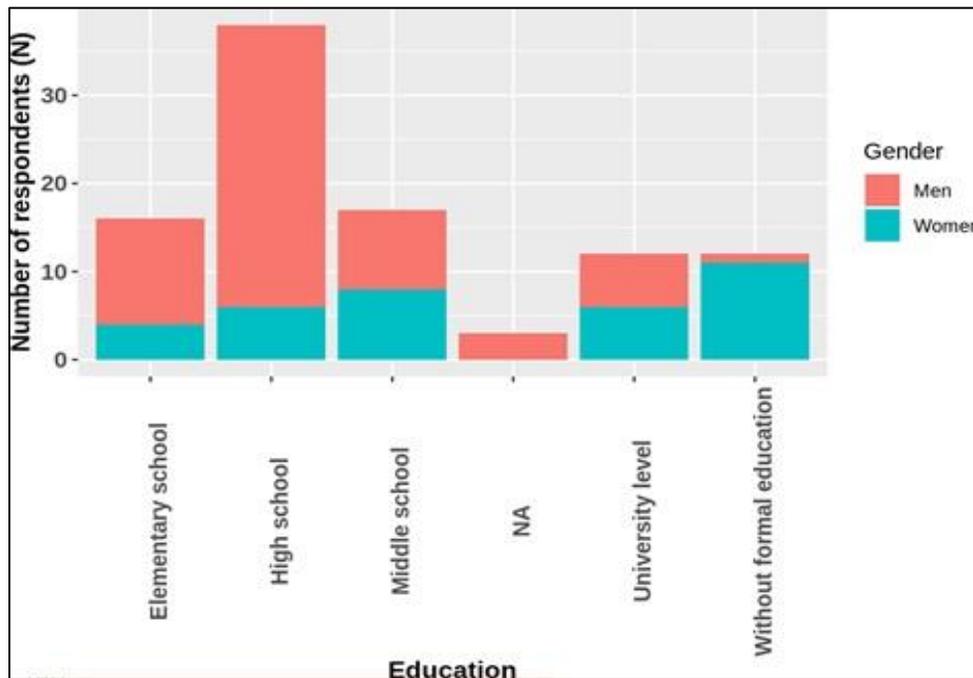


Figure 32 - Répartition de la profession des personnes interrogées en fonction du genre.

Selon les résultats du questionnaire, les hommes dominent les professions telles que fermier, vendeur, ouvrier. Il est aussi à noter que les femmes affichent une proportion élevée de chômage par rapport aux hommes, comme le montre également la figure ci-dessous.

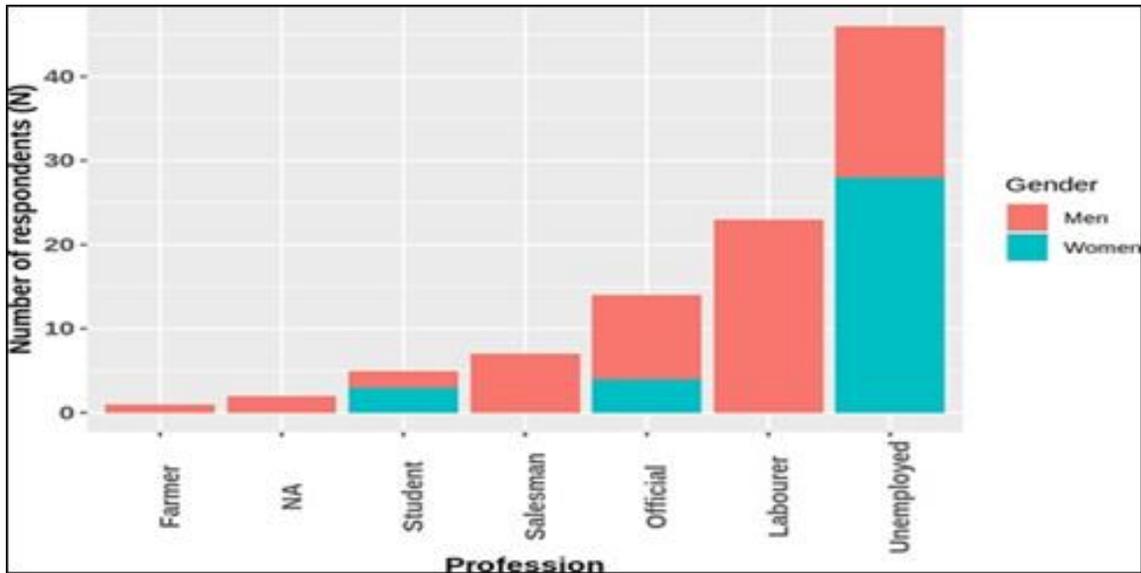


Figure 33 - Répartition de la profession des personnes interrogées en fonction de l'âge.

L'histogramme ci-dessous (**Figure 34**) montre que la résidence moyenne a été estimée à 16 ans, où la majorité des répondants (N = 30) ont confirmé avoir vécu dans la région durant les 15 dernières années, tandis que seulement 5 répondants ont affirmé qu'ils vivent depuis plus de 50 ans.

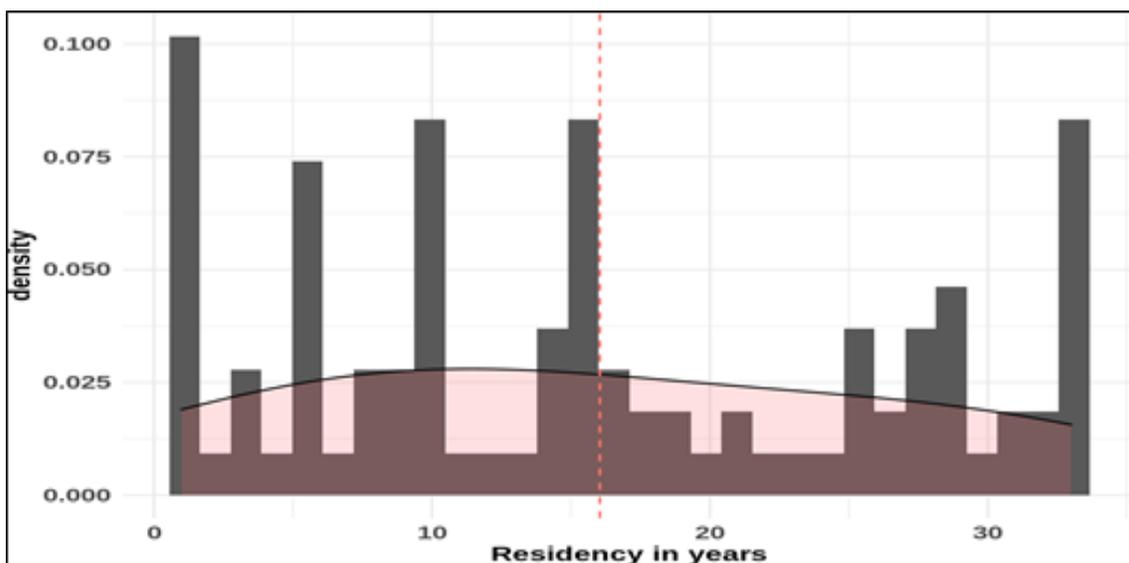


Figure 34 - Durée de résidence des répondants.

3.4.2. Perception de la biodiversité dans le marais de Bousedra

Les résultats de la première question concernant les valeurs de la biodiversité indiquent que la majorité des répondants considèrent la biodiversité comme une valeur esthétique écologique ou récréative, tandis que seulement moins de 10 % des répondants considèrent la biodiversité comme une valeur écologique ou d'héritage (**Figure 35**).

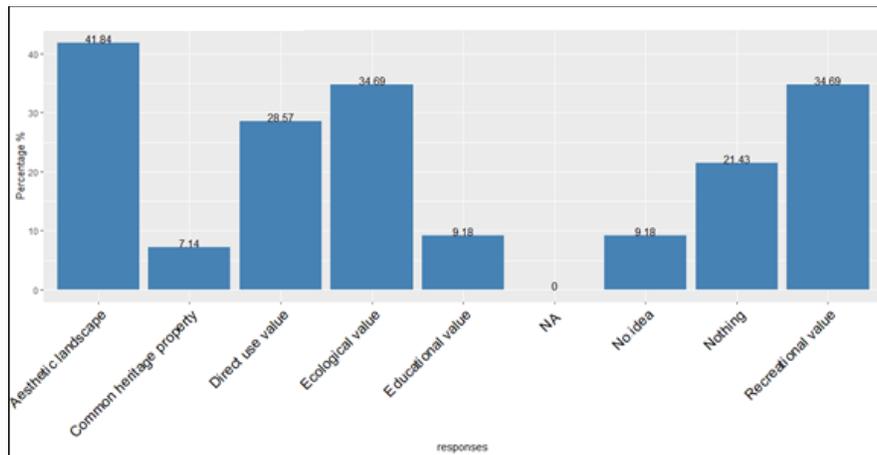


Figure 35 – La perception de la valeur de la biodiversité par les répondants.

Les réponses concernant l'observation de la faune indiquent que les oiseaux et les mammifères étaient la faune la plus observée avec respectivement 95% et 26% des réponses. Alors que les proportions d'observation d'invertébrés et de poissons ne dépassaient pas 6% (**Figure 36A**). Le groupe faunique le plus préféré était les oiseaux, sélectionnés par 91%, suivis par les poissons avec seulement 3% des personnes interrogées (**Figure 36B**).

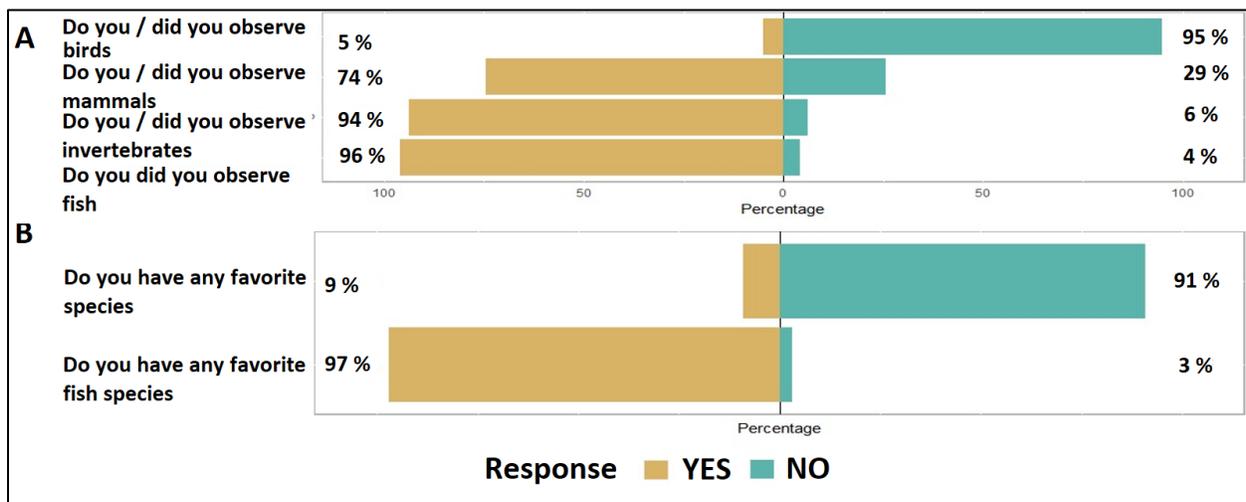


Figure 36 – Les réponses concernant l'observation (A) et la prédilection (B) pour les groupes d'animaux des zones humides.

En ce qui concerne la menace perçue sur les oiseaux d'eau, 65% affirment qu'une diminution de la richesse avifaunistique s'est produite, tandis que 10% la réfutent et 22% sont indifférents (**Figure 37A**). Parmi les répondants qui ont confirmé la diminution de la richesse en oiseaux d'eau, 43% considèrent qu'elle s'est produite depuis les (5-10) dernières années, suivis de 29% qui suggèrent qu'elle s'est produite au cours des 5 dernières années (**Figure 37B**).

De plus, 74% confirment que l'activité de chasse se pratique à Bousshedra suivis de 14% qui nient cela et 10% qui n'ont pas d'opinion (**Figure 37C**). La majorité des répondants 93% nient le fait d'avoir déjà pratiqué la chasse (**Figure 37D**).

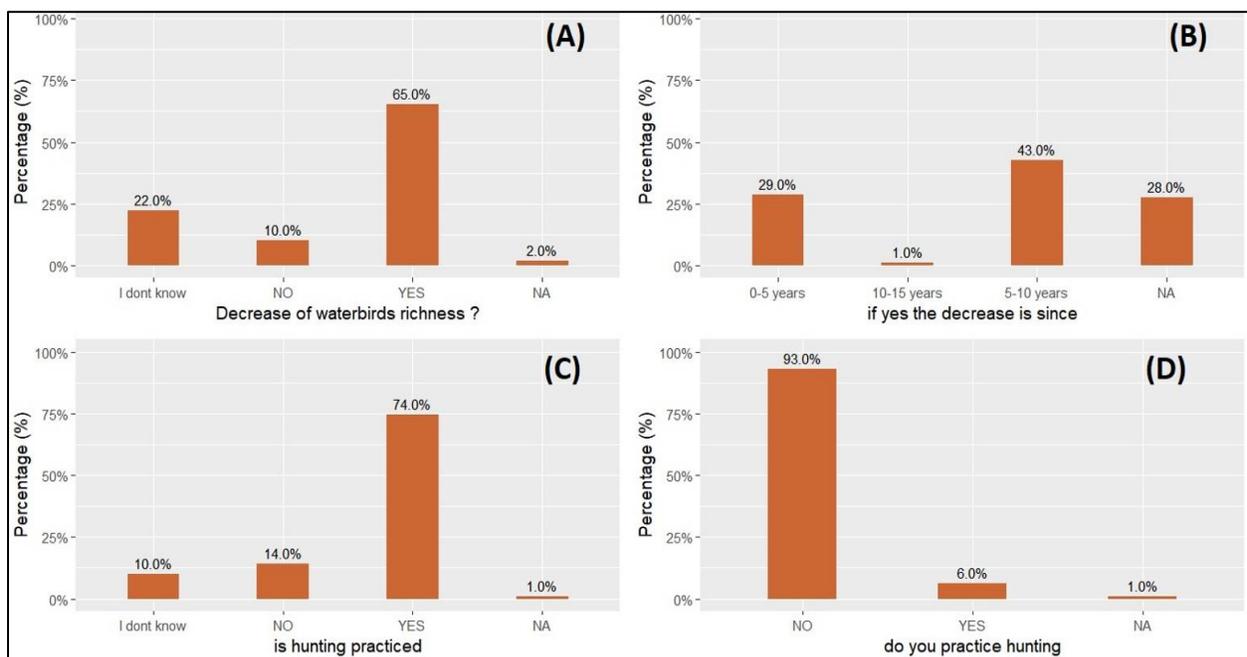


Figure 37 - Perception des résidents locaux envers la diminution des oiseaux d'eau et les pratiques de chasse.

3.4.2. La valeur du marais de Bousshedra

Les résultats de la perception des résidents locaux envers la valeur du marais de Bousshedra (**Figure 38**), montrent que les répondants 41.81 % des répondants ne perçoivent aucune valeur que le marais peut présenter dans leur voisinage, et 27.55 % entre eux sont indifférent. De plus, 18.37 % des répondants considèrent que Bousshedra présente une valeur fonctionnelle, alors que seulement environ 12 % des répondants aperçoivent comme un héritage à préserver.

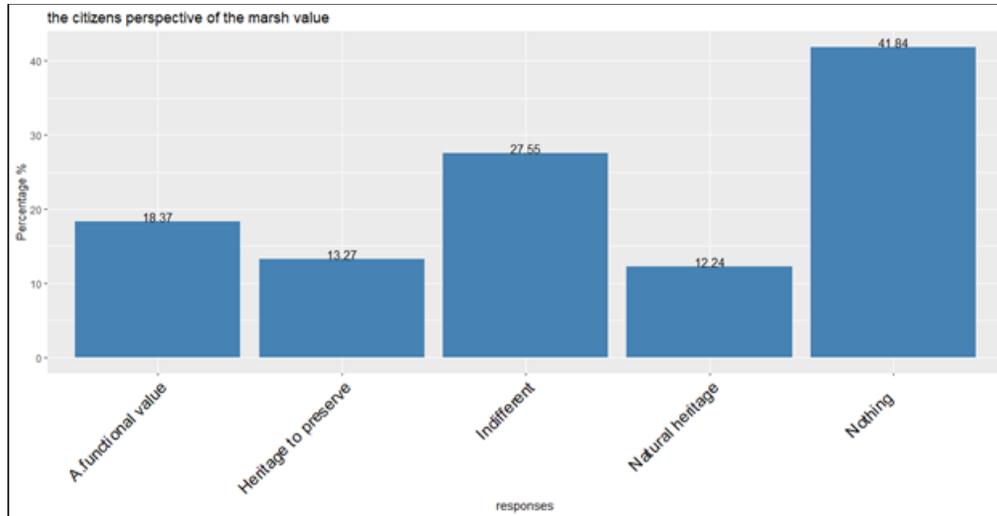


Figure 38 – les réponses des résidents locaux concernant la valeur que représente Boussedra.

Les résultats de la question (« Pensez-vous que l'existence de marais est bénéfique pour l'écosystème? ») ont obtenu des réponses négatives à 70% des répondants, ce qui indique que la plupart des répondants sont indiffèrent par rapport à l'existence du marais.

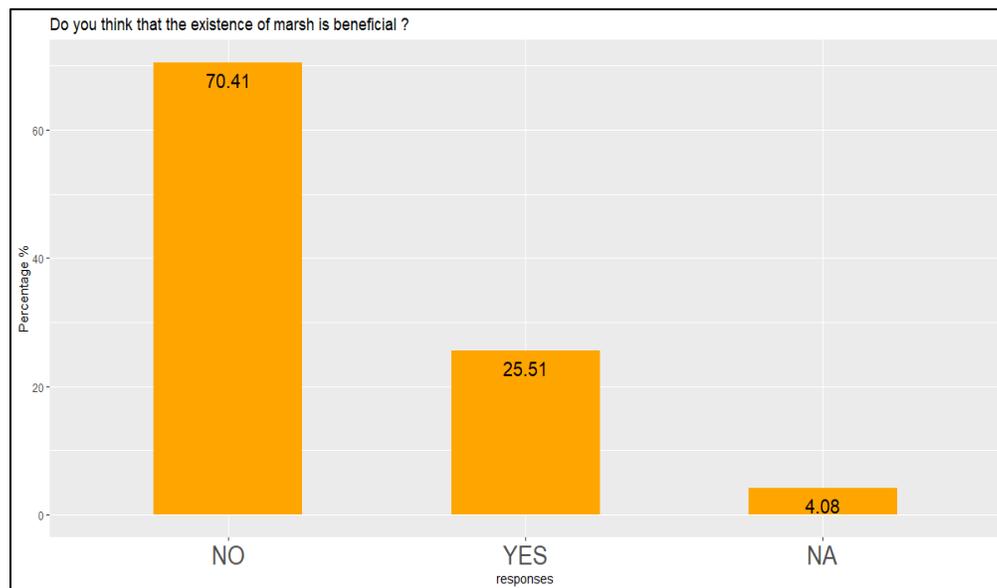


Figure 39 – « Répartition des réponses à « Pensez-vous que l'existence du marais est bénéfique pour l'écosystème ? ».

Les résultats de la question (« Pensez-vous que la végétation des marais peut être utilisée par les humains pour couvrir leurs besoins, comme le fourrage pour animaux, etc. ») ont reçu des réponses qui mentionnent que la végétation des marais ne fournit aucune utilité aux humains en 77.55 % des participants.

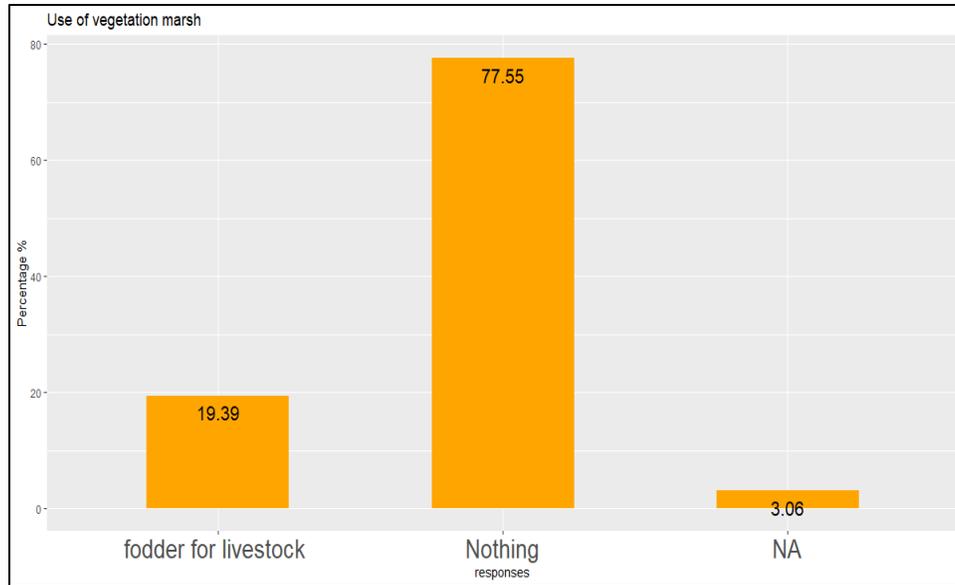


Figure 40 – Répartition des réponses à « Pensez-vous que la végétation des marais peut être utilisée par l'homme ? ».

Les résultats de la question (« Quelle est l'état du marais ») montrent que 45% des réponses se situent dans la catégorie « hautement dégradé », suivis par 33.67% pour la réponse « très dégradés ».

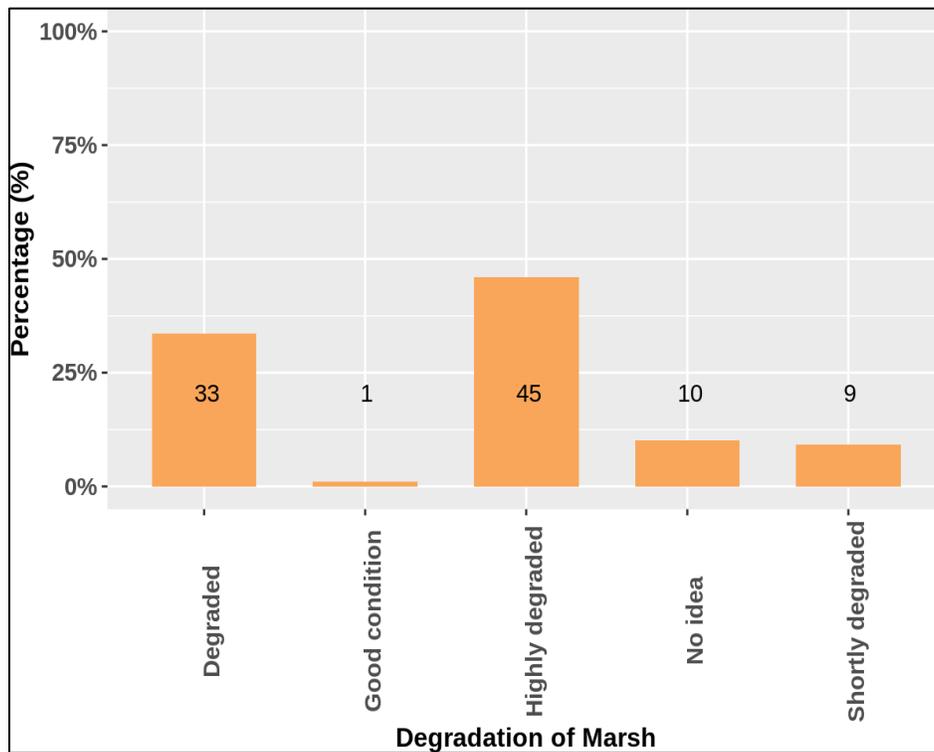


Figure 41 - Répartition des réponses à « Quelle est l'état du marais ? ».

Les résultats de la question (« Avez-vous remarqué un rétrécissement dans la taille du marais ? ») montre que 47.96 % des participants affirment qu'il y'a eu un rétrécissement relatif de la taille du marais suivis par 28.57 % qui suggèrent qu'une réduction drastique a eu lieu.

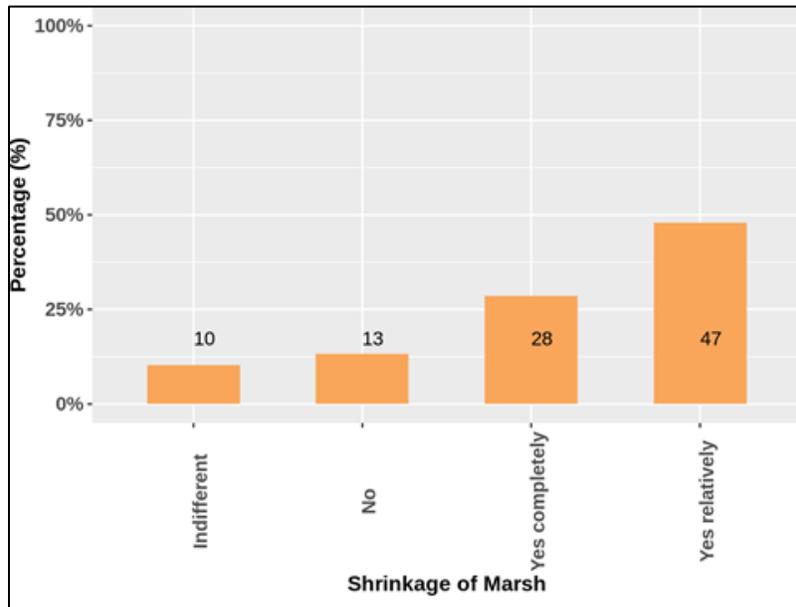


Figure 42 - Répartition des réponses à la question « Avez-vous remarqué un rétrécissement de la taille du marais ».

Selon la figure 46, plus de 50 % des répondants attribuent un biais de négativité (odeur nauséabonde ou source de moustique et de maladie) au marais de Bussedra, or seulement environ 15 % des répondants aperçoivent le marais comme une esthétique du paysage ou un réservoir de biodiversité.

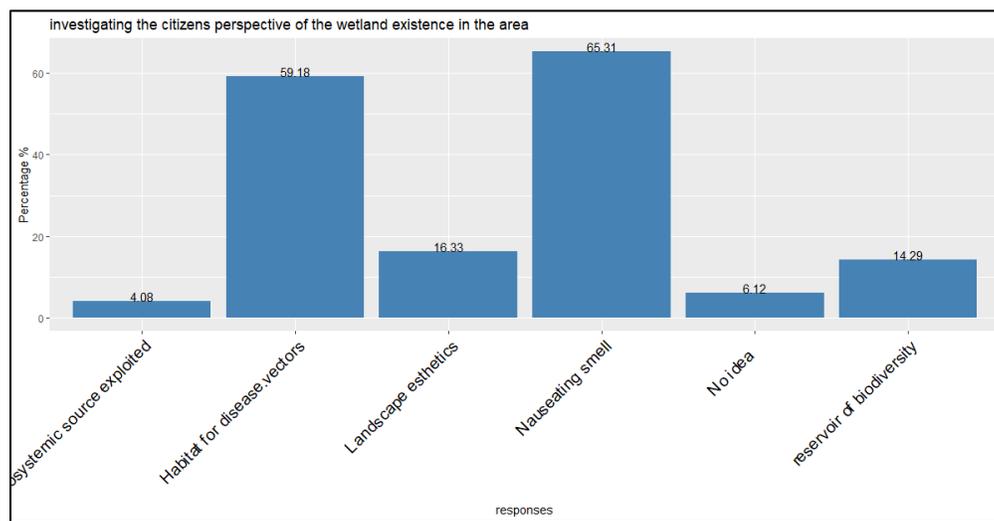


Figure 43 – La perception des résidents locaux envers le marais dans leur voisinage.

Les résultats de la question (« La zone humide a-t-elle besoin de mesures de protection et de conservation? ») Ont obtenu des réponses négatives de la part de 46% des répondants, en revanche seulement 33% ont répondu positivement en faveur de la nécessité de conservation du marais (Figure 44).

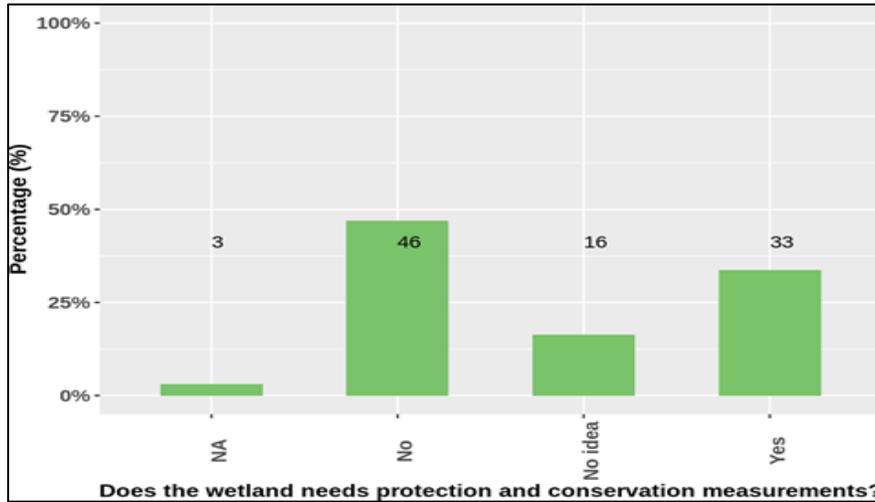


Figure 44 - Répartition des réponses à la question « La zone humide a-t-elle besoin de mesures de protection et de conservation ? ».

Les résultats de la huitième question (« Y'a-t-il une procédure favorable dont vous pensez que le marais a besoin? ») Ont révélé que selon les répondants l'option d'assèchement de la zone humide est une pratique favorable, cette réponse représente 43% de l'échantillon (Figure 45).

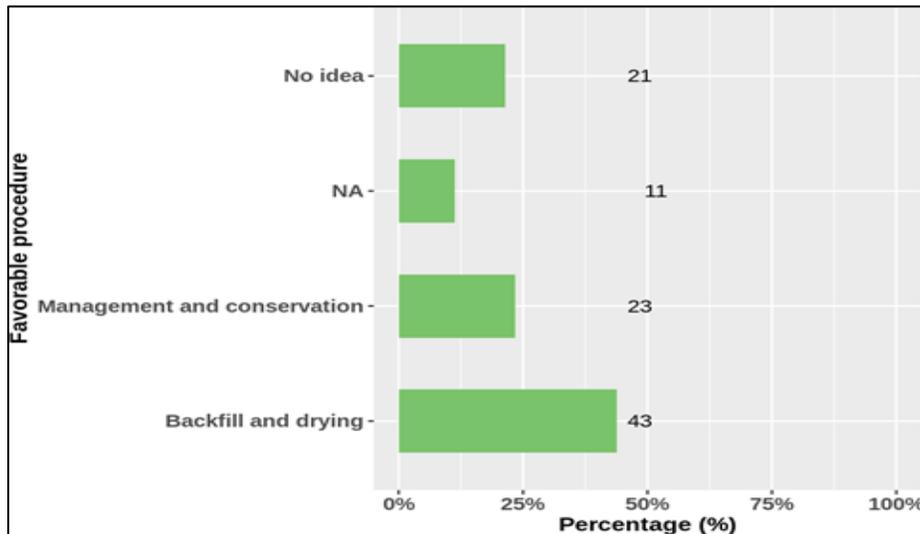


Figure 45 - Répartition des réponses à la question « Existe-t-il une procédure favorable dont vous pensez que la zone humide a besoin ? ».

Concernant la question (« Qui doit être responsable de la gestion de la zone humide? ») 28% des répondants que 28% ont répondu que c'est à l'état de prendre en charge la gestion du marais (**Figure 46**).

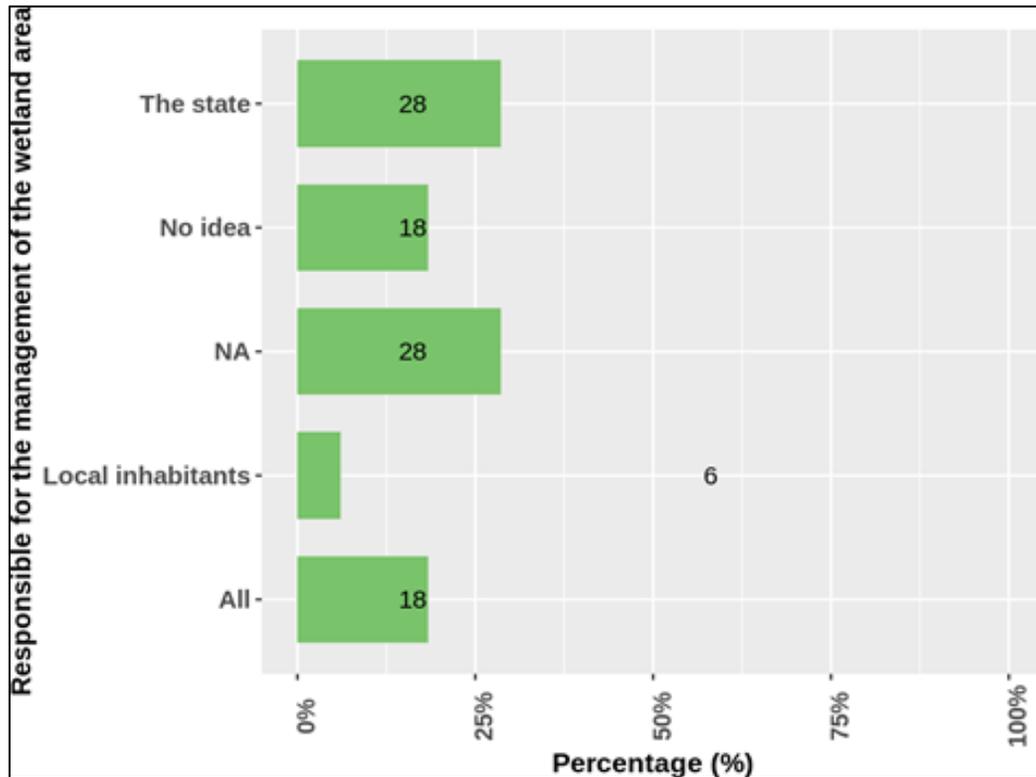


Figure 46 - Distribution des réponses à la question « Qui doit être responsable de la gestion de la zone humide ? ».

Les résultats du modèle linéaire généralisé binomial ont indiqué que les facteurs genre et éducation influencent significativement l'attitude de la valeur récréative alors que l'âge était marginalement significatif pour expliquer la réponse de valeur éducative (**Tableau 11**). Les mâles valorisaient davantage le potentiel récréatif de la biodiversité, tandis que le genre expliquait également de manière significative la réponse de (valeur directe) et il était marginalement associé à la réponse de valeur écologique.

De même, les mâles différaient des femelles en associant la biodiversité aux valeurs. De même, les hommes perçoivent positivement la dimension esthétique de la biodiversité. Aucun facteur explicatif n'a été associé à la réponse patrimoniale commune de la biodiversité.

Tableau 11, Estimations des paramètres des analyses du Modèle linéaire généralisé (binomiales) de la perception de la biodiversité par les résidents locaux.

Effect	Estimate	Std. Error	z value	P
<i>Biodiversity's recreational value</i>				
Intercept	-4.03	1.21	-3.33	0.0009
Genre_Male	1.55	0.67	2.3	0.021
Sans éducation formelle	1.41	1.56	0.9	0.368
Lycée	2.47	1.09	2.26	0.024
Collège	2.2	1.19	1.85	0.064
Université	4.05	1.28	3.16	0.002
Primaire	df = 4	X ² = 12.20		0.016
<i>Biodiversity's educational value</i>				
Intercept	0.32	1.26	0.26	0.8
Age	-0.08	0.04	-1.91	0.057
<i>Biodiversity's direct value</i>				
Intercept	-1.79	0.48	-3.71	0.0002
Genre_Male	1.24	0.55	2.25	0.024
<i>Biodiversity's ecological value</i>				
Intercept	-1.21	0.4	-3.02	0.0025
Genre_Male	0.86	0.48	1.81	0.07
<i>Biodiversity's aesthetic value</i>				
Intercept	-1.21	0.4	-3.02	0.003
Genre_Male	1.31	0.48	2.76	0.006
<i>Biodiversity's common heritage</i>				
Aucun effet				

Les résultats du modèle linéaire généralisé binomial ont indiqué que la valeur paysagère du marais de Bousseadra était positivement associée aux hommes et aux personnes plus âgées alors que sa perception de la valeur était positivement corrélée avec les hommes et l'éducation (**Tableau 12**). De plus, beaucoup plus de femmes que d'hommes ont trouvé l'odeur de la zone humide désagréable, tandis que l'association du marais avec les vecteurs de maladies était légèrement dépendante du genre. De plus, plus de femmes que d'hommes perçoivent le marais comme une nuisance. Par ailleurs, aucune Co-variable n'était significativement corrélée avec la réponse de la direction du marais.

Tableau 12, Estimations des paramètres des analyses du Modèle linéaire généralisé (binomiales) de la perception du marais de Bousedra par les résidents locaux.

Effect	Estimate	Std. Error	z value	P
<i>Bousedra Pond's landscape value</i>				
Intercept	-6.42	1.71	-3.75	1.79E-04
Genre_Male	3.18	1.16	2.75	0.006
Age	0.06	0.03	2.35	0.019
<i>Bousedra Pond's value</i>				
Intercept	-5.61	1.47	-3.83	1.30E-04
Genre_Male	3.2	1.04	3.07	0.002
Sans éducation formelle	2.65	1.73	1.53	0.127
Lycée	2.01	1.1	1.82	0.068
Collège	4.01	1.34	2.99	0.003
Université	0.74	1.51	0.49	0.621
Primaire	df = 4	X ² = 10.91		0.028
<i>Bousedra Pond's unpleasant smell</i>				
Intercept	1.79	0.48	3.71	0.0002
Genre_Male	-1.63	0.54	-3	0.0027
<i>Bousedra Pond as a habitat for disease vectors</i>				
Intercept	0.912	0.37	2.45	0.014
Genre_Male	-0.82	0.45	-1.82	0.069
<i>Management of Bousedra Pond</i>				
Aucun effet				



Chapitre IV : Discussion

4. Discussion

4.1. Le changement de l'habitat au niveau de la Numidie

Les zones humides méditerranéennes dans le contexte du changement climatique

La région méditerranéenne abrite une mosaïque de zones humides comprenant des lacs d'eau douce, des marais salants et des étangs temporaires, occupant jusqu'à 3 % de la superficie du bassin méditerranéen, où plus d'un tiers des espèces de vertébrés de la région dépendent de ces zones humides méditerranéennes (MWO 2018). Dans cette région, les zones humides classées Ramsar s'étendent sur une superficie de 9,351,039 ha avec un nombre de 396 sites (Balbo, Martinez-Fernández, and Esteve-Selma 2017). Le suivi de la couverture terrestre dans la région méditerranéenne a révélé qu'un changement notable dans la composition et la taille de plusieurs zones humides a eu lieu, affectant ainsi le fonctionnement et la richesse de ces écosystèmes (Cuttelod et al. 2008; Sánchez-Espinosa and Schröder 2019). À l'instar de la situation mondiale des zones humides (Finlayson and Davidson 1999), la région méditerranéenne a connu au cours des deux derniers siècles une conversion d'environ 50% de la taille initiale des zones humides (Perennou et al. 2012). Les zones humides méditerranéennes ont été directement affectées par une augmentation globale du changement d'affectation des terres, qui est principalement due à l'expansion de l'agriculture et de l'urbanisation provoquant ainsi une diminution des zones humides naturelles estimée à 2,9% (Leberger et al. 2020). De plus, les analyses diachroniques réalisées sur la période des trois dernières décennies ont montré une diminution constante de la taille des zones humides naturelles méditerranéennes -10% (Beltrame, Perennou, and Guelmami 2015)

Le changement de l'occupation du sol au niveau du nord est Algérien

Les zones humides de la région du Nord-Est Algérien (Numidie) subissent plusieurs pressions anthropiques qui mettent en péril leurs fonctionnement ainsi que la faune qu'elles abritent (Benslimane et al. 2019; Samraoui and Samraoui 2008; Talbi et al. 2021). Au niveau de la Numidie, les mares inter dunaires qui offrent un habitat aquatique à plusieurs espèces rares et endémiques, font face à un stress anthropique accru, constituant une menace sérieuse aux insectes aquatiques et leurs habitats (Benslimane et al. 2019). Ces dépressions dunaires humides sont menacées par le drainage, l'expansion des terres agricoles et l'urbanisation incontrôlée, où un changement concomitant des superficies de ces zones humides a entraîné une plus grande perte d'habitat (Benslimane et al. 2019).

De même, le lac des oiseaux qui est un site Ramsar d'une superficie de 120 hectares, est soumis à d'intenses pressions anthropiques telles que le pompage de l'eau, les rejets d'eaux usées urbaines (A. Toumi, A. Reggam, H. Alayat 2016), et l'expansion des terres agricoles et urbaines (Samraoui et al. 1992). Ceci nous permet de conclure que dans la région de Numidie, les zones humides les plus affectés sont celles qui sont de petite taille et sont exposées à une forte expansion agricole ou urbaine.

Le changement de l'occupation du sol au niveau du marais de Boussedra

L'analyse de l'occupation du sol est des indices de végétation au niveau du marais de Boussedra a montré une réduction assez significative de la couverture de la végétation aquatique submergée. le changement de la composition et la densité de la végétation aquatique est particulièrement dû au fluctuation du niveau d'eau (Brock, van der Velede, and van de Steeg 1987; Johnsgard 1956). La perte ou la dégradation de la végétation terrestre et aquatique a des répercussions énormes sur l'intégrité écologique des zones humides (Stewart et al. 2015), ainsi que sur la dynamique des oiseaux d'eau (Bancroft, Gawlik, and Rutchey 2002; Johnsgard 1956). Les héliophytes sont considérés comme un habitat majeur pour les oiseaux d'eau nicheurs (Sutherland and Maher 1987), ou plusieurs espèces nécessite une végétation aquatique dense et haute afin de garantir le succès de la reproduction (Baratia et al. 2011; Pearce-Higgins and Grant 2006; Talbi et al. 2021).

La végétation aquatique constitue un élément crucial dans le gagnage et la reproduction de plusieurs espèces d'avifaune aquatique (Ayaichia et al., 2017; Bancroft et al., 2002; Loucif et al., 2021). Cela confirme l'importance de la densité et de la hauteur de la végétation aquatique pour fournir de la nourriture (Fouzari et al. 2015), et la protection des nids face au prédateurs, améliorant ainsi le succès de la reproduction (DeLong, Crawford, and DeLong Jr 1995; Gandini, Frere, and Boersma 1999; Jedlikowski, Brzeziński, and Chibowski 2015; With and Webb 1993). La végétation terrestre autour des zones humides constitue aussi un habitat important pour les oiseaux d'eau, où à titre d'exemple les tamaris sont souvent utilisés par plusieurs espèces d'hérons pour se percher et se reproduire (Samraoui, Menai, and Samraoui 2007), tandis que l'aulne du lac Tonga héberge habituellement des nids de fuligule nyroca et de canard colvert (Fouzari et al. 2015; Fouzari, Samraoui, and Samraoui 2018).

Le marais de Bousedra présente un exemple typique de ces zones humides fragmenté, en raison de l'expansion urbain et de la mise en décharge incessante qui se sont avérées être les principaux moteurs de l'expansion des terres autour du marais (Figure 50). La fragmentation de l'habitat est un facteur qui s'avère nuisible à la biodiversité, provoquant le déclin des populations qui dépendent de ces écosystèmes (Saunders, Hobbs, and Margules 1999). Plusieurs études antérieures axées sur les zones humides méditerranéennes ont mis le point sur l'impact de la fragmentation et la dégradation de l'habitat sur les oiseaux nicheurs (Battisti et al. 2008; Paracuellos 2006; Talbi et al. 2021).



Figure 47 – Terrassement des déchets ménagers entassés.

Evolution de la température du sol

Les résultats de l'évolution de la température du sol entre (1984 à 2021) au niveau de Bousedra ont montré une augmentation assez significative de la température, qui est principalement due au changement climatique (Chi et al. 2020; Muro et al. 2018), mais aussi au changement de l'occupation du sol à l'intérieur et autour de la zone humide (Hussain and Karuppannan 2021; Pal and Ziaul 2016; Tan et al. 2020). Plusieurs recherches ont illustré une corrélation négative entre l'indice de végétation (NDVI) et la température du sol (Hussain and Karuppannan 2021; Muro et al. 2018), et une corrélation positive entre l'expansion urbaine et la température du sol (Kinga and József 2017). De plus, au niveau des zones humides des corrélations significatives ont été rapportés entre les caractéristiques de la température de du sol, et (l'indice de végétation et la teneur en humidité du sol), où la relation entre ces paramètres variait selon les différents types de couverture du sol (Chi et al. 2020).

Les facteurs environnementaux tels que le changement climatique, la variation de l'approvisionnement alimentaire, le changement de l'occupation du sol et la variation intra-annuelle de la température conditionne la phénologie de la migration des oiseaux d'eau (Si et al. 2015). Le changement de la température de la surface du sol peut affecter la migration et la reproduction des oiseaux aquatiques où les vagues de chaleur mesurées avec la température de la surface terrestre semble avoir un impact sur la richesse et l'abondance des espèces nichant au sol (Albright et al. 2011). Cependant, d'autres études basées sur des données empiriques sur la migration ainsi que la reproduction de l'avifaune devraient être menées afin de valider la relation entre la variation de la température de surface du sol et le changement de la phénologie d'hivernage et de reproduction (Si et al. 2015).

4.2. Biodiversité et assemblages de macroinvertébrés benthiques de Bousedra

Diversité des macroinvertébrés benthiques

Les résultats de l'abondance relative des macroinvertébrés corroborent celles de Mackintosh, Davis, and Thompson, (2015) et Wolf, (1996), mentionnant que les chironomidae et les corixidae sont les familles plus dominants dans les zones humides urbaines, où l'enrichissement en nutriments favorise la dominance de ces taxons qui s'adaptent au forte concentration en matière organique (Carew et al. 2007; Pankratz et al. 2007). De plus, certaines espèces de Chironomidae et de Culicidae comme *Chironomus*, ont la capacité de survivre dans des conditions de carence extrême en oxygène dissous (Shobanov 2001).

L'influence de la végétation aquatique sur la distribution des macroinvertébrés

Les stations présentant une couverture de la végétation aquatique (macrophytes) abrite une diversité faunistique assez élevé par rapport aux stations sans végétation aquatique (Hassall, Hollinshead, and Hull 2011; Shobanov 2001). Par ailleurs, il a été souligné que la distribution des macroinvertébrés benthiques est principalement associée à plusieurs facteur dont la profondeur, le changement de l'occupation du sol (Battes et al. 2019), ainsi qu'au type et à l'assemblage des macrophytes (Papas 2007) et des halophyte aquatiques (Jayawardana et al. 2006; Khudhair et al. 2019). D'après les résultats de l'analyse multivariée, le groupe de la station 4 associé au *phragmites australis*, est caractérisée par des taxons plus ou moins sensible, contrairement aux autres stations associés au *Typha angustifolia*, *Juncus maritimus*, *Scirpus maritimus* qui sont caractérisées par des taxons adaptés à un large éventail de conditions environnementales comme les Chironomidae et les Corixidae.

Les résultats obtenues confirment ceux de Redha and Al-Zurfi. (2021) et Van De Meutter et al, (2005), mentionnant que la station (*Phragmites australis*) est la plus riche en terme de diversité comparé aux autres végétation aquatique. Ce qui montre l'importance du *Phragmites australis* comme un habitat précieux pour divers macroinvertébrés benthiques (Angradi, Hagan, and Able 2001; Jayawardana et al. 2006). Cette diversité est particulièrement en raison de la capacité de cette halophyte à fournir des caractéristiques physiques et des ressources alimentaires convenables au invertébrés (Cutts 2000; Jayawardana et al. 2006), mais aussi au rôle que joue cet halophyte comme phyto-épurations (Dubey and Sahu 2014). Cependant, plusieurs études basées sur les relations entre le *phragmite australis* et l'assemblage des macroinvertébrés devraient être menées sur un grand échelle afin de confirmer l'effet de cette végétation aquatique sur la diversité des macroinvertébrés benthiques.

Répartition des oiseaux d'eau par rapport aux macroinvertébrés benthiques

L'étude de la distribution des macroinvertébrés comme ressources trophiques pour les oiseaux d'eau constitue un atout qui sert à évaluer l'état écologique d'une zone humide (Rouibi et al. 2021). La richesse et l'abondance assez faibles des Ardéidés s'expliquent par la carence en termes de mollusques, poisson et d'amphibiens, qui constituent une ressource trophique cruciale pour cette guildes (Ashoori, Naderi, and Barati 2012; Goutner 2005; Rouibi et al. 2021). En contrepartie, la dominance des chironomidés offre un milieu de fourrage propice pour plusieurs espèces d'anatidés (Armengol et al. 2008; Winfield and Winfield 1994).

4.3. La dynamique de l'avifaune aquatique du marais de Bousseadra

Les réponses des oiseaux d'eau face aux changements environnementaux et aux pressions anthropiques rendent ces espèces utiles comme bio-indicateurs afin d'évaluer l'état écologique des zones humides (Amat and Green 2010; Green and Elmberg 2014). La dynamique des oiseaux d'eau nicheuses de Bousseadra a montré une tendance négative pour plusieurs oiseaux d'eau comme la poule d'eau *Gallinula chloropus* (Talbi et al. 2021), le Blongios nain *Ixobrychus minutus*, le busard des roseaux *Circus aeruginosus*, l'ibis falcinelle qui sont des espèces qui se reproduisent régulièrement dans le marais de Bousseadra (Nedjah et al. 2019; F. Samraoui et al. 2012), mais que le nombre des couples nicheurs a drastiquement baissé ou qu'ils se sont éteints du marais. Une espèce comme le Blongios nain est connue pour être vulnérable à tout changement dans son habitat préféré qui est le roseaux commun (Benassi et al. 2009; Delelis and Boin 2006).

Par conséquent, une perte de l'habitat de cette espèce à cause de l'empiètement humain semble avoir poussé cette espèce vers le déclin. La fragmentation et la perte d'habitat affectent en particulier les espèces spécialistes et sensibles et qui nécessitent un habitat spécifique pour la nidification et la nourriture, telles que les espèces de roselières comme le Blongios nain et le butor étoilé *Botaurus stellaris* (Benassi et al. 2009; Benassi, Battisti, and Luiselli 2007; Paracuellos 2006). Contrairement à ça, les espèces généralistes sont plus tolérantes aux perturbations humaines, et aux changements de l'habitat ainsi qu'à l'urbanisation (Brambilla et al. 2020).

Le faible nombre de couples nicheurs enregistrés à Boussedra s'explique par le fait que la reproduction des oiseaux d'eau est liée à plusieurs facteurs incluant la perte d'habitat, le changement du niveau d'eau (Bancroft et al. 2002; Talbi et al. 2021), et les perturbations humaines (Carney and Sydeman 1999; Onmuş and Siki 2013), comme la chasse illégale et le pillage des œufs. Contrairement à la population nicheuse, la dynamique des oiseaux d'eau hivernants incluant les anatidés était relativement stable et ne semblait pas être affecté. Ceci est particulièrement due à la disponibilité des chironomidés qui présente une tolérance au milieu à forte eutrophisation (Mackintosh et al. 2015), et qui constituent une ressource trophique cruciale pour les anatidés comme l'érismaure à tête blanche, ou le canard colvert (Atiénzar et al. 2012; Green et al. 1999; Sanchez, Green, and Carles Dolz 2000).

Malgré sa petite taille et les pressions anthropiques qu'il encoure, le marais Boussedra fournit encore un habitat important pour les oiseaux d'eau en abritant une diversité qui dépasse la moitié de ceux inventoriés dans les zones humides de grande taille et avec une multitude de microhabitats, comme le lac Tonga (Elafri, Halassi, and Houhamdi 2016), Lac des Oiseaux (Houhamdi and Samraoui 2002) et Mekhada (Telailia et al. 2017). Boussedra est considéré comme l'un des sites de reproduction les plus importants des zones humides algériennes (Samraoui and Samraoui 2008), en hébergeant (11 espèces nicheuses) dont plusieurs espèces menacés ou en voie de disparition telles que l'érismaure à tête blanche (Meziane, Samraoui, and Samraoui 2014) et fuligule nyroca. L'assemblage spatio-temporel des oiseaux d'eau est caractérisé par un modèle de variation saisonnière exprimé par une fluctuation des indices de diversité.

De septembre à novembre, l'augmentation des indices de Shannon et de régularité coïncide avec la période postnuptiale qui est marquée par l'arrivée des premiers oiseaux aquatiques hivernants, principalement composés d'espèces d'Anatidae comme la sarcelle d'hiver *Anas crecca*,

le canard pilet *Anas acuta*, le canard siffleur *Anas penelope*, et le goéland leucophée *Larus michahellis*, annonçant ainsi le début de la période d'hivernage (Houhamdi et Samraoui 2002). En revanche, la diminution des indices de diversité enregistrée de janvier à mars s'explique par le fait que le marais devient complètement dominé par trois espèces hivernantes représentées par deux espèces d'Anatidae l'éris mature à tête blanche (320 individus), le canard souchet (315 individus) et la mouette rieuse. De plus, à partir d'avril, les populations hivernantes quittent le site pour retourner dans leurs aires de reproduction, et jusqu'au mois d'août, le marais n'est occupé que par des oiseaux aquatiques sédentaires comme le Grèbe huppé *Podiceps cristatus*, l'échasse blanche *Himantopus himantopus*, le canard colvert *Anas platyrhynchos*, le héron garde-boeufs *Bubulcus ibis*, la foulque macroule *Fulica atra*, la poule d'eau.

Les résultats ont montré que même Bousedra, qui est un petit marais isolé et entouré de zones urbaines, peut fournir un important habitat de reproduction et d'hivernage à de nombreux oiseaux aquatiques. Malheureusement, ce marais non protégé est menacé par des pressions anthropiques croissantes qui affectent les oiseaux d'eau et leur habitat où un déclin local de la richesse en espèces et une diminution marquée de l'abondance de plusieurs espèces ont été signalés dans cette étude.

Les petites zones humides isolées jouent un rôle important dans la conservation des écosystèmes et constituent également un habitat important pour une variété d'espèces d'oiseaux d'eau (McKinney, Raposa, and Cournoyer 2011; Scheffer et al. 2006), en particulier pour les espèces généralistes (Ma et al. 2010; Paracuellos 2006; Smith and Chow-Fraser 2010), qui ont la capacité de coloniser une multitude d'habitats de zones humides (Brambilla et al. 2020). Par conséquent, en termes de priorités de gestion, les petites zones humides isolées méritent donc d'avoir le même intérêt de conservation que les zones humides naturelles, plus grandes et moins isolées (Gibbs 1993; Malavasi, Battisti, and Carpaneto 2009; Semlitsch and Bodie 1998).

Cependant, leur conservation dans les paysages urbains nécessite une approche coordonnée visant des mesures de gestion efficaces qui prennent en compte l'attitude et la participation active des parties prenantes afin d'intégrer la conservation de l'environnement et le contexte social (Hage, Leroy, and Petersen 2010).

4.4. La perception des résidents locaux

La perception des valeurs de la biodiversité et des zones humides

La perception des populations ainsi que leur appréciation des valeurs et des services de la biodiversité sont des éléments cruciaux pour la gestion de la biodiversité en milieu urbain (Voigt and Wurster 2015). Les préférences sociales envers les valeurs de la biodiversité sont influencées par plusieurs caractéristiques sociales et culturelles comme la durée de l'habitat (Bidegain et al. 2019), le genre (Kaltenborn et al. 2006), l'éducation (Pearson and Degotardi 2009). De plus, il a été souligné que la gestion efficace de la biodiversité dans les zones urbaines nécessite une combinaison entre les domaines sociales, naturelles et culturelles (Laurila-pant et al. 2015; Williams and Cary 2002). Les résultats de notre enquête confirment le fait que la conservation de la biodiversité dépend étroitement des valeurs sociales qui lui sont attachées (Harrison et al. 2014). Par conséquent, le succès des efforts de conservation s'appuie principalement sur une bonne compréhension des perceptions locales.

Les caractéristiques socio-démographique et la perception des résidents locaux

La majorité des personnes interrogées avaient un diplôme d'études secondaires, mais quels que soient leur âge et leur niveau d'éducation, les participants semblent incapables de réaliser le rôle et les avantages de la biodiversité. Bien que les zones urbaines offrent une opportunité d'enseigner les processus environnementaux et la conservation, les réponses révèlent un manque général de compréhension des services écosystémiques. Le fait que les résidents locaux considéraient Boussedra comme un réceptacle qui émettait des odeurs désagréables et un habitat pour les maladies à transmission vectorielle, indique leurs incapacités à voir une quelconque valeur dans la biodiversité. Cette incapacité est accompagnée avec une méfiance et une certaine anxiété (Barber et al. 2014). De plus, les résidents locaux ne considèrent pas la gestion est nécessaire, et beaucoup ont recommandé avec enthousiasme le remblayage et l'assèchement de la zone humide. À mesure que les villes se développent, la demande de terres augmente et les zones humides sont fréquemment drainées, remblayées et construites (Mohan et al. 2011).

Nos résultats révèlent que la majorité des femmes questionnées n'avaient aucune éducation formelle. Cela peut poser un problème car dans la culture maghrébine, le rôle de l'éducation des enfants est largement attribué aux femmes (Benali 2005). Il est cependant probable que les initiatives de conservation de la biodiversité dans une région qui négligent les différences fondées sur le genre et la pluralité des communautés est souvent vouées à l'échec.

L'observation et la prédilection de la faune

Les résultats concernant l'observation et la prédilection de la faune corroborent celles de Arias-García et al, (2016), indiquant que les oiseaux sont le groupe de faune le plus observé, et le plus favorisé dans le paysage de zones humides. La prépondérance des réponses d'observation et de prédilection des oiseaux par rapport aux autres groupes d'animaux s'explique par la grande diversité avifaunistique que les zones humides peuvent abriter, ainsi que par l'importante valeur sociale et culturelle que les oiseaux représentent en tant que faune caractéristique des zones humides (Arias-García et al. 2016; Green and Elmberg 2013). La préférence d'un animal est influencée par plusieurs facteurs tels que la valeur esthétique, l'utilité, la taille et la menace, par conséquent les gens ont tendance à préférer les animaux esthétiquement attrayants tels que les oiseaux (Czech, Krausman, and Borkhataria 1998; Nassauer 2004; Schlegel and Rupf 2010), contrairement aux invertébrés qui sont perçus négativement et associés aux dommages et aux maladies (Kellert 1993). Par conséquent, les préférences du public pour l'avifaune parmi d'autres groupes fauniques peuvent soutenir les efforts de conservation, où la sauvagine peut être utilisée comme espèce-phare (Koper and Schmiegelow 2006). De plus, réduire les perceptions négatives envers les invertébrés tels que les insectes passe par la mise en œuvre d'une campagne d'éducation environnementale qui sensibilise les résidents sur le rôle écologique de ces groupes d'animaux (Hosaka, Sugimoto, and Numata 2017; Leandro and Jay-Robert 2019).

L'importance de l'éducation environnementale

D'après Chawla & Heft, (2002), les enfants ont besoin d'une vraie expérience de première main avec la faune pour qu'il deviennent passionnés de la biodiversité et de sa protection. Chawla & Heft, (2002) indique aussi que les parents ont un rôle important dans l'inculcation d'attitudes et de comportements positifs envers la biodiversité. Une éducation environnementale à jeune âge améliorerait la durabilité environnementale et réduirait les risques environnementaux (Edsand and Broich 2020).

De plus, l'engagement de l'enfant peut améliorer leurs comportements environnementaux et leurs attitudes envers la biodiversité (Swanwick 2009; Wells and Lekies 2006). Par conséquent, l'UNESCO recommande que l'éducation environnementale doit être un programme de base dans les écoles afin que les enfants soient avisés dès leur plus jeune âge sur les échéances de la durabilité et de la lutte contre les changements globaux (Boyd 2018; Pearson and Degotardi 2009). Le fait

d'impliquer les gens comme partie prenante dans les programmes de conservation a été un défi difficile pour les spécialistes des sciences sociales, or l'importance de réaliser des campagnes d'éducation sur les populations humaines afin d'améliorer la conservation de la biodiversité a été soulignée dans plusieurs études précédentes (McKinney 2002).

La Biodiversité et le bien-être humain

Bien que les interactions homme-faune soient souvent limitées aux conflits homme-faune (Soulsbury and White 2015), il est de plus en plus évident que la biodiversité apporte également des avantages psychologiques, améliorant ainsi la santé humaine (Fuller et al. 2007; Methorst et al. 2020). De plus, les services écosystémiques et la biodiversité peuvent influencer le bien-être humain (Clarkson, Ausseil, and Gerbeaux 2013; Díaz et al. 2006; Millennium Ecosystem Assessment 2005), où il a été souligné que la richesse en espèces des oiseaux et le bien-être humain étaient positivement liés (Dallimer et al. 2012; Luck et al. 2011; Shwartz et al. 2014). Pourtant, l'acquisition d'avantages est un élément essentiel pour la conservation, où un déclin de la faune a été noté dans des zones où les avantages ne s'accumulent pas pour la communauté locale (Norton-Griffiths 1998).

Les pratiques de chasse et la gestion des zones humides

Les réponses concernant la diminution de la richesse en espèces d'oiseaux mettent en évidence le fait que les répondants connaissent la situation de l'avifaune de leur quartier. La majorité des répondants confirment que la chasse à la sauvagine est souvent pratiquée à Boussedra tout en mentionnant de ne pas l'exercer. Malgré les lois existantes, le braconnage des oiseaux aquatiques et la récolte des œufs restent pratiqués dans les zones humides algériennes (Samraoui, Alfarhan, and Samraoui 2013), ceci dans des zones non protégées comme le marais de Mekhada (Coulthard 2001) ou Boussedra (Observation personnelle), mais aussi dans des zones protégées comme le lac Tonga (Ayaichia et al. 2017), qui est un site Ramsar.

Ces pratiques illégaux et les conséquences qui peuvent avoir sur la dynamique des oiseaux d'eau mettent en évidence la faible application de la loi existante (Fouzari et al. 2015; Meziane et al. 2014). En plus de l'application de la loi et des restrictions de chasse, une approche holistique comprenant la sensibilisation et la participation est nécessaire, afin à la fois d'améliorer les perceptions de la faune et de réduire les activités de braconnage (Epanda et al. 2019).

En termes de priorités de gestion, les petites zones humides isolées méritent ainsi d'avoir le même intérêt de conservation que les zones humides plus grandes et moins isolées (Malavasi et al. 2009). Cependant, leur conservation dans les paysages urbains nécessite une approche coordonnée visant à des mesures de gestion efficaces qui prennent en compte l'attitude et la participation active des parties prenantes afin d'intégrer la conservation environnementale et le contexte social (Hage et al. 2010). La mise en œuvre de la conservation de la faune est souvent confrontée à des problèmes socio-économiques qui impliquent l'amélioration à la fois des moyens de subsistance et les perceptions des populations locales (Persha et al. 2010).

Cette étude offre des informations sur les obstacles qui entravent la protection des habitats nord-africains dans un contexte de dégradation en cours, et aidera les décideurs à élaborer des stratégies ciblées qui garantissent des moyens de subsistance sûrs tout en adhérant aux principes de conservation. La conservation des zones humides urbaines ne peut être une mission purement environnementale, tout en excluant les aspects socio-économiques des communautés locales. Une conservation efficace doit être basée sur le soutien du public grâce à des mesures synergiques qui englobent la politique environnementale, la gestion intégrée et les programmes de sensibilisation et d'éducation. De plus, il est aussi nécessaire d'éliminer les inégalités et de garantir des moyens de subsistance durables en harmonie avec les préceptes de conservation, où la réduction de la pauvreté et l'amélioration du bien-être des ménages des résidents locaux constituent une vraie solution pour une meilleure conservation de la biodiversité.

En conclusion, la conservation et la gestion des zones humides urbaines doit intégrer une approche interdisciplinaire impliquant des aspects politiques, socio-économiques et écologiques, visant à atteindre une durabilité environnementale et sociale.

Références bibliographiques

A

- A. Toumi, A. Reggam, H. Alayat, M. Houhamdi. 2016. “Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux de l'écosystème Lacustre : Cas Du Lac Des Oiseaux (Extrême NE- Algérien).” *J. Mater. Environ. Sci.* 7(1).
- Albright, Thomas P., Anna M. Pidgeon, Chadwick D. Rittenhouse, Murray K. Clayton, Curtis H. Flather, Patrick D. Culbert, and Volker C. Radeloff. 2011. “Heat Waves Measured with MODIS Land Surface Temperature Data Predict Changes in Avian Community Structure.” *Remote Sensing of Environment* 115(1):245–54.
- Aliat, Toufik, Mohammed Kaabeche, Hana Khomri, Lilya Nouri, Souad Neffar, and Haroun Chenchouni. 2016. “A Pedological Characterisation of Some Inland Wetlands and Ramsar Sites in Algeria.” *Land Degradation & Development* 27(3):693–705.
- Allem, Mohcene, Tarek Hamel, Chahrazed Tahraoui, and Amir Boulemtafes. 2017. “Diversité Floristique Des Mares Temporaires de La Région d ' Annaba (Nord-Est Algérien).” *International Journal of Environmental Studies* (December):1–20.
- Amat, JA, and AJ Green. 2010. “Waterbirds as Bioindicators of Environmental Conditions.” Pp. 45–52 in *Conservation Monitoring in Freshwater Habitats: A Practical Guide and Case Studies*, edited by C. Hurford, M. Schneider, and I. Cowx. Springer, Dordrecht.
- Angradi, Ted R., Stacy M. Hagan, and Kenneth W. Able. 2001. “Vegetation Type and the Intertidal Macroinvertebrate Fauna of Brackish Marsh: Phragmites vs. Spartina.” *Wetlands* 21(1):75–92.
- Arias-García, Jonatan, José L. Serrano-Montes, and José Gómez-Zotano. 2016. “Fauna in Wetland Landscapes: A Perception Approach.” *Landscape Research* 41(5):510–23.
- Armengol, X., M. Antón-Pardo, F. Atiénzar, J. L. Echevarrias, and E. Barba. 2008. “Limnological Variables Relevant to the Presence of the Endangered White-Headed Duck in Southeastern Spanish Wetlands during a Dry Period.” *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54(1):45–60.
- Ashoori, Abbas, Saeid Naderi, and Ahmad Barati. 2012. “Nestling Diet of the Grey Heron, *Ardea Cinerea*, in Siahkeshim, Northern Iran (Aves: Ardeidae).” *Zoology in the Middle East* 57(1):139–

42.

- Atiénzar, Francisco, Maria Antón-Pardo, Xavier Armengol, and Emilio Barba. 2012. “Distribution of the White-Headed Duck *Oxyura Leucocephala* Is Affected by Environmental Factors in a Mediterranean Wetland.” *Zoological Studies* 51(6):783–92.
- Ayaichia, Fethi, Farrah Samraoui, Nasser Baaziz, Nedjwa Meziane, and Boudjéma Samraoui. 2017. “Sitting Ducks: Diet of Wintering Wildfowl in Lake Tonga, Northeast Algeria.” *Wetlands Ecology and Management* 26(2):231–43.

B

- Balbo, Andrea L., Julia Martinez-Fernández, and Miguel-Angel Esteve-Selma. 2017. “Mediterranean Wetlands: Archaeology, Ecology, and Sustainability.” *WIREs Water* 4(6):1–16.
- Bancroft, G. Thomas, Dale E. Gawlik, and Ken Rutchey. 2002. “Distribution of Wading Birds Relative to Vegetation and Water Depths in the Northern Everglades of Florida, USA.” *Journal of the Waterbird Society* 25(3):265–77.
- Baratia, Ahmad, Farhad Ataeib, Bahman Shams Esfandabadi, Naghi Shabaniand, and Farzaneh Etezadifare. 2011. “Variations in Nest-Site Parameters in Breeding Waterbirds at Lake Zarivar, Western Iran.” *Avian Biology Research* 4(2):87–92.
- Barber, Paul H., Ma Carmen A. Ablan-Lagman, Roberto G. S. Berlinck, Dita Cahyani, Eric D. Crandall, Rachel Ravago-Gotanco, Marie Antonette Juinio-Meñez, I. G. Mahardika, Kartik Shanker, and Craig J. Starger. 2014. “Advancing Biodiversity Research in Developing Countries: The Need for Changing Paradigms.” *Bulletin of Marine Science* 90(1):187–210.
- Battes, Karina Paula, Mirela Cimpean, Laura Momeu, Anca Mihaela ŞUTEU, Giulia Pauliuc, Alexandru Nicolae Stermin, and Alin David. 2019. “Species-Area Relationships for Aquatic Biota in Several Shallow Lakes from the Fizeş Valley (Transylvania, Romania).” *North-Western Journal of Zoology* 15(2).
- Battisti, Corrado, Luca Luiselli, Daniele Pantano, and Corrado Teofili. 2008. “On Threats Analysis Approach Applied to a Mediterranean Remnant Wetland: Is the Assessment of Human-Induced Threats Related to Different Level of Expertise of Respondents?” *Biodiversity and Conservation* 17(6):1529–42.
- Batzer, Darold, and Dani Boix. 2016. *Invertebrates in Freshwater Wetlands*.
- de Belair, Gérard, and Boudjema Samraoui. 1994. “Death of a Lake: Lac Noir in Northeastern

- Algeria.” *Environmental Conservation* 21(2):169–72.
- Beltrame, Coralie, Christian Perennou, and Anis Guelmami. 2015. “Évolution de l’occupation Du Sol Dans Les Zones Humides Littorales Du Bassin Méditerranéen de 1975 à 2005.” *Méditerranée. Revue Géographique Des Pays Méditerranéens/Journal of Mediterranean Geography* (125):97–111.
- Benali, Radjia. 2005. “Education Familiale En Algérie Entre Tradition et Modernité.” *Insaniyat/إنسانيات. Revue Algérienne d’anthropologie et de Sciences Sociales* (29–30):21–33.
- Benassi, G., C. Battisti, and L. Luiselli. 2007. “Area Effect on Bird Species Richness of an Archipelago of Wetland Fragments in Central Italy.” *Community Ecology* 8(2):229–37.
- Benassi, Giulia, Corrado Battisti, Luca Luiselli, and Luigi Boitani. 2009. “Area-Sensitivity of Three Reed Bed Bird Species Breeding in Mediterranean Marshland Fragments.” *Wetlands Ecology and Management* 17(5):555–64.
- Benslimane, Nouara, Khémis Chakri, Dalal Haiahem, Anis Guelmami, Farrah Samraoui, and Boudjéma Samraoui. 2019. “Anthropogenic Stressors Are Driving a Steep Decline of Hemipteran Diversity in Dune Ponds in North-Eastern Algeria.” *Journal of Insect Conservation* 23(3):475–88.
- Bidegain, Iñigo, Claudia Cerda, Emilia Catalán, Antonio Tironi, and César López-Santiago. 2019. “Social Preferences for Ecosystem Services in a Biodiversity Hotspot in South America.” *PLoS One* 14(4):e0215715.
- Blondel, J. 1975. “L’analyse Des Peuplements d’oiseaux, Éléments d’un Diagnostic Écologique I. La Méthode Des Échantillonnages Fréquentiels Progressifs (EFP).” *La Terre et La Vie* 29:533–89.
- Boudiaf, Bisma, Ismail Dabanli, Hamouda Boutaghane, and Zekai Şen. 2020. “Temperature and Precipitation Risk Assessment under Climate Change Effect in Northeast Algeria.” *Earth Systems and Environment* 1–14.
- Bouldjedri, Mohammed, Gérard De Bélair, Boualem Mayache, and Serge D. Muller. 2011. “Threats to and Conservation of North African Wetlands: The Case of the Ramsar Site of Beni-Belaid (NE Algeria).” *Comptes Rendus - Biologies* 334(10):757–72.
- Boyd, Diane. 2018. “Early Childhood Education for Sustainability and the Legacies of Two Pioneering Giants.” *Early Years* 38(2):227–39.
- Brambilla, Mattia, Franco Rizzolli, Alessandro Franzoi, Michele Caldonazzi, Sandro Zanghellini, and Paolo Pedrini. 2020. “A Network of Small Protected Areas Favoured Generalist but Not

- Specialized Wetland Birds in a 30-Year Period.” *Biological Conservation* 248(May):1–6.
- Brinson, Mark M. 2011. “Classification of Wetlands.” Pp. 95–113 in *Wetlands*. Springer.
- Britton, R. H., and A. J. Crivelli. 1993. “Wetlands of Southern Europe and North Africa: Mediterranean Wetlands.” Pp. 129–94 in *wetlands of the world. I: Inventory, ecology and management*, edited by D. F. Whigham, D. Dykyjova, and S. Hejny. Kluwer Academic Publications, Dordrecht.
- Brock, TH. C. M., G. van der Velede, and H. M. van de Steeg. 1987. “The Effects of Extreme Water Level Fluctuations on the Wetland Vegetation of a Nymphaeid-Dominated Oxbow Lake in Netherlands.” *Arch. Hydrobiol. Beih* 27(January):57–73.
- Brown, P. W., M. J. Monfils, and L. H. Fredrickson. 2009. “Wetland Ecology and Management for Birds and Mammals.” *Encyclopedia of Inland Waters* 563–81.

C

- Carew, Melissa E., Vincent Pettigrove, Renee L. Cox, and Ary A. Hoffmann. 2007. “The Response of Chironomidae to Sediment Pollution and Other Environmental Characteristics in Urban Wetlands.” *Freshwater Biology* 52(12):2444–62.
- Carney, Karen M., and William J. Sydeman. 1999. “A Review of Human Disturbance Effects on Nesting Colonial Waterbirds.” *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology* 22(1):68.
- Castellanos Romero, Karina, Javier Pizarro Del Río, Kelly Cuentas Villarreal, José Camilo Costa Anillo, Zaskia Pino Zarate, Luis Carlos Gutierrez, Octavio Luiz Franco, and Jorge W. Arboleda Valencia. 2017. “Lentic Water Quality Characterization Using Macroinvertebrates as Bioindicators: An Adapted BMWP Index.” *Ecological Indicators* 72:53–66.
- Chawla, Louise, and Harry Heft. 2002. “Children’s Competence and the Ecology of Communities: A Functional Approach to the Evaluation of Participation.” *Journal of Environmental Psychology* 22(1–2):201–16.
- Chi, Yuan, Jingkuan Sun, Yonggen Sun, Shengjing Liu, and Zhanyong Fu. 2020. “Multi-Temporal Characterization of Land Surface Temperature and Its Relationships with Normalized Difference Vegetation Index and Soil Moisture Content in the Yellow River Delta, China.” *Global Ecology and Conservation* 23(e01092):1–17.
- Clarkson, Beverley R., Anne-Gaelle E. Ausseil, and Philippe Gerbeaux. 2013. “Wetland Ecosystem Services.” Pp. 192–202 in *Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends*, edited by

J. R. Dymond. Manaaki Whenua Press Lincoln, New Zealand.

- Coll, Marta, Chiara Piroddi, Jeroen Steenbeek, Kristin Kaschner, Frida Ben Rais Lasram, Jacopo Aguzzi, Enric Ballesteros, Carlo Nike Bianchi, Jordi Corbera, Thanos Dailianis, Roberto Danovaro, Marta Estrada, Carlo Froggia, Bella S. Galil, Josep M. Gasol, Ruthy Gertwage, João Gil, François Guilhaumon, Kathleen Kesner-Reyes, Miltiadis Spyridon Kitsos, Athanasios Koukouras, Nikolaos Lampadariou, Elijah Laxamana, Carlos M. Lópe. Fé de la Cuadra, Heike K. Lotze, Daniel Martin, Dšavid Mouillot, Daniel Oro, Saša Raicevich, Josephine Rius-Barile, Jose Ignacio Saiz-Salinas, Carles San Vicente, Samuel Somot, José Templado, Xavier Turon, Dimitris Vafidis, Roger Villanueva, and Eleni Voultsiadou. 2010. “The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats.” *PLoS ONE* 5(8).
- Congedo, Luca. 2016. “Semi-Automatic Classification Plugin Documentation.” *Release* 4(0.1):29.
- Coulthard, N. .. 2001. “Algeria.” Pp. 51–70 in *Important Bird Areas in Africa and Associated Islands: Priority Sites for Conservation*, edited by L. D. C. Fishpool and M. I. Evans. Newbury and Cambridge, UK: Pisces Publications and BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 11).
- Cuttelod, Annabelle, Nieves García, Dania Abdul Malak, Helen J. Temple, and Vineet Katariya. 2009. “The Mediterranean: A Biodiversity Hotspot under Threat.” *Wildlife in a Changing World—an Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species* 89.
- Cuttelod, Annabelle, Nieves García, Dania Abdul Malak, Helen Temple, and Vineet Katariya. 2008. “The Mediterranean: A Biodiversity Hotspot under Threat.” Pp. 1–13 in *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species*, edited by J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor, and S. N. Stuart. IUCN, Gland, Switzerland.
- Cutts, Bethany. 2000. “Phragmites Australis Litter as Food versus Habitat for Freshwater Marsh Macroinvertebrate Populations.” *Cary Institute of Ecosystem Studies*.
- Czech, Brian, Paul R. Krausman, and Rena Borkhataria. 1998. “Social Construction, Political Power, and the Allocation of Benefits to Endangered Species.” *Conservation Biology* 12(5):1103–12.

D

Dallimer, Martin, Katherine N. Irvine, Andrew M. J. Skinner, Zoe G. Davies, James R. Rouquette,

- Lorraine L. Maltby, Philip H. Warren, Paul R. Armsworth, and Kevin J. Gaston. 2012. "Biodiversity and the Feel-Good Factor: Understanding Associations between Self-Reported Human Well-Being and Species Richness." *BioScience* 62(1):47–55.
- Darrah, Sarah E., Yara Shennan-farpón, Jonathan Loh, Nick C. Davidson, C. Max Finlayson, Royal C. Gardner, and Matt J. Walpole. 2019. "Improvements to the Wetland Extent Trends (WET) Index as a Tool for Monitoring Natural and Human-Made Wetlands." *Ecological Indicators* 99(October 2018):294–98.
- De Groot, Dolf, Luke Brander, and Colin Finlayson. 2018. "Wetland Ecosystem Services." Pp. 323–33 in *The wetland book I: Structure and function, management and methods*. Springer.
- Delelis, N., and S. Boin. 2006. "Typologie de l'habitat Du Blongios Nain *Ixobrychus Minutus* Dans Le Marais Audomarois (Pas-de-Calais)." *Alauda* 74:65–75.
- DeLong, Anita K., John A. Crawford, and Don C. DeLong Jr. 1995. "Relationships between Vegetational Structure and Predation of Artificial Sage Grouse Nests." *J. Wildl. Manage.* 58(1):162–66.
- Demnati, Fatma, Farid Allache, Lisa Ernoul, and Boudjema Samraoui. 2012. "Socio-Economic Stakes and Perceptions of Wetland Management in an Arid Region: A Case Study from Chott Merouane, Algeria." *Ambio* 41(5):504–12.
- Demnati, Fatma, Zoubir Boubaker, Farid Allache, and Lisa Ernoul. 2020. "Ecosystem Services in Salt Lakes: An Ethnobotanic Case Study of Halophytes from Algeria." *Ecologia Mediterranea* 46(2):35–45.
- Demnati, Fatma, Boujéma Samraoui, Farid Allache, Alain Sandoz, and Lisa Ernoul. 2017. "A Literature Review of Algerian Salt Lakes: Values, Threats and Implications." *Environmental Earth Sciences* 76(3).
- Díaz, Sandra, Joseph Fargione, F. Stuart Chapin, and David Tilman. 2006. "Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being." *PLoS Biology* 4(8):1300–1305.
- Dodman, Tim, and Cheikh Diagana. 2007. "Movements of Waterbirds within Africa and Their Conservation Implications." *Ostrich* 78(2):149–54.
- Dubey, Ashwani Kumar, and Omprakash Sahu. 2014. "Phragmites Australis (Marsh Plant) as Wastewater Treatment Material." *International Journal of Agricultural Research and Review*

1(2):2360–7971.

Dudgeon, David, Angela H. Arthington, Mark O. Gessner, Zen Ichiro Kawabata, Duncan J. Knowler, Christian Lévêque, Robert J. Naiman, Anne Hélène Prieur-Richard, Doris Soto, Melanie L. J. Stiassny, and Caroline A. Sullivan. 2006. “Freshwater Biodiversity: Importance, Threats, Status and Conservation Challenges.” *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 81(2):163–82.

E

Edsand, Hans-Erik, and Tobias Broich. 2020. “The Impact of Environmental Education on Environmental and Renewable Energy Technology Awareness: Empirical Evidence from Colombia.” *International Journal of Science and Mathematics Education* 18(4):611–34.

Elafri, Ali, Ismahan Halassi, and Moussa Houhamdi. 2016. “Diversity Patterns and Seasonal Variation of the Waterbird Community in Mediterranean Wetlands of Northeastern Algeria.” *Zoology and Ecology* 26(2):85–92.

Emerton, Lucy. 2016. “Economic Valuation of Wetlands: Total Economic Value.” Pp. 1–6 in *The wetland book*.

Epanda, Manfred Aimé, André Junior Mukam Fotsing, Thomas Bacha, Daniel Frynta, Luc Lens, Isaac Roger Tchouamo, and Dupain Jef. 2019. “Linking Local People’s Perception of Wildlife and Conservation to Livelihood and Poaching Alleviation: A Case Study of the Dja Biosphere Reserve, Cameroon.” *Acta Oecologica* 97(March):42–48.

F

Finlayson, C. M., and N. C. Davidson. 1999. “Global Review of Wetland Resources and Priorities for Wetland Inventory.” *Preface Iv Summary Report* 15.

Fitter, A. H., and J. R. Etherington. 1984. *Wetland Ecology*. Vol. 21.

Fouzari, Aicha, Farrah Samraoui, Ahmed H. Alfarhan, and Boudjéma Samraoui. 2015. “Nesting Ecology of Ferruginous Duck *Aythya Nyroca* in North-Eastern Algeria.” *African Zoology* 50(4):299–305.

Fouzari, Aicha, Farrah Samraoui, and Boudjéma Samraoui. 2018. “The Breeding Ecology of Mallard *Anas Platyrhynchos* at Lake Tonga, North-Eastern Algeria.” *Ostrich* 89(4):315–20.

Franco, Daniel, Ilda Mannino, Laura Favero, Erika Mattiuzzo, and Venice-Italy Planland. 2007. “The Total Economic Value of the Wetlands in a European Region.” Pp. 26–29 in *Proceedings of*

Multifunctions of wetland systems Congress" International Conference on Multiple Roles of Wetlands". Legnaro (Padova).

Fuller, Richard A., Katherine N. Irvine, Patrick Devine-Wright, Philip H. Warren, and Kevin J. Gaston. 2007. "Psychological Benefits of Greenspace Increase with Biodiversity." *Biology Letters* 3(4):390–94.

G

Galewski, Thomas. 2012. "Biodiversity: Status and Trends of Species." P. 52 in *Mediterranean wetlands, Mediterranean Wetlands Observatory*.

Gandini, Patricia, Esteban Frere, and Dee Boersma. 1999. "Nest Concealment and Its Relationship To Predation and Reproductive Success in the Magellanic Penguin At Its Southern-Most Continental Colony." *Ornitologia Neotropical* (1990):145–50.

Geizendorffer, Ilse R., Coralie Beltrame, Laurent Chazee, Elie Gaget, Thomas Galewski, Anis Guelmami, Christian Perennou, Nadège Popoff, Carlos A. Guerra, Roxanne Leberger, Jean Jalbert, and Patrick Grillas. 2019. "A More Effective Ramsar Convention for the Conservation of Mediterranean Wetlands." *Frontiers in Ecology and Evolution* 7(FEB):1–6.

Geizendorffer, Ilse R, Thomas Galewski, Anis Guelmami, Christian Perennou, Nadege Popoff, and Patrick Grillas. 2019. "Mediterranean Wetlands: A Gradient from Natural Resilience to a Fragile Social-Ecosystem." Pp. 83–89 in *Atlas of ecosystem services*. Springer.

Gibbs, James P. 1993. "Importance of Small Wetlands for the Persistence of Local Populations of Wetland-Associated Animals." *Wetlands* 13(1):25–31.

Goutner, Savas Kazantzidis and Vassilis. 2005. "The Diet of Nestlings of Three Ardeidae Species (Aves, Ciconiiformes) in the Axios Delta, Greece." *Belg. J. Zool* 135(2):165–70.

Green, A. ..., A. .. Fox, B. Hughes, and G. .. Hilton. 1999. "Time-Activity Budgets and Site Selection of Whiteheaded Ducks *Oxyura Leucocephala* at Burdur Lake, Turkey in Late Winter." *Bird Study* 46(1):62–73.

Green, Andy J., and Johan Elmberg. 2013. "Ecosystem Services Provided by Waterbirds." *Biological Reviews* 89(1):105–22.

Green, Andy J., and Johan Elmberg. 2014. "Ecosystem Services Provided by Waterbirds." *Biological Reviews* 89(1):105–22.

H

- Hage, Maria, Pieter Leroy, and Arthur C. Petersen. 2010. "Stakeholder Participation in Environmental Knowledge Production." *Futures* 42(3):254–64.
- Haig, Susan M., David W. Mehlman, and Lewis W. Oring. 1998. "Avian Movements and Wetland Connectivity in Landscape Conservation." *Conservation Biology* 12(4):749–58.
- Harrison, P. A., P. M. Berry, G. Simpson, J. R. Haslett, M. Blicharska, M. Bucur, R. Dunford, B. Egoh, M. Garcia-Llorente, N. Geamănă, W. Geertsema, E. Lommelen, L. Meiresonne, and F. Turkelboom. 2014. "Linkages between Biodiversity Attributes and Ecosystem Services: A Systematic Review." *Ecosystem Services* 9:191–203.
- Hassall, Christopher, Jim Hollinshead, and Andrew Hull. 2011. "Environmental Correlates of Plant and Invertebrate Species Richness in Ponds." *Biodiversity and Conservation* 20(13):3189–3222.
- He, Chunyang, Jie Tian, Peijun Shi, and Dan Hu. 2011. "Simulation of the Spatial Stress Due to Urban Expansion on the Wetlands in Beijing, China Using a GIS-Based Assessment Model." *Landscape and Urban Planning* 101(3):269–77.
- Hijmans, Robert J. 2020. "Geographic Data Analysis and Modeling [R Package Raster Version 3.4-5]."
- Hoffmann, Luc, Heinz Hafner, and Tobias Salathé. 1996. "The Contribution of Colonial Waterbird Research to Wetland Conservation in the Mediterranean Region." *Waterbirds* 19(SUPPL.1):12–30.
- Hosaka, Tetsuro, Koun Sugimoto, and Shinya Numata. 2017. "Childhood Experience of Nature Influences the Willingness to Coexist with Biodiversity in Cities." *Palgrave Communications* 3(1).
- Houhamdi, Moussa, and Boudjéma Samraoui. 2002. "Occupation Spatio-Temporelle Par l'avifaune Aquatique Du Lac Des Oiseaux (Algerie)." *Alauda* 70(2):301–10.
- Hussain, Sajjad, and Shankar Karuppanan. 2021. "Land Use / Land Cover Changes and Their Impact on Land Surface Temperature Using Remote Sensing Technique in District Khanewal , Punjab Pakistan." *Geology, Ecology, and Landscapes* 00(00):1–13.

I

- Isenmann, Paul, and Michel Thévenot. 2018. "Endemism and Taxonomic Differentiation in Terrestrial Breeding Birds of North Africa." *Alauda* 86(2):117–52.

J

- Jayawardana, J. M. C. K., Martin Westbrooke, Michael Wilson, and Cameron Hurst. 2006. "Macroinvertebrate Communities in Phragmites Australis (Cav.) Trin. Ex Steud. Reed Beds and Open Bank Habitats in Central Victorian Streams in Australia." *Hydrobiologia* 568:169–85.
- Jedlikowski, Jan, Marcin Brzeziński, and Piotr Chibowski. 2015. "Habitat Variables Affecting Nest Predation Rates at Small Ponds: A Case Study of the Little Crake Porzana Parva and Water Rail Rallus Aquaticus." *Bird Study* 62(2):190–201.
- Jogo, Wellington, and Rashid Hassan. 2010. "Balancing the Use of Wetlands for Economic Well-Being and Ecological Security: The Case of the Limpopo Wetland in Southern Africa." *Ecological Economics* 69(7):1569–79.
- Johnsgard, Paul A. 1956. "Effects of Water Fluctuation and Vegetation Change on Bird Populations, Particularly Waterfowl." *Ecology* 37(4):689–701.
- Junk, Wolfgang J., Mark Brown, Ian C. Campbell, Max Finlayson, Brij Gopal, Lars Ramberg, and Barry G. Warner. 2006. "The Comparative Biodiversity of Seven Globally Important Wetlands: A Synthesis." *Aquatic Sciences* 68(3):400–414.

K

- Kaltenborn, Bjørn P., Tore Bjerke, Julius W. Nyahongo, and Daniel R. Williams. 2006. "Animal Preferences and Acceptability of Wildlife Management Actions around Serengeti National Park, Tanzania." *Biodiversity & Conservation* 15(14):4633–49.
- Keddy, Paul A. 2010. *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. Cambridge university press.
- Kellert, Stephen R. 1993. "Values and Perceptions of Invertebrates." *Conservation Biology* 7:845–855.
- Khudhair, Nagam, Cai Yan, Manhong Liu, and Hongxian Yu. 2019. "Effects of Habitat Types on Macroinvertebrates Assemblages Structure: Case Study of Sun Island Bund Wetland." *BioMed Research International* 2019.
- Kinga, IVAN, and BENEDEK József. 2017. "The Assessment Relationship between Land Surface Temperature (LST) and Built-up Area in Urban Agglomeration. Case Study: Cluj-Napoca, Romania." *Geographia Technica* 12(1):64–74.
- Koper, Nicola, and Fiona K. A. Schmiegelow. 2006. "Effects of Habitat Management for Ducks on Target and Nontarget Species." *Journal of Wildlife Management* 70(3):823–34.
- Krebs, Charles J. 2014. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6th ed. New York.

L

- Lacaux, J. P., Y. M. Tourre, C. Vignolles, J. A. Ndione, and M. Lafaye. 2007. "Classification of Ponds from High-Spatial Resolution Remote Sensing: Application to Rift Valley Fever Epidemics in Senegal." *Remote Sensing of Environment* 106(1):66–74.
- Laosuwan, Teerawong, Torsak Gomasathit, and Tanutdech Rotjanakusol. 2017. "Application of Remote Sensing for Temperature Monitoring: The Technique for Land Surface Temperature Analysis." *Journal of Ecological Engineering* 18(3):53–60.
- Laurila-pant, Mirka, Annukka Lehtikoinen, Laura Uusitalo, and Riikka Venesjärvi. 2015. "How to Value Biodiversity in Environmental Management?" *Ecological Indicators* 55:1–11.
- Leandro, Camila, and Pierre Jay-Robert. 2019. "Perceptions and Representations of Animal Diversity: Where Did the Insects Go?" *Biological Conservation* 237(March):400–408.
- Leberger, Roxanne, Ilse R. Geijzendorffer, Elie Gaget, Anis Gwelami, Thomas Galewski, Henrique M. Pereira, and Carlos A. Guerra. 2020. "Mediterranean Wetland Conservation in the Context of Climate and Land Cover Change." *Regional Environmental Change* 20(67):1–11.
- Loucif, Karim, Mohamed Cherif Maazi, Moussa Houhamdi, and Haroun Chenchouni. 2021. "Nest Site Selection and Breeding Ecology of the Ferruginous Duck (*Aythya Nyroca*) in Algeria." *Global Ecology and Conservation* 26(March).
- Luck, Gary W., Penny Davidson, Dianne Boxall, and Lisa Smallbone. 2011. "Relations between Urban Bird and Plant Communities and Human Well-Being and Connection to Nature." *Conservation Biology* 25(4):816–26.

M

- Ma, Zhijun, Yinting Cai, Bo Li, and Jiakuan Chen. 2010. "Managing Wetland Habitats for Waterbirds: An International Perspective." *Wetlands* 30(1):15–27.
- Ma, Zhijun, Yong Wang, Xiaojing Gan, Bo Li, Yinting Cai, and Jiakuan Chen. 2009. "Waterbird Population Changes in the Wetlands at Chongming Dongtan in the Yangtze River Estuary, China." *Environmental Management* 43(6):1187–1200.
- Mackintosh, Teresa J., Jenny A. Davis, and Ross M. Thompson. 2015. "The Influence of Urbanisation on Macroinvertebrate Biodiversity in Constructed Stormwater Wetlands." *Science of the Total*

Environment 536:527–37.

- Malavasi, Rachele, Corrado Battisti, and Giuseppe M. Carpaneto. 2009. “Seasonal Bird Assemblages in a Mediterranean Patchy Wetland: Corroborating the Intermediate Disturbance Hypothesis.” *Polish Journal of Ecology* 57(1):171–79.
- Mansuy, Nicolas, Carol Miller, Marc-André Parisien, Sean A. Parks, Enric Batllori, and Max A. Moritz. 2019. “Contrasting Human Influences and Macro-Environmental Factors on Fire Activity inside and Outside Protected Areas of North America.” *Environmental Research Letters* 14(6):64007.
- Max Finlayson, C., Nick Davidson, Dave Pritchard, G. Randy Milton, and Heather MacKacy. 2011. “The Ramsar Convention and Ecosystem-Based Approaches to the Wise Use and Sustainable Development of Wetlands.” *Journal of International Wildlife Law and Policy* 14(3–4):176–98.
- McKinney, Michael L. 2002. “Urbanization, Biodiversity, and Conservation.” *BioScience* 52(10):883–90.
- McKinney, Richard A., Kenneth B. Raposa, and Rose M. Cournoyer. 2011. “Wetlands as Habitat in Urbanizing Landscapes: Patterns of Bird Abundance and Occupancy.” *Landscape and Urban Planning* 100(1–2):144–52.
- Merabti, Abdelaziz, Mohamed Meddi, Diogo S. Martins, and Luis S. Pereira. 2018. “Comparing SPI and RDI Applied at Local Scale as Influenced by Climate.” *Water Resources Management* 32(3):1071–85.
- Methorst, Joel, Ugo Arbieu, Aletta Bonn, Katrin Böhning-Gaese, and Thomas Müller. 2020. “Non-Material Contributions of Wildlife to Human Well-Being: A Systematic Review.” *Environmental Research Letters* 15(9).
- Meziane, Nedjwa, Farrah Samraoui, and Boudjéma Samraoui. 2014. “Status and Diurnal Activity Budget of Non-Breeding White-Headed Ducks *Oxyura Leucocephala* in Algeria.” *Ostrich* 85(2):177–84.
- Millennium Ecosystem Assessment, M. E. A. 2005. “Ecosystems and Human Well-Being.” *Synthesis*.
- Mohan, Manju, Subhan K. Pathan, Kolli Narendrareddy, Anurag Kandya, and Sucheta Pandey. 2011. “Dynamics of Urbanization and Its Impact on Land-Use/Land-Cover: A Case Study of Megacity Delhi.” *Journal of Environmental Protection* 2(09):1274.
- Mozumder, Chitrini, N. K. Tripathi, and Taravudh Tipdecho. 2014. “Ecosystem Evaluation (1989–2012) of Ramsar Wetland Deepor Beel Using Satellite-Derived Indices.” *Environmental*

Monitoring and Assessment 186(11):7909–27.

Muro, Javier, Adrian Strauch, Sascha Heinemann, Stefanie Steinbach, Frank Thonfeld, Björn Waske, and Bernd Diekkrüger. 2018. “Land Surface Temperature Trends as Indicator of Land Use Changes in Wetlands.” *Int J Appl Earth Obs Geoinformation* 70(November 2017):62–71.

MWO. 2018. *Mediterranean Wetlands Outlook 2: Solutions for Sustainable Mediterranean Wetlands*. Observatory, Mediterranean Wetlands, Arles.

Myers, Norman, Russell A. Mittermeier, Cristina G. Mittermeier, Gustavo A. B. Fonseca, and Jennifer Kent. 2000. “Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities.” *Nature* 403(February):853–58.

N

Nassauer, Joan Iverson. 2004. “Monitoring the Success of Metropolitan Wetland Restorations: Cultural Sustainability and Ecological Function.” *Wetlands* 24(4):756–65.

Nedjah, Riad, Abdennour Bouchecker, Laïd Touati, Farrah Samraoui, Boudjéma, and Samraoui. 2019. “Ecology and Conservation of Glossy Ibis in Algeria: Synthesis and Perspectives.” *Sis Conservation* 1(November):39–42.

Norton-Griffiths, M. 1998. “The Economics of Wildlife Conservation Policy in Kenya.” Pp. 279–93 in *Conservation of Biological Resources*, edited by E. J. Milner-Gulland and R. Mace.

Nyman, John A. 2011. “Ecological Functions of Wetlands.” Pp. 115–28 in *Wetlands: Integrating Multidisciplinary Concepts*, edited by B. A. LePage. Dordrecht: Springer Netherlands.

O

O’Connell, Mark. 2000. “Threats to Waterbirds and Wetlands: Implications for Conservation, Inventory and Research.” *Wildfowl* 51(1):1–15.

Onmuş, Ortaç, and Mehmet Siki. 2013. “Impacts of Anthropogenic Activities and Habitat Degradation on Breeding Waterbirds.” *Turkish Journal of Zoology* 37(3):249–61.

P

Pal, Swades, and Sk Ziaul. 2016. “Detection of Land Use and Land Cover Change and Land Surface Temperature in English Bazar Urban Centre Q.” *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*.

Pankratz, S., T. Young, H. Cuevas-Arellano, R. Kumar, R. F. Ambrose, and I. H. Suffet. 2007. “The Ecological Value of Constructed Wetlands for Treating Urban Runoff.” *Water Science and*

Technology 55(3):63–69.

- Papas, Phil. 2007. *Effect of Macrophytes on Aquatic Invertebrates: A Literature Review*. Arthur Rylah Institute for Environmental Research.
- Paracuellos, Mariano. 2006. “How Can Habitat Selection Affect the Use of a Wetland Complex by Waterbirds?” *Biodiversity and Conservation* 15(14):4569–82.
- Pearce-Higgins, James W., and Murray C. Grant. 2006. “Relationships between Bird Abundance and the Composition and Structure of Moorland Vegetation.” *Bird Study* 53(2):112–25.
- Pearson, Emma, and Sheila Degotardi. 2009. “Education for Sustainable Development in Early Childhood Education: A Global Solution to Local Concerns?” *International Journal of Early Childhood* 41(2):97–111.
- Perennou, Christian, Coralie Beltrame, Anis Guelmami, Pere Tomas Vives, and Pierre Caessteker. 2012. “Existing Areas and Past Changes of Wetland Extent in the Mediterranean Region: An Overview.” *Ecologia Mediterranea* 38(2):53–66.
- Perennou, Christian, Elie Gaget, Thomas Galewski, Ilse Geijzendorffer, and Anis Guelmami. 2020. “Evolution of Wetlands in Mediterranean Region.” Pp. 297–320 in *Water Resources in the Mediterranean Region*. Elsevier Inc.
- Persha, Lauren, Harry Fischer, Ashwini Chhatre, Arun Agrawal, and Catherine Benson. 2010. “Biodiversity Conservation and Livelihoods in Human-Dominated Landscapes: Forest Commons in South Asia.” *Biological Conservation* 143(12):2918–25.
- Peters, Gjalt-Jorn, Maintainer Gjalt-Jorn Peters, and Suggests XLConnect. 2018. “Package ‘Userfriendlyscience.’” *Vienna: R Foundation for Statistical Computing*.

R

- R Core Team. 2017. “R: A Language and Environment for Statistical Computing.”
- Redha, Hussein Ali, and Sadiq Kadhum Lafta Al-Zurfi. 2021. “Impact of Physicochemical Parameters on Macroinvertebrates Distribution Attached to Aquatic Plants.” P. 12045 in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 722. IOP Publishing.
- Richardson, Curtis J. 1994. “Ecological Functions and Human Values in Wetlands: A Framework for Assessing Forestry Impacts.” *Wetlands* 14(1):1–9.
- Rouibi, Yacine, Riad Nedjah, Laïd Touati, Abdennour Bouchecker, Farrah Samraoui, and Boudjéma Samraoui. 2021. “The Role of Temporary Ponds as Foraging Sites for Glossy Ibis (*Plegadis*

Falcinellus) during the Non-Breeding Season in Numidia, Northeast Algeria.” *Biologia* 76(3):973–80.

S

- Samraoui, B., G. De Belair, and S. Benyacoub. 1992. “A Much-Threatened Lake: Lac Des Oiseaux in Northeastern Algeria.” *Environmental Conservation* 19(3):264–67.
- Samraoui, Boudjéma, and Farrah Samraoui. 2008. “An Ornithological Survey of Algerian Wetlands: Important Bird Areas, Ramsar Sites and Threatened Species.” *Wildfowl* 58(2008):71–96.
- Samraoui, Boudjéma, Farrah Samraoui, Nouara Benslimane, Ahmed Alfarhan, and Khaled A. S. Al-Rasheid. 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’Ecologie (La Terre et La Vie)* 67(1):71–81.
- Samraoui, F., R. Nedjah, A. Bouchecker, A. H. Alfarhan, and B. Samraoui. 2012. “Breeding Ecology of the Little Bittern *Ixobrychus Minutus* in Northeast Algeria.” *Bird Study* 59(4).
- Samraoui, Farrah, Ahmed H. Alfarhan, Khaled A. S. Al-Rasheid, and Boudjema Samraoui. 2011. “An Appraisal of the Status and Distribution of Waterbirds of Algeria: Indicators of Global Changes?” *Ardeola* 58(1):137–63.
- Samraoui, Farrah, Ahmed H. Alfarhan, and Boudjéma Samraoui. 2013. “Status and Breeding Ecology of the Common Moorhen *Gallinula Chloropus* in Algeria.” *Ostrich* 84(2):137–44.
- Samraoui, Farrah, Rachid Menai, and Boudjéma Samraoui. 2007. “Reproductive Ecology of the Cattle Egret (*Bubulcus Ibis*) at Sidi Achour, North-Eastern Algeria.” *Ostrich* 78(2):481–87.
- Samraoui, Farrah, Riad Nedjah, Ahmed H. Alfarhan, and Boudjéma Samraoui. 2014. “An Overview of the Rallidae of Algeria with Particular Reference to the Breeding Ecology of the Purple Swamp-Hen *Porphyrio Porphyrio*.” *Wetlands Ecology and Management* 23(3):505–17.
- Samraoui, Farrah, Riad Nedjah, Ahmed H. Alfarhan, and Boudjéma Samraoui. 2015. “An Overview of the Rallidae of Algeria with Particular Reference to the Breeding Ecology of the Purple Swamp-Hen *Porphyrio Porphyrio*.” *Wetlands Ecology and Management* 23(3):505–17.
- Sánchez-Espinosa, Antonio, and Christoph Schröder. 2019. “Land Use and Land Cover Mapping in Wetlands One Step Closer to the Ground: Sentinel-2 versus Landsat 8.” *Journal of Environmental Management* 247(December 2018):484–98.
- Sanchez, Marta I., Andy J. Green, and J. Carles Dolz. 2000. “The Diets of the White-Headed Duck *Oxyura Leucocephala*, Ruddy Duck *O. Jamaicensis* and Their Hybrids from Spain.” *Bird Study*

47(3):275–84.

- Saunders, D. A., R. J. Hobbs, and C. R. Margules. 1999. “Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review.” *NCASI Technical Bulletin* 2(781):469–70.
- Scheffer, M., G. J. Van Geest, K. Zimmer, E. Jeppesen, M. Søndergaard, M. G. Butler, M. A. Hanson, S. Declerck, and L. De Meester. 2006. “Small Habitat Size and Isolation Can Promote Species Richness: Second-Order Effects on Biodiversity in Shallow Lakes and Ponds.” *Oikos* 112(1):227–31.
- Schlegel, Jürg, and Reto Rupf. 2010. “Attitudes towards Potential Animal Flagship Species in Nature Conservation: A Survey among Students of Different Educational Institutions.” *Journal for Nature Conservation* 18(4):278–90.
- Schricke, V. 1982. “Les Méthodes de Dénombrements Hivernaux d’Anatidés et Foulques, de La Théorie à La Pratique.” *La Sauvagine et La Chasse* 253:6–11.
- Schuijt, Kirsten. 2002. “Land and Water Use of Wetlands in Africa: Economic Values of African Wetlands.”
- Schuyt, K., and Luke Brander. 2004. *Living Waters Conserving the Source of Life. The Economic Value of the World’s Wetlands*. WWF, Gland.
- Schuyt, Kirsten D. 2005. “Economic Consequences of Wetland Degradation for Local Populations in Africa.” *Ecological Economics* 53(2):177–90.
- Semlitsch, Raymond D., and J. Russell Bodie. 1998. “Are Small, Isolated Wetlands Expendable?” *Conservation Biology* 12(5):1129–33.
- Shobanov, N. A. 2001. “Function of Ventral and Lateral Processes in Larvae of Chironomus (Diptera, Chironomidae).” *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology* 37(4):384–87.
- Shwartz, Assaf, Anne Turbé, Laurent Simon, and Romain Julliard. 2014. “Enhancing Urban Biodiversity and Its Influence on City-Dwellers: An Experiment.” *Biological Conservation* 171:82–90.
- Si, Yali, Qinchuan Xin, Herbert H. T. Prins, Willem F. de Boer, and Peng Gong. 2015. “Improving the Quantification of Waterfowl Migration with Remote Sensing and Bird Tracking.” *Science Bulletin* 60(23):1984–93.
- Simioni, J. P. D., L. A. Guasselli, L. F. C. Ruiz, V. F. Nascimento, and G. De Oliveira. 2018. “Small Inner Marsh Area Delimitation Using Remote Sensing Spectral Indexes and Decision Tree

- Method in Southern Brazil.” *Revista de Teledeteccion* 2018(52):55–66.
- Skinner, J., and M. Smart. 1983. “The El Kala Wetlands of Algeria and Their Use by Waterfowl.” *Wildfowl* 106–18.
- Smith, Lyndsay A., and Patricia Chow-Fraser. 2010. “Impacts of Adjacent Land Use and Isolation on Marsh Bird Communities.” *Environmental Management* 45(5):1040–51.
- Sobrino, José A., Juan C. Jiménez-Muñoz, and Leonardo Paolini. 2004. “Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT TM 5.” *Remote Sensing of Environment* 90(4):434–40.
- Soulsbury, Carl D., and Piran C. L. White. 2015. “Human-Wildlife Interactions in Urban Areas: A Review of Conflicts, Benefits and Opportunities.” *Wildlife Research* 42(7):541–53.
- Stevenson, Anthony C., Jamie Skinner, G. Edward Hollis, and Michael Smart. 1988. “The El Kala National Park and Environs, Algeria: An Ecological Evaluation.” *Environmental Conservation* 15(4):335–48.
- Stewart, Emily M., Neal Michelutti, Sarah Shenstone-Harris, Christopher Grooms, Chip Weseloh, Linda E. Kimpe, Jules M. Blais, and John P. Smol. 2015. “Tracking the History and Ecological Changes of Rising Double-Crested Cormorant Populations Using Pond Sediments from Islands in Eastern Lake Ontario.” *PLoS ONE* 10(7):1–15.
- Stuip, M. A. M., C. J. Baker, and W. Oosterberg. 2002. *The Socio-Economics of Wetlands*. The Nether. Wetlands International and RIZA.
- Sutherland, James M., and William J. Maher. 1987. “Nest-Site Selection of the American Coot in the Aspen Parklands of Saskatchewan.” *The Condor* 89(4):804.
- Swanwick, Carys. 2009. “Society’s Attitudes to and Preferences for Land and Landscape.” *Land Use Policy* 26:S62–75.

T

- Tachet, Henri, Philippe Richoux, Michel Bournaud, and Philippe Usseglio-Polatera. 2010. *Invertébrés d’eau Douce: Systématique, Biologie, Écologie*. Vol. 15. CNRS editions Paris.
- Taibi, Sabrina, and Doudja Souag. 2012. “IMPACT OF CLIMATE CHANGE IN NORTHERN ALGERIA: CURRENT TENDENCY OF PRECIPITATION AND TEMPERATURE.” in *International Conference MarCoastEcos2012, Climate changes and their impacts; climatology; meteorology Tirana, Albania*.
- Talbi, Awatif, Laïd Touati, Mohammed Athamnia, Farrah Samraoui, Corrado Battisti, and Boudjéma

Samraoui. 2021. “The Synanthropic Common Moorhen (*Gallinula Chloropus*) in North Africa: The Impact of Habitat Degradation on Breeding Performances.” *Zoology and Ecology* 31(1):15–23.

Tan, Jie, De Yu, Qiang Li, Xuelan Tan, and Weijun Zhou. 2020. “Spatial Relationship between Land-Use/Land-Cover Change and Land Surface Temperature in the Dongting Lake Area, China.” *Scientific Reports* 10(1):1–9.

Telailia, Salah, Lamia Boutabia, Mohamed Dhaya El-Hak Khemis, Ali Elafri, and Nawel Djebbari. 2017. “Multi-Annual and Seasonal Patterns of Waterbird Assemblages in a Mediterranean Coastal Lagoon (El Mellah Lagoon) of Northeastern Algeria.” *Ekologia Bratislava* 36(2):146–57.

Thornthwaite, Charles Warren. 1948. “An Approach toward a Rational Classification of Climate.” *Geographical Review* 38(1):55–94.

Tucker, C. J., and P. J. Sellers. 1986. “Satellite Remote Sensing of Primary Production.” *International Journal of Remote Sensing* 7(11):1395–1416.

V

Van De Meutter, Frank, Robby Stoks, and Luc De Meester. 2005. “The Effect of Turbidity State and Microhabitat on Macroinvertebrate Assemblages: A Pilot Study of Six Shallow Lakes.” *Hydrobiologia* 542(1):379–90.

Van Dijk, Gerard, and Jean Paul Ledant. 1983. “La Valeur Ornithologique Des Zones Humides de l’est Algerien.” *Biological Conservation* 26(3):215–26.

Voigt, Annette, and Daniel Wurster. 2015. “Does Diversity Matter ? The Experience of Urban Nature ’ s Diversity : Case Study and Cultural Concept.” *Ecosystem Services* 12:200–208.

W

WCS, Wildlife Conservation Society-, and Center for International Earth Science Information Network-CIESIN-Columbia University. 2005. “Last of the Wild Project, Version 2, 2005 (LWP-2): Global Human Footprint Dataset (Geographic).”

Wells, Nancy M., and Kristi S. Lekies. 2006. “Nature and the Life Course: Pathways from Childhood Nature Experiences to Adult Environmentalism.” *Children Youth and Environments* 16(1):1–24.

Wickham, H. 2016. “Ggplot2-Elegant Graphics for Data Analysis. Springer International Publishing.” *Cham, Switzerland*.

Williams, Kathryn J. H., and John Cary. 2002. “Landscape Preferences, Ecological Quality, and

Biodiversity Protection.” *Environment and Behavior* 34(2):257–74.

Williams, Michael. 1991. “The Human of Wetlands.” *Progress in Human Geography* 15(1):1–22.

Winfield, Ian J., and DEMISE K. Winfield. 1994. “Feeding Ecology of the Diving Ducks Pochard (Aythya Ferina), Tufted Duck (A. Fuligula), Scaup (A. Mania) and Goldeneye (Bucephala Clangula) Overwintering on Lough Neagh, Northern Ireland.” *Freshwater Biology* 32(3):467–77.

With, Kimberly A., and D. R. Webb. 1993. “Microclimate of Ground Nests: The Relative Importance of Radiative Cover and Wind Breaks for Three Grassland Species.” *The Condor* 95(2):401.

Wolf, Craig F. 1996. “Aquatic Macroinvertebrate Diversity and Water Quality of Urban Lakes.” Texas Tech University.

X

Xu, Hanqiu. 2006. “Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery.” *International Journal of Remote Sensing* 27(14):3025–33.

Z

Zhou, Lilei, Dongjie Guan, Xiaoyong Huang, Xingzhong Yuan, and Mengjie Zhang. 2020. “Evaluation of the Cultural Ecosystem Services of Wetland Park.” *Ecological Indicators* 114:106286.

Zou, Ye Ai, Chen Dong Tang, Jun Ying Niu, Tian Hou Wang, Yong Hong Xie, and Hao Guo. 2016. “Migratory Waterbirds Response to Coastal Habitat Changes: Conservation Implications from Long-Term Detection in the Chongming Dongtan Wetlands, China.” *Estuaries and Coasts* 39(1):273–86.

Annexe

Questionnaire

Information personnelle

Date :/...../2018

Nom prénom :

Genre: homme / Femme

Niveau scolaire : Aucun / Primaire / Moyen / Secondaire / Technicien / Universitaire

Age : (15-24) (25-34) (35-45) (46-55) (+55)

Profession: Journalier(e) / Commerçant(e) / Salarié(e) / Agriculteur / Éleveur /Autres spécifié (.....) /sans emploi.

Depuis combien de temps êtes-vous installé à BOUSSEDRA?

Êtes-vous ?

Propriétaire locataire Occupation illégale. Aucune réponse

1. Que représentent la nature et la biodiversité pour vous ?

Une valeur récréative (de détente). Une valeur d'usage directe (une source a exploité).
 Une valeur écologique (de régulation). Un paysage esthétique. Un bien commun
patrimonial. Une valeur éducative Je ne sais pas. Rien.

2. Quel est la faune que vous observez le plus souvent dans le marais de BOUSSEDRA?

Les oiseaux les mammifères les invertébrés les poissons autres (spécifié).

3. Quel est votre animal favori du marais de BOUSSEDRA ?

Les oiseaux les mammifères les invertébrés les poissons autres (spécifié).

4. L'effectif des d'oiseaux d'eau a-t-il diminué depuis votre installation?

Oui Non je ne sais pas.

Si oui, depuis combien de temps avez-vous remarqué cette diminution ?

0 - 5 ans. 5 - 10 ans 10 – 15 ans plus de 15 ans.

5. Est-ce que la chasse est pratiquée ici?

Oui. Non. Aucune idée.

Si oui, est ce que vous pratiqué cette activité?

Oui. Non.

6. Quelle est votre perception de la valeur que représente le marais ?

Un patrimoine naturel. Un héritage à préserver. Rien. Indiffèrent.

Une valeur fonctionnelle pour les écosystèmes (régulation : de la qualité de l'air, du climat)

7. Pensez-vous que le marais est bénéfique pour votre environnement?

Oui Non

Si oui, quel est son intérêt ?

8. Comment voyez-vous les plantes qui entourent le marais?

Une vertu médicinale. Un fourrage pour le bétail. Autres. Rien.

9. Comment voyez- vous l'état du marais ?

En très bonne état en bonne état Peu dégradé Dégradé.

Hautement dégradé. Aucune idée.

10. La surface du marais, a-t-elle diminuée ces dernières années ?

Oui complètement Oui relativement Non

Aucune idée.

11. Que représente le marais de BOUSSEDRA pour vous ? :

Un habitat pour les vecteurs de maladie (moustiques). Une beauté paysagère.

Des eaux usées stagnantes avec une (odeur nauséabonde). Un réservoir de biodiversité.

Une source a exploité. Aucune idée.

12. Pensez-vous que le marais devrait être protégé ?

Oui Non Je ne sais pas.

13. Est-il important de conserver le marais ?

Oui Non Je ne sais pas

14. quelle procédure vous semble préférable pour le marais ?

Le terrassement et l'assèchement du marais. Autres propositions

L'aménagement et la conservation du marais. Aucune idée.

15. La conservation du marais est la responsabilité de :

L'état (les structures administratives) Les populations locales Les deux Aucune
idée

Autres spécifier ?

16. Quelle est l'approche la plus appropriée pour mener à bien la conservation du marais ?

Les sanctions pénales. La sensibilisation et l'éducation. La participation.

Autres (spécifier)

17. Qu'attendez-vous des autorités locales ?

Merci beaucoup pour votre participation. !