



## Thèse

POUR OBTENIR LE DIPLOME DE

### Doctorat 3ème Cycle

Filière : Biologie

Spécialité : Biodiversités et conservation

Thème :

---

## Valeur ornithologique du marais de Bussedra (Annaba, Nord-est de l'Algérie) et évaluation du degré de pollution

---

Présentée Par :

**HENNOUNI Mohamed Amine**

Thèse soutenue le 24 janvier 2024 devant le jury composé de :

01	Kadi Zahia	MCA	Université d'Oum El-Bouaghi	Président
02	Houhamdi Moussa	Pr.	Université de Guelma	Rapporteur
03	Saheb Menouar	Pr.	Université d'Oum El-Bouaghi	Co-rapporteur
04	Rizi Hadia	MCA	Université d'El-Tarf	Examineur
05	Baaloudj Affef	MCA	Université de Guelma	Examineur
06	Khammar Hicham	MCA	Université d'Oum El-Bouaghi	Examineur

**2023/2024**

## ***DEDICACES***

*A vous deux mes très chers parents, pour tous vos sacrifices, votre amour, votre tendresse, vos prières tout au long de mon parcours. Que ce travail soit l'accomplissement et le fruit de vos vœux tant attendus*

*A toi MERIEM, mon unique sœur pour tes encouragements permanents*

*A toi SAMY, mon très cher frère pour ton soutien moral*

*A toi WALID, mon beau frère pour ton appui et tes conseils sans relâche*

*A toute ma famille, je dédie cette thèse*

# **REMERCIEMENTS**

Pour commencer je m'incline devant Dieu le tout puissant et lui signifier ma reconnaissance pour toute l'aide qu'il m'a apporté durant toute ma vie.

Toute ma gratitude au **Professeur Houhamdi Moussa**, responsable du laboratoire de Biologie, Eau et Environnement de l'Université de Guelma et Directeur de ce travail, qui a cru en moi pour mener à bien cette recherche; pour sa patience, ses orientations, ses encouragements, ses suggestions, son aide précieuse lors des différentes sorties et dans la correction de ce manuscrit mais surtout de son amitié et ses qualités humaines. Merci Honorable Monsieur.

Un grand merci également au professeur Saheb Menouar, Co-Directeur de cette thèse, pour avoir toujours été prêt à partager ses connaissances. Outre sa compétence, il représentera toujours pour moi un exemple de dynamisme et de sagesse.

Toute ma reconnaissance au Docteur Kadi Maître de conférences à l'université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider et juger ce travail malgré ses nombreuses préoccupations. Il m'est agréable de lui exprimer ma sincère gratitude et mon profond respect.

J'exprime mes vifs remerciements au Docteur Baaloudj Afef, Maître de conférences et enseignante à l'Université de Guelma, qui a accepté d'examiner ce travail et faire partie de cet honorable jury. Je ne saurai la remercier pour son déplacement.

Ma sincère gratitude au Docteur Rizi Hadia, Maître de Conférence et enseignante à l'université d'El Tarf pour avoir accepté de juger cette thèse et son aide précieuse et ses encouragements durant toutes ces années d'études

Mes plus sincères remerciements au Professeur Khamar Hichem, de l'université d'Oum El Bouaghi pour avoir toujours répondu présent quand j'avais besoin de lui et pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Ma profonde gratitude à tous les professeurs et chercheurs de cette université ainsi que d'autres établissements trop nombreux pour les citer, qui par leurs paroles, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions durant ma recherche.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble du personnel et notamment Mr Amir pour leurs aides précieuses durant toute la période que j'ai passée à l'université Larbi Ben M'Hidi

Je ne saurais témoigner toute ma gratitude à mon cousin Mehdi et son épouse pour leur accueil chaleureux, leur confiance et leur soutien inestimable.

Je tiens également à exprimer toute ma reconnaissance à toute la famille Bezzaz pour leur grande hospitalité, leur gentillesse et leur soutien

Je souligne ma reconnaissance à tous (tes) mes amis (es) qui se reconnaissent si bien ici en particulier Mr Bezzaz Youcef pour avoir toujours été à mes côtés pour leur encouragements qui m'ont été d'une grande aide. Je leur souhaite une vie pleine de succès.

Enfin, toutes les paroles du monde ne sauront exprimer ma profonde reconnaissance à mes chers parents, pour tous les tracas qu'ils ont subis avec moi, pour leur grande patience, leur grande compréhension mais surtout pour leur aide précieuse et inconditionnelle

Un grand et profond merci à mon très cher frère et unique frère SAMY, ma sœur Meriem et son mari Walid pour leur soutien et encouragements dont ils ont fait preuve dans les moments difficiles.

A vous tous je dis MERCI

## RESUME

Ce travail vise en premier lieu à estimer la qualité physico-chimique et biologique des eaux superficielles de deux sites d'un plan d'eau situé dans la Daira d'El Bouni (Wilaya d'Annaba) en l'occurrence le marais de Boussedra et déterminer l'ampleur de son altération. En effet, les résultats obtenus, expliquent le choix de ce site subissant une contamination anthropique. Les analyses des différents indices physico-chimiques de ces eaux révèlent que la température, la teneur en sels, la quantité d'oxygène gazeux dans l'eau, le potentiel d'hydrogène et les particules en suspensions sont fonction des variations des saisons et également des rejets domestiques. Pour ce qui est des paramètres de minéralisation, les résultats ont montré des teneurs élevées en sels minéraux (en calcium et en magnésium), Concernant les différents tests relatifs aux teneurs en azote, en phosphates et en potassium, les valeurs obtenues n'ont présenté presque aucune propriété physico-chimique appropriée ou adaptée aux règles nationales et internationales en particulier : l'OD, le titre hydrotimétrique, le  $\text{Ca}^{++}$  et le  $\text{Mg}^{++}$ , la conductivité électrique, le chlore, le potassium, les orthophosphates, l'ion ammonium et les nitrites. De ce fait, ils font qu'elles soient très polluées. Concernant les analyses bactériologiques, les différents tests de dénombrement des germes et de contamination, ont affirmé la présence des germes totaux, coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques dans les deux sites. Ces bactéries sont indicatrices d'une contamination fécale. Cette forte contamination s'explique par une grande anthropisation à laquelle est exposé le marais. Ainsi, ce plan d'eau est très pollué et présente un risque sur la santé humaine.

-La seconde partie du travail vise l'analyse de la richesse de l'avifaune aquatique sur une période de deux années (2017 à 2019). L'analyse des différents résultats recueillis nous a permis de distinguer la composition et la structure de l'avifaune que comporte ce plan d'eau. A cet effet, l'abondance maximale enregistrée dans cette région d'étude est de 3126 individus, composée de 15 familles et 10 ordres. En somme 41 espèces ont été recensées avec une période hivernale plus diversifiée. Les Anatidés sont les plus présents ayant un effectif de 10 espèces parmi les seize 16 citées en Algérie, révélant l'importance du site à accueillir un peuplement aviaire riche et abondant. Au niveau de ce plan d'eau, les plus importantes valeurs des

différents indices écologiques révélateurs de l'équilibre des populations, ont été recueillies durant l'hiver ( $H'=3,57$  et  $E= 0.75$ ). Le statut phénologique le mieux représenté est le statut des sédentaires nicheurs et des migrateurs hivernants suivi par les estivants de passage et enfin les migrateurs de passage. Ce qui indique que le site est un lieu opportun pour l'hébergement, l'hivernage et le repos d'une grande diversité d'oiseaux migrateurs.

**Mots clés :** Zone humide périurbaine, Marais de Boussedra, Paramètres physico-chimiques ; pollution, Avifaune aquatiques, Statut phénologique, Annaba, Algérie.

## ABSTRACT

Our work is divided into two parts (02) :

The first part of this study is to assess the physico-chemical and bacteriological quality of the surface waters of two sites of a water body located in the El Bouni's Daira action (Wilaya) In fact, the results obtained explain the choice of this site with domestic, industrial and agricultural pollution. Analyses of the physicochemical parameters of these waters reveal that temperature, salinity, dissolved oxygen, pH and suspensions are dependent on seasonal fluctuations and household releases as well. With respect to mineralization parameters. The results showed high levels of mineral salts (calcium and magnesium), with regard to the different tests of nutrients such as nitrogen, phosphates and potassium, with no specific physicochemicals. As a result, they are much polluted. For bacteriological analyses, different germ count and contamination tests reported total germs, total coliforms, faecal coliforms and streptococci at both sites. These bacteria are indicative of faecal contamination. This high contamination is due to a high degree of anthropogenicity that the marsh is exposed to. This water body is much polluted and poses a risk to human health. The second part of the work involves studying the diversity of waterbirds over a two-year period (from 2017 to 2019). The synthesis of the data has enabled us to distinguish the composition and structure of the water body. To this end, the maximum abundance recorded in this study area is 3126 individuals, composed of 15 families and 10 orders.

41 species were identified with a more diversified winter period. The most prominent order is that of the Charadriiforms, which includes 06 families and 13 species. The Anatidae family is most abundant with 10 of the 16 species in Algeria, revealing the importance of the site to host a rich and abundant avian stand. At the water body level, the most important values of the different ecological indices of population balance were collected during the winter ( $H' = 3.57$  and  $E = 0.75$ ). The best-represented phenological status is the status of nesting sedentary and winter migration followed by transient summer and finally transient migrants. This indicates that the site is a suitable venue for hosting, wintering, winning and restoring a large and diverse range of migratory birds.

**Key words:** peri-urban wetland, Boussedra Marsh, physico-chemical parameters; pollution, aquatic avifauna, Statusphenological, Annaba, Algérie .

## الملخص

يهدف هذا العمل أولاً إلى تقدير الجودة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه السطحية من موقعين لمسطح مائي يقع في ديرة البوني (ولاية عنابة) في هذه الحالة مستنقع بوسدره وتحديد مدى تغييره. في الواقع، النتائج التي تم الحصول عليها، تفسر اختبار هذا الموقع الذي يتعرض للتلوث البشري. تكشف تحليلات المؤشرات الفيزيائية الكيميائية المختلفة لهذه المياه أن درجة الحرارة ومحتوى الملح وكمية الأكسجين الغازي في الماء وإمكانات الهيدروجين والجزئيات المعلقة تعتمد على الاختلافات الموسمية وكذلك على الانبعاثات المحلية. بالنسبة لبارامترات التمعن، أظهرت النتائج مستويات عالية من الأملاح المعدنية (الكالسيوم والمغنيسيوم)، فيما يتعلق بالاختبارات المختلفة المتعلقة بالنيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم، أظهرت القيم التي تم الحصول عليها عدم وجود خصائص فيزيائية فيزيائية مناسبة أو كيفية مع القواعد الوطنية والدولية على وجه الخصوص (OD، hydrotimmetric titre، Ca + و MM+، الموصلات كهربائية، كهربائية، الكلونات، الكلور، الكلور، الكلور، نتيجة لذلك، يجعلونها ملوثة للغاية. وفيما يتعلق بالتحليلات البيولوجية، أكدت الاختبارات المختلفة لخصر الجراثيم والتلوث وجود جراثيم كلية، وأشكال قولونية كلية، وقولونيات برازية، وعقدية في كلا الموقعين. هذه البكتيريا تشير إلى تلوث البراز. يتم تفسير هذا التلوث العالي من خلال النشاط البشري الكبير الذي يتعرض له المستنقع. ونتيجة لذلك، فإن هذا الجسم المائي شديد التلوث ويشكل خطراً على صحة الإنسان. -يهدف الجزء الثاني من العمل إلى تحليل ثراء الأفيونا المائية على مدى عامين (2017 إلى 2019). سمح لنا تحليل النتائج المختلفة التي تم جمعها بالتمييز بين تكوين وهيكل الأفيونا2

سمح لنا تحليل النتائج المختلفة التي تم جمعها بالتمييز بين تكوين وهيكل الأفيونا التي يتكون منها هذا السطح المائي. ولهذا الغرض، فإن الحد الأقصى للوفرة المسجلة في مجال الدراسة هذا هو 3126 فرداً، يتألفون من 15 أسرة و 10 أوامر. باختصار، تم تحديد 41 نوعاً بفترة شتاء أكثر تنوعاً. أناتيدي هي الأكثر حضوراً حيث يبلغ عدد سكانها 10 أنواع من بين 16 نوعاً تم الاستشهاد بها في الجزائر، مما يكشف عن أهمية الموقع لاستضافة مجموعة غنية ووفرة من الطيور. في هذا المسطح المائي، أهم قيم

تم جمع مؤشرات إيكولوجية مختلفة تكشف عن التوازن السكاني خلال فصل الشتاء ( $H' = 3.57$ ) و ( $E = 0.75$ ) أفضل حالة فيرولوجية ممثلة هي حالة تعشيش المهاجرين المستقرين والشتاء يليهم الزوار الصيفيون العابرون وأخيراً المهاجرين العابرين. وهذا يدل على أن الموقع مكان مناسب لإيواء مجموعة واسعة من الطيور المهاجرة واستراحتها في فصل الشتاء.

**الكلمات الرئيسية:** الأراضي الرطبة شبه الحضرية، مستنقع بوسيدرا، بارامترات فيزيائية كيميائية؛ التلوث، الأفيونا المائية، الحالة الفينولوجية، عنابة، الجزائر.

## LISTE DES FIGURES

N°	Intitulé	Page
1	Zone humide (Anonyme, 2014)	3
2	Zones humides (Fleurant, 2016)	4
3	Zones humides (DREAL Auvergne-Rhône-Alpes,)	6
4	Distribution des zones humides d'Algérie classées (la liste Ramsar (Benhassine-Gherzouli, 2013)	7
5	Localisation du marais de Boussedra EL BOUNI ANNABA 2018.	11
6	Situation du marais de Boussedra (Google Earth 2017).	12
7	Situation géographique du Marais de Boussedra (Aberkane <i>et al.</i> , 2013	12
8	photo du marais de Boussedra (Hennouni, 2018).	13
9	Photos du marais de Boussedra (Hennouni,2018)	14
10	Photo du marais de Boussedra Hérons garde bœufs (Hennouni 2018)	14
11	Photo du marais Boussedra la Foulque Macroule (Hennouni 2018	14
12	La zone urbaine entourant le Marais de Boussedra (Hennouni, 2018	15
13	Bidonvilles et constructions entourant le Marais de Boussedra (Hennouni 2019)	16
14	Chantier de construction autour du marais de Boussedra (Hennouni 2019)	16
15	Progression de l'humidité relative de la station météorologique d'Annaba période (1998-2018	18
16	Evolution de la vitesse moyenne éolienne dans la wilaya d'Annaba période (1998- 2018)	19
17	Evolution de la T°C moyenne de la région d'Annaba pour la durée (1998-2018)	19
18	Précipitation moyenne de la wilaya d'Annaba période (1998-2018).	20
19	Diagramme pluvio-thermique de la Wilaya d'Annaba durant la période (1998-2018).	21
20	Position de la région d'Annaba dans le Climagramme d'Emberger (1998-2018)	22
21	Localisation des points du prélèvement au niveau du plan d'eau de Boussedra (Googleearth	24
22	Photo du turbimètre ou néphélomètre ( <a href="https://www.iso.org/fr/standard/62801.html">https://www.iso.org/fr/standard/62801.html</a> )	26
23	Galerie API 20E (bioMérieux, 2010).	40
24	Milieu citrate de Simmons	40

25	Relevé de la température de l'eau du marais Bousdedra au niveau des deux sites (S1, S2) (2017-2018)	49
26	Relevés du pH de l'eau du marais de Bousdedra dans les deux sites (S1,S2) (2017-2018)	50
27	Variation de conductivité électrique au niveau de l'eau du marais Bousdedra durant l'année 2017-2018	52
28	Variation de la turbidité de l'eau du marais Bousdedra au niveau des deux sites (S1,S2) (2017-2018)	53
29	Variation de la teneur en oxygène dissous (mg/L) dans l'eau du marais Bousdedra au niveau des deux sites (S1 et S2)(2017-2018)	54
30	Variation de la quantité de matières en suspension (MES) (mg/l) dans l'eau du marais Bousdedra pour les deux sites 01 et 02 (année 2017-2018).	56
31	Variation de la teneur en résidus secs (RS) (mg/l) des eaux des 02 sites étudiés (Année 2017-2018).	58
32	Variation de la teneur en matière organique (mg/l) des eaux des 02 sites (S1,S2) étudiés (2017-2018).	59
33	Valeurs du titre hydrotimétrique (TH°) de l'eau des sites (S1, S2) (2017- 2018)	60
34	Variation mensuelle de la teneur en Calcium (mg/l) dans les deux sites étudiés du marais de Bousdedra (2017-2018)	61
35	Variation mensuelle de la teneur en magnésium (mg/l) dans les deux sites étudiés du marais de Bousdedra (2017-2018).	62
36	Oscillation de la concentration en Chlore (mg/l) dans les deux sites étudiés du marais de Bousdedra ( 2017-2018).	63
37	Variation de la concentration en potassium (mg/l) au niveau des deux sites étudiés du marais de Bousdedra (2017- 2018).	64
38	Evolution de la concentration en Sulfates (mg/l) pour les deux sites étudiés du marais de Bousdedra (2017-2018).	65
39	Variation mensuelle des Ortho-phosphates (mg/l) dans le marais de Bousdedra (Janvier à Décembre 2018).	66
40	Variation mensuelle de la quantité en ions ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) dans les deux sites étudiés du marais de Bousdedra (2017-2018).	67
41	Variation mensuelle de la concentration en Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )(mg/l) pour les deux sites (S1,S2) du marais de Bousdedra (2017-2018).	69
42	Variation mensuelle de la teneur en nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/l) dans l'eau du marais de Bousdedra (2017- 2018).	70
43	Fluctuation dans la teneur en Germes Totaux (10 <sup>5</sup> /ml) dans les deux sites étudiés du marais de Bousdedra (2017- 2018).	72
44	Variation de la teneur en Coliformes totaux (10 <sup>5</sup> Ct/ml) au niveau des deux sites étudiés du marais de Bousdedra (2017- 2018).	73
45	Fluctuation de la teneur en Coliformes fécaux (10 <sup>3</sup> Cf/ml) au niveau des deux Sites	74
46	Fluctuation de la teneur des Streptocoques fécaux (100/ML) au niveau des deux sites du marais de Bousdedra (2017-2018).	76
47	Pourcentage de présence des espèces bactériennes identifiées au niveau du site 1 en (%).	81

<b>48</b>	Pourcentage de présence des espèces bactériennes identifiées au niveau du site 2 en (%.)	<b>81</b>
<b>49</b>	Répartition des groupes de souches bactériennes au niveau du site 01 en (%.)	<b>83</b>
<b>50</b>	Répartition des groupes de souches bactériennes au niveau du site 02 en (%).	<b>84</b>
<b>51</b>	Richesse spécifique des familles d'oiseaux aquatiques du Marais de Bousedra pour la période (2017 à 2019)	<b>86</b>
<b>52</b>	l'effectif des Anatidés répertorié dans le marais de Bousedra 2017/2019	<b>89</b>
<b>53</b>	Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>90</b>
<b>54</b>	Occupation Spatiale du Fuligule nyroca <i>Aythya nyroca</i> et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>91</b>
<b>55</b>	Occupation Spatiale du Canard Colvert et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>92</b>
<b>56</b>	Occupation Spatiale du Canard Chipeau et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>93</b>
<b>57</b>	Occupation Spatiale du Canard siffleur et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>94</b>
<b>58</b>	Occupation Spatiale du Canard Pilet et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>95</b>
<b>59</b>	Occupation Spatiale du Canard souchet et évolution des effectifs dans le marais	<b>96</b>
<b>60</b>	Occupation Spatiale de la Sarcelle d'hiver et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra 2018/2019	<b>97</b>
<b>61</b>	Occupation Spatiale de la Sarcelle marbrée et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>98</b>
<b>62</b>	Occupation Spatiale de l'Erismature à tête blanche et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>99</b>
<b>63</b>	Effectif des espèces de la famille des Rallidés répertorié dans le marais de Bousedra 2017/2019	<b>100</b>
<b>64</b>	Occupation Spatiale de la Poule d'eau et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra (2018, 2019).	<b>101</b>
<b>65</b>	Occupation Spatiale de la Foulque macroule et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>102</b>
<b>66</b>	Occupation Spatiale de la poule Sultan et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>103</b>
<b>67</b>	Effectif des Ardéidés répertoriés dans le marais 2017/2019	<b>104</b>
<b>68</b>	Occupation Spatiale du Heron cendré et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>105</b>
<b>69</b>	Occupation Spatiale du Héron Pic-bœufs et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra (2017/2019)	<b>106</b>
<b>70</b>	Occupation Spatiale du Héron crabier et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>107</b>
<b>71</b>	Occupation spatiale du Héron bihoreau et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>108</b>
<b>72</b>	Occupation spatiale et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra (2018-2019)	<b>109</b>
<b>73</b>	Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra	<b>110</b>
<b>74</b>	Occupation Spatiale du Blongio nain et évolution des effectifs dans le marais de Bousedra (2018-2019)	<b>111</b>

<b>75</b>	Effectif des Charadriidés répertoriés dans le marais de Boussedra 2017/2019	<b>112</b>
<b>76</b>	Occupation Spatiale et Evolution des effectifs du G. gravelot dans le marais de Boussedra (2018 et 2019)	<b>113</b>
<b>77</b>	Occupation Spatiale et Evolution des effectifs du p. gravelot dans le marais de Boussedra (2018 -2019)	<b>114</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>01</b>	Moyenne mensuelle du taux d'hygrométrie enregistré de la station météo des Salines (1998-2018)	<b>18</b>
<b>02</b>	Moyenne mensuelle du vent de la station d'Annaba (1998-2018)	<b>18</b>
<b>03</b>	Température moyenne mensuelle de la wilaya d'Annaba (1998-2018)	<b>19</b>
<b>04</b>	Pluviométrie moyenne mensuelles de la Région d'Annaba (1998-2018).	<b>20</b>
<b>05</b>	Détermination de la nature des eaux en fonction de leurs pH (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).	<b>26</b>
<b>08</b>	Résultats de l'identification biochimique	<b>79</b>
<b>09</b>	Inventaire de l'avifaune aquatique au sein du Marais de Boussedra (2017/2018)	<b>143</b>
<b>10</b>	Inventaire de l'avifaune aquatique au sein du Marais de Boussedra (2018/2019)	<b>144</b>

# SOMMAIRE

## Résumé

## Liste des figures

## Liste des tableaux

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>01</b>
<b>PARTIE I. EXPERIMENTALE</b>	<b>10</b>
<b>CHAPITRE I. APERCU SUR LA REGION D'ETUDE</b>	<b>11</b>
1.2.1. Composition floristique	13
I.2.2. Composition faunistique	15
I.2.3. Aspect socio-économique	15
I.2.4. Système hydrique	16
I.2.5 Données hydrologiques	17
I.3. La climatologie	17
I.3.1. Caractéristiques de la station de référence	17
I.3.2. Les données climatiques	17
<b>CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES</b>	<b>23</b>
<b>II.1. MATERIEL</b>	<b>23</b>
II.1.1. Matériel biologique	23
II.1.2. Matériel utilisé sur le terrain	23
<b>II.2. METHODES</b>	<b>23</b>
<b>II.2.1. Choix des sites d'échantillonnage</b>	<b>23</b>
<b>II.2.2 Prélèvement des échantillons</b>	<b>24</b>
<b>II.2.3. Etude physico-chimique</b>	<b>25</b>
<b>II.2.3.2. Paramètres physiques</b>	<b>25</b>
II.2.3.2.1 Mesure de la température (T)	25
II.2.3.2. 2. Conductivité Electrique (CE)	25
II.2.3.2.3. Mesure de la Turbidité	25
<b>II.2.3.3 Facteurs chimiques</b>	<b>26</b>
II.2.3.3.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	26
II.2.3.3.2. Mesure de la teneur en Oxygène gazeux (OD)	27
II.2.3.3.3. Calcul de la quantité des matières en suspension (MES)	27
II.2.3.3.4. Calcul de la quantité en Résidu sec (RS)	27
II.2.3.3.5. Facteurs de minéralisation globale	28
II.2.3.3.6. Les éléments de Pollution	29
<b>II.2.4. Etude bactériologique</b>	<b>33</b>

II.2.4.1. Prélèvement de l'eau	33
II.2.4.2. Examens bactériologiques	33
II.2.4.3. Méthodes d'analyse bactériologique	35
<b>II.2.5. Dénombrement des oiseaux d'eaux</b>	<b>44</b>
II.2.5.1 Méthodes utilisées	44
II.2.5.2. Le choix des endroits d'observation	45
<b>A) La richesse spécifique</b>	<b>45</b>
<b>B) La richesse totale (S)</b>	<b>45</b>
<b>C) La richesse moyenne (Sm)</b>	<b>45</b>
<b>D) L'abondance (N)</b>	<b>46</b>
<b>E) L'indice de Shannon</b>	<b>46</b>
<b>F) L'Indice d'équitabilité</b>	<b>46</b>
<b>G) Analyse statistique</b>	<b>46</b>
<b>PARTIE II. RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>49</b>
<b>II.1. Analyse qualitative du milieu</b>	<b>49</b>
<b>II.1.1. Résultats des variables physiques</b>	<b>49</b>
II.1.1.1. La température	49
II.1.1.2. pH	50
II.1.1.3. Résultats de la conductivité électrique $\mu\text{S}/\text{cm}$	52
II.1.1.4. Résultats de la turbidité (NTU)	53
II.1.1.5. Consistance en Oxygène Dissous (OD)(mg/L	54
<b>II.1.2. Résultats de l'étude chimique du milieu</b>	<b>56</b>
II.1.2.1. Concentrations de l'eau en matières en suspension (MES) (mg/l)	56
II.1.2.2. Teneur en eau en résidu sec (RS) (mg/l)	58
II.1.2.3. Concentration en matières organiques (MO) (mg/l)	59
II.1.2.4. Dureté de l'eau (TH)	60
II.1.2.5. La teneur des eaux en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) mg/l.	61
II.1.2.6. La teneur en eau en magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) mg/l	62
II.1.2.7. Teneur en eau en Chlore (mg/l)	63
II.1.2.8. Teneur en eau en potassium (mg/l)	64
II.1.2.9. Teneur en eaux en sulfates (mg/l)	65
I.1.2.10. Teneur en Ortho phosphates (mg/l)	66
II.1.2.11. Teneur en eau en ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (mg/l)	67
II.1.2.12.. Teneur en eau en Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )(mg/l)	69
II.1.2.13.. Teneur en eau en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) (mg/l)	70

<b>II.1.3. Les paramètres bactériologiques</b>	71
II.1.3.1. Résultats du dénombrement des germes totaux	72
II.1.3.2. Résultats du comptage des Coliformes totaux	73
II.1.3.3. Résultats du dénombrement des Coliformes Fécaux	74
II.1.3.4. Résultats du comptage des Streptocoques fécaux	76
II.1.3.5. Résultats d'identification biochimique	77
<b>II. 2. ECOLOGIE ET EVOLUTION DES OISEAUX DU MARAIS DE BOUSSEDRA.</b>	85
<b>II.2.1. Inventaire des espèces</b>	85
<b>II.2.2. Analyse globale du peuplement</b>	86
<b>II.2.3. Composition phénologique des espèces</b>	87
II.2.3.1. Les migrateurs d'hiver (hivernants)	87
II.2.3.2. Les migrateurs de l'été (estivants)	87
II.2.3.3. Les migrateurs de passage	87
II.2.3.4. Les Sédentaires nicheurs	87
II.2.3.5. Estivants non nicheurs	88
<b>II.3.4. Lois de préservation de l'avifaune aquatique du marais</b>	88
<b>II.3.5. Phénologie de l'Avifaune Aquatique</b>	88
II.3.5.1. Les Anatidés	88
II.3.5.2. Les Rallidés	100
II.3.5.3. Les Ardéidés	104
II.3.5.4. Les Charadriidés	112
II.3.5.5. Les Scolopacidés	117
II.3.5.6. Les Podicipedidés	122
II.3.5.7. Les Threskirmithidés	125
II.3.5.8. Les Phalacrocoracidés	128
II.3.5.9. Les Ciconiidés	130
II.3.5.10. Les Phœnicopteridés	132
II.3.5.11. Les Récurvirostridés	134
II.3.5.12. Les Glaréolidés	137
II.3.5.13. Famille des Laridés	138
II.3.5.14. Famille des Sternidés	140
II.3.5.15. Famille des Falconidés	142
<b>II.4. Evolution des Indices Ecologiques</b>	145
<b>II.5. Analyse multivariée des données</b>	149
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	155
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	160
<b>ANNEXE</b>	172

- **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

Les milieux humides englobent des habitats intérieurs diversifiés ( des étendues de marais, des tourbières, de fagnes, des cours d'eau naturelles ou artificielles, temporaires ou permanentes , des lacs et des rivages, les mangroves et les herbiers marins). Elles comprennent également les formations de corail et divers milieux marin (Grobicki *et al.*,2016).

Selon Zadri (2009) ; Benhallouche (2015), les zones humides sont des écosystèmes les plus étendus de la planète. Elles constituent les grands réservoirs de la biodiversité. Elles présentent un intérêt exceptionnel par le nombre important d'espèces animales et végétales qu'elles abritent. Ces dernières sont complexes et fascinantes.

Elles possèdent une multitude de fonctions d'une importance vitale pour l'environnement et pour la société. Elles permettent également la régulation du débit d'eau en retenant les débits d'orage pendant de courtes périodes réduisant ainsi les pointes de crue. Elles protègent les rives du lac et les zones côtières en amortissant l'action érosive des vagues et d'autres effets de tempête. Elles jouent le rôle d'éponges naturelles en améliorant la qualité hydrique, elles retiennent, transforment les nutriments en excès et piègent les sédiments et les métaux lourds (Fustec et Frochot, 1996 ; Bressan *et al.*, 2006 ; Anonyme., 2015b ; Gayet *et al.*, 2016 ). Elles fournissent également aux nombreuses espèces sauvages les composantes de l'habitat telles que la reproduction, les terrains, les sites de nidification et autres habitats essentiels pour une variété de poissons ainsi que d'autres plantes et animaux menacés et en voie de disparition.

Les zones humides offrent également une multitude de produits végétaux et animaux comme les bleuets, les canneberges, les bois, les fibres, les poissons, les crustacés, la sauvagine, les animaux à fourrure et le gibier (Welsch *et al.*, 1995 ; Hubert et Marin, 2001) (figure 01)



**Figure 1** : Zone humide (Anonyme, 2014)

Les mêmes auteurs rapportent que bien que ces zones soient généralement bénéfiques, elles peuvent parfois nuire à la qualité hydrique par l'élévation du nombre de germes pathogènes tel que les coliformes, une réduction de l'oxygène gazeux et une modification de la couleur hydrique dépassant même la norme admise. Même si de nombreuses fonctions de ces zones ne sont pas touchées par les activités agricoles, certaines d'entre-elles peuvent être compromises ou améliorées par ces dernières. La déforestation contribue à l'augmentation des pics de crue. Ainsi, la conservation de la végétation forestière en terres humides favorise l'absorption des eaux de ruissellement et la baisse des inondations.

Eldredge (1998) et Daroui (2021), relatent le grand intérêt que ces milieux puissent offrir quotidiennement à l'être humain en utilisant directement leurs ressources en eau. Néanmoins, ces zones sont très menacées. Elles sont détruites à un rythme sans précédent par des actions anthropiques comme des pompages excessifs, l'érosion des sols, la pollution par les intrants et l'évacuation des eaux des égouts provoquant l'eutrophisation, le surpâturage qui élimine le couvert végétal, le tourisme ainsi que l'édification de retenues et de digues, la chasse et le braconnage ainsi que le manque d'entretien (Costa *et al*, 1996 ; Houhamdi, 2002, Boumezbeur, 2004 ; Metallaoui, 2010 ; Zaafour, 2012, Benhallouche, 2015 ; Boudraa, 2016).

Les oiseaux peuplent la planète, on les retrouve sur les continents, en mer, sur les étendues d'eau douce, et dans quasiment tous les milieux, des basses plaines désertiques aux plus hautes montagnes. L'avifaune aquatique est considérée comme un élément

essentiel des milieux palustres (Boudraa, 2016). Les espèces constituant ce groupe sont reconnues pour leurs caractères souvent grégaires (Bediaf et *al.*, 2020).

La Convention de Ramsar les définit également comme "des oiseaux dont l'écologie est liée aux zones humides". Wetlands International considère les espèces suivantes comme avifaunes hydriques : les Plongeurs/Huards, les Grèbes, les Pélicans, les Cormorans, les Anhingas, les Hérons, les Ibis et les spatules, les Cigognes, les Échasses et Avocettes, les Mouettes, Goélands, Sternes et les Bec-en-ciseaux.

Des études très approfondies se sont intéressées à l'écologie, la migration, l'hivernage et à la cadence des agissements de la faune aquatique tel que les canards, les oies, les sternes, les hérons etc...( Allouche *et al.*,1989). Des chercheurs comme Everar (2008) ; Hamel (2011) ; Zitouni (2014) et Boudraa (2016), indiquent que la manifestation des oiseaux nicheurs dans les plans d'eau révèle sur la nature de l'hydrosystème, qui est considéré comme indispensable pour que les oiseaux puissent accomplir leur cycle biologique. Selon Fustec *et al* (2000), ces derniers exploitent ces milieux pendant les phases de leurs cycles biologiques qui dépendent de leurs exigences écologiques. Triplet (2015), indique qu'une zone ne devienne importante



**Figure 2 :** Zones humides (DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, Fleurant, 2016)

Une grande partie d'oiseaux d'eau présente le phénomène de migration. Chaque année, ils se déplacent d'une façon périodique et régulière à des milliers de kilomètres, dans le but de rechercher des conditions climatiques et trophiques parmi les lieux qui serviront à la construction de leurs nids et à leur hibernation mais aussi à la quête de leurs exigences environnementales et alimentaires les plus favorables (Rizi, 2018). Ces derniers, forment une classe de vertébrés où se rencontrent le plus de migrateurs et où les déplacements réguliers revêtent le maximum d'ampleur. L'adaptation au vol permet aux oiseaux de coloniser les zones les plus lointaines du globe ainsi que les habitats et les niches écologiques les plus variés. Pour une vaste majorité d'entre eux, cette adaptation au vol est devenue la fonction de survie essentielle leur permettant d'exploiter tour à tour les ressources d'habitats éloignés les uns des autres, parfois de plusieurs milliers de kilomètres (Chabi., 2009).

D'après Gerard (1987), la migration est considérée comme une caractéristique biologique des oiseaux des plus impressionnantes. A cet effet plusieurs travaux de recherche ont conclu que la distribution des oiseaux aquatiques est bien réglée aussi bien temporelle que spatiale ( Raveling 1979, Gullestrad et *al.*, 1984, in Aberkane, 2013)

Selon Jarry (1988), les oiseaux, durant leurs déplacements annuels, réalisent deux (02) allers retours dont l'un est prénuptial nommé le REMONT, il a lieu du Sud vers le Nord durant la saison printanière et l'autre postnuptial ou (DESCENTE) et qui se déroule du Nord vers le Sud pendant la saison Été-Automne.

La région méditerranéenne est très riche en milieux humides où elle compte environ 15 à 22 millions d'hectares (figure 01) Ces dernières possèdent des caractéristiques semblables, vu leur climat, leur topographie et leur géologie (Britton et Crivelli, 1993 in Boudraa, 2016). Selon Chekchaki (2012), les zones de ces pays font face à des problèmes similaires. Cette endroit est également pris pour « hot spot » de la diversité biologique pour de nombreux groupes taxonomiques (Perennoux, 2014 ; Blondel et Aronson, 1995 ; Cowling et *al.*, 1995 in Rizi 2018)(figure 03).



**Figure 03 :** Zones humides méditerranéennes (Agence de l'eau <https://tourduvalat.org/zones-humides-mediterraneennes/>)

Cette région est réputée pour sa richesse en zones palustres les plus répandues, comme, les (mares momentanées, fleuves, deltas, lacs où une grande diversité d'animaux y vivent. Nombreux d'entre-deux sont permanents dans la zone.

L'Algérie, fait partie des pays méditerranéens occupant une place très privilégiée, parmi les pays du Paléarctique occidental. De par sa situation dans le continent Africain et son climat diversifié, elle bénéficie d'une vaste diversification de biotopes aquatiques. Sa place est stratégique dans les principes de migration, recevant ainsi des populations d'oiseaux, notamment celles d'origines différentes et empruntant des voies de déplacement de l'Europe. Les plus importants se rencontrent au niveau des deux principaux chemins d'émigration (Fly-Way) qui servent de relais entre les deux rives de la mer méditerranéenne et le Sahara (Anonyme, 2010 ; Metallaoui, 2010 ; Bensaci, 2013 ; Lazli *et al.*, 2018).

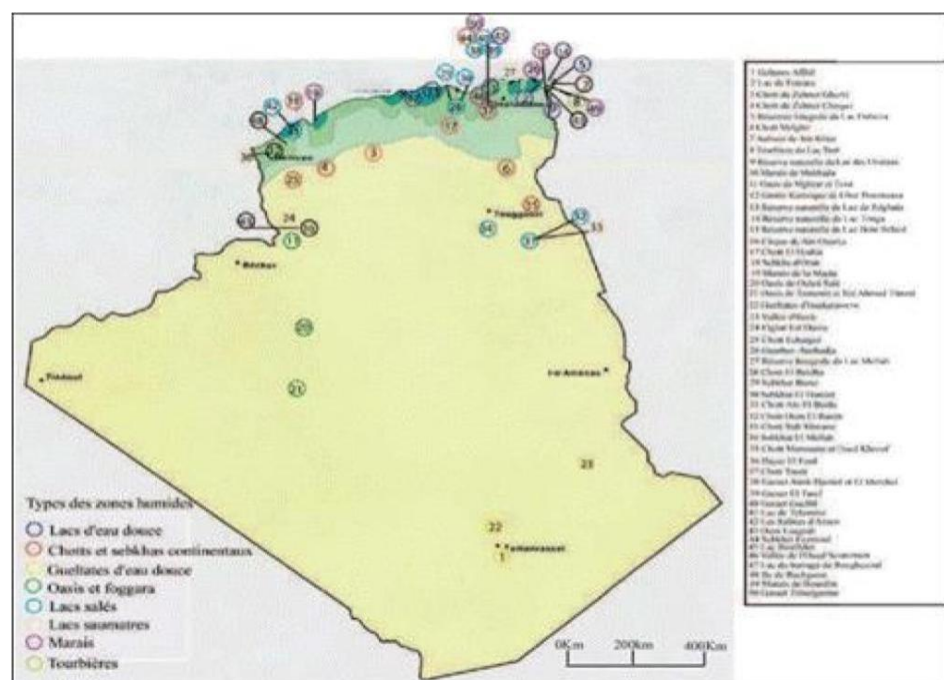
Selon Samraoui et Samraoui (2008), une grande diversité d'oiseaux est abritée en Algérie utilisant ces milieux aquatiques comme surfaces d'hibernation ou comme centre de relais ou de sites de la reproduction notamment pour celles hivernant plus au Sud. Néanmoins, ces zones ont demeuré, durant, une longue période, méconnues, ignorées et sous estimées

(Isenmann et Moali, 2000 in Chabi, 2009 ; Saifouni,2009). Tous les types de plans d'eau (lacs, marécages, des rivières, des retenues....)

constituent ces milieux. Afin de connaître le fonctionnement général de ces zones, Bendahmane et al (2016), recommandent une étude minutieuse quant à leur utilisation par les oiseaux des milieux aquatiques.

La région du Nord-est (wilayas de Skikda, d'Annaba et d'El-Tarf) renferme un remarquable et gigantesque éco-complexe de milieux aquatiques notamment les zones humides cataloguées sites Ramsar, tels Guerbes- Sanhadja dans la wilaya de Skikda. Ces derniers ont été amplement étudiés par plusieurs équipes de recherche (Metallaoui et Houhamdi, 2007 ; 2008 ; 2009 ; Metallaoui *et al.*, 2009 ; Metallaoui, 2010 ; Metallaoui et Houhamdi, 2010 ; Metallaoui *et al.*,2014). Un autre complexe considéré comme exceptionnel, c'est celui du Parc National d'El Kala riche en zones lacustres,marécageuses comme (le lac d'El Mellah, Oubeira et Tonga). La région d'Annaba comprend le lac Fezzara (Zaafour, 2012, Boubeker, 2021)

Le rapport de la DGF (2002), relate la vaste richesse biologique et écologique de cette partie qui est composée de 254 endroits aquatiques dont une bonne partie est d'une importance internationale (Figure 04). Par ailleurs, Timmermans *et al* (2008), signalent le disfonctionnement de ces zones hydriques par quelques espèces envahissantes causant ainsi une modification importante des peuplements biotique et par conséquent une dégradation et une détérioration de l'habitat.



**Figure 04 :** Distribution des zones humides en Algérie (la liste Ramsar) (Benhassine et Guerssouli, 2013)

De nombreuses recherches approfondies et porteuses ont été engagées dans le but de protéger ces écosystèmes. A cet effet des projets d'apprentissage des gestionnaires ont été arrêtés et appliqués par la DGF. Ainsi, et depuis un bon nombre d'année, cette structure procède annuellement au recensement hivernal de l'avifaune aquatique.

En Algérie, outre les zones citées précédemment, d'autres plans hydriques se trouvent dans les zones urbaines et périurbaines. Néanmoins ces derniers restent insuffisamment renseignés (Aberkane et *al.*, 2013). Parmi ces écosystèmes, les deux plans d'eau dans l'Oranie à savoir (la Macta et la Sebkhah) et le marais de Boussedra situé dans la région d'Annaba. Selon Boumezber (2004), un grand nombre de ces zones humides sont utilisés comme réservoir des éjections des égouts. La Macta sert comme un amas de boues et la Sebkhah d'Oran est prévue, après traitement, d'être un réservoir des eaux d'égouts d'Oran et de ses environs. Le plan d'eau de Boussedra est un milieu humide périurbain, semi fermé, non protégé, situé dans la wilaya d'Annaba. A l'instar, des milieux aquatiques urbains et périurbains, ce dernier est sujet à une grande pollution provoquée par les effluents liquides émanant des égouts du village d'El Bouni et des localités avoisinantes. Dans son étude sur cet hydrosystème, Boudraa (2016), mentionne que ces eaux usées contribuent à l'enrichissement du substrat pédologique en accumulant des quantités importantes de sels minéraux (macro et oligoéléments) favorisant ainsi la croissance et le développement de plantes nitrophiles et par conséquent à l'installation d'un peuplement d'oiseaux d'eaux caractéristique. D'autres auteurs, affirment que ce plan d'eau possède une importance prépondérante lors de l'émigration et la nidification de nombreux oiseaux. Ainsi, plusieurs familles de ces oiseaux ont été signalées et décrites dans les travaux de Boudraa (2016), à savoir : Les Anatidés (Fuligule nyroca, la sarcelle marbrée) ; Les Laridés (Goeland.) ; Les Ardeidés (Le Héron, l'aigrette, l'Ibis) et Les limicoles.

Le travail que nous présentons porte sur la contribution à l'étude et l'estimation de la biodiversité avienne de la mare urbaine de Boussedra (Daira d'El Bouni) d'une part. D'autre part le suivi de l'évolution de la faune avienne afin de déterminer leurs statuts phénologiques. L'étude de ce peuplement s'est déroulée sur un cycle bisannuel (période allant de 2017 à 2019). Ainsi cette présente thèse est structurée en plusieurs volets interdépendants :

- Une introduction détaillée sur la problématique en question
- Le premier volet traite la partie expérimentale avec ses différentes étapes à savoir : un aperçu sur la zone d'étude (sa situation géographique, son climat, son réseau hydrologique, sa pédologie, sa géologie et son biotope)
- Le second volet traite la partie expérimentale où toutes les techniques entreprises pour le comptage des espèces présentes ainsi que celles liées à l'analyse qualitative du milieu hydrique
- Le troisième volet traite les résultats obtenus, leur interprétation et leur discussion reliant l'ensemble des acquis aux données bibliographiques,
- Enfin une conclusion générale, faisant le point sur le niveau de réponse aux objectifs fixés et sur les perspectives envisagées pour compléter et faire évoluer ce travail.

# • PARTIE I. EXPERIMENTALE

- CHAPITRE I. APERCU SUR LA REGION D'ETUDE
- CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

## PARTIE I. EXPERIMENTALE

Cette étude cible deux objectifs :

- La connaissance de la diversité du milieu et inventaire des oiseaux d'eau d'une zone humide urbaine située dans la commune d'El Bouni, « le marais de Boussedra » tout en mettant le point sur les équilibres des populations aviennes (Abondance, RS, H', E), les modalités de distribution et l'occupation spatio-temporelle.
- D'autre part l'évaluation du degré d'une éventuelle pollution cet hydrosystème afin de cerner l'impact de l'environnement sur l'état de santé de ce milieu.

## CHAPITRE I. APERCU SUR LA REGION D'ETUDE

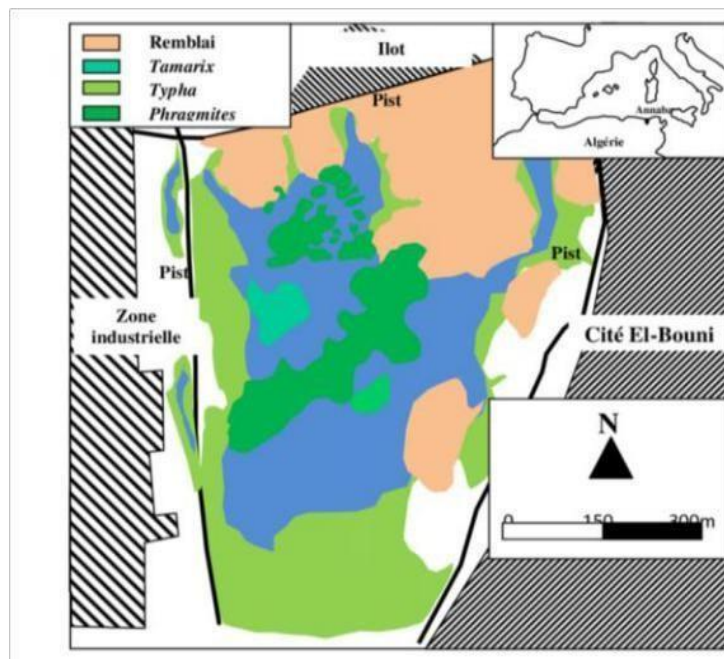
### I.1. Localisation :

Ce plan d'eau se trouve à 05 Km du chef-lieu de la Daira d'El Bouni (figure 05).

Ce dernier est considéré parmi les zones humides répertoriées à travers l'Algérie

et dont les coordonnées :

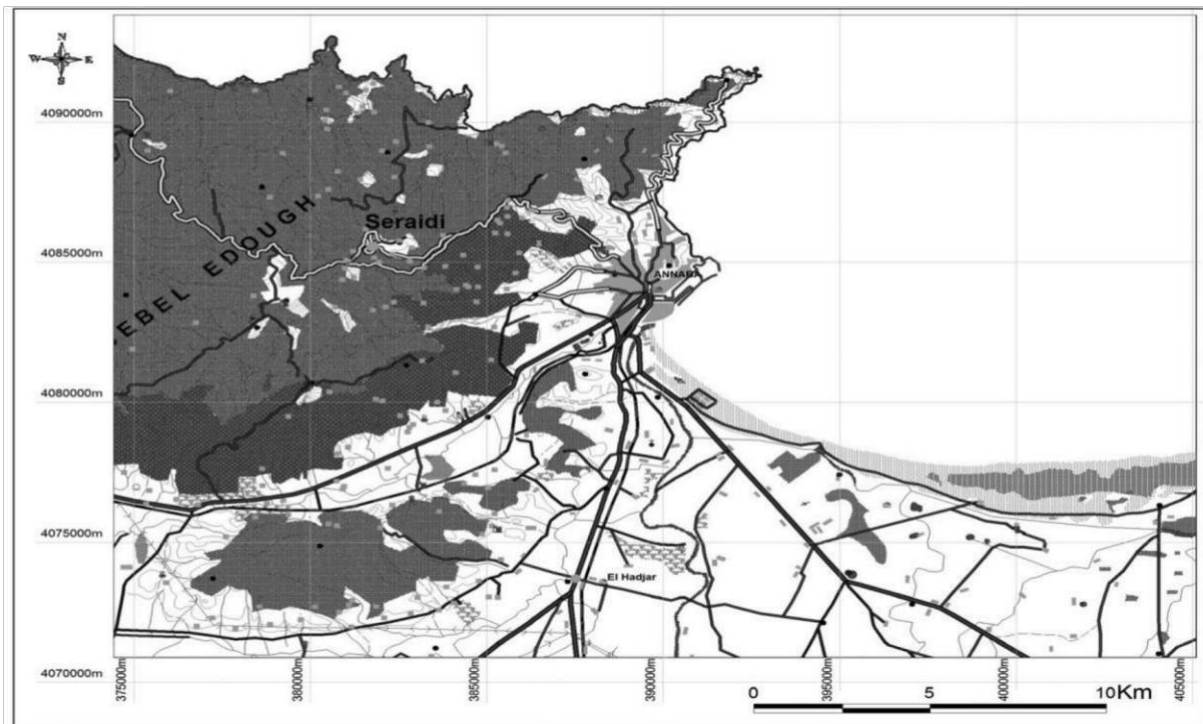
- Nord :  $36^{\circ}50'40.88''$ ,
- Est :  $7^{\circ}43'37.30''E$  (Figure06).



**Figure 05:** Localisation du marais de Boussedra El-Bouni-Annaba ( 2018)



**Figure 06 :** Situation du marais de Boussedra (Google Earth 2017).



**Figure 07:** Situation géographique du Marais de Boussedra (Aberkane *et al.*, 2013).

Ce marécage est une dépression qui récupère tous les rejets d'égouts des habitations environnantes ( $\approx 600.000$  habitants) ayant une superficie est de 55ha peu profond ne dépassant pas les deux (2) mètres. Il reçoit annuellement une diversité assez importante d'oiseaux d'eau. Ce lieu sert de décharge depuis l'année 2003 (figure 07).

L'urbanisation, la construction de nouvelles bâtisses et le décapage des montagnes ont causé un rétrécissement de plus de 30% du plan d'eau. Sa partie septentrionale sert de dépôt des déchets des différentes constructions (Samraoui et *al.*, 2012). Selon Battisti *et al* (2008), Paracuellos (2008), cette zone représente un modèle du morcellement des zones humides méditerranéennes (figure 08).



**Figure 08** : Marais de Boussedra (Hennouni, 2018)

## **I.2. Caractéristiques du milieu**

### **I.2.1. Composition floristique**

Chetibi (2014) ; Boudraa (2016), indiquent que cette étendue d'eau stimule le développement d'une flore très variée. Elle est composée de 42 familles dont 86 espèces constituées essentiellement, de la Véronique rustiquee, *anagalisaquica*, la massette à feuilles étroites, le Scirpe aigu, maritime, le roseau. La bordure méridionale est entourée par un peuplement dense d'arbre de *Tamarix gallica* (figures 08 et 09)



**Figure 09 :** Marais de Boussedra (Hennouni, 2018)



**Figure 10:** Photo prise de quelques individus du Héron garde-bœufs (Hennouni, 2018)



**Figure :11 :** La Foulque macroule (Hennouni, 2018)



**Figure 12** : La zone urbaine entourant le Marais de Bussedra (Hennouni, 2018)

### **I.2.2. Composition faunistique**

Des auteurs Samraoui *et al* (2013), affirment que Bussedra est un lieu d'une grande importance ornithologique malgré sa petite taille (figures 11et12). Selon eux, il représente un lieu d'hivernage et de reproduction pour plusieurs espèces dont certaines figurent sur la liste des oiseaux protégés.

Chaque année, durant la période d'hivernage ou de reproduction, des espèces variées, appartenant à différentes familles d'oiseaux, viennent séjourner dans cet hydrosystème. Parmi ces dernières on y trouve : *Ixobrychus minutus*, l'*Ardeolaralloides*, *Aythya nyroca*, *Oxyura leucocephala*,

Néanmoins, 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 urbaine (Samraoui *et al.*2012 ; Samraoui *et al.*2015) (figure 12). Selon Aberkane (2014), rapporte que, ce plan d'eau est très anthropique, il risque de disparaître malgré sa grande richesse ornithologique.

### **I.2.3. Aspect socio-économique**

Les agriculteurs de la région d'El Bouni pompent l'eau du marais pour l'irrigation de leurs terres. Il est utilisé également dans les usines afin de refroidir les grands instruments et les machines

#### I.2.4. Système hydrique

Ce plan d'eau est comme une cuvette. IL accueille les précipitations d'une part et les rejets des habitations avoisinantes et industrielles (unités de production agroalimentaire). Ce marais est entouré d'un grand nombre de chantiers et des bidonvilles de la commune (figures 13). Sa profondeur d'eau résulte des quantités importantes de pluie reçues dans la région. La submersion est permanente pour les deux tiers de ce marais. Le reste n'excède pas 0.5 m, où l'eau s'évapore en été (Juillet) et se remplit encore en hiver (Boudraa, 2016).



**Figure 13:** Bidonvilles et constructions entourant le Marais de Boussedra (Hennouni, 2019)



**Figure 14 :** Chantier de construction autour du marais de Boussedra (Hennouni, 2019)

### **I.2.5 Données hydrologiques :**

Selon Merabet (2014), la wilaya d'Annaba est bien alimentée en ressources hydriques. Ces dernières sont évaluées à 162 Hm<sup>3</sup> dont près de 30% découle du barrage Chaffia, wilaya d'El-Tarf. La wilaya dispose d'un réseau hydrographique d'une grande densité constitué essentiellement du lac Fetzara de 11000 ha (eau douce) et l'Oued Seybouse qui s'étend sur 240km. Elle possède également un réseau hydrographique ramifié à écoulement temporaire situé sur la partie montagneuse. Les potentialités hydriques de la wilaya s'articulent autour des ressources souterraines et superficielles avec un potentiel hydrique mobilisé de 101 millions de m<sup>3</sup> par année. Deux oueds principaux parcourent la plaine :

- Oued Seybouse
- Oued Meboudja

### **I.3. La climatologie :**

Ce facteur est essentiel et déterminant pour l'approvisionnement en eau de pluie du bassin (Mokrani, 2011). Notre étude nécessite la connaissance de certaines données climatiques afin de répondre à certains points de notre problématique. Ces dernières nous ont été communiquées par les responsables de la station météorologique les salines.

#### **I.3.1. Caractéristiques de la station de référence :**

Les coordonnées de cette station sont :

- Latitude (N) : 07°45' E
- Longitude (E) : 37°E
- Altitude (m) : 50 m

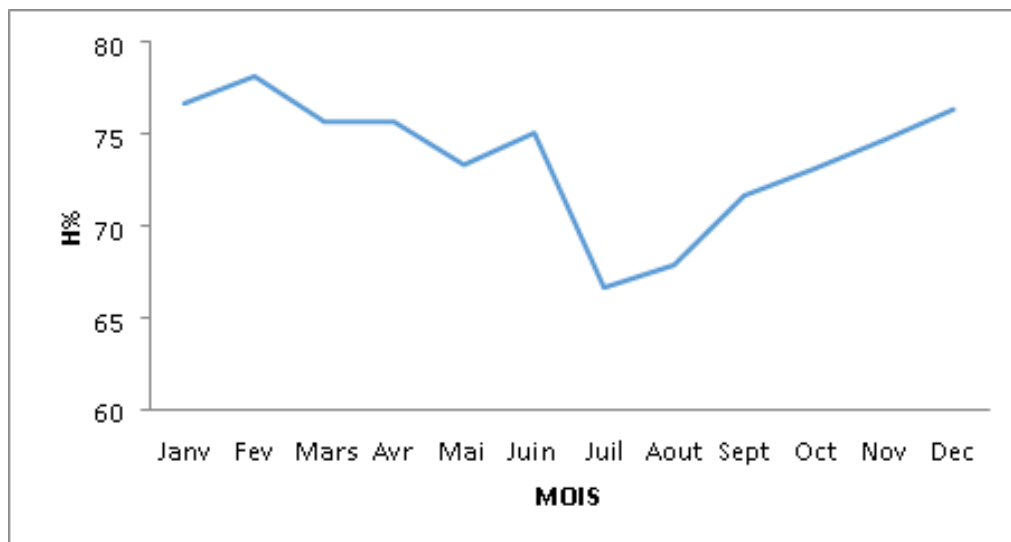
#### **I.3.2. Les données climatiques :**

Nous nous sommes référés aux données climatiques (température, précipitation, humidité relative vitesse de vent etc...) recueillies à partir des données du site météorologique de la wilaya d'Annaba. Ils ont été calculés sur une période allant de vingt (20) années (1998-2018).

### I.3.2.1. Le taux d'humidité relative (H%)

**Tableau 01.** Moyenne mensuelle du taux d'hygrométrie enregistré de la station météo des Salines (1998-2018)

Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
H°Moy	76.66	78.13	75.67	75.67	73.33	75.07	66.66	67.88	71.66	73.11	74.67	76.33



**Figure 15 :** Progression de l'humidité relative de la station météorologique d'Annaba 1998/2018

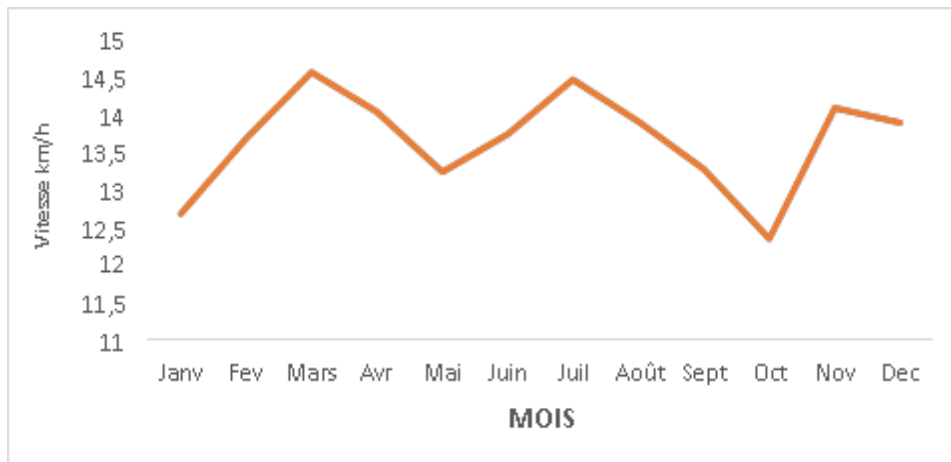
Les résultats de ce paramètre montrent que le mois de Février présente le pourcentage le plus élevé (78.13 %). Cependant, le mois de Juin présente le taux le plus faible (66.66 %).

### I.3.2.2. Vitesse du vent (km/h)

Il en est de même pour le paramètre vitesse du vent, les relevés ont été pris sur la même période (1998-2018). Les résultats enregistrés figurent ci-dessous.

**Tableau 02.** Moyenne mensuelle du taux de la vitesse du vent enregistrée de la station météo des Salines (1998-2018)

Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Vit KM/h	12.66	13.67	14.55	14.02	13.22	13.73	14.45	13.89	13.26	12.33	14.07	13.88



**Figure 16:** Evolution de la vitesse moyenne éolienne dans la wilaya d’Annaba période (1998- 2018).

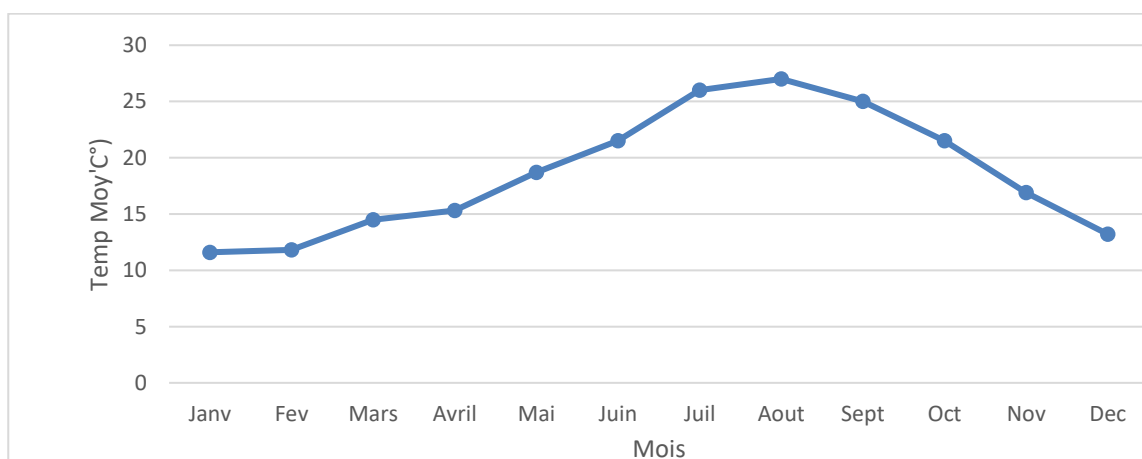
Les valeurs mentionnées ci-dessus mentionnent que c’est au mois de Mars que ce paramètre est très important. Il est de (14,55 km/h). Le minimum (12,33 km/h) est enregistré au mois d’Octobre.

### I.3.2.3. La Température

Les relevés de températures moyennes mensuelles figurent ci-dessous.

**Tableau 03.** Température moyenne mensuelle de la wilaya d’Annaba (1998-2018).

Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	juin	juil	Aout	Sept	oct	Nov	Dec
<b>Temp Moy (C°)</b>	11.6	11.8	14.5	15.3	18.7	21.5	26	27	25	21.5	16.9	13.2



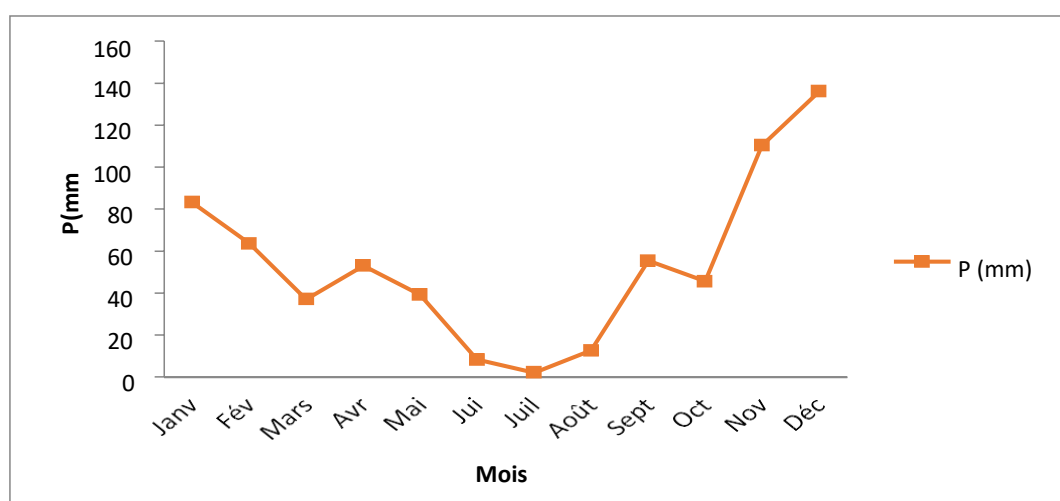
**Figure 17.** Evolution de la T°C moyenne de la région d’Annaba pour la durée (1998-2018)

D'après les données de ce paramètre (tableau 3 et figure 17), Nous remarquons que les températures augmentent à partir de Mai jusqu'à Octobre. La température la plus élevée est notée durant la saison estivale (27,48 °C). De faibles températures, sont enregistrées durant la saison hivernale avec un minimum de (11,68 °C) en Janvier. Evolution de la T°C moyenne de la région d'Annaba pour la durée (1998-2018).

Les résultats relatifs à ce paramètre figurent ci-dessous

**Tableau 04.** Moyenne de la pluviométrie /mois de la wilaya d'Annaba durant la période (1998-2018).

Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	juin	juil	Aout	Sept	oct	Nov	Dec
Précip(mm)	83.2	63.7	37.1	53.1	39.2	8.33	2.15	12.7	55.4	45.7	110	136



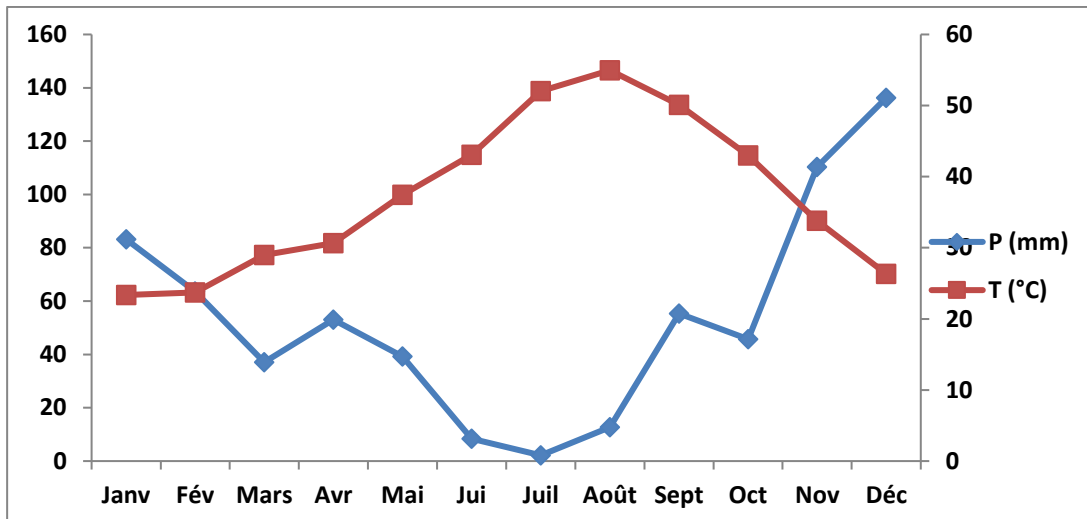
**Figure 18.** Précipitation moyenne de la wilaya d'Annaba période (1998-2018).

Il est à remarquer que c'est durant la phase pluviale (Décembre) que le maximum de pluviométrie est atteint (136,22mm). Le minimum de 2.15mm a été enregistré durant la saison estivale (tableau 04) et (Figure 18).

### I.3.2.5. Relation température et précipitations (la courbe pluvio-thermique)

#### A. Diagramme pluvio-thermique.

Le calcul de la période sèche s'effectue selon la méthode de Bagnouls et Gaussen. Son principe consiste à porter les valeurs de la moyenne des précipitations par année et celles de la température sur des axes où le premier est compté sur une échelle double du deuxième (température).

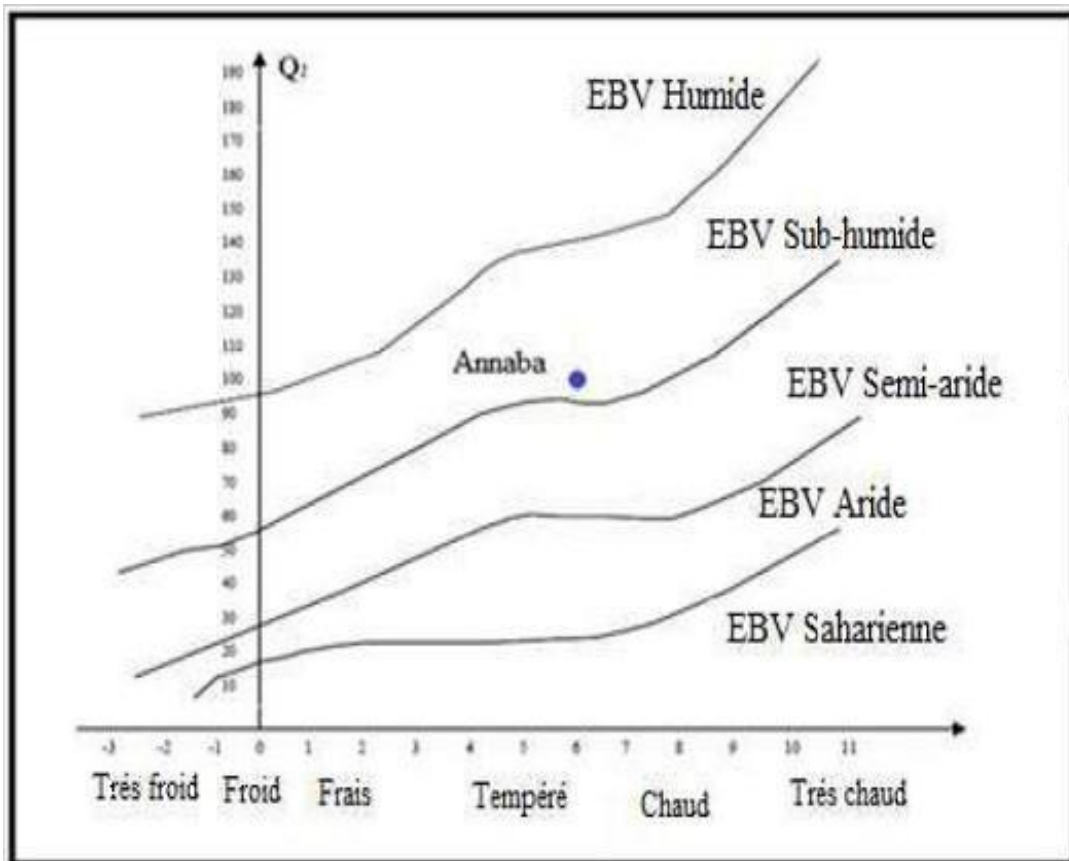


**Figure 19 :** Diagramme pluvio-thermique de la Wilaya d'Annaba durant la période (1998-2018).

Durant la durée vicennale (1998-2018), ce diagramme (Figure 19) démontre deux (02) phases bien distinctes : l'une sèche débutant en Mai et qui finit en Septembre, l'autre humide, elle commence au début du mois d'Octobre jusqu'en Mai.

#### B. Quotient pluviométrique d'Emberger

La figure 20 démontre la région d'Annaba est caractérisée par un climat méditerranéen. Il est doux et pluvieux en hiver, chaleureux et subhumide en été dont la place dans le Climagramme d'Emberger se situe au niveau de l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré.



**Figure 20 :** Position de la région d'Annaba dans le Climagramme d'Emberger (1998-2018)

## CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

### II.1. MATERIEL

#### II.1.1. Matériel biologique :

Notre travail a concerné, d'une part, l'avifaune inféodée directement au plan d'eau de Bussedra. Cet endroit est opportun pour un bon nombre d'oiseaux aquatiques que nous avons remarqués pendant la phase d'étude (Septembre 2017 à Aout 2019). D'autre part des tests ont porté sur l'aspect qualitatif de l'eau du dit marais.

#### II.1.2. Matériel utilisé sur le terrain

Pour cette étude, notre choix a porté sur un matériel habituellement utilisé sur le terrain à savoir :

- Un instrument d'observation ou (télescope trépied, modèle (Konuspot, 20 × 60-80) ;
- Un appareil photos numérique SONY (CYBER SHOT 12.1)
- Un Guide pour oiseaux Heinzel (2014).
- Un agenda pour prise de notes durant l'expérimentation
- Un marqueur permanent

### II.2. METHODES

#### II.2.1. Choix des sites d'échantillonnage

Afin de mener nos investigations dans les meilleures conditions et cerner l'état de la qualité hydrique du marais, nous nous sommes rapportés essentiellement aux analyses des facteurs associés à l'eutrophisation (Ryding et *al.*, 1994 ; Daouda, 2010).

A cet effet deux sites de prélèvements ont été choisis l'un au Nord-est (S1) et l'autre au Sud-ouest (S2) (figure 21). Le marais de Bussedra est entouré d'habitations et terres agricoles aux côtés Nord-est où se trouve le site 1. Au Sud-ouest de la mare (site 2) se trouvent une zone industrielle et le chemin de fer. Ces endroits sont supposés être exposés aux pollutions liées à l'activité humaine des zones environnantes. Afin d'éliminer l'effet bordure riche en sable et

sédiments, l'échantillonnage de l'eau à tester pour la qualité, a eu lieu dans des endroits peu profonds ne dépassant pas 1 à 1.5 mètres (Lightfoot, 2002)



**Figure 21.** Localisation des points du prélèvement au niveau du plan d'eau de Boussedra (Googleearth).

## II.2.2 Prélèvement des échantillons

La technique adoptée, à cet effet, est celle de Rodier (1996), elle consiste à collecter des échantillons de l'eau dans des flacons en verre pyrex à large col fermant avec des bouchons à vis métallique et obligatoirement stériles. Dans notre essai nous nous sommes limités à l'utilisation de bouteilles en plastique stérilisées.

Selon le but recherché et le type d'analyse de l'eau à effectuer que dépendent les techniques de récolte des échantillons. Dans une eau de surface, on plonge des bouteilles stériles et on les remplit totalement. Afin d'empêcher l'entrée de l'air et les problèmes pendant le transport, les flacons sont soigneusement fermés hermétiquement, dans les mêmes conditions. Ils sont conservés au froid dans une glacière puis dans la chambre froide au laboratoire en attendant l'étape de filtration (Rodier, 1996).

Comme mentionné auparavant, deux stations clés (S1 et S2) ont donc été sélectionnées pour le prélèvement de l'eau du marais de Boussedra (figure 21). Leur choix repose sur deux critères :

- L'accès facile aux sites
- Les sources de pollution exercées aux alentours de notre zone d'étude (eaux usées, domestiques, industrielles et agricoles)

### **II.2.3. Etude physico-chimique**

Les différentes analyses ont porté sur :

#### **II.2.3.2. Paramètres physiques**

##### **II.2.3.2.1 Mesure de la température (T)**

La mesure de la température est effectuée in situ c'est-à-dire sur le terrain à l'aide d'un Kit équipé d'un thermomètre et d'autres appareils de mesure de la CE et du pH doivent avoir un thermomètre intégré. La lecture des résultats est directe. Elle est exprimée en degré Celsius (°C).

##### **II.2.3.2. 2. Conductivité Electrique (CE)**

Pour calculer ce paramètre, on plonge le cathéter dans le milieu à tester, on remue doucement le cathéter. On note les résultats après la stabilisation de la lecture. A la fin de l'opération on procède au rinçage des sondes à l'eau déminéralisée. Des normes sont établies pour déterminer l'aspect qualitatif hydrique ainsi on considère que :

- La qualité est excellente pour une CE de 50 à 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Elle est bonne pour une CE de 400 à 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Médiocre mais l'eau est utilisable pour une conductivité de 750 à 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Minéralisation excessive pour une conductivité excessive  $>$  à 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$

##### **II.2.3.2.3. Mesure de la Turbidité**

Rodier (2009), rapporte que les matières fines sont des particules très fines, flottantes sur l'eau ou en suspension. Elles sont formées de kaolinite, de limons, de grains de silice très fin, de matières organiques, d'algues, causent le trouble ou turbidité de l'eau. La qualité de l'eau est très liée à la conductivité électrique. Une grande turbidité permet la des microorganismes sur les particules en suspension. L'appareillage utilisé est une cuve stérile et un turbidimètre, appelé aussi Néphélomètre (figure 22)



**Figure 22** : Photo du turbimètre ou néphélomètre (<https://www.iso.org/fr/standard/62801.html>)

### II.2.3.3 Facteurs chimiques

#### II.2.3.3.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Plusieurs méthodes d'analyses sont utilisées pour déterminer ce paramètre tel que le pH-mètre, le papier pH etc... (Rodier, 1996). Sur le terrain il est mesuré in situ. Le tableau 05 suivant détermine la nature des eaux en fonction de leurs pH (Hakmi, 2002)

**Tableau 05.** Détermination de la nature des eaux en fonction de leurs pH (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

<b>pH &lt; 5</b>	Forte acidité
<b>pH = à 7</b>	Neutralité du milieu pH neutre
<b>7 &lt; pH &lt;.8</b>	Neutralité approchée pour les eaux superficielles
<b>5.5 &lt; pH &lt; 8</b>	Les eaux propres (nappes phréatiques)
<b>pH &gt; 8</b>	Alcalinité forte,

### II.2.3.3.2. Mesure de la teneur en Oxygène gazeux (OD)

La présence de ce paramètre est indispensable dans l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et de la photosynthèse. Sa solubilité est fonction de la température et de la minéralisation de l'eau. Une élévation excessive de la température diminue la solubilité de ce dernier (Rodier, 2009). Selon Rodier (1996), une baisse du taux d'oxygène dissous, entraîne un dégagement d'odeurs dû à la fermentation du milieu. Les plantes aquatiques et même les algues l'utilisent pour la respiration donc sa teneur dépend de la photosynthèse des organismes aquatiques. Lors de cette expérimentation, nous avons mesuré, in-situ, ce variable en utilisant un multi-paramètre. A cet effet, on plonge l'électrode dans le marais et on lit les résultats immédiatement après équilibrage de l'appareil. Les résultats s'expriment en mg/l.

### II.2.3.3.3. Calcul de la quantité des matières en suspension (MES)

Elles comprennent des particules organiques et minérales susceptibles d'influencer la mesure de la chlorophylle (Laignel, 2009).

L'expérience se déroule comme suit :

- Dans une étuve réglée à 105 °C, on introduit les membranes filtrantes pour une durée de 20 minutes
- Après refroidissement total, on procède aux pesées en commençant par le poids des membranes avant la filtration : soit **p1**.
- 200 ml du liquide sont introduites à travers les membranes de la rampe à filtration.
- Remettre une seconde fois les membranes à l'étuve à (105°C) pendant 20 minutes.
- On pèse une fois encore les membranes après filtration après refroidissement dans l'étuve.
- On obtient le p2= poids des membranes après filtration (Rodier, 1996 ; Hakmi, 2002).

### II.2.3.3.4. Calcul de la quantité en Résidu sec (RS)

La teneur en résidus secs correspond à la teneur en éléments minéraux qui décante après échappement de l'eau. Autrement dit le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières dissoutes par litre d'eau (Josmose.fr, 2023). Elle est exprimée en mg/litre d'eau. L'opération consiste à prendre une capsule bien propre, la laver, dessécher puis tarer. On verse dedans 200ml d'eau à tester, on l'introduit dans l'étuve à 105°C durant une journée jusqu'à évaporation totale de l'eau. Le poids du résidu sec est obtenu en pesant ce qui décante

- Si ce RS > à 1 500 mg / L----- une eau riche en minéraux

- Si ce RS est 500 et 1 500 mg / L ----- , moyennement minéralisée.
- RS < à 500 mg / L----- Faiblement minéralisée
- RS < 50 mg / L, très faiblement minéralisée. (Rodier, 1996 ; Aminot et *al.*, 1983).

### II.2.3.3.5. Facteurs de minéralisation globale

#### A. Détermination du titre hydrotimétrique de l'eau (TH)

Ce variable correspond à la détermination de la concentration des ions de Ca<sup>++</sup> et de Mg<sup>++</sup> dans l'eau sous forme de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et de Cl<sup>-</sup>. Ces derniers sont considérés comme responsables de la formation du calcaire (Detay, 1993). Ainsi, plus il y a d'ions calcium et magnésium, plus l'eau est dure. L'unité de mesure utilisée est le degré français, noté °f. En pratique, on calcule la dureté totale

$$[\text{TH}] = [\text{Mg}]^{2+} + [\text{Ca}]^{2+}$$

Ainsi, on classe les eaux comme suit :

- 0 à 7 °F..... eaux très dures.
- 0 à 14 °F..... eaux douces.
- 14 à 20°F..... eaux moyennement dures.
- 20 à 30 °F..... eaux assez dure.
- 30 à 50 °F..... eaux très dures.
- 50 et plus °F..... eau très dure.

#### Expression des résultats

Le calcul de cette dureté est exprimé en mmole/L par l'expression suivante :

$$[ ] \text{ mmoles/L} = 100 \times \text{CEDTA} \times \text{VEDTA/E.}$$

E = volume en ml de la prise d'essai.

#### B. Détermination de la teneur en calcium (Ca<sup>2+</sup>)

Les données sont exprimées par la formule suivante comme suit :

La teneur en Ca<sup>++</sup> en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$e [\text{Ca}^{2+}] = V \text{ EDTA} \times N \times 20/E \times 1000.$$

- N = 1/50.
- E= volume de la prise d'essai en ml

### C. Détermination de la teneur en magnésium ( $Mg^{2+}$ )

Tout comme le calcium, le magnésium est lui aussi un élément des plus répandu (Debieche, 2002). C'est un constituant significatif de la dureté de l'eau.

#### Méthode de calcul

Selon Rodier (2005), cet élément est calculé selon la formule ci-dessous et exprimé en :  $CaCO_3$  mg /l.

$$[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]$$
$$[Mg^{2+}] = [TH] - [Ca^{2+}].$$

### II.2.3.3.6. Les éléments de Pollution

#### A. Détermination de la teneur en chlorures ( $Cl^-$ )

Chaoui (2007), indique que les chlorures sont considérés comme des sels mobiles, non toxiques, très répandus dans la nature et dans l'eau de mer ( $\pm 19$  g/l) sous forme de (NaCl), de (KCl) et de ( $CaCl_2$ ). Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3 mg/l. Dans les eaux souterraines, leur teneur dépend des roches traversées, aussi, à l'intervention de l'homme par pompage excessif des eaux, à la pollution émanant des rejets urbains et industriels. Ainsi, Selon Bouziani (2000), des risques sur la santé humaine peuvent survenir quand la concentration en chlorure dépasse les 200 mg/l d'eau.

- **Dosage de ces ions par la méthode argentimétrique**

La méthode consiste à introduire 100ml d'eau à tester, avec une pipette graduée dans un erlenmeyer de 250ml. On vérifie à la phénolphthaléine, autrement dit l'absence de coloration rose après ajout d'une petite quantité (2 à 3 gouttes) de cet indicateur. On rajoute 1 ml de chromate de potassium et on dose par l' $AgNO_3$  jusqu'au changement à la teinte brunâtre. On note le volume versé  $V AgNO_3$  ml

#### Les résultats s'expriment comme suit :

La formule suivante exprime la concentration de chlorure, en mg/l :

$$[Cl] = V AgNO_3 \times N \times 35,5 \times 1000/E.$$

$$N = 1/50.$$

$$E = \text{ml du liquide.}$$

## **B. Détermination de la teneur en Potassium (K<sup>+</sup>)**

Les substances dissoutes susceptibles d'être nuisibles sont facteur de pollution de l'eau. La plupart de ces dernières ne sont décelables qu'après analyse. Cet élément devient un indice de pollution en cas où sa présence dans une eau dépasse les deux ou trois mg/l (2ou3mg/l). Cette pollution est entraînée par des intrants agricoles (engrais, pesticides), qui en contiennent beaucoup. L'excès de K a peu d'impact sur la vie aquatique. Sa teneur, dans l'eau, se situe entre 10 à 15 mg/l. Cette concentration n'est pas nocive pour l'être humain. (Hammed *et al.*, 2012).

D'après Rodier (1996), on dose K<sup>+</sup> à l'aide du spectrophotomètre à émission de flamme.

## **C. Détermination de la teneur en Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)**

Dans les eaux dures, on rencontre soit la forme sulfates de magnésium ou la forme calcique. En excès, ils engendrent des troubles des intestins. Aussi, il détériore le goût de l'eau (Hammed *et al.*, 2012).

Une grande variation dans la teneur en sulfates est rencontrée dans les eaux naturelles. Cette dernière se situe entre 30 à 50 mg/l dans les terrains pauvres en cet élément. Dans les zones riches en gypse, elle peut augmenter pour atteindre les 300 mg/l .

Le principe du dosage des sulfates se fait selon la méthode néphélométrique. Dans un milieu chlorhydrique, les sulfates se précipitent en sulfates de barym. Pour cela, on stabilise le précipité soit avec une solution de "Tween 20", soit avec du polyvinyl-pyrrolidone. On passe alors, au spectromètre pour la mesure des suspensions homogènes.

Ainsi, un volume de 39 ml d'H<sub>2</sub>O est versé dans une éprouvette auxquelles on a ajouté un volume d'un (01) millilitre d'acide chlorhydrique à 1/10 et un autre volume de cinq (5) millilitres de solution de BaCl<sub>2</sub>. On agite fortement et on laisse décanter. Après 15 mn, on agite encore puis on passe aux lectures au spectromètre à une longueur d'onde de 650 nm. La teneur en sulfates est calculée en mg de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> /l d'eau. Cette dernière est obtenue directement par la courbe.

## **D. Détermination de la teneur en ortho phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)**

Cet élément est considéré comme fondamental à la croissance de tout être vivant. Dans la nature, que ce soit dans le sol ou dans les eaux, il doit se trouver en très faible quantité ; à fortes doses il pollue et eutrophie le milieu aquatique.

Des recherches ont démontré qu'un excès de phosphates dans une solution hydrique ne peut pas être naturel. Elle a pour origine, soit des rejets d'eaux résiduelles (déjections

humaines, lessives ménagères, matières organiques en décomposition, soit des rejets industriels [3]

Le dosage des orthophosphates est réalisé en utilisant la méthode colorimétrique. Rodier (1996), rapporte qu'une solution acide tel que ( $H_2SO_4$ ) et le molybdate d'ammonium constituent un complexe phospho-molybdique. Ce dernier, une fois réduit par le  $C_6H_8O_6$  (Vit C), fournit un complexe de molybdène de couleur bleue. En utilisant un activateur comme le tartre émitique, on accélère l'intensification de la couleur.

A l'aide d'un compte-goutte, on introduit, une (20ml) d'eau, filtrée au préalable, dans un récipient de 25 ml. On ajoute 01 millilitre de  $C_6H_8O_6$  et 04 ml de  $H_2MoO_4$ . On attend trente minutes (30mn), le temps utile pour la fixation de la couleur puis on procède aux mesures au spectrophotomètre (700 nm).

La teneur en phosphates est calculée en mg pour une telle prise d'essai. Cette dernière est obtenue directement par la courbe.

#### **E. Détermination de la teneur en nitrates ( $NO_3^-$ )**

Les nitrates des eaux ont pour origine soit 2/3 de l'agriculture par l'emploi abusif d'engrais azotés, soit des rejets d'agglomérations (1/3), de stations d'épuration et de dénitrification avant rejet ou du milieu naturel, vu leur grande solubilité, Ces éléments s'entraînent entraînés facilement par les eaux de pluies. Une teneur en nitrates dépassant les 5mg/l dans l'eau favorise le développement massif des algues. En présence des bactéries du genre Nitrobacter, les nitrites sont oxydées en nitrate (nitratisation). Leurs teneurs en eau ne doit excéder les 50mg/l [4].

Le dosage des nitrates se réalisé en utilisant le spectrophotomètre à l'acide sulfosalicylique. Les résultats sont fournis par la courbe qui donne automatiquement la teneur en Nitrates ( $NO_3^-$ ) en mg/l d'eau, pour un volume de 10 ml,

#### **F. Détermination de la concentration en Nitrites ( $NO_2^-$ )**

Ces éléments sont très dangereux pour les poissons Ils peuvent résulter des déchets industriels ou d'impureté fécale. Le dosage des nitrites consiste à verser 1ml de solution de Sulfanilamide (réactif1) dans 50ml d'eau à analyser et bien mélanger. On laisse reposer 2 à 8 minutes. Ensuite on ajoute 1ml de Solution N-Naphtyl-Ethylène-Diamine (réactif 2 et bien mélanger. Après 10 mn, on passe au spectrophotomètre à 543 nm (Aminot et Kerouel, 1982).

#### **G. Détermination de la teneur en Ion ammonium ( $NH_4^+$ ) :**

Cet élément est un grand indicateur de la décomposition incomplète de la substance organique par les bactéries ammonifiantes. Il est aussi considéré comme principal marqueur de

contamination des cours d'eaux par des rejets industriels et agricoles qui se transforme en nitrites puis en nitrates. Dans la nature, la quantité d'ammoniac ne dépasse pas 0.1mg/L [3].

Le dosage de l'ion ammonium se fait selon le principe suivant :

- Mettre un volume de 50 ml d'eau à tester directement dans un flacon, on ajoute 3 ml du soluté de Phénol- Nitroprussiate (réactif I),
- On ferme et on agite fortement pour bien homogénéiser,
- Ensuite on rajoute un volume de 1.50 ml de la solution alcaline d'hypochlorite (réactif II) et on referme et on agite encore rapidement.
- On place le flacon immédiatement à l'obscurité pour une durée de 6 à 8 h à températures ambiantes.
- Enfin on note les valeurs à 630 nm (Aminot et Kerouel, 1982).

## H. Détermination de la matière organique

La matière organique est composée en grande partie d'azote organique. Les bactéries la décomposent essentiellement en  $\text{NH}_4^+$ , puis en  $\text{NO}_2^-$  et enfin en  $\text{NO}_3^-$  [1]

Le test consiste à :

- Un volume de 100 ml d'eau est versé dans un récipient de 250 ml à col rodé, puis porté à ébullition sur une plaque chauffante, on additionne un volume de 10 ml d'acide sulfurique.
- On complète avec un volume de 50ml de permanganate de potassium et on porte à bouillonnement pour 10min
- On rafraichit ce mélange rapidement tout en lui rajoutant d'une façon progressive 10ml de sel de Mohr
- Par la suite on ajoute 03 gouttes d'acide phosphorique et on titre l'excès des ions ferreux à l'aide du  $\text{KMnO}_4$  N/80 jusqu'au changement de couleur rose - violette persistante.
- On reprend 100 ml d'eau distillée à analyser puis on prend note du volume V' de  $\text{KMnO}_4$  (Cherrah et *al.*, 2007).

## **II.2.4. Etude bactériologique**

### **II.2.4.1. Prélèvement de l'eau**

#### **A. Techniques de prélèvement**

Selon Rodier (2009), l'acte de prélèvement est très important avant toute analyse. C'est l'une des conditions de conservation. Les techniques de prélèvement dépendent de l'objectif tracé, du type de l'analyse et de la nature de l'eau. Le prélèvement de surface consiste à immerger complètement le flacon, le déboucher, le renverser et le remplir de façon convenable. Il faut travailler avec beaucoup de précaution et de prudence, de façon à ne pas remuer dans le fond ni au niveau des rives. A cet effet, une profondeur d'au moins 30 cm est préconisable (Guiraud, 1998).

#### **B. Précautions concernant l'échantillon**

Guiraud (2003), recommande des précautions au moment du prélèvement des échantillons. Il est recommandé d'utiliser des bouteilles en verre ou en proylènes, stériles, à ouvertures spacieuses et d'une capacité d'au moins 250ml. Il est impératif ce que tous les échantillons aient une fiche de renseignements nécessaires relative ces derniers. Toutes les analyses se réalisent en moins de 8heures. Le transport des échantillons doit respecter leur température. A cet effet, l'utilisation d'une glacière est recommandée

### **II.2.4.2. Examens bactériologiques**

Les tests microbiologiques de l'eau consisteraient à rechercher soit les germes bactériens reconnus être pathogènes. Ces germes encore appelés « témoins de contamination fécale » sont éliminés par les matières fécales. Les sources d'eau de surface, peuvent transmettre les microbes. Selon Rodier (2009), ces micros organismes indiquent une mauvaise qualité hygiénique et constitue souvent une présomption de micros organismes pathogènes beaucoup plus dangereux tels que les entérobactéries, les coliformes, *Escherichia coli*, les streptocoques fécaux (entérocoques).

#### **➤ Coliformes**

Ces germes font partie des entérobactériacées (Apha et Coll, 1998). Ils constituent un ensemble de bactéries rencontré fréquemment dans l'environnement (eau, sol ou végétation) aussi chez l'homme et les autres mammifères. Dans leurs travaux, Apha et Coll (1998), Chevalier et al (2003), Dellaras (2003), indiquent que ces bactéries sont à Gram négatif en forme allongée, non sporulées, dépourvus de l'enzyme oxydase. Elles sont capables de se reproduire au contact des sels biliaires ; elles contiennent également l'enzyme  $\beta$ -galactosidase dont le rôle est l'hydrolyse du lactose et produisent des acides et des gazs en 24 à 48 heures et à une température (36 et 37°C).

Ce groupe englobe également, des bactéries formant des colonies rouges à reflets tel l'or en 24 heures à une température de 35 °C (Apha et Coll, 1998).

➤ **Les coliformes fécaux**

Selon Roux (2003), ce sont des coliformes thermo-tolérants. Ils ont une grande capacité dans la fermentation du lactose qui se déroule sous une température de 44,5°C. Parmi les espèces les plus fréquentes : *E. coli*. Cette espèce représente 80 à 90% des coliformes fécaux décelés. Elle se trouve uniquement dans les matières fécales de l'être humain et des animaux même si leur présence dans l'eau indique une contamination récente (Chevalier et *al.*, 2003). Ensuite, d'autres espèces viennent en seconde position ; ces dernières appartiennent aux genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*.

➤ **Les Streptocoques fécaux**

Appelés encore les entérocoques intestinaux, ils sont plus résistants que les coliformes dans les eaux naturelles ; leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne (Labres et *al.*, 2008).

Ce groupe inclus d'autres genres tels que les « Enterococcus » et les streptocoques du groupe antigénique D de Lancefield).

➤ **Les bactéries Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)**

Les bactéries de ce groupe se développent exclusivement en milieu anaérobie (absence d'oxygène) à 37°C. Elles ont des propriétés biochimiques exceptionnelles comme la synthèse du sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) (Dellaras, 2003). La principale espèce caractéristique de ce groupe est *Clostridium perfringens* mais encore *Clostridium botulinum* et certains *Bacillus* capables de réduire les sulfites. On les rencontre dans les intestins et dans les matières organiques en voie de putrification. Ils sont sporulés, ce qui leur confère une grande résistance (Guiraud, 2003). Cette forme indique une pollution fécale ancienne ou intermittente. On utilise les ASR comme témoins de la qualité de filtration et/ou marqueurs d'une contamination fécale et ce, dans le cadre de la recherche (analyses de l'eau) (Rodier, 2009).

➤ **Les Bactéries Spécifiques (BS).**

Ce sont des bactéries capables de créer une maladie chez des êtres vivants (homme, animaux et végétaux). Plusieurs genres de bactéries responsables de maladies sont décelés dans la nature. Il en existe deux (02) grandes catégories :

- Les bactéries pathogènes spécifiques BPS avec les BPS strictes (Tuberculose ..... ) et les BPS non-strictes (typhoïde)
- Pathogènes opportunistes (BPO)

Selon Rodier (2009), on y trouve : *Compilobacter* ; *Pseudomonas aeruginosa* ; *Staphylococcus Vibrio*, *Yersenia enterocolitica*.

### **II.2.4.3. Méthodes d'analyse bactériologique**

#### **II.2.4.3.1. Prospection et comptage des germes revivifiables**

Afin de pointer à en même temps les bactéries à tendance psychrotolabiles et celles mésophiles, la réalisation de la prospection et du comptage de ce genre de germes s'effectuent, soit à 22°C , soit à 37°C successivement (Labres et al., 2002 ; Rejsek, 2002).

##### ➤ **Mode opératoire**

- Des dilutions décimales (0.1 et 0,01) sont réalisées à partir l'eau à tester.
- Dans une asepsie totale, on verse dans deux (02) boîtes de pétri vides, un volume de 1ml, ces dernières sont numérotées au préalable.
- On complète avec un volume de 20 ml de gélose TGEA coulée et refroidie à une T° de 45 ±2°C. Cette opération doit se dérouler dans un temps ne dépassant pas les quinze minutes (15min)
- Sur une surface horizontale, procéder au mélange de l'inoculum à la gélose par des mouvements circulaires en forme de huit (08)
- Maintenir les boîtes sur la paillasse jusqu'à durcissement total. Ces dernières seront divisées en deux :
- Incubation du premier lot durant 72 heures, à une température de 22 °C.
- La deuxième sera incubée, durant 48 heures, à une température de 37 °C .
- Les colonies de ces bactéries se développent en masse et apparaissent dans une forme lenticulaire.

##### ➤ **Le comptage**

Des observations sont prises en compte avant de procéder à la lecture et au comptage de toutes les colonies :

- On dénombre les contenants comportant jusqu'à 300 colonies.
- On exprime les données en nombre de bactéries revivifiables par ml d'eau à tester.

## **II.2.4.3.2. Prospection et comptage des bactéries témoins de transmission excrémental**

### **A. Détection et comptage des coliformes sur milieu liquide**

Pour ce test, la méthode du nombre le plus plausible (NPP) ou colométrie, a été utilisée afin de détecter et compter des coliformes fécaux. Cette méthode se réalise suivant deux (02) tests :

- La technique de présomption qui consiste à la détection des coliformes totaux
- La technique de confirmation destinée à la détection des coliformes excrémentaux.

#### **1. Mode opératoire**

##### **Test présomptif :**

Cette expérience doit se faire dans une asepsie totale, ainsi :

- On introduit 50 ml d'eau à tester dans une fiole de 50 ml renfermant un volume de cinquante millilitres de BCPL D/C.
- On verse 10 ml dans 05 sondes contenant chacune 10ml de BCPL D/C,
- Ensuite 1 ml (05 fois), versé dans 5 sondes de 10 ml de milieu BCPL S/C.
- On chasse l'air et on remue le milieu et le pathogène puis on incube à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- Selon Labres et *al* (2002), les tubes seront considérés comme positifs quand ils présenteront à la fois :
  - Un échappement de gaz
- On utilise les recommandations consignées sur la table du NPP (MacGrady) pour déterminer la quantité des germes.

##### **Test confirmatif**

Le principe du dit test se base sur l'identification des germes de coliformes thermo-tolérant parmi lesquels se trouve l'espèce la plus redoutable « *Escherichia coli* »

## **2. Lecture**

A l'aide d'une anse bouclée, on procède au repiquage de chaque tube de BPCL positif avec des volumes de cinq (05) ml de mélange (milieu Schubert muni de cloches de Durban) et de cinq (05 ml) autres millilitres d'eau peptone. On porte l'ensemble à l'incubateur à 44 °C pendant 24 heures, Les résultats sont exprimés en germes par le volume d'eau testé (100 ml).

### **B. Détection et comptage des Streptocoques :**

En général, on prend en compte comme témoins de pollution fécale, ces germes du groupe D (Entérocoques). Ils sont réputés pour avoir comme biotope excrémental. Par ailleurs, leur spécification ne serait pas pareille pour tous les genres.

Hamsatou (2005), rapporte que, les différentes techniques d'analyses et de dénombrement les streptocoques sont similaires à celles décrites pour les coliformes. En milieu liquide (eau), il est conseillé de faire les deux tests présomptif et confirmatif en milieux nutritifs de Rothe et de Litsky successivement.

#### **1) Test présomptif**

Il se réalise dans des conditions strictement aseptiques :

- 1 volume de 2 fois 25 ml d'eau à analyser est mis dans un flacon renfermant un autre volume de 2 fois 25 ml du contenu nutritif Rothe D/C (1)
- On verse 10ml du contenu dans 05 sondes contenant chacune 10ml du milieu nutritif Rothe D/C.

Agiter énergiquement le contenu et le pathogène. Puis incuber à une température de 37°C durant 1 à 2 jours (Labres et *al.*, 2008).

#### **• Lecture**

La présence du Streptocoque fécal est confirmée par le trouble bactérien présent dans les sondes.

A cet effet, un test confirmatif s'avère obligatoire. Dans chaque série, une prescription du nombre de tubes positifs est nécessaire.

#### **2) Test confirmatif**

Dans un mélange d'éthyle et d'acide de sodium, on ensemence 2 ou 3 gouttes partir des tubes de bouillon positif. On porte l'ensemble à l'incubateur à une haute température durant 1 journée.

- **Lecture**

Les sondes évaluées positivement sont celles où nous remarquons un trouble due la croissance des bactéries, avec ou sans dépôt violet. Pour toutes les séries, on dénombre les tubes positifs. Pour avoir l'effectif de ce genre de bactéries contenu dans le volume d'eau testé, on fait appel à la table de Mac Grady.

**c. Prospection et comptage des germes sulfitoréducteurs.**

Cette catégorie de germes se manifeste sous forme de bactéries Gram+. Sur un milieu gélosé de viande foie (VF), ces bactéries se multiplient en un temps très court (24 à 48 heures). Elles produisent des colonies typiques capables de réduire le ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) du contenu. Ce dernier, en présence du  $\text{Fe}^{2+}$  donne le  $\text{FeS}$ . La semence des ASR sont indicatrices de contamination ancienne (Rejsek, 2002).

**1) Mode opératoire**

On répartit, des volumes de 20 et 22 ml de (VF) dans des tubes, au bain marie bouillant, faire fondre de la gélose puis rajouter avant l'emploi :

- Un volume de 0.4ml de sulfite de Sodium à 5%.
- On ajoute 04 gouttes de l'alun de fer ammoniacal préparé aseptiquement.
- On répartit 5 ml d'eau à analyser dans 5 tubes .
- On plonge ces tubes durant 10 minutes dans de l'eau bouillante afin de ne laisser viables que les spores de Clostridium. On ajoute alors la gélose immédiatement régénérée et prêt à l'emploi.
- On homogénéise doucement sans retourner les tubes de façon à éviter des bulles d'air.
- On incube à 37°C durant 24 à 48 heures après que les milieux se soient solidifiés sur la pailleasse.

**2) Résultats**

Les résultats sont exprimés en nombre de spores par volume d'eau testé (20ml).

**D. Détection des agents infectieux**

**1) Technique de culture sur le milieu gélosé :**

- Mac Conkey,
- Hektoen,
- Salmonelles-Shigelles(SS),
- Chapman,
- gélose nutritive (GN).

Dans un objectif d'isolement de ces germes, on réalise souvent, sur les boîtes de Pétri, la culture du pathogène. Ainsi, à partir de l'eau à tester, on prélève une quantité d'inoculum, qu'on dépose sur point de la périphérie de la gélose. Par la suite on l'étale sur toute la surface par la méthode de cannelures ou stries. Sur chaque boîte on inscrit un code avant de les porter à l'incubateur à 37°C pour une durée de 24 à 48 heures.

## **2) Technique d'isolement et de purification des souches**

Cette opération consiste à choisir des colonies suspectées, à partir des milieux gélosés mises en culture, cités précédemment (Mac Conkey, Hektoen, Chapman, gélose nutritive). Afin de purifier les souches, on procède au repiquage de ces dernières dans de nouvelles boîtes gélosées. La mise en culture de ces milieux est réalisée également par strie. Ils seront incubés par la suite à une température de 37°C durant 24 heures.

## **3) Opération d'identification des souches**

Selon Rejsek (2002), la technique d'identification des entérobactéries pathogènes se base sur l'utilisation des glucides présents dans le milieu.

### **a) Caractéristiques morphologiques**

Dans les conditions données, chaque espèce bactérienne augmente une colonie de dimension caractéristique (taille, forme, couleur et consistance) (Singleton, 1999). Ainsi nous avons procédé à la notation pour chaque type des colonies distinctes les caractéristiques suivantes (diamètre, contour, élévation, couleur, surface).

### **b) Identification biochimique**

#### **➤ Galerie API 20E**

Ce système est utilisé pour la reconnaissance des germes Entérobactéries ainsi que d'autres bacilles à Gram négatif. A cet effet, vingt essais biochimiques standardisés et miniaturisés, sont adoptés, ainsi qu'une base de données.

#### **- Principe**

Le principe de ce système consiste à ensemencer la suspension bactérienne sur les tests. Durant la période d'incubation, des réactions se produisent. Ces dernières se manifestent par des changements des couleurs ou révélés par l'addition de réactifs (figure 23)



**Figure 23.** Galerie API 20E (bioMérieux, 2010).

➤ **Galerie classique**

**a. Milieux solides**

☐ **Recherche du citrate perméase**

Ce test permet d'établir l'usage de ce dernier comme la seule origine de carbone par la bactérie contenant l'enzyme citrate perméase, en alcalinisant le milieu utilisé. Ce milieu est acide lorsqu'il vire vers la couleur verte et alcalin quand la couleur est virée en bleue (Rejsek, 2002) (Figure 24).



Négatif



Positif

**Figure 24.** Milieu citrate de Simmons

**b. Milieux liquides**

☐ **Test de l'indole**

Seules les bactéries indologènes permettent cette dégradation jusqu'à la formation de l'indole. Nous ensemençons un tube d'eau peptonée d'indole. Après 24 h d'incubation à 37°C, nous ajoutons quelques gouttes de réactif de Kovacks. La lecture est immédiate

✚ Résultat + : anneau rouge ou rose.

✚ Résultat - : anneau brunâtre.

## **E. Recherche des salmonelles**

Parmi les entérobactéries sous forme de bacille Gram-négatifs, figurent les *Salmonella*. Ces dernières ont la caractéristique de ne pas fermenter le sucre du lait, mais elles fermentent le glucose et produisent du CO<sub>2</sub> et du H<sub>2</sub>S.

### ➤ **Lecture des boîtes et identification**

Cette lecture consiste à effectuer d'abord des isolements à partir du tube de Sélénite. Ensuite, on effectue une lecture sur la boîte de gélose Hektoén,

### ➤ **Morphologie et biochimie des souches**

Selon Labres et al (2008), le déroulement de l'opération reconnaissance ou identification morphologique et biochimique des souches obtenues s'effectue comme suit :

- Introduction de l'inoculum dans un tube Kligler-Hagia ou TSI et l'incuber ensuite à une température de 37°C pendant 01 journée
- Identification biochimique par l'API 20E.

Selon certains auteurs tels que Carbonnelle et Kouyoumdjian (1988), Ce genre de bactéries sont hautement pathogènes, on y trouve les mineurs et les majeurs.

## **F. Recherche des *Shigell***

D'autres entérobactériaceae se rencontrent chez l'homme : les Shigelles ou *Shigella*. Ces dernières sont réputées pour être toutes pathogènes et ne vivent que dans les intestins des humains (Berche et al., 1988) . Selon Carbonnelle et Kouyoumdjian (1988), elles sont éjectées avec les selles puis disséminées dans les sols et les eaux, leurs survies est très courte. Elles sont très proches de l'espèce *Escherichia coli*.

### **1) Les différents substrats de culture**

#### ➤ **Milieu ordinaire**

Il est à signaler que ce genre de bactérie *Shigella*, est caractérisé par la production de colonies sur un milieu de culture gélosé ordinaire en une période de 24heures et une température de 37°C. Ces dernières sont de taille moyenne dont le diamètre ne dépassant pas les 02 à 03 millimètres ; elles ont une forme arrondie, régulière et brillante. On peut également utiliser la gélose BCP comme autre milieu de culture.

### ➤ Milieux sélectifs

Différents constituants composent ces dits milieux à savoir :

- La gélose SS ou (Salmonella-Shigella) : Cette dernière contient des sels de bile, du citrate, de l'hyposulfite et du vert brillant comme inhibiteurs. Les *Salmonella* et les *Shigella* sont différenciés après une durée de 48 heures à une température 37°C. Ces bactéries apparaissent sous formes de colonies incolores, transparentes avec parfois un centre noir (colonies H<sub>2</sub>S+) (Guiraud, 2003)
- La gélose Mac Conke
- la gélose lactosée ou désoxycholatée
  - la gélose Hektoen

### ➤ Caractères biochimiques

Selon Sayad (2008) ; Labres et *al* (2008), le caractère biochimique de ce genre de bactérie est déterminé soit sur une galerie classique ou miniaturisée, soit sur API 20<sup>E</sup> pour Enterobacteriaceae avec laquelle elle se différencie par des particularités insignifiantes tel que:

- Inexistence d'enzymes tels que l'uréase.
- Manque de synthèse de H<sub>2</sub>S et du butanol.

### G. Recherche des Staphylocoques

Les Staphylocoques sont des cocci en grappe de raisin, Gram positifs. Ils sont disséminés partout dans l'environnement. Ils existent souvent à l'état de convives sur l'épiderme, et les membranes des êtres vivants (humains et animaux).

Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont :

- *Staphylococcus aureus*.
- *Staphylococcus epidermidis*.
- *Staphylococcus saprophyticus*.
- *Staphylococcus intermedius*.

Plusieurs méthodes sont conseillées pour la recherche de ce germe comme celles de (Baird Parker ; milieu de Giolitti Cantonii)

La recherche du *Staphylococcus aureus* dans les eaux de mer, par l'enrichissement sur le milieu de Chapman, est recommandée.

### ➤ **Dégradation du mannitol**

#### • **Principe**

Joffin et Leyrol (2001), décrit le milieu de Chapman comme étant un milieu élitiste. Il permet le développement des microorganismes vivants sur des milieux riches en sels. Les *Staphylococcus* figurent au premier rang. Ce milieu comporte de fortes teneurs en NaCl (75g/l) considérés comme inhibiteurs. Ceci facilite la séparation élitiste du *Staphylococcus*.

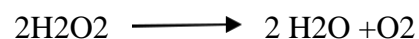
#### • **Résultat**

L'identification de l'espèce *Staphylococcus aureus* ne peut compter que sur le milieu de Chapman. Il est obligatoire de recourir à d'autres tests pour confirmation. Le résultat révèle une auréole jaune entourant les colonies mannitol +.

### ➤ **Recherche de l'enzyme la catalase**

#### • **Principe**

La recherche d'une catalase est un test important pour différencier les staphylocoques des streptocoques. Les staphylocoques donnent des réactions positives alors que les autres donnent des réactions négatives. La dégradation de l'eau oxygénée en eau et en oxygène libre est réalisée grâce à la catalase. L'oxygène est dégagé sous forme de gaz. La formule suivante résume cette réaction :



#### • **Mode opératoire**

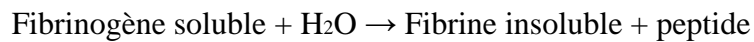
Sur une plaquette, on verse un peu d'eau oxygénée à dix (10) V à laquelle on additionne un peu d'inoculum à étudier prélevé sur milieu Chapman. Si la souche examinée possède une catalase, nous observons un dégagement immédiat de bulles gazeuses (Delarras., 2003).

### **I. Recherche de staphylocoagulase**

Elle a pour but de déterminer la pathogénicité d'un staphylocoque (on compte actuellement plus de 30% de staphylocoques pathogènes qui ont une coagulase négative) (Rodier, 2009).

La coagulation du plasma oxalaté du lapin est engendrée par les souches *Staphylococcus aureus* dans une période de 24 heures, ainsi que d'autres espèces de staphylocoques animales (*S. intermedius*). Les autres espèces d'origine animale

et humaine sont à coagulase négatives. La staphylocoagulase est une enzyme qui permet de catalyser le changement du fibrinogène (soluble) en fibrine (insoluble) selon la réaction suivante :



- **Mode opératoire**

Un bouillon cœur-cerveille a été inoculé par des colonies de Chapman à une température de 37°C pendant 24 heures. On additionne ensuite, 0.1 ml de cemélange au plasma de lapin, puis incubé 37°C. Les tubes seront examinés après deux (2 h), six (6 h) puis 24 h après.

- **Résultats**

Les résultats du test est de voir le coagulum occuper plus de 3/4 du volume du liquide initial (Labres et *al.*, 2008).

## **II.2.5. Dénombrement des oiseaux d'eaux :**

Ce travail s'est déployé sur deux années (septembre 2017 à Août 2019) afin d'évaluer la richesse avienne et d'inventorier les différentes espèces aquatiques du marais de Boussedra et déterminer leurs statuts phréologiques. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'accomplir un dénombrement qualitatif et quantitatif de l'avifaune de ce marais. Les sorties ont été organisées avec un rythme d'une sortie chaque 72 heures soit, dix sorties par mois pendant deux ans. Les dénombrements ont été effectués entre sept (07h) et dix-sept heures (17h) en fonction de la météorologie.

### **II.2.5.1 Méthodes utilisées**

Selon Blondel (1975) ; Ricard *et al* (2012), il existe différentes méthodes et techniques de dénombrement de l'avifaune qui sont associés à l'objectif, à la nature des espèces étudiées et aux milieux échantillonnés.

En général, nous avons effectué un dénombrement individuel et ce à chaque fois que les oiseaux étaient proches (une distance d'environ 200m) le nombre inférieur à deux cent spécimens. A l'inverse, nous nous sommes limités à des appréciations visuelles du groupe d'oiseaux lorsque ces derniers étaient très éloignés et/ou l'effectif était supérieur à 200 individus. Ces méthodes de dénombrement et de comptage hivernaux des oiseaux d'eau sont

rapportées par plusieurs chercheurs dont Schrike, (1985) et Houhamdi et Samraoui (2002). Blondel (1975), indique que cette technique offre une marge d'erreur qui dépend de l'observateur, de son expérience sur le terrain et de l'exactitude de son appareil photo. Cette dernière est fréquemment évaluée entre cinq et dix pour cent (%).

### **II.2.5.2. Le choix des endroits d'observation**

Selon Aberkane (2014), les sites d'observation se basent principalement sur :

- La perception générale et dominante de l'endroit à étudier.
- La distribution du peuplement d'oiseaux sur le site (sur tout le marais)

Lors des sorties effectuées dans la station d'étude (marais de Boussedra), la totalité de l'avifaune présente a été recensée dans le dit marais, par observation directe au moyen d'un longue vue ornithologique de marque « Konuspot 100 » et d'un appareil photo SONY à partir de deux stations (S1 et S2) d'observations qui ont été choisies sur la rive Nord du marais, (c'est le point le plus élevé) en raison de leurs accessibilités relatives et de leur vision générale (Schricke 1982 ; Chettibi, 2014). Afin d'analyser la structure de la communauté d'avifaune aquatique de Boussedra, des paramètres écologiques ont été utilisés. Ainsi, nous avons utilisé des indices de diversité afin d'expliquer et d'interpréter les résultats acquis. Ces derniers concernent

#### **A) La richesse spécifique :**

Pour certains auteurs tels que Lindstrom et Piersma (1993) et Eric (2014), Cette indice renseigne sur l'effectif de l'espèce existante durant une période définie. Elle nous informe également sur les changements spatio-temporels de l'appropriation d'un milieu par les différentes espèces. Elle indique et caractérise la richesse et la faiblesse en avifaune.

#### **B) La richesse totale (S) :**

Blondel (1975) la définit comme étant le nombre total d'espèces aviennes recueillis lors des différents relevés. Plus le nombre d'échantillonnage est élevé, plus la précision de ce paramètre se concrétise.

#### **C) La richesse moyenne (Sm) :**

Selon Ramade (1984), cet indice indique la moyenne de l'effectif présent dans un lot d'espèces trouvées.

$$S = S/N \text{ où}$$

S: Richesse totale

N : nombre de relevés

#### **D) L'abondance (N) :**

Elle se résume au **nombre** d'individus pour chaque espèce d'oiseaux (Patrick, 2017)

#### **E) L'indice de Shannon**

D'après Legendre et Legendre (1948), considèrent cette notion (H') telle une approche s'appliquant aux groupements naturels. Du point de vue écologique, cet indice n'est significatif que s'il est appliqué à une communauté d'espèces fonctionnant de la même façon au sein d'un biotope. Les mêmes auteurs le définissent comme étant une mesure qui se rapporte à la richesse en espèce mais faible en représentativité individuelle. Par ailleurs, lorsque cet indice est réduit, ceci s'explique par une dominance de l'espèce mais avec une grande représentativité (Blondel 1975).

L'indice de Shannon est présenté comme suit :

$$H' = -\sum P_i \log_2 P_i \text{ où}$$

#### **F) L'Indice d'équitabilité**

Ce dernier permet de traduire la dominance d'une espèce autrement dit il décèle les anomalies de l'indice de diversité. Il y a une co-dominance de plusieurs espèces quand cet indice tend vers un (1) où ce chiffre représente une grande diversité (Legendre et Legendre 1979).

Ainsi, on peut exprimer l'évolution de la structure de l'avifaune aquatique par la formule suivante :

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

Cet indice détermine, soit le rapprochement ou bien l'éloignement entre H' et Hmax. C'est un aspect révélateur de la diversité, en raison du rapprochement ou de l'éloignement de l'indice de diversité de la valeur 1. (Barbault, 1981 ; Ramade, 1984 ; Weesie & Belemsobgo, 1997 ; Dajoz, 2000 ; Seddik, 2011) ; Barbault, 1981 ; Ramade, 1984 ; Weesie & Belemsobgo, 1997 ; Dajoz, 2000 ; Seddik, 2011).

#### **G) Analyse statistique :**

Afin de déterminer et expliquer les résultats de la répartition dans l'espace et dans le temps de l'avifaune aquatique, nous avons adopté un test statistique multivarié par le biais de l'Analyse Factorielle des Correspondances sur les données relatives aux dénombrements réalisés (AFC). A cet effet on a travaillé à l'aide d'un logiciel Adobe Digital Edition 4. Le but de cette technique

d'analyse, considérée comme récente, est la description du maximum d'informations (sous forme de graphiques) dans un tableau rectangulaire de données. Ces dernières, constituant le tableau, proviennent des différentes mesures effectuées sur deux (02) groupes de caractères dont l'un d'eux est réparti horizontalement en ligne et l'autre verticalement.

- RESULTATS ET DISCUSSION

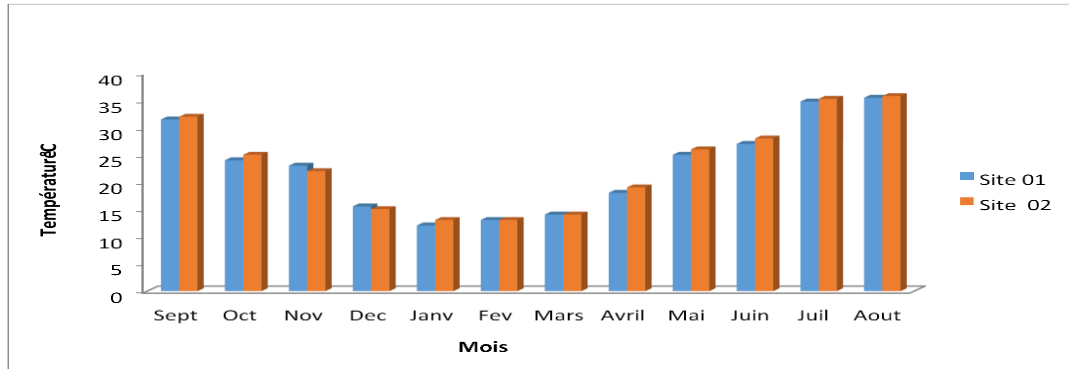
## PARTIE II. RESULTATS ET DISCUSSION

### II.1. Analyse qualitative du milieu :

#### II.1.1. Résultats des variables physiques

##### II.1.1.1. La température

Les valeurs de ce paramètre de l'eau figurent dans le graphe 25.



**Figure 25** : Relevé de la température du marais Boussedra au niveau des deux sites (S1, S2) (2017-2018)

Au niveau du marais de Boussedra, les résultats, montrent des variations dans la température presque semblables dans les 02 stations (Figure 25). Les chiffres maximums sont relevés en Juillet-août (34.8-35.8°C) et des minima en Janvier et février (12 et 13°C). Cependant un écart de température est observé entre le mois de Juin et Juillet (27-28 et 34.8 - 35.3).

Selon Aberkane et *al* (2011), la température est considérée comme un indice écologique d'un intérêt. Elle présente un impact sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques. Pour Kadlec et Reddy (2001), ce facteur contribue sur l'évaluation de l'aspect qualitatif des eaux superficielles.

Dans les systèmes aquatiques, les processus biologiques sont également influencés par cette dernière. Ils varient selon les conditions atmosphériques. Les mêmes conclusions ont été apportées par Potelon et Zysman (1998) in Bengharbia et *al* (2014), la température des eaux superficielles que ce soit des rivières, des lacs ou des retenues, varie en fonction des saisons, elle peut changer de 2°C en hiver à 30°C en été. Pour Djermakoye (2005), l'élévation de la température en été favoriserait l'élimination des substances qui lui sont apportées et augmenterait l'allure de dépôt de la matière en

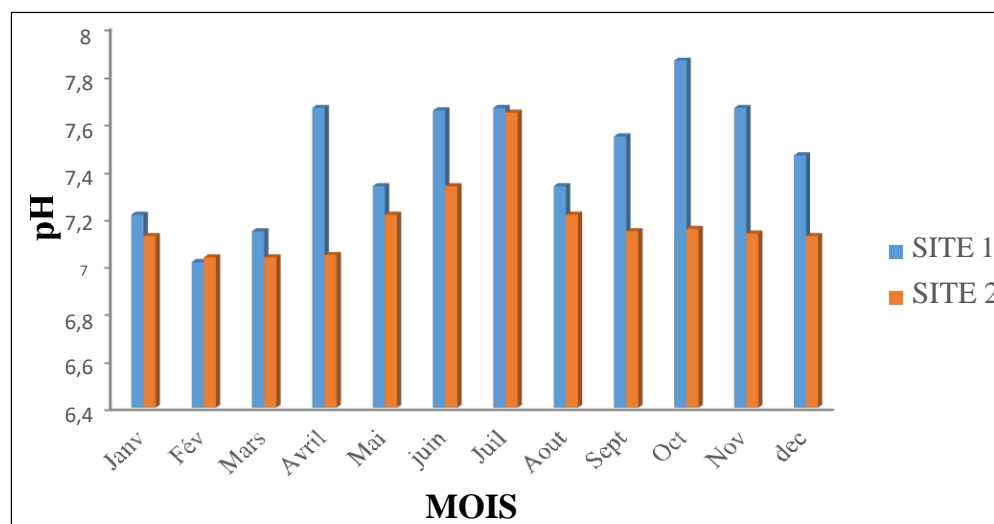
suspension. Selon El Hachimi (2012) et Smruti (2016), l'accroissement de la diversification des algues (Phytoplancton) sont influencés par deux paramètres : la température et la lumière. Il est à remarquer que les valeurs de températures des deux sites de notre étude semblent être très élevées (34.8-35.8°C).

De même pour Benbouih (2000), l'élévation de la température (> à 15 °C) accentue la croissance des micro-organismes et contribue au changement des caractères gustatifs de l'eau. Aussi, elle facilite la rétention des micropolluants, en particulier les métaux lourds. A l'inverse une baisse de la température, freine les transformations de la matière dans les différents traitements d'eaux. Cette dernière varie également en fonction de l'hydrologie de l'écosystème (Rodier *et al.*, 1984).

Si on se réfère à la classification de la qualité de l'eau en fonction de la température (Monod, 1989), on peut dire que notre site d'étude possède une eau de qualité normale durant l'hiver, bonne au printemps (14-19 °C) et médiocre à mauvaise durant l'été. Cette constatation concorde avec les résultats de (Bara, 2020).

### II.1.1.2. pH :

Les résultats concernant du pH du marais de Bussedra sont présentés dans la figure 26.



**Figure 26** : Relevés du pH de l'eau dans le marais de Bussedra dans les (S, S2) (2017-2018)

Dovonou *et al* (2011), mentionnent que la mesure du pH détermine le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau. Il est considéré comme un agent essentiel dans la cinétique des processus chimiques, qui dépend des situations naturelles du milieu (Reggam *et al.*, 2015, Meybeck *et al.*, 1996). Ce dernier est également relatif aux parcelles franchis (Dovonou *et al.* 2011). L'élévation du pH, du point de vue sanitaire, est susceptible de causer un problème de

corrosion alors qu'un abaissement de ce dernier peut altérer le goût de l'eau (Boudraa, 2011). Ce variable renseigne sur plusieurs processus physiologiques, biochimiques telle que la photosynthèse (Edeline, 1980 ; Bambara, 1985). Des teneurs en pH plus basses que cinq ou plus élevées à 8,5 affaiblissent carrément la durabilité et le développement des micro-organismes (Mara, 1980 ; Who, 1987). Il est absolument nécessaire de bien connaître et cerner ce facteur durant les différentes opérations de traitement (Rodier, 1996 ; EL Hachemi, 2012). Les données de ce paramètre (figure 25) démontrent que, le du pH des 02 sites du marais de Bousdedra indique une légère alcalinité. Au niveau du site (01), les valeurs oscillent entre (7,01 et 7,86) avec une valeur maximale durant le mois d'Octobre.

Il oscille entre (7,3 et 7,54) pour le site 02 avec une valeur extrême en Juillet. Des valeurs minimales du pH, figurent en Février et Mars 2018 dans les deux sites.

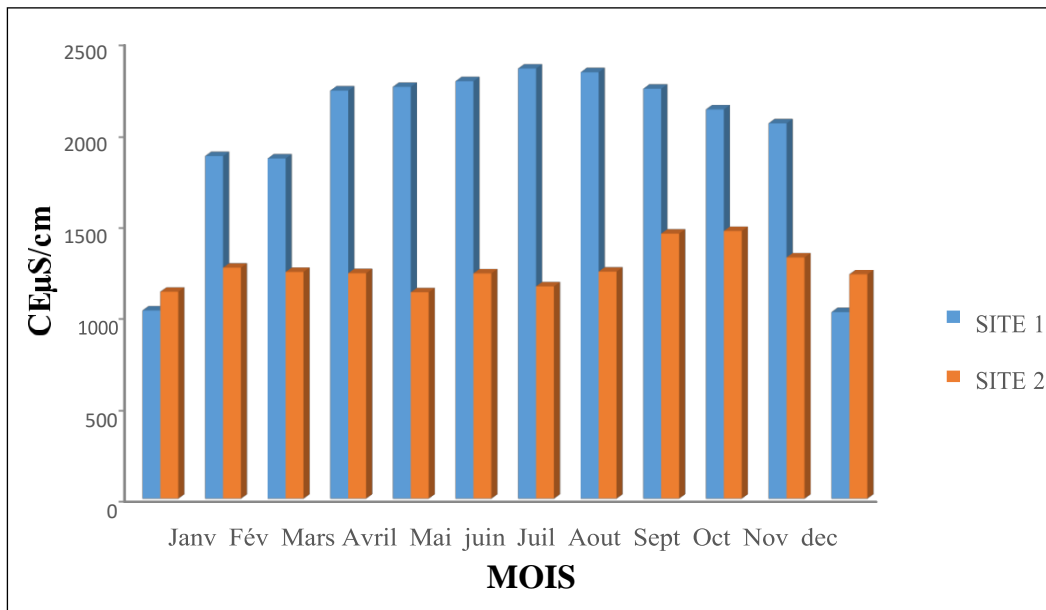
La tendance à l'alcalinité, est due à l'augmentation de la production primaire du phytoplancton liée à l'accroissement du processus photosynthétique (Bouzaïd-Lagha *et al.*, 2012 ; Kherief Nacereddine *et al.*, 2018). Ces derniers déduisent que les plantes aquatiques présentes dans le milieu, consomment le CO<sub>2</sub> dissous ; elles agissent sur l'équilibre calco-carbonique et tendent de décliner la consommation en H<sup>+</sup>. La photosynthèse tend également à élever le pH alors que la respiration vise à l'abaisser (Champiat et Larpent, 1988 ; Dupont., 2004). D'autres chercheurs Chapman *et al* (1996), Meybeck *et al* (1996), indiquent que le pH de l'eau influence une grande partie des nombreux équilibres physico-chimiques. Il est conditionné par plusieurs facteurs du milieu comme la température et l'origine de l'eau. C'est un bon indicateur du pouvoir agresseur (aptitude à dissoudre le calcaire) et s'élève durant la saison d'étiage, lorsque l'évaporation augmente.

La valeur du pH dépend de la CE. Cependant, le phénomène un pH supérieur à 7 provoque la dénitrification totale. (Pambrun, 2005 ; Zahi, 2014). Selon Moss *et al* (2003) ; Cellamare (2009), à des pH situés entre 7 à 8.5, les activités des bactéries nitrifiantes sont maximales.

La classification (Agrigoni, 2000) nous indique que durant cette période d'étude, le pH du marais de Bousdedra, est de type Neutralité approchée pour la majorité des eaux de surface.

### II.1.1.3. Résultats de la conductivité électrique $\mu\text{S}/\text{cm}$

Les résultats de ce paramètre figurent ci-dessous (graphe 27)



**Figure 27 :** Variation de conductivité électrique au niveau de l'eau du marais Boussedra durant l'année 2017-2018

La connaissance de ce paramètre informe sur le degré approximatif de la minéralisation de cette eau (Dovonou *et al.*, 2011; Makhoukh *et al.*, 2011 ; Belghiti *et al.*, 2013). Elle permet également la confirmation des tests relatifs aux analyses physico-chimiques de l'eau. Il instruit sur l'état nutritif d'un milieu, autrement dit, lorsque la conductivité est très élevée, elle traduit un milieu eutrophe riche en élément nutritif, à l'inverse d'un milieu pauvre dit oligotrophe, dont la conductivité est faible ou basse (Berzin *et al.*, 1989).

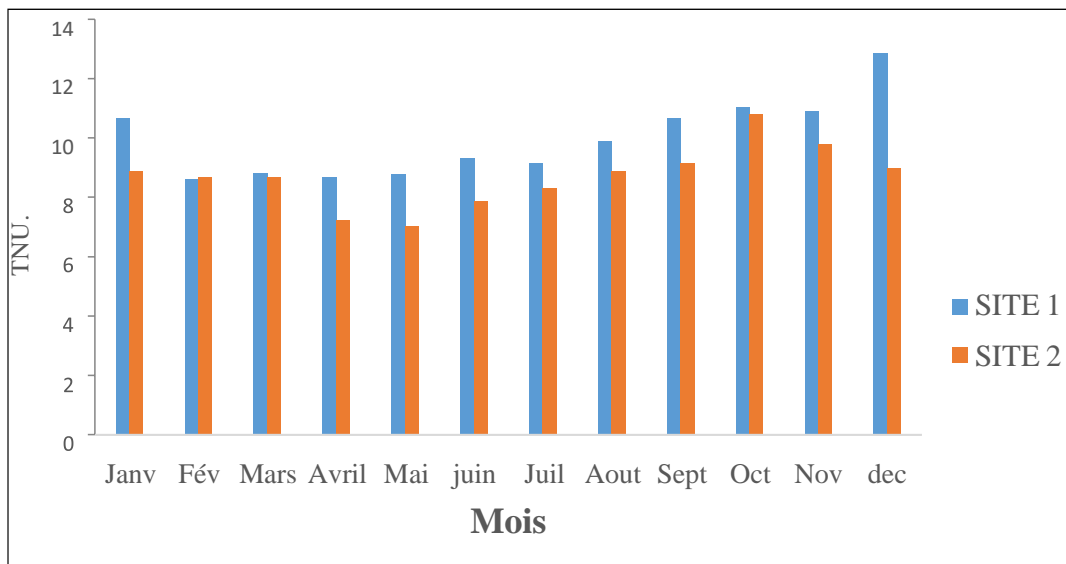
Dans cette expérimentation, les deux sites présentent des valeurs de la conductivité électrique (figure 27) supérieures à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les résultats du site 01 oscillent entre (1033 à 2354  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et entre (1132 à 1467  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) pour le site 02. La plus grande valeur en été (Juillet) au niveau du site 1.

Au vu de ces résultats, on peut supposer que ce dernier est eutrophe et pourrait être situé dans la partie du lac la plus encaissée et la plus affectée par les apports naturels carbonatés et anthropiques (agricoles, industriels et urbains). Les mêmes constatations ont été notées par (Zahi *et al.*, 2013 et Boulaksa, 2020) La comparaison des valeurs saisonnières révèle que celles-ci sont plus élevées au printemps et en été qu'en hiver. Les résultats obtenus, dans notre travail, coïncident avec ceux de Boulaksa (2020) et Abdellioui *et al.* (2012), ces derniers affirment que la concentration des éléments et des sels minéraux de l'eau augmente avec la température. Effectivement, dans notre étude, l'élévation de la température a conduit à une augmentation de la conductivité électrique à partir du printemps (Mai) jusqu'à l'été (Juillet et Août). D'autres chercheurs Ouahmidou *et al.* (2015), rapportent que, durant l'été les eaux chaudes et l'évaporation intense induisent une forte

minéralisation en sels, ce qui entraîne une hausse de la conductivité électrique (CE) des sédiments. Selon Duguet *et al* (2006), la conductivité électrique (CE) et la minéralisation de l'eau sont en rapport, l'une induit l'autre. Autrement dit, la conductivité s'élève de plus en plus au fur et à mesure que l'eau s'enrichit en minéraux ionisés. Ils affirment également que cette dernière est tributaire de la température. Rodier (2009), stipule que la conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. Les résultats de Ghazali et Zaid (2013), ont montré des écarts dans la conductivité d'un milieu et ont confirmé la présence de pollution et de zones de mélange ou d'infiltration. Selon Wasc (2003), Hade (2002) in Kanohin *et al* (2017), la valeur de la conductivité est influencée par divers facteurs naturels et anthropiques dont la géologie du bassin versant (la composition des roches), les apports d'eau souterraine et les apports d'eau contaminée provenant des activités humaines) car les rejets contaminés augmentent aussi la conductivité de l'eau. En se référant à la grille de classification (Monod, 1989) (Annexe V), nous déduisons que l'eau du marais de Boussedra est classée Passable à Médiocre. Nous pourrions avancer que nous sommes devant une eau polluée (ANRH. 2008).

#### II.1.1.4. Résultats de la turbidité (NTU)

La figure 28 et le (tableau 4 annexe III) montrent les valeurs de ce paramètre.



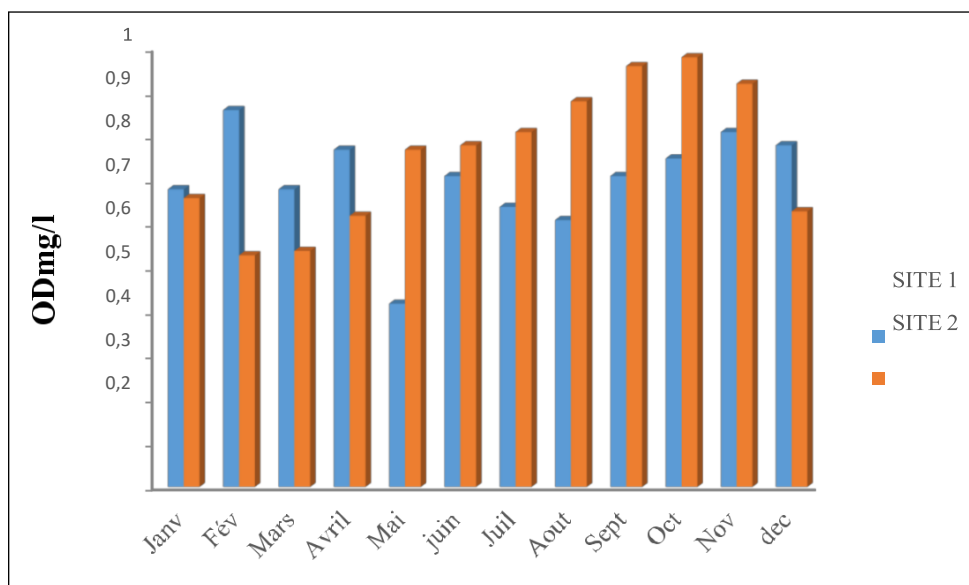
**Figure 28.** Variation de la turbidité de l'eau du marais Boussedra au niveau des deux sites (S1,S2) (2017-2018)

Selon Rodier (2009), l'existence de particules en suspension essentiellement colloïdales (argile, sable, limons...) entraîne le phénomène appelé turbidité. Pour Shuval et *al* (1986), le grand avantage de la mesure de ce paramètre réside dans le contrôle des eaux. L'estimation de la multiplicité de ces matières détermine le degré de turbidité (El Hachemi, 2012). Lors de notre étude, les valeurs de la turbidité (Figure 28) fluctuent entre une valeur maximale de 12,85 NTU notée dans le Site 01 au mois de Décembre et une autre minimale de 7,02 NTU, observée dans le Site 02 durant le printemps (Mai). Les valeurs de la turbidité diminuent de l'hiver vers l'été. En effet, cette diminution a commencé immédiatement à partir des mois d'avril-Mai (7,22-7,02). Toutefois les valeurs du site 01 restent supérieures à celles du site 02 et elles dépassent largement la norme algérienne qui recommande une norme fixée à 5 NTU au maximum (Gaagai, 2017).

Des valeurs similaires à la présente étude ont été rapportées par Hamli (2020) dans son étude sur ce plan d'eau (du marais de Bousseadra). Selon El Hachemi (2012), les valeurs élevées de la turbidité peuvent contribuer à la diminution du pouvoir pénétrant de la lumière. Les pluies torrentielles sont capables d'augmenter des matières en suspension résultante d'une grande prolifération algale. Ces dernières contribuent à favoriser ce paramètre (turbidité).

#### II.1.1.5. Consistance en Oxygène Dissous (OD)(mg/L :

Les résultats concernant la quantité en oxygène dissous (OD) (mg/L) sont présentés dans la figure 29 et le (tableau 5 annexe III)



**Figure 29 :** Variation de la teneur en oxygène dissous (mg/L) dans l'eau du marais Bousseadra au niveau des deux sites (S1 et S2)(2017-2018)

Ce facteur, considéré essentiel, détermine la diffusion et la survie des espèces car il sert à la respiration des êtres vivants (Davis, 1975). L'importance de cet élément réside dans sa capacité de conditionner l'état de plusieurs sels minéraux,

la dégradation de la matière organique, l'auto-épuration et la vie des êtres vivants aquatiques (Belghiti et al., 2007 ; HCEFLCD, 2007). Au niveau des plans d'eau, sa teneur est conditionnée par plusieurs facteurs essentiellement la température de l'eau, la profondeur, la présence de la matière organique, de nutriments et la qualité des plantes aquatiques, la salinité, la turbidité, etc.... (Aminot et Chaussepied, 1983 ; Tardat-Henry et al, 1992).

Dans les deux sites, les résultats de la figure 29, montrent des variations temporelles dans les concentrations en oxygène dissous durant cette expérimentation où la concentration maximale est en dessous de 1mg/l, enregistrée en période d'automne pendant les mois de Septembre et Octobre 2018 (0,960.98mg/l). Concernant le site 01, nous avons noté une concentration assez forte de l'oxygène malgré une forte température durant le mois de septembre, ceci peut être dû à l'augmentation de l'O<sub>2</sub> issue de l'activité végétale. Au niveau du site 1, la concentration en cet élément est plus faible que celle du site 2, notamment durant les mois de mai, juillet et août de l'année 2018, avec des valeurs respectives (0,40mg/l ; 0,64 mg/ l et 0,61 mg/l). Nos résultats concordent avec celle d 'El Haouati (2009). Selon cette chercheuse, ceci, peut être relié, d'une part, à une importante consommation de cet élément par les bactériesaérobies comme les germes totaux et les coliformes fécaux, durant cette période, favorisée ainsipar une augmentation des rejets d'eaux usées urbaines et industrielles riches en matièresorganiques, d'un autre côté, au processus respiratoire du zooplancton et d'autres organismes aquatiques présents dans le lac.

La diminution de ces teneurs en oxygène nous amène à dire que le marais vit en anoxie estivale. Cette diminution traduit la présence d'une grande quantité de matière organique. Des résultats similaires ont été trouvés par Hamli (2020), dans le même marais. Cette dernière incombe ce déficit important en oxygène dissous aux effluents liquides des communes avoisinantes chargés de fortes concentrations de substances polluantes. En effet, afin de dégrader la matière organique, les microorganismes contenus dans les rejets domestiques concourent à la consommation de l'oxygène et par conséquent à sa diminution (Champiat et Larpent, 1988).

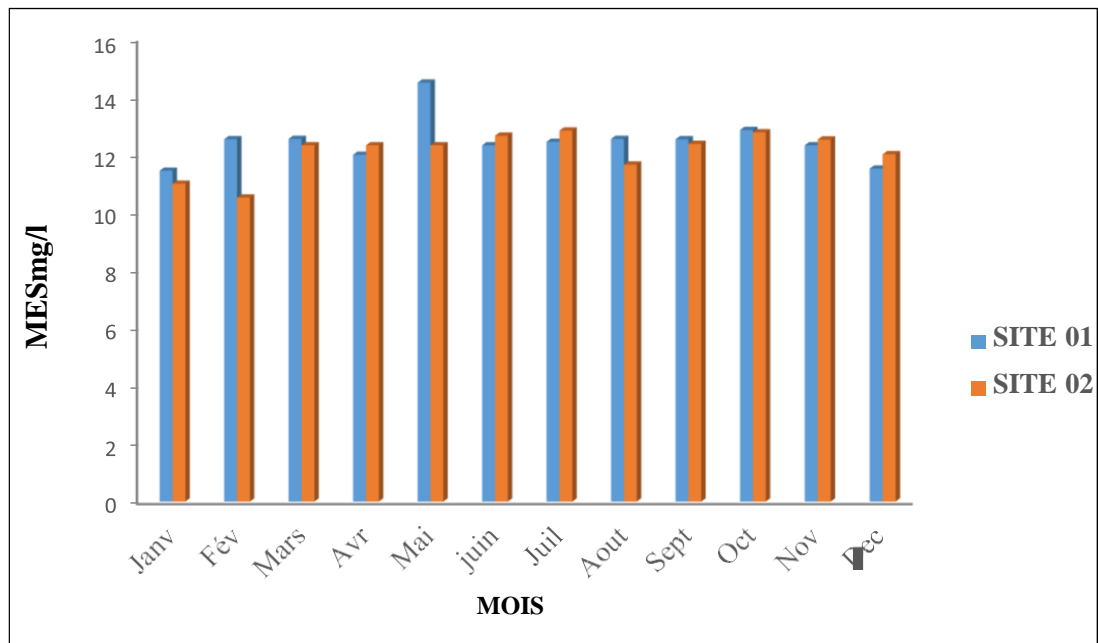
Toutefois, Wetzel (1983) et Beaux (1998), considèrent une eau de qualité mauvaise ou médiocre et même très polluée lorsque sa teneur en oxygène dissous est nettement inférieure à 4mg/l.

Les résultats obtenus durant cette période d'étude (2017-2018) montrent que l'eau du lac de Bussedra présente une mauvaise oxygénation d'où la conclusion que qualitativement, cette eau se situe entre passable à médiocre.

## II.1.2. Résultats de l'étude chimique du milieu :

### II.1.2.1. Concentrations de l'eau en matières en suspension (MES) (mg/l).

Le graphe ci-dessous montre les valeurs relatives à ce paramètre.



**Figure 30 :** Variation de la quantité de matières en suspension (MES) (mg/l) dans le marais Bussedra pour les deux sites 01 et 02 (année 2017-2018).

Les matières minérales telles que l'argile, sables, limons, ou organiques d'origine animale ou végétale, constituent les MES dont la circonférence est plus grande à 0.5  $\mu\text{m}$ . Elles comportent également des microorganismes (bactéries, planctons et autres...) (Lounnas, 2008). Ces dernières sont à l'origine en particulier de la turbulence et du changement de la couleur de l'eau (Strickland et Larson, in Aminot et Chaussepied, 1983 ; EL Haouati, 2009 ; Hamdi et *al.*, 2012).

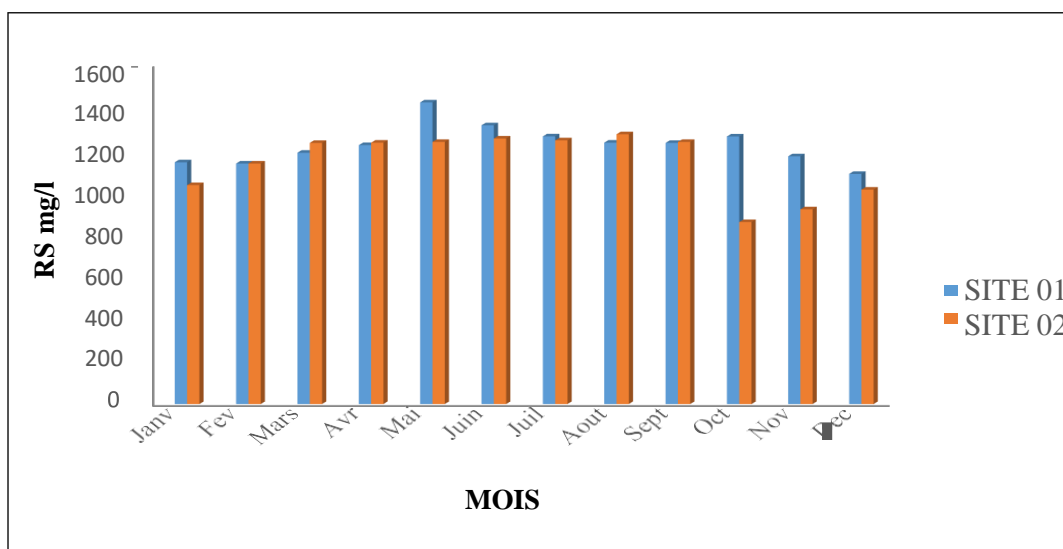
Selon EL Haouati et Djermane (2006), la limpidité de l'eau est inversement proportionnelle à la quantité de matières en suspension, des grains minéraux ou d'organismes divers. L'action de ces paramètres affecte le taux d'éclairement et le passage des faisceaux lumineux en profondeur.

Dans les deux 02 sites étudiés du marais de Boussedra,, les teneurs en matières en suspension (MES) se rapprochent, présentant une faible différence. Elles oscillent entre 10,52 et 13,50 mg/l (figure 30). Cette valeur minimale (10,52 mg/l) est notée dans le site 02 en Février. Par contre, la concentration maximale (13,50 mg/l) est relevée dans le site 01 au mois de Mai. Selon Mekaoussi (2014), ces quantités de MES varient avec les périodes de l'année, le système d'écoulement des eaux et l'aspect des refus. Nos résultats confirment ceux d'El Haouati (2009) qui relie cette baisse teneur à la sédimentation des particules non solubles, favorisées par des vitesses moyennes du vent et de la diminution des apports exogènes. Les valeurs accrues, notées pendant la période printanière et estivale (Mai-Septembre) seraient dues en plus de l'évaporation hydrique, à la décantation des matières organiques mortes ainsi qu'à l'augmentation des rejets industriels. Cependant, ces fortes concentrations en MES sont capables d'inhiber l'entrée des rayons lumineux, décroître l'OD, réduire ainsi la vie aquatique et susciter des perturbations entre les différentes espèces (El Haouati, 2009). Lacaze (1996) ; Anonyme (2005), Makhoukh et *al* (2011), indiquent que ces matières peuvent être considérées comme des transporteurs importants de la pollution. Elles sont aptes à emmagasiner des teneurs importantes de matières polluantes et toxiques (pesticides,, métaux lourds, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques ...). Elles changent la transparence de l'eau qui devient trouble, et altère ses caractères gustatifs (Baumont et *al.*, 2003).

Les normes imposées par l'OMS (2001) pour ce paramètre sont de 30 mg/l. Néanmoins, les valeurs enregistrées, lors de cette étude, sont inférieures à ces normes.

### II.1.2.2. Teneur en eau en résidu sec (RS) (mg/l)

Les valeurs du résidu sec pour le marais de Bussedra sont illustrées sur la figure 31.



**Figure 31:** Variation de la teneur en résidus secs (RS) (mg/l) des eaux des 02 sites étudiés (Année 2017-2018).

Par définition, la masse de résidus secs équivaut à la masse d'éléments minéraux qui restent après échappement de l'eau, fréquemment exprimée en mg/l (<https://www.josmose.fr/>).

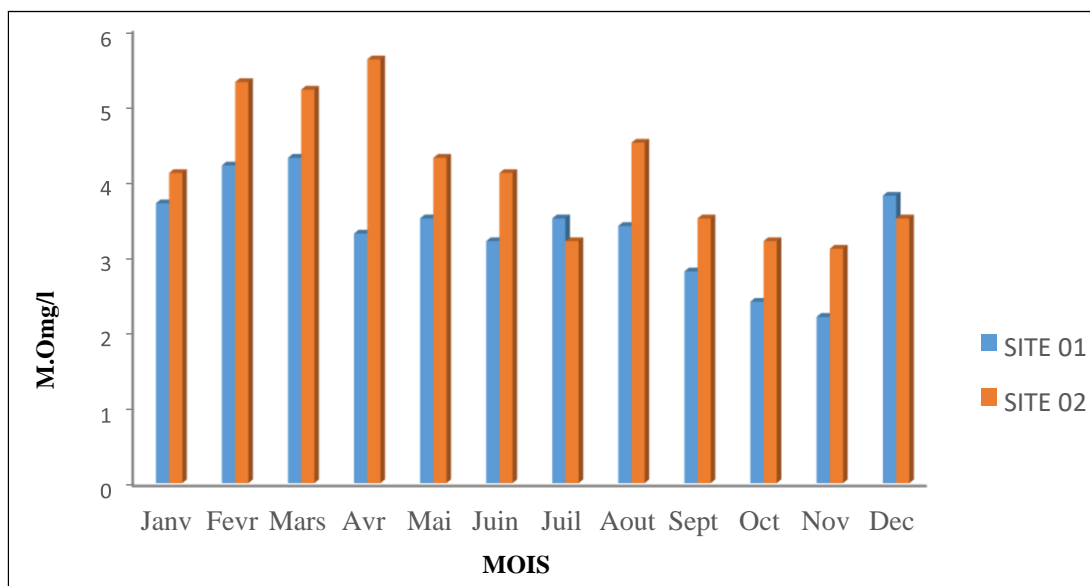
Les différents résultats (Figure 31), montrent que les deux (02) sites présentent des valeurs différentes durant les 12 mois d'étude. Pour les eaux du site 01, des teneurs en résidus secs très fortes, sont relevées en Mai – Juin Juillet et Novembre (1424,60 ; 1316,76 ; 1264,55 et 1263,95 mg/l ) successivement et les plus basses au mois de Décembre (1087,66 mg/l). Pour les eaux du site 02, des teneurs importantes, ont été enregistrées durant Avril, Mai, Juin, Juillet, Août avec des valeurs (1234,77 ; 1238,44 ; 1254,33 ; 1245,66 et 1274,55 mg/l ) alors que les teneurs les plus basses sont relevées durant les mois d'Octobre et Novembre (860,80 mg/l : 920.60 mg/l) ; Il est à signaler que les valeurs de ce paramètre oscillent deux valeurs extrêmes de (860.80 mg/l (site 2) et 1424,60 mg/l au niveau du site 01.

L'augmentation du résidu sec (RS) résulte essentiellement duhaussement de la température, Alors que sa diminution se manifeste pendant la montée des eaux. Dans le cas où la teneur en ce paramètre dépasse les 1500mg/l, ceci conclut la grande disponibilité de ces éléments dans l'eau du marais. On parle d'une eau moyennement minéralisée quand la concentration en RS se trouve entre 500 et 1500 mg/l. Elle est qualifiée de faiblement minéralisée quand elle est plus basse que 500 mg/l. En dessous de 50mg/l, elle est dite trop faiblement minéralisée (<https://www.josmose.fr/>).

Nous constatons aussi que la variation des résidus secs est identique à celle de la conductivité. Ces deux paramètres sont influencés par un seul facteur "la saison de prélèvement". Durant la période pluvieuse les valeurs sont faibles suite à l'effet de dilution, cependant, elles sont élevées en période sèche (évaporation).

### II.1.2.3. Concentration en matières organiques (MO) (mg/l)

Les valeurs relatives à ce paramètre sont représentées dans le graphe ci-dessous



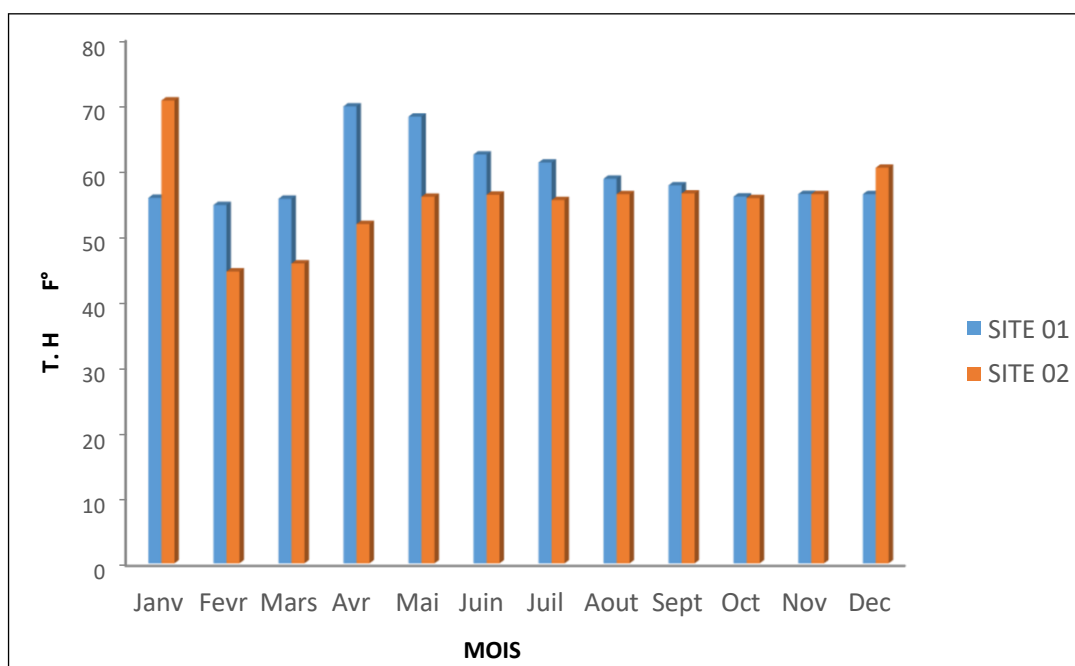
**Figure 32 :** Variation de la teneur en matière organique (mg/l) des eaux des sites (S1,S2) (2017-2018).

Les valeurs de ce paramètre (Figure 32) révèlent que l'eau de ce marais présente une teneur en matière organique qui varie entre 2,40 mg/l et 5,4 mg/l. Ceci traduit que cette eau est de qualité moyenne à mauvaise. Le site 02 enregistre les concentrations en M.O très importantes en Février-Mars-Avril (5,3-5,2 -5,6 mg/l ) successivement. Les plus basses concentrations ont été observées au niveau du site 01 (2,8 -2,4 et 2,2 mg/l) en Septembre- Octobre et Novembre.

Les substances organiques comptent parmi les pollueurs essentiels dans la nature, notamment les milieux aquacoles. Elles résultent des rejets domestiques comme les ordures ménagères et les excréments mal purifiés ou filtré. Elles peuvent découler à partir d’effluents agricoles (lisiers) ou industriels. Lorsqu’elles sont en excès, il y a donc pollution. La faune aquatique risque d’être asphyxiée suite à la décomposition de ces matières. (<https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/accueil.html>).

En effet, une réduction de l’oxygène dissous est observée au niveau de la vie aquacole dû à la décomposition de la MO (Anonyme, 2021). Loukmane (2019), affirme que cette activité ne s’effectue qu’en présence de l’oxygène car elles sont oxydables. Ainsi, sa présence dans le lit d’une rivière démontre la proximité d’un rejet brut et par conséquent d’une pollution du milieu dû à son appauvrissement en oxygène. Selon Hamed et al (2012), une contamination bactérienne ou chimique indique probablement une richesse de l’eau en ces substances ; ces dernières sont considérées comme source nutritive pour le développement de ces germes.

#### II.1.2.4. Dureté de l’eau (TH)



La figure 33 présente les résultats concernant le paramètre dureté de l’eau.

On mesure ce facteur par le titre hydrotimétrique exprimé en °F ou 1°F est l’équivalent de dix (10) milligrammes de carbonates de calcium (CaCO<sub>3</sub>) dans un litre d’eau. En fonction de sa charge en calcium et en magnésium, on qualifie une eau de douce ou de dure (Rodier, 1996 ; Anonyme, 2021 ; Rejsek, 2002). Elle renseigne sur son contenu en éléments ou métaux alcalino-terreux facteurs de

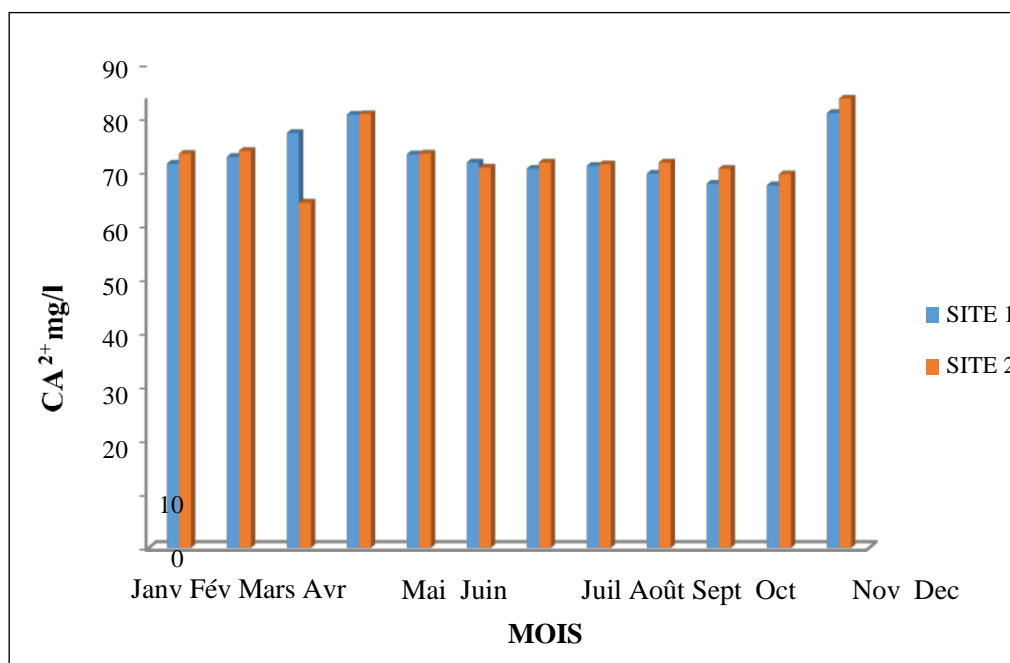
cette dureté (Boussenadji) ; Kellil et Sekiou (2014), attribuent cette dernière aux teneurs élevées en calcium, considéré comme constituant dominant de la dureté en plus du magnésium.

Concernant les 02 sites du marais, les résultats acquis nous indiquent que la moyenne de la dureté des eaux change mensuellement.

Le site 1 enregistre la plus importante valeur durant le mois d'Avril soit (68,65°F) la plus petite est notée en Février soit (54,66°F). Quant au second site, la valeur maximale est notée en Janvier (70,5°F) et la minimale en Février (44,55°F). En référence au tableau de classification de la dureté (Hasnia, 2018), on peut considérer les eaux de nos deux sites durant la période d'essai comme eaux très dures (dureté plus de 40 F°).

### II.1.2.5. La teneur des eaux en calcium ( $Ca^{2+}$ ) mg/l.

La figure 34 représente les données de ce variable dans les 02 sites d'étude (mg/l) :



**Figure 34:** Variation de la teneur en Calcium (mg/l) en fonction des mois dans les deux sites étudiés du marais de Boussedra (2017-2018).

Les concentrations de  $Ca^{2+}$  dans les eaux des deux sites d'étude oscillent entre 68,88 mg/l et 89,65mg/l. Néanmoins, il est à souligner que ces deux teneurs sont enregistrées dans le deuxième site (S2). La teneur maximale est relevée en Décembre (89,65mg/l) et la teneur minimale au mois de Mars (68,88 mg/l).

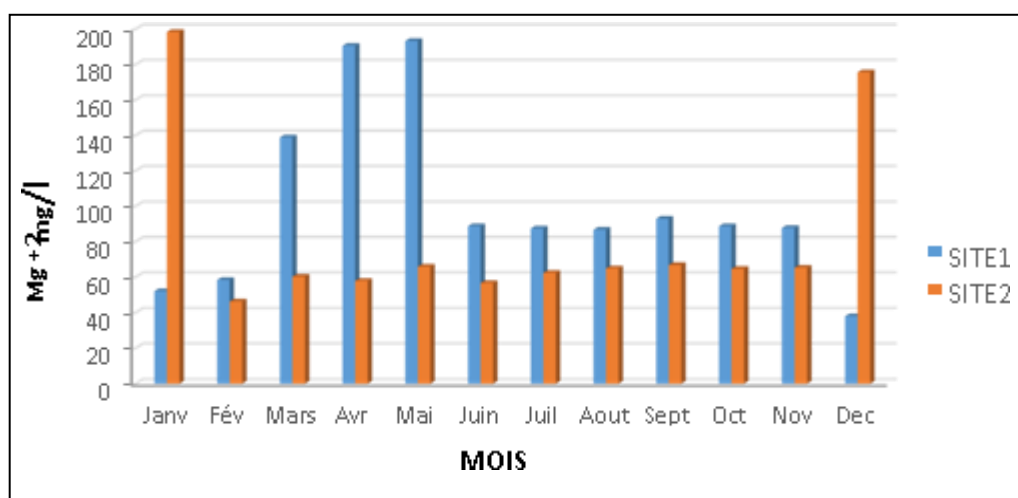
Pour ce qui est du site 01, les fortes concentrations en cet élément sont notées durant Décembre-Mars et avril soit (86,77 ; 82,77 et 86,43 mg/l) successivement.

Cet élément est fondamental dans la dureté de l'eau. Il est considéré comme le métal alcalino-terreux le plus disséminé dans la nature, essentiellement au niveau des rocs calcaïques sous la forme de carbonates. Ces sels se trouvent dans presque toutes les eaux naturelles avec une quantité oscillant entre 1 à 150 mg/l. Cette teneur dépend de la nature des roches franchis (<https://www.eauxseineouest.fr/le-dico-de-leau>).

La désagrégation des carbonates et du gypse est à l'origine de la disponibilité de cet élément dans les eaux (Nechem, 2009 ; Lekoui 2020). Selon Bremond et Vuichard (1973) in Guergueb (2012), cet élément est considéré comme le cation le plus prépondérant. En général, il existe à l'état de bicarbonates  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)$  solubles. D'après Boussenadji, une eau de faible teneur en calcium est dite "douce". C'est le constituant principal de la dureté des eaux en général. Les teneurs en cet élément trouvées oscillent entre 68,88 mg/l et 89,65mg/l. Si on se réfère au tableau de classement des eaux non salées en fonction de la dureté on peut considérer les eaux du marais de Boussedra comme très dures. Nos résultats concordent avec ceux d'El Haouati (2009) sur le lac de Reghaia. Pour cet auteur, cette teneur en calcium a causé, en relation avec d'autres sels minéraux, une forte minéralisation hydrique. Selon Merzoug (2009), les teneurs en cet élément dans les milieux terrestres ou lotiques sont d'un intérêt écologique capital.

#### II.1.2.6. La teneur en eau en magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) mg/l.

Le graphe ci-dessous montre les valeurs de ce paramètre.



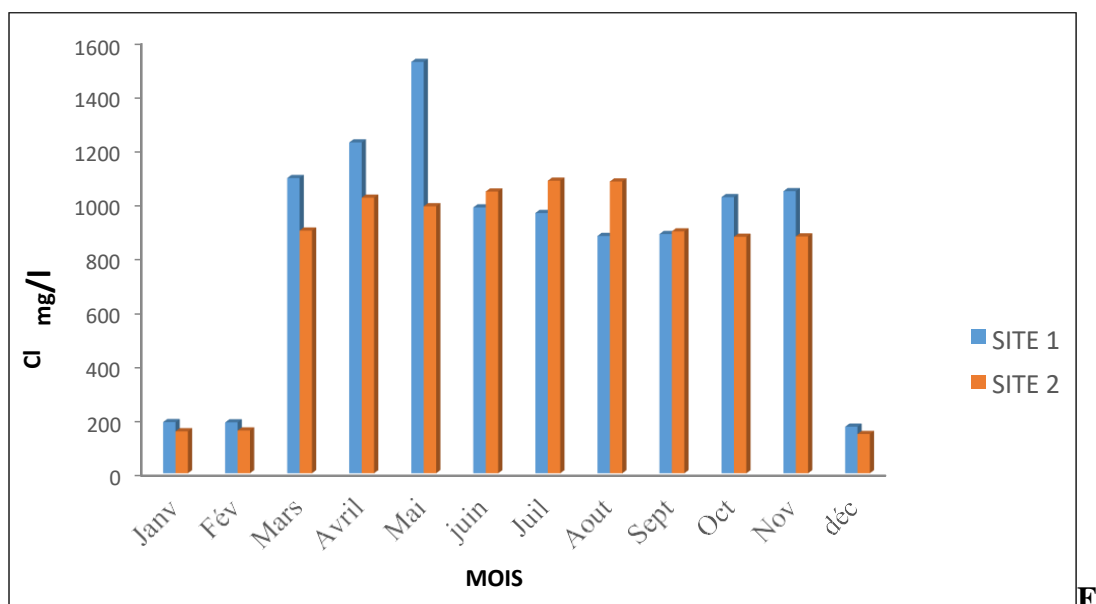
**Figure 35 :** Variation de la teneur en magnésium (mg/l) dans les deux sites étudiés du marais de Boussedra (2017-2018).

Les acquis de ce paramètre montrent que les teneurs en magnésium dans le marais de Boussedra varient globalement entre 37,90mg/l et 198,43 mg/l avec un pic dans le site 2 au mois de Janvier (198,43 mg/l). Le site 01 présente la plus faible teneur en cet élément (37,90mg/l). Les

plus fortes concentrations dans ce dernier sont enregistrées durant les périodes printanières. Il est à souligner également que pour le site 02, c'est en période des hautes eaux (période pluviale) que la concentration en cet élément décroît, probablement sous l'effet de la dilution. Selon Belhadj (2017), les différentes concentrations du calcium et du magnésium pourraient avoir une étroite relation avec la conductivité électrique, avec la géologie du milieu, aux opérations anthropiques et aux conditions climatiques de la région. (Gueroui et *al.*, 2015 ; Belhadj, 2017).

### II.1.2.7. Teneur en eau en Chlore (mg/l) :

Les données de ce variable sont représentées par le graphe ci-dessous



**Figure 36 :** Oscillation de la concentration en Chlore (mg/l) dans les deux sites étudiés du marais de Bussedra ( 2017-2018).

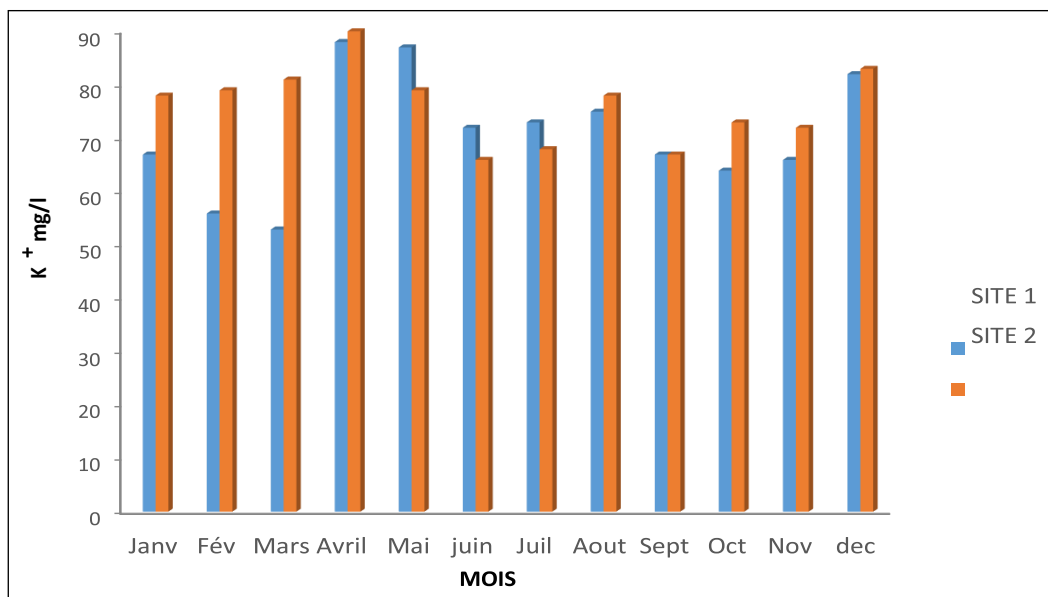
Les concentrations en chlore dans les sites S1 et S2 oscillent entre (145 mg/l et 1525 mg/l) la plus faible teneur est relevée dans le (S2) en hiver (Décembre) et la valeur maximale au niveau du (S1) durant le mois de Mai. Ces valeurs révèlent une différence significative selon les saisons pour les sites. Les teneurs les plus élevées sont notées au printemps et automne pour le site 01 (1094 ; 1226 ; 1525 ; 1023 et 1045 mg/l) et au printemps-été pour le site 02 (1021 ; 989 ; 1044 ; 1084 et 1081 mg/l). Dans les deux sites d'étude (figure36), l'eau contient des chlorures à des teneurs qui excèdent la norme aussi bien française 100 mg/l (Rejsek, 2002) qu'algérienne 500 mg/l (ADE) notamment pendant la période estivale. D'après Cardenas (2014) et Degbey (2011), la teneur en chlorures d'une eau est fonction d'une part du lieu de provenance de l'eau, d'autre part de l'état du terrain traversé. Des auteurs tels (Boussenadji ; Harrat et Achour., 2010 ; Morin-Crini.,2017) attribuent également les fortes teneurs en chlorures soit à la géologie des terrains de la région,

comme elles pourraient signaler un effet moindre causé par des engrais, des eaux d'égouts, souillées d'origine domestique et riches en résidus d'abstergents ou produits industriels ou dépôts de détrit. Le chlore contribue également dans la CE des plans d'eau, Par ailleurs, la minéralisation des eaux est influencée par leur teneur en cet élément (Cardenas, 2014, Degbey (2011),

Comme pour la conductivité électrique, cette augmentation serait liée à des apports salifères importants (Zahi, 2014). Lors de cette étude, l'évolution mensuelle de cet élément a été caractérisée par une diminution de ses teneurs durant l'hiver comparativement à la saison sèche ou l'été. Selon Makhoukh *et al.* (2011), cette diminution résulte de la dilution par les eaux de précipitation pendant cette saison, où le niveau d'eau est le plus élevé. Plusieurs auteurs tel que Boudarka *et al* (2016), rapportent que les chlorures sont souvent qualifiés d'indicateurs de pollution. Dans notre étude, des teneurs très élevées ont été relevées, d'où la conclusion que l'eau du marais de Boussedra est très polluée.

#### II.1.2.8. Teneur en eau en potassium (mg/l)

Les valeurs de cet élément pour l'année (2017- 2018) sont présentées par la figure 37.



**Figure 37** Variation mensuelle de la concentration en potassium (mg/l) au niveau du marais de Boussedra (2017- 2018).

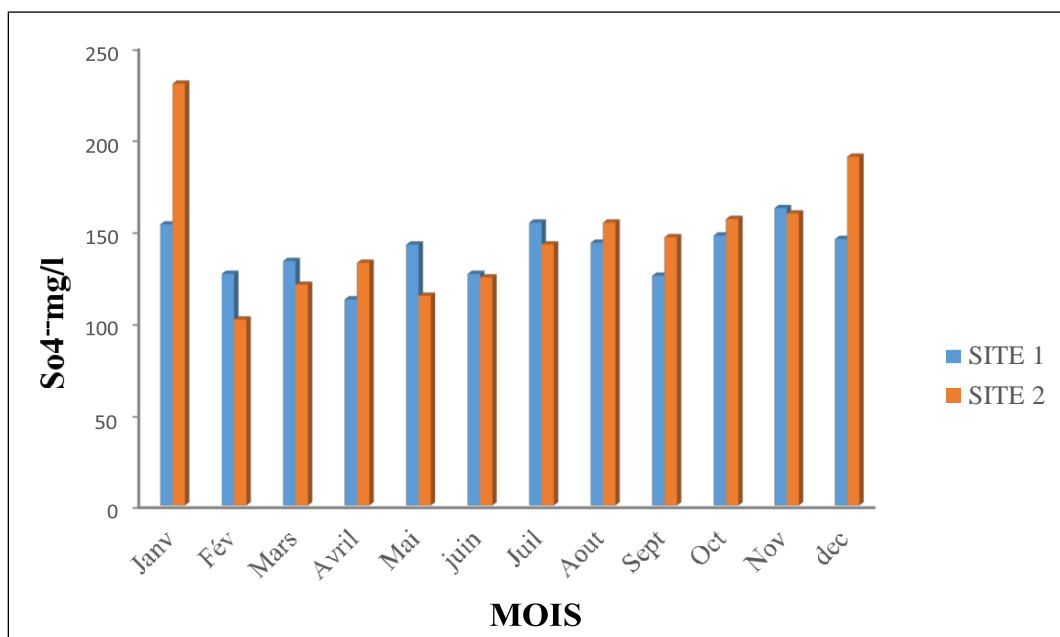
Les valeurs de potassium au niveau du marais de Boussedra oscillent entre 56 mg/l comme valeur minimale dans le premier site (S1) au mois de Mars et 90 mg/l comme valeur maximale pour le site 02 (S2) durant le mois d'Avril. Il est à signaler que les concentrations en

cet élément augmentent au printemps pour les deux (02) sites de prélèvement. Nous avons remarqué également, qu'en période des hautes eaux, les teneurs en cet élément, au niveau du site 01, décroissent sous l'effet probable de dissolution découlant des approvisionnements d'eaux souterraines et de ruissellement (Souaad Bouzid-Lagha et Belkheir Djelita, 2012).

Ce cation résulte de la dégradation des silicatés et des fertilisants tels que le (NPK) largement employés en agriculture. Dans le même contexte, Boulakoud (2009), rapporte que dans les eaux superficielles, la provenance du potassium résulte soit de l'application des amendements chimiques, soit par entrainement des terrains contenant du potassium. Dans notre étude les deux sites présentent des valeurs élevées en cet élément. Selon Athamena (2018), dans les eaux naturelles, il est rare que cet élément excède les 15 mg/l. Cependant on considère sa présence en excès lorsque sa teneur dépasse les 2 à 3mg/l. A cet effet il devient un contaminant provenant des rejets de l'agriculture (engrais et autres..) ou de l'agroalimentaire qui en sont très riches.(Anonyme, 2021), Sur la base de la norme d'aptitude à l'irrigation (FAO, 1985): (0-2) mg/l et au regard de nos résultats trop élevés on peut dire que les eaux du marais sont très polluées.

### II.1.2.9. Teneur en eaux en sulfates (mg/l)

La figure 38 présente les valeurs obtenues pour ce paramètre.



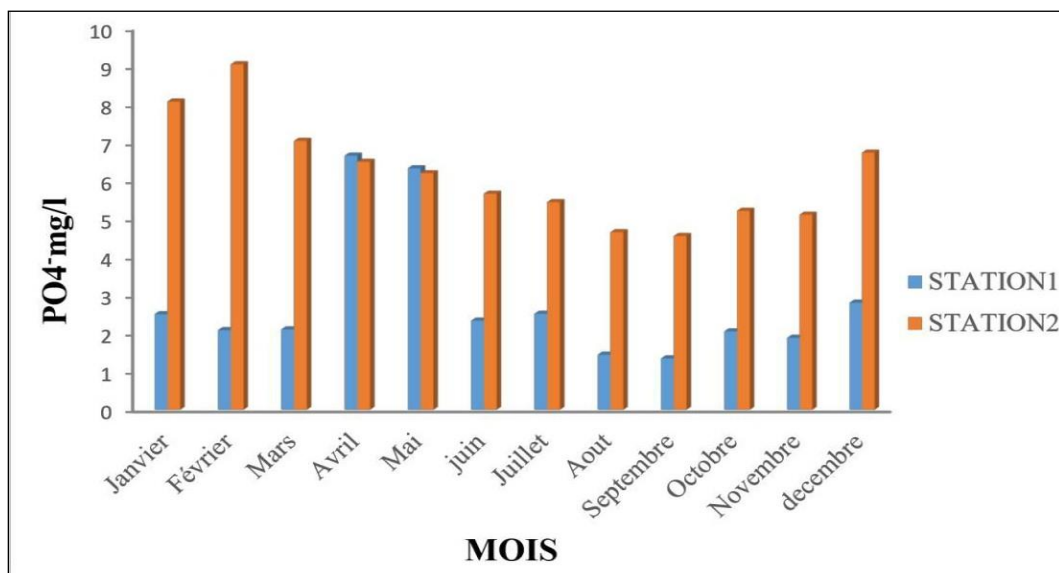
**Figure 38:** Evolution de la concentration en Sulfates (mg/l) pour les deux sites étudiés (2017-2018).

Les valeurs de ce paramètre affichent les concentrations en sulfates. Ces dernières se situent entre 230.0 mg/l comme valeur maximale et 101.0 mg/l comme valeur minimale. Ces deux teneurs extrêmes sont enregistrées dans le site 02 courant Janvier-Février successivement. Le site 01, a

enregistré, au mois d'avril, la plus basse valeur (112 mg/l) et la plus élevée en Novembre (162 mg/l). Il est à remarquer que la plus basse quantité est relevée en février. Gaujous (1995), incombecette faiblesse aux fortes précipitations qui diminuent le temps de contact avec la roche mère. Les résultats de nos prélèvements démontrent que les concentrations en sulfates sont relativement inférieures à la norme adoptée (250 mg/l). Les travaux de Bouzid-Lagha et Djelita (2021), sur le lac de Reghaia, ont signalé une moyenne de 155 mg/L. Ils considèrent, ces eaux soit fortement riches en gypse ou en sulfates de calcium, soit contaminées par des détritux sulfurés émanant des évacuations urbaines et industrielles. En milieu hydrique, les sulfates se désagrègent facilement. La désintégration des roches gypseuses, la décomposition de la MO dans la terre ainsi qu'une contribution de l'homme (engrais), sont à l'origine de l'enrichissement de l'eau en ces ions (Viéville, 1983). D'autres chercheurs, comme Wang et Zhang (2019), rapportent que le développement industriel et social, contribue fortement dans la présence des ions sulfatés dans les biotopes aquatiques. Par ailleurs, il a été démontré également, que, les chlorures, le sodium et les sulfates augmentent la salinité des eaux (Gouaidia *et al.*, 2005 et 2006 ; Lambrakis et Kallergis 2005).

#### I.1.2.10. Teneur en Ortho phosphates (mg/l) :

Le graphe ci-dessous présente les valeurs relatives au paramètre teneur en Ortho phosphates (mg/l) dans les deux sites étudiés du marais de Boussedra (2017- 2018)



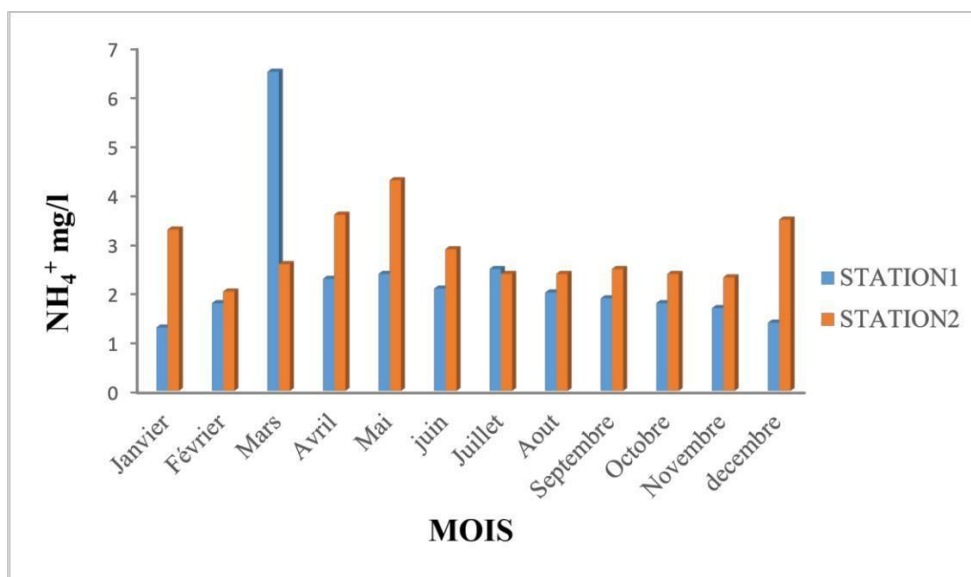
**Figure 39** : Variation mensuelle des Ortho-phosphates (mg/l) dans le marais de Boussedra (Janvier à Décembre 2018).

Dans les deux (02) sites, les résultats montrent que les teneurs en orthophosphates (mg/l) varient entre 1,34 mg/l et 9.06 mg/l comme valeurs extrêmes. La première valeur a été relevée dans le site 01 en Septembre. Le site 02, présente les plus grandes teneurs. Ces dernières sont enregistrées aux mois de

Janvier ; Février et Mars successivement. Elles oscillent entre (8,08 ; 9,06 et 7,05 mg/l). Dans l'eau, le phosphore peut se former en orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). On les trouve naturellement dans le système hydrique, dans les rejets de ménages et effluents liquides de l'agriculture. Abba et al (2008) le considèrent comme composant alimentaire principal de la croissance algale et donc de le réseau trophiques. Selon Vilain (1989), le phosphore conditionne l'eutrophisation dans les eaux douces. Une fraction du phosphore est composée d'orthophosphates. L'analyse des résultats au niveau des deux sites, révèle que la quantité en cet élément est considérablement élevée. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Allali (2004) ainsi que Abba et al (2008), qui expliquent ceci d'une part, par sa disponibilité dans les produits d'entretien que les eaux usées et les évacuations de l'industrie comportent, d'autre part, aux produits agricoles (engrais). Ainsi, nous pouvons conclure que l'orthophosphate dans l'ensemble de nos stations d'étude a dépassé fortement la barre de tolérance établie par Belhaouari et al, (2017), ce qui indique que la qualité de cette eau est classée dans la rubrique « médiocre à excessivement polluée ».

#### II.1.2.11. Teneur en eau en ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (mg/l)

La figure 40 présente les valeurs relatives à ce paramètre ( $\text{NH}_4^+$ ) (mg/l)



**Figure 40** : Variation mensuelle de la quantité d'ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les deux sites étudiés du marais de Bussedra (2017-2018).

Dans la nature, cette l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) est la forme essentielle de l'azote total (Derwich et al., 2002 ; Rodier, 2005). On utilise fréquemment l'expression ammoniacque correspondante à la forme ionisée ( $\text{NH}_4^+$ ). Selon Chapman et Kimstach (1996), Il renseigne sur la contamination des écoulements hydriques par les rejets domestiques. On le trouve dans

les flots de surface d'où il découle des substances organiques azotées, des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère et des conditions d'anaérobiose du biotope. D'après Makhoukh et *al.* (2011), il est soit organique (protéines), soit minéral ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ )

Durant cette étude la variation spatio-temporelle des teneurs en cet élément a décelé une distribution différente pour toute l'année. Nous remarquons une variation des teneurs en cet élément entre les deux sites. Les concentrations moyennes de  $\text{NH}_4^+$  se situent entre 6,50 mg/l comme valeur maximale enregistrée pendant le mois de Mars et 1,30 mg/l comme la teneur la plus faible en Janvier. Il est à préciser que ces deux concentrations ont été relevées au niveau du site 01. Le site 02 présente des teneurs nettement plus élevées que celles du site 01 à l'exception du mois de Mars. Néanmoins ces deux sites indiquent des teneurs plus élevées aux références de l'OMS (0,5 mg/l).

Selon Seghir (2008), la baisse des formes azotées ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) dans des circonstances limitées, impliquent des teneurs optimales en ion ammonium. Ils dépendent également des approvisionnements en produits agricoles azotés.

Dans le sol, les conditions d'oxydo-réduction déterminent le mouvement de l'azote. A cet effet, en présence de l'oxygène, la transformation de la forme ( $\text{NH}_4^+$ ) en ( $\text{NO}_2^-$ ) puis en ( $\text{NO}_3^-$ ) s'effectue par oxydation. Dans l'eau, une teneur élevée en  $\text{CO}_2$  mêlée à une quantité infime en oxygène induit une augmentation de la concentration en ammonium (Belksir, 2009). Les mêmes conclusions ont été rapportées par Derwich et *al* (2010) et

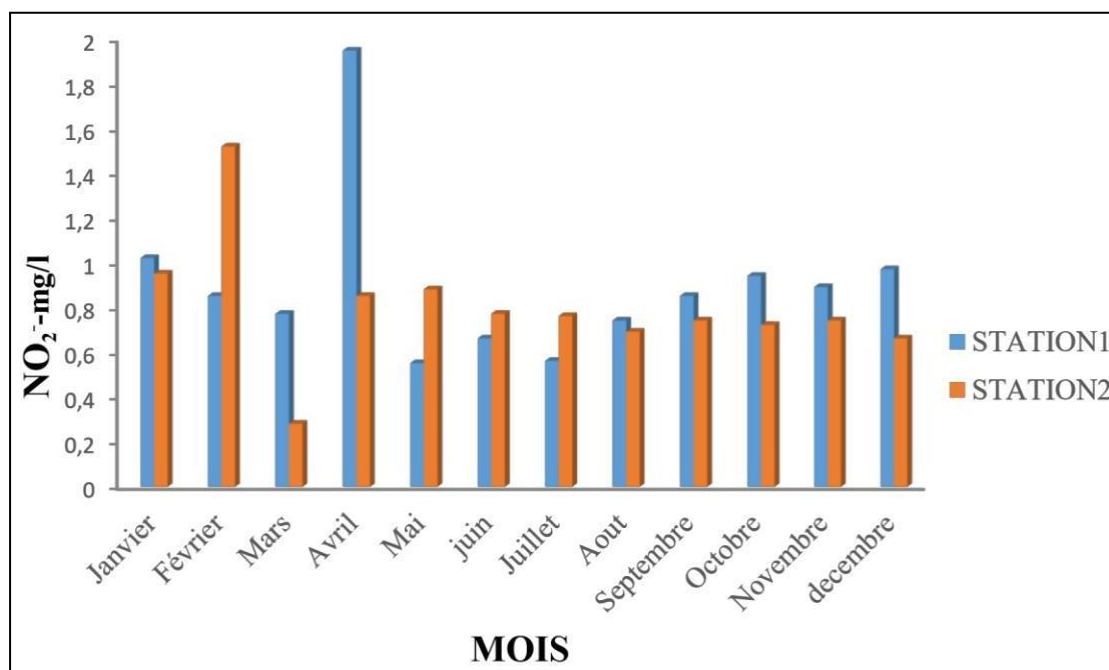
Hamli (2020), pour ces auteurs, l'urée est présente en quantité considérable dans les urines humaines et animales. Cette dernière se modifie rapidement en ammonium. Elle est un bon indicateur d'une pollution émanant des excréments des êtres vivants et des rejets d'origine domestiques et industriels.

L'ammoniaque, autrement dit, la forme non ionisée ( $\text{NH}_3$ ) de l'ion ammonium est très toxique pour tous les êtres vivants existant dans les eaux douces. Son taux s'accroît en fonction de deux facteurs importants : la température et le pH.

Les valeurs extrêmes de l'ion ammonium relevées dans nos deux sites d'étude (S1, S2), pourraient prouver la pratique de l'élevage animale. Des résultats proches ont été évoqués par Kanohin et *al* (2017), au niveau du village de Koffikro où des concentrations très élevées en ammonium sont observées avec des pics de 3,9 mg/l. Selon ces auteurs, les pics enregistrés sont justifiés par la présence des porcheries. Dupond (2009), appuie cette hypothèse. Selon lui, l'élevage, à travers ses différentes déjections, figure parmi les plus grandes causes de contamination des eaux souterraines. Au vu des résultats obtenus pour ce paramètre, et en se référant à la base de la classification, on peut conclure que l'eau du marais de Bousedra est excessivement polluée.

### II.1.2.12.. Teneur en eau en Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)(mg/l) :

Les teneurs en ce paramètre figurent dans le graphe ci-dessous



**Figure 41:** Variation mensuelle de la concentration en Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)(mg/l) pour les (S1, S2) du marais de Bussedra (2017-2018).

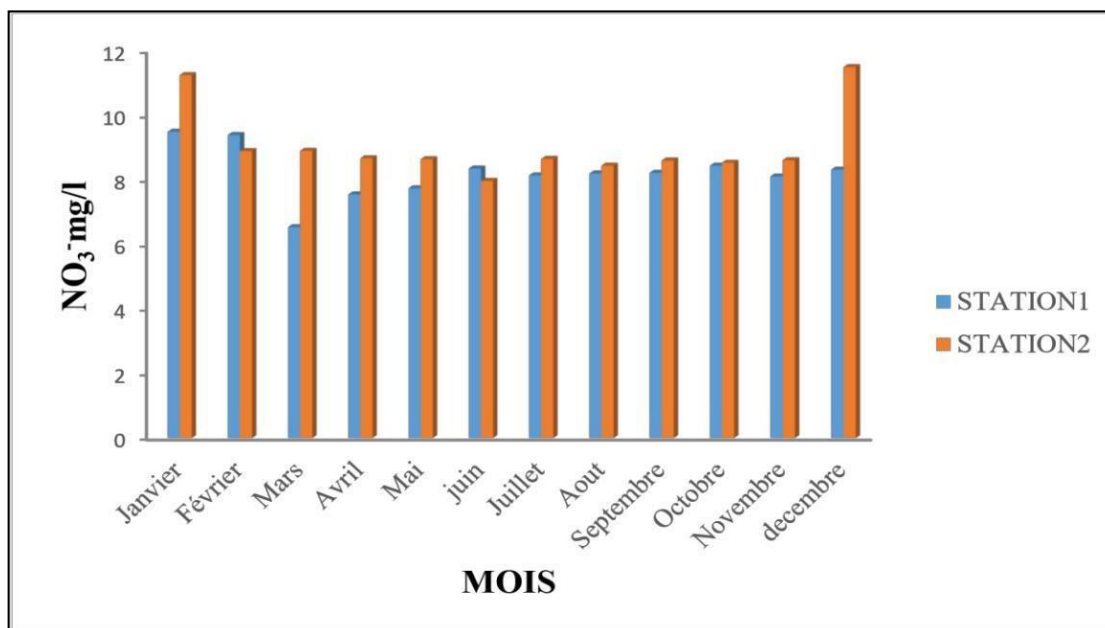
Selon Belksir , les nitrites reflètent la transition entre le NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et le NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Cette forme est insuffisamment oxygénée, elle est moins stable et dangereuse. Son origine peut résulter d'une oxydation partielle de l'ammoniac ou d'une transformation de l'ion nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en ion NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sous l'effet de l'enzyme (nitrate-réductase) et sera converti, par la suite, en ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) sous l'effet d'autres enzymes. Rodier et *al* (2009), qualifient une eau de douteuse lorsque cette dernière comporte des nitrites souvent suivis d'une altération microbologique

Dans cette d'étude, les quantités en nitrites oscillent entre (0,56 et 1,95 mg/l). Il en est de même pour ce paramètre, ces deux valeurs sont enregistré dans le site 01 courant Avril et Juillet 2018. Pour ce qui est du site 02 une pointe a été enregistrée en Février (1.52 mg/l). Il est à signaler que pour les deux sites les concentrations enregistrées sont instables. Néanmoins elles dépassent lanorme admise. Mouchara (2009), interprète ceci par une contamination inattendue et spécifiquepar les nitrites causée par les réactions d'oxydation de la forme ammonium. Les nitrites variables s'expriment dans un biotope insuffisamment oxydé. Leur manifestation révèle un état extrême de pollution organique. Ils peuvent résulter de problèmes d'oxydo-réduction des nitrites et des nitrates. Tout comme l'ion ammonium, la forme non ionisée des nitrites (HNO<sub>2</sub>) est la plus dangereuse (toxique) pour les êtres vivants comme les poissons. Elle dépend également de la température et du pH du milieu (Morin-Crini et *al*. 2017).

Sur la base de l'échelle de classement des eaux superficielles continentale naturelles en Algérie et selon les résultats obtenus pour ce paramètre, on peut avancer que l'eau du marais de Boussedra est contaminée.

### II.1.2.13.. Teneur en eau en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) (mg/l) :

Le graphe ci-dessous reflète les valeurs relatives à ce paramètre.



**Figure 42:** Variation mensuelle de la teneur en ion ( $\text{NO}_3^-$ ) (mg/l) dans le marais de Boussedra (2017- 2018).

Les valeurs de ce paramètre (Figure 42), montrent que, pour les deux sites, les concentrations en cet élément fluctuent entre 11,50 mg /l et 06,55 mg /l. La plus forte teneur a été relevée au niveau du site 02 en Décembre. Il est à souligner que les grandes teneurs (11.50 mg/l - 11.25 mg/l - 09.50 mg/l - 9.40 mg/l) sont relevées pendant la période pluviale (Décembre –Janvier-Février) au niveau des deux sites. Quant au reste de l'année, les autres teneurs sont presque stables et fluctuent entre (07.56 mg/l et 08.91 mg/l) respectivement.

La majeure partie des nitrates disponibles dans les eaux souterraines et intérieures, d'origine agricole, suite aux pulvérisations massives des produits azotés, par l'élevage du bétail (lisier) ou par les stations d'épuration (El Ouali et *al.*, 2010 ; Anonyme., 2022) Les nitrates sont connus pour leur très grande solubilité dans l'eau. Ils sont considérés comme facteur essentiel de la contamination des eaux profondes de tout le globe. En cas de manque de contamination, la teneur en cet élément varie de 0.1 à 1mg/l d'eau.

Cette pollution constitue un double risque d'une part, ces éléments sont dangereux pour la santé humaine, d'autre part, ils nourrissent les végétaux et les bactéries et autres germes et contribuent ainsi avec les phosphates à l'eutrophisation du milieu aquatique (Germon, 2022). Chapman et Kimstach (1996, indiquent que dans la nature, notamment dans les milieux aquatiques, la teneur en cet élément ne dépasse que rarement les 0.45 milligrammes par litre. Des teneurs plus élevées signifient la présence d'eaux usées et de d'engrais azotés.

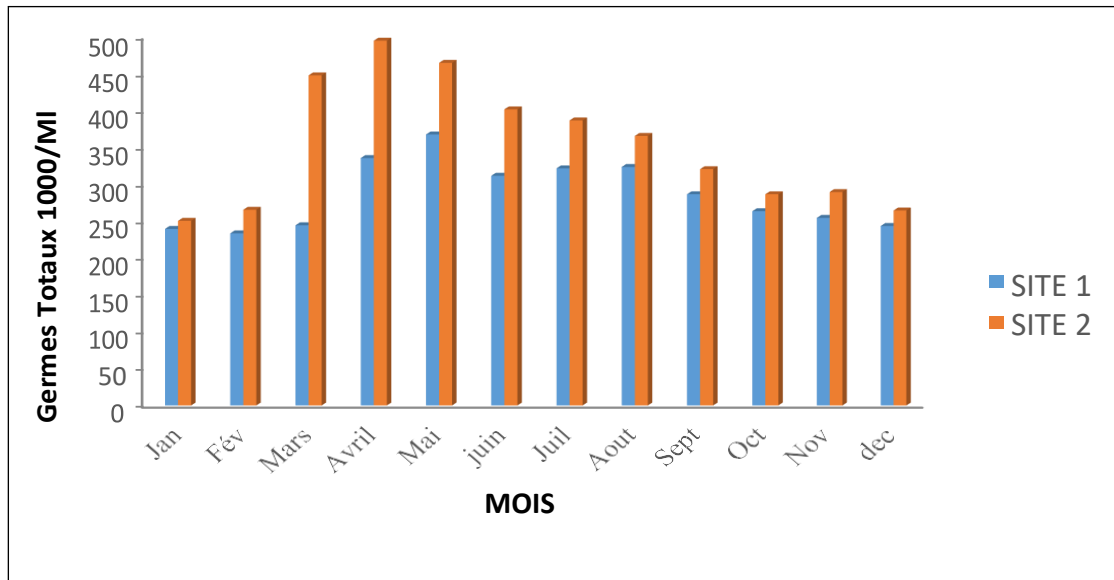
Dans notre travail, la grande concentration de nitrate (11,50 mg/l) observée au niveau du site 02 situé lui-même à proximité de l'agglomération d'El Bouni. Leur présence est signe de rejets domestiques (des eaux usées) et probablement des stations d'épurations. Selon Seghir (2008), Les bactéries du sol engendrent des quantités importantes de nitrates à base de nitrites et de l'ammoniac. Dans nos deux sites d'étude, les teneurs en cet élément sont plus élevées en période pluviale. Néanmoins, elles sont considérées comme inférieures aux normes admises (50mg/l).. Nos résultats rejoignent ceux de plusieurs chercheurs tels que (El Addouli et *al.*, 2011, Zaoui, 2017), qui ont confirmé l'élévation des teneurs en nitrates durant la période hivernale. Selon eux, cette augmentation est en relation avec les eaux de pluie entraînant avec elles les excréments et les éjections rejets d'origine animales et végétales, très riches en composés organiques. Par contre, Makhoukh et *al* (2011), ont relevé de fortes teneurs pendant la saison d'été, qu'ils accordent aux eaux d'égouts et à la baisse en teneur en oxygène gazeux.

### **II.1.3. Les paramètres bactériologiques :**

Afin de déterminer la valeur microbienne de l'eau, une analyse des microorganismes indicateurs d'une contamination fécale, s'avère indispensable. En général, la bactérie *Escherichia coli* représente l'organisme idéal (Organisation mondiale de la Santé, OMS, 2017). Ces germes se trouvent en affluence dans les déjections des êtres humains et des animaux. Ils ont une importance capitale dans la détermination fécale. Leur présence dans l'eau donne lieu à prospecter leur éventuel pouvoir pathogène (Boudraa., 2016). A cet effet, les résultats des études microbiologiques, réalisées, ont montré une grande richesse bactérienne quantitativement et qualitativement. Ainsi, les résultats des dénombrements de ces différents germes sont exprimés en figures et en tableaux.

### II.1.3.1. Résultats du dénombrement des germes totaux

Le graphe ci-dessous illustre les valeurs de la fluctuation dans la teneur en Germes Totaux ( $10^3/\text{ml}$ ) au niveau des deux sites étudiés du marais de Bussedra.



**Figure 43** : Fluctuation dans la teneur en Germes Totaux ( $10^3/\text{ml}$ ) dans les deux sites étudiés du marais de Bussedra (2017- 2018).

Généralement, on procède au dénombrement des microbes aérobies mésophiles pour démontrer le facteur pollution. Ainsi, le but de ce comptage se réduit à estimer la charge microbienne présente dans l'eau et éventuellement une contamination par des germes pathogènes très redoutables (Jean-noël., 2008).

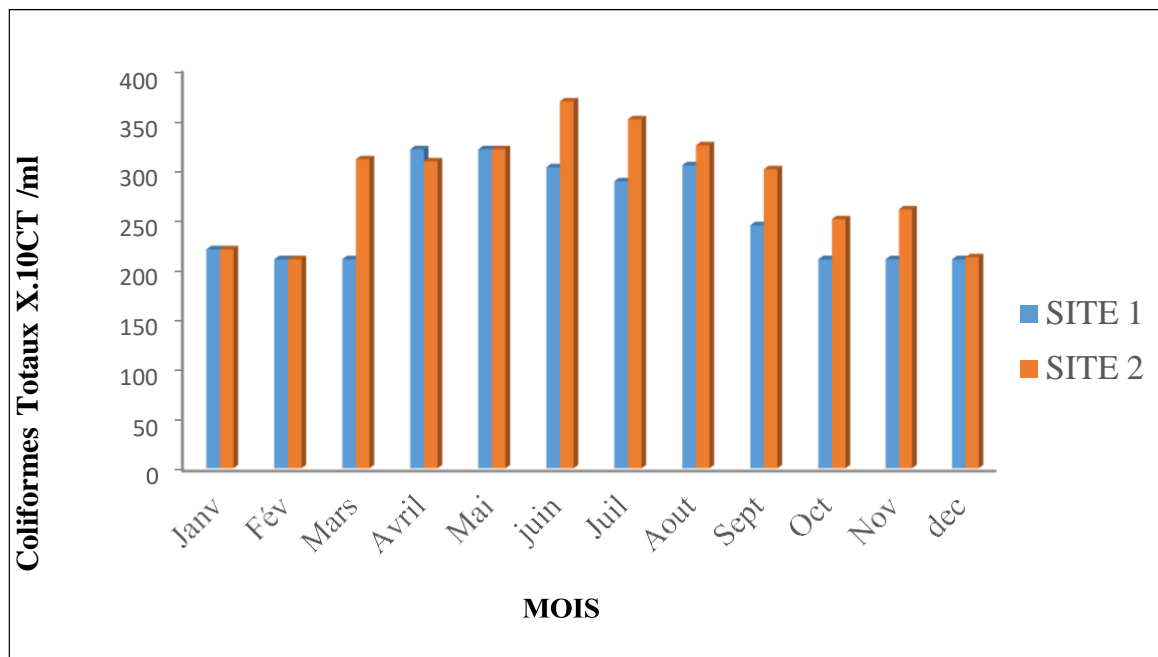
Les valeurs obtenues de ce paramètre révèlent un nombre de germes totaux très élevé dans les deux sites. Il est à signaler, que ces taux augmentent progressivement partir du mois de Mars et s'étalent sur toute la saison estivale. Cependant, nous remarquons une diminution de ce dernier durant l'hiver (Décembre- Février) coïncidant avec la période des hautes eaux. Cela se traduit, probablement, par l'effet saisonnier de l'environnement sur la croissance de ces germes, notamment la température de l'eau.

Pour les deux sites, la teneur de cette flore oscille entre  $232 \times 10^3 \text{GT/ml}$  et  $495 \times 10^3 \text{GT/ml}$ . La valeur maximale se trouve au niveau du site 02. Le site 01 présente des valeurs inférieures à celles du site 02 ( $<10 \text{ UFC.100ml}^{-1}$ ), ces valeurs semblent être trop exagérés. Selon Guessoum et al (2014), une préservation imparfaite du marais, l'ignorance des règles fondamentales d'hygiène en plus d'une contamination environnante ((rejets des eaux usées,

élevage des bétails, inexistence du réseau d'assainissement) pourraient, éventuellement, être la source de la pollution de ces eaux par les germes totaux.

### II.1.3.2. Résultats du comptage des Coliformes totaux

La figure 44 illustre des observations de l'évolution de la concentration en Germes Totaux ( $X10^3$ CT/ml) dans les deux sites étudiés du marais de Boussedra (Janvier à Décembre 2018).



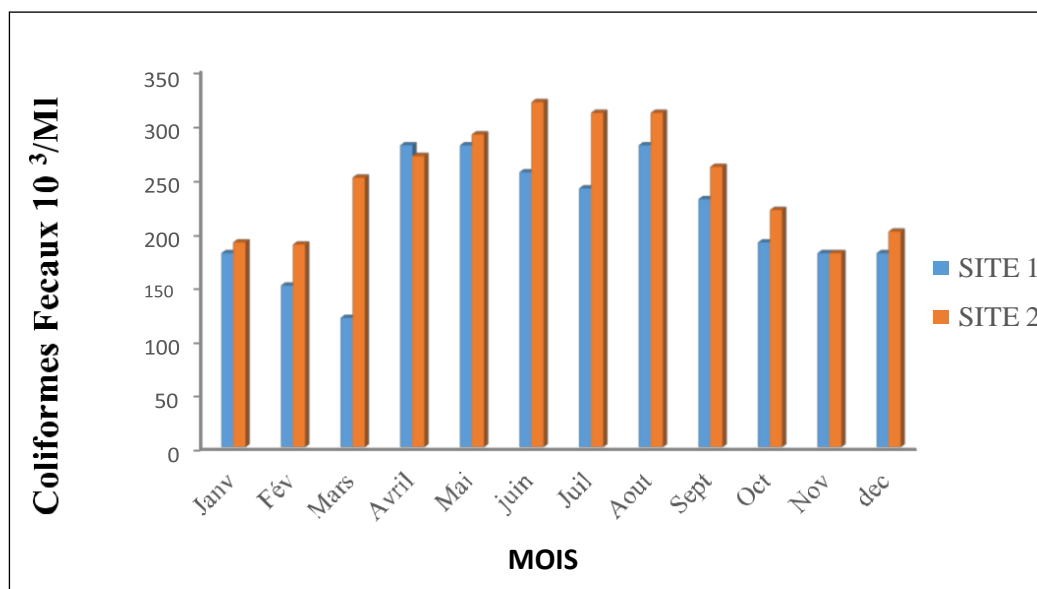
**Figure 44** : Variation mensuelle de la teneur en Coliformes Totaux ( $X10^3$ CT/ml) dans les deux sites étudiés du marais de Boussedra (Janvier à Décembre 2018).

L'investigation des coliformes est très importante en raison de leur présence massive au niveau des excréments des animaux à sang chaud. A cet effet Ils constituent, des signaux d'un intérêt capital (Duffour, 1977 in Toumi, 2012). Ce groupe de coliformes totaux forment un groupe de bactéries rencontrés couramment dans l'environnement comme (le sol, la végétation....) mais aussidans le tube digestif de l'homme et des animaux. Les valeurs de ce paramètre (fig 44), indiquent que les deux sites comprennent ce genre de germes dans leurs eaux et dont les teneurs se situent entre  $210 X10^3$ CT/ml et  $368 X10^3$ CT/ml.

Le nombre maximum de coliformes totaux est enregistré au niveau du second site (S2) lors du prélèvement du mois de Juin ( $320 \times 10^3$  CT/ml), alors que la plus basse quantité a été obtenue dans le prélèvement du mois de Février ( $120 \times 10^3$  CT/ml) au niveau des deux sites. L'évolution temporelle de la charge en coliformes totaux (CT) pendant un cycle annuel dans la mare montre des oscillations durant toute la période d'expérimentation. Les charges élevées sont observées en été période d'étiage (niveau bas de l'eau). Cette charge en coliformes diminue progressivement après la chute des pluies, soit pendant la montée des eaux de la mare en hiver, favorisant ainsi la dilution. Elle est suivie par la suite d'une élévation pendant le printemps. Néanmoins les valeurs enregistrées sont en hausse relativement aux normes de l'OMS de 1994, ( $<10$  UFC.100ml<sup>-1</sup>). Des études ont démontré que les eaux usées, d'égouts, des rejets industriels, la proximité des fosses septiques ou les produits agricoles sont les causes principales de cette pollution. El Haissoufi et *al.*(2011), ont rapporté les mêmes conclusions lors de leur étude menée sur la pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès au Maroc.

### II.1.3.3. Résultats du dénombrement des Coliformes Fécaux

La figure 45 présente de ce variable dans l'eau du marais de Bousedra (2017-2018)



**Figure 45** : Fluctuation de la teneur en Coliformes fécaux ( $10^3$  CF/ml) au niveau des sites étudiés du marais de Bousedra (2017- 2018).

Le comptage des Coliformes totaux indique une instabilité spatio-temporelle. Néanmoins les deux sites présentent des valeurs supérieures aux normes admissibles Par le JORA n° 46, du 10/07/2013). Les valeurs les plus élevées ( $320 \times 10^3$  CF/ml ;  $310 \times 10^3$  CF/ml ;  $310 \times 10^3$  CF/ml) ont été notées au niveau du site 02 (S2) en Juin-Juillet, Aout 2018 respectivement autrement dit

pendant la saison sèche. Ces taux diminuent progressivement en hiver allant de Janvier jusqu'à Mars. Le taux le plus bas ( $120.10^3$  CF/ml) a été relevé en Mars 2018 au niveau du site 01.

En Algérie les valeurs guides des coliformes totaux stipule que les normes admises sont de (500 germes/100ml). A cet effet, nos résultats en Coliformes totaux semblent être nettement supérieurs pendant toute la période d'étude. En effet ce germe est présent pendant toute l'année dans les deux sites. Les figures 46 et 47 nous montrent que le taux coliformes fécaux (*E. coli*) est supérieur à ceux des autres contaminants.

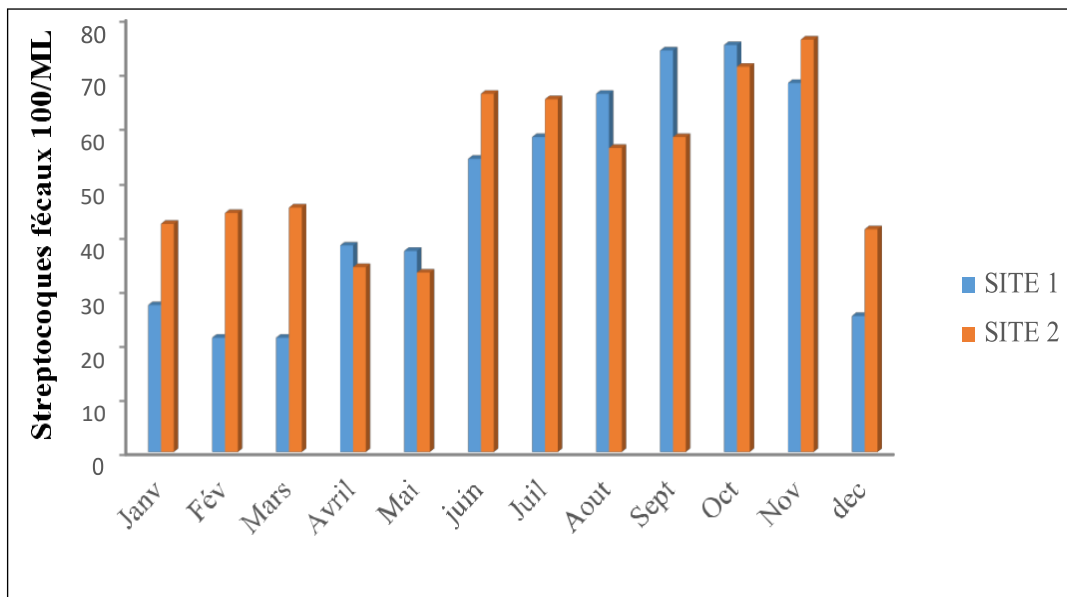
Nous pouvons déduire que ces derniers, indiquent une contamination récente. Jacinta et al. (2007), ont relaté les mêmes constatations dans leurs études sur la qualité des eaux de surfaces de plusieurs plans d'eau contaminés par ce genre de germes. Ce sont de bons révélateurs de pollution fécale. Selon Edberg et al (2000), l'exemple type est l'espèce *Escherichia coli*. Cette dernière renseigne sur une éventuelle nouvelle pollution de l'environnement aquatique par des excréments d'origines humaines et animales due principalement à l'élevage (fumier), au pâturage, aux rejets domestiques, aux fosses septiques. Comme elle peut survenir à partir d'effectif élevé d'oiseaux nicheurs dans cette zone humide.

La teneur importante en ce genre de germes (*E.coli*), relevée au niveau des (02) sites d'étude est similaire à celle rapportée par plusieurs chercheurs : Aka et al (2013) relative à une nappe en Côte d'Ivoire ; Boudraa (2016) sur le marré de Boussedra et Ayed et kahoul (2016), sur les eaux de puits dans la wilaya de Skikda (El-Harrouch). Par ailleurs, il a été, remarqué une variation dans la perpétuation spacio-temporelle de ces microorganismes ; de ce fait, la qualité propre du biotope hôte constitue influe beaucoup sur l'évolution des germes fécaux dans le milieu naturel (Gauthier et Pietri : 1989). Il est rapporté également qu'un pH de 6 à 8 (le cas de notre hydro-système), contribue positivement sur le développement du germe *Escherichia coli*. Elle peut même survivre à des écarts importants de chaleur (8°C à 48°C) ( Kadri, 2015).

Ce genre de coliformes dits thermotolérants indique une transmission fécale humaine ou animale récente. Leur nombre est toujours plus bas que celui des coliformes totaux.

#### **II.1.3.4. Résultats du comptage des Streptocoques fécaux**

La figure 46 illustre les résultats de ce paramètre .



**Figure 46** : Fluctuation de la teneur en streptocoques fécaux (100/ML) au niveau des deux sites du marais de Boussedra (2017-2018).

Les changements des paramètres physico-chimiques d'un milieu influent énormément sur les streptocoques fécaux nommés également les entérocoques. Dans l'eau, ils n'arrivent pas à subsister car leur biotope naturel est l'intestin. Leur existence est fonction des substances fécalesse trouvant dans le milieu hydrique. Il en est de même pour ces germes, ne variation spatio- temporelle dans leurs taux a été remarquée. En effet, les résultats (figure 46), nous indiquent que les teneurs en ces germes fécaux sont variables à l'extrême et ce, durant tout le cycle annuel étudié qui globalement, sont supérieures à la norme des eaux superficielles. Ces teneurs oscillent entre (21 et 75.10<sup>2</sup>SF/ml) au niveau du site 01. Cette charge bactérienne a manifesté une élévation à partir de Juin pour atteindre un pic (75. 10<sup>2</sup>SF/ml) au mois d'Octobre 2018. En hiver elles diminuent dès le mois de Décembre.

Concernant le site 02, sa teneur en ces germes est légèrement plus élevée. Elle oscille entre (33. 10<sup>2</sup> SF/ml et 76. 10<sup>2</sup> SF/ml). Cet enrichissement peut être causé par le lessivage des terres agricoles avoisinantes chargées d'énormes quantités de fumier, aux rejets domestiques des agglomérations urbaines.

Pour ce site la charge bactérienne est basse pendant la période des basses températures, les taux de streptocoques fluctuent entre (44 et 33. 10<sup>2</sup> SF/ml). De façon générale, les résultats obtenus indiquent une qualité microbiologique de cet hydro système très mauvaise, causée par l'invasion des rejets et agricoles aussi probablement par l'hivernage des oiseaux au niveau de la mare (Boudraa 2016 ; Hamli, 2020.).

Concernant la variation temporelle (variation saisonnière), les charges les plus importantes des germes significateurs d'une transmission excrémentielle, sont notées durant la période estivale (la plus sèche). La saison la plus fraîche a enregistré les valeurs les plus faibles. Cependant, sous l'effet des

pluies et des eaux de ruissellement, cette pollution peut être diluée et par conséquent atténuée. Les travaux de Merzoug (2015), confirment que pendant la saison sèche, la hausse de la chaleur de l'eau, influence la croissance de ces microorganismes. Par ailleurs, il a été remarqué une diminution dans la concentration des streptocoques fécaux par rapport à celle des coliformes fécaux nous avons noté que la concentration en SF est plus basse que celle des CF. Nos acquis corroborent ceux de plusieurs chercheurs (FernandezAlvarez *et al.* (1991), Chahlaoui (1996), Hunter *et al.* (1999) Aboukacem *et al.* (2007) ; El Addouli *et al.* 2009 ; Hamaidi *et al.* (2009) et Merzoug (2015), ces derniers ont affirmé que le pourcentage d'abaissement est plus accéléré chez les streptocoques sous l'effet des agents abiotique de l'environnement comme les diverses évacuations pleines de produits polluants. Alors que d'autres travaux ont montré que les fluctuations de certains variables du biotope comme le pH et la salinité ne peuvent influencer que faiblement les teneurs en streptocoques fécaux (Garrido-Perrez *et al.*, 2008 ; Bennani *et al.*, 2012),

#### **II.1.3.5. Résultats d'identification biochimique**

Les résultats de l'identification par l'API 20E et la galerie classique figurent dans le graphe ci-dessous.

**Tableau 08. Résultats de l'identification biochimique**

	Espèces bactériennes identifiées	
Période de prélèvement	SITE 01	SITE 02
Janvier 2018	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>E. agglomerans</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Providencia sp.</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> ,	<i>E. coli</i> , <i>Serratia marcesans</i> , <i>Pseudomona fluorescence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Hydrogenomonas sp.</i> ,
Février 2018	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> ,	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas fluorescence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i>
Mars 2018	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Providencia sp.</i> , <i>Erwinia sp</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. saprofiticus</i>	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>K. pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>P. fluorescence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Providencia sp.</i> , <i>S. saprofiticus</i>
Avril 2018	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>K. Pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>P. fluorescence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> ,	<i>E. coli</i> , <i>E. edwardsi</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>S. saprofiticus</i>
Mai 2018	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>P. fluorescence</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> ,	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Pseudomonas fluorescence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Providencia sp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>E. agglomerans</i> , <i>S. saprofiticus</i>
Juin 2018	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. saprofiticus</i>	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla pneumoniae</i> , <i>K. oxytoca</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>Hydrogenomonas sp.</i> ,
Juil 2018	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>E. agglomerans</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Providencia sp.</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> ,	<i>E. coli</i> , <i>Serratia marcesans</i> , <i>Pseudomonas sp</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>Hydrogenomonas sp.</i> ,
Aout 2018	<i>E. coli</i> , <i>E Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> ,	<i>E. coli</i> , <i>Pseudomonas fluorescence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i>
Sept 2018	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Providencia sp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>K. pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Providencia sp.</i> ,
Oct 2018	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>P. fluorescences</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>E. edwardsi</i> , <i>Serratia marcesans</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>S. saprofiticus</i>
Nov 2018	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>K. Pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>S. saprofiticus</i>	<i>E. coli</i> , <i>Serratia marcesans</i> , <i>Pseudomona fluorescence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>S. intermidius</i> , <i>Hydrogenomonas sp.</i> ,
Déc 2018	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> ,	<i>E. coli</i> , <i>Klebseilla pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>Hydrogenomonas sp.</i>



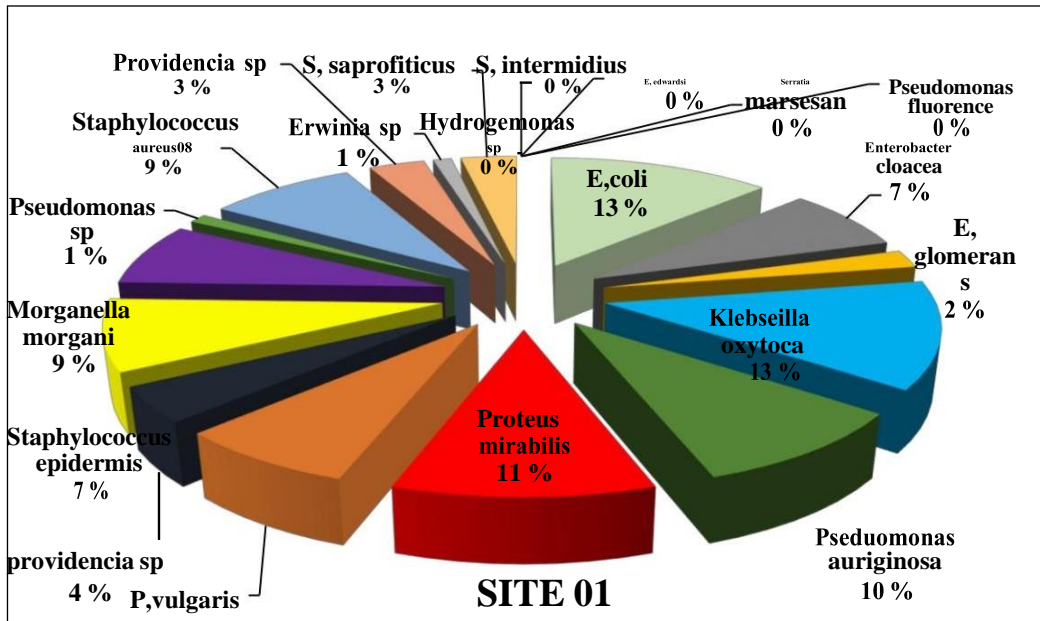


Figure 47 : Pourcentage de présence des espèces bactériennes identifiées

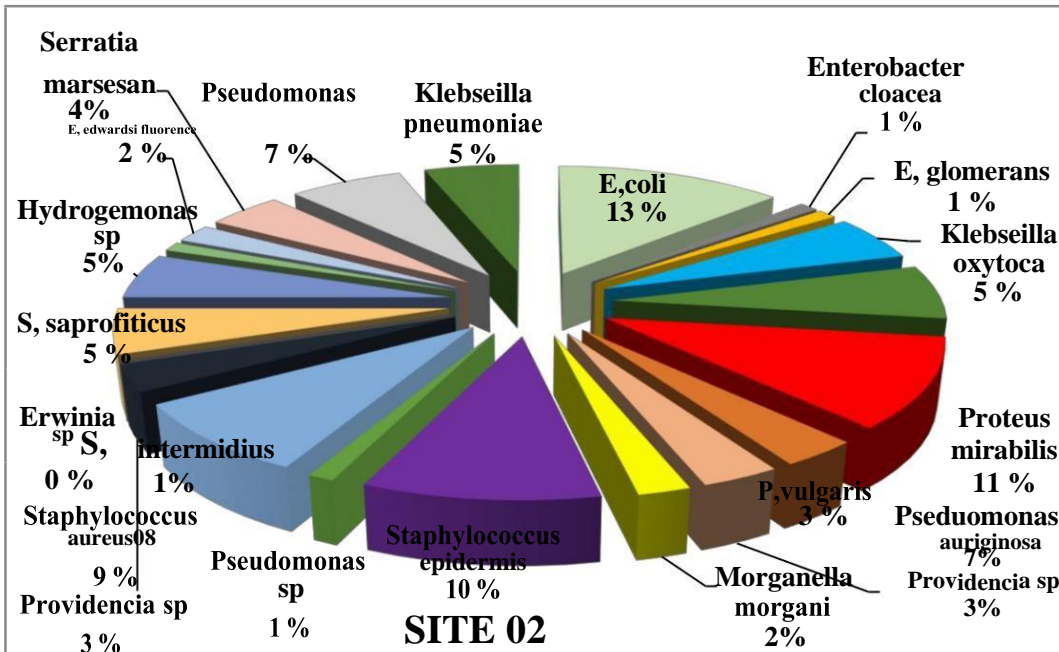


Figure 48 : Pourcentage de présence des espèces bactériennes identifiées

Lors de cette étude biochimique nous avons pu distinguer que les eaux des deux sites, comprennent une famille de bactérie très importante, il s'agit des enterobacteriaceae. Cette dernière est composée de très nombreux genres ; dont certains sont identifiés tel que :

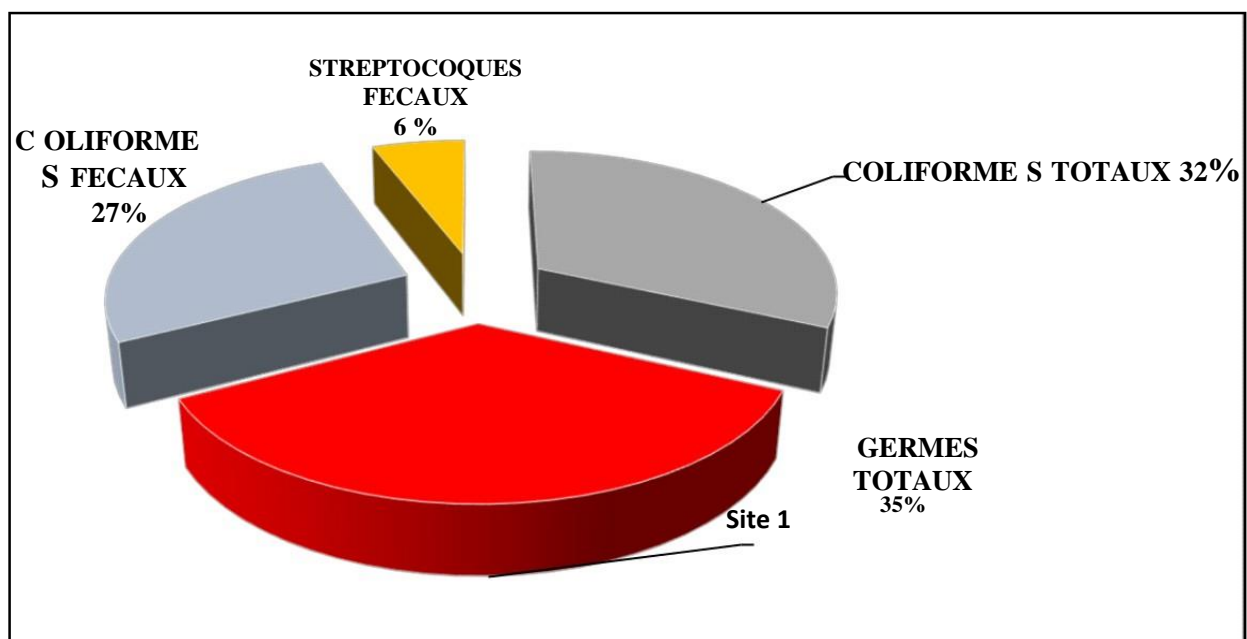
- (*Escherichia* ; *Shigella* ; *Klebsiella* ; *Enterobacter*, *Serratia* ; *proteus* ; *Morganella* ; *Providencia*).
- Ces derniers comptent parfois plusieurs espèces dont une présence majoritaire de :
- *Echerichia.coli* ; *Enterobacter cloacae*, ; *Klebseilla oxytoca*, ; *Pseudomonas auruginosa* ; *Proteus mirabili* ; *Staphylococcus aureus* ; *S. epidermidis*,

Les figures (47 et 48) montrent que *E. coli* est la plus prépondérante. Selon Herenden et al (1979), cette bactérie constitue le principal germe-test de contamination fécale. Elle vit dans des eaux neutrophiles dont le pH est égal à 7,6 et résiste à des températures limites (de 8° C à 48° C.). Par contre le genre *Serratia* est essentiellement une bactérie de l'environnement. De ce fait les eaux du marais de Boussedra semblent être le biotope le plus opportun à la vie de ces germes fécaux. Des acquis comparables ont été mentionnés par Kadri (2015). Ce dernier, stipule que, durant la période d'essai, les facteurs abiotiques mesurés, ne représentent pas une entrave à l'évolution de ces germes. Il est à mentionner que la recherche des salmonelles sur milieu sélénite ensemencé, sur milieu solide d'Hectoen, n'a décelé aucune présence de ces bactéries. Ce résultat concorde avec celui de Hamli, 2020.

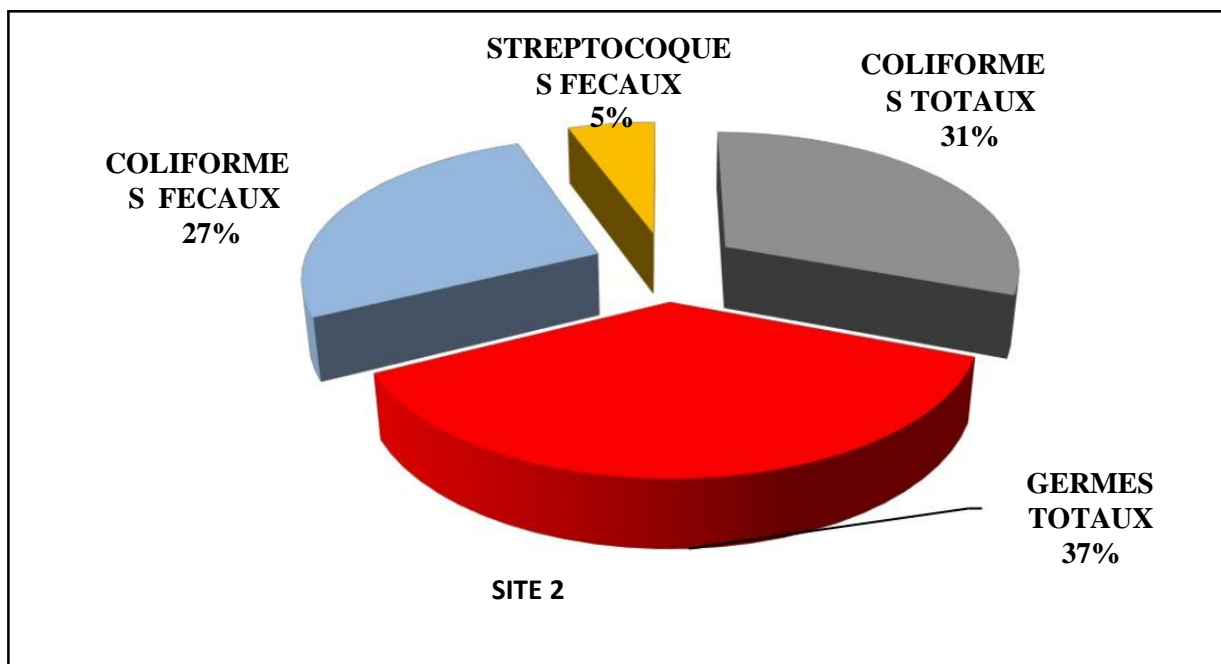
Par ailleurs, nous avons pu distinguer, la présence de quatre groupes de bactéries à des pourcentages légèrement différents. Les figures (49, 50) résume leurs répartitions. Le taux des germes totaux est légèrement plus élevée dans le site 02 comparativement au site 01 (37% contre 35%) quant à celui des coliformes fécaux, il est identique pour les deux sites. Concernant les autres groupes, le pourcentage des coliformes totaux est légèrement plus élevé dans le site 01

(32%) contre 31% pour le site 02. Le groupe des streptocoques est très faible pour les deux sites. Leurs taux de présence est de 6% pour le S1 et 5% pour le S2.

Cette pollution, à la fois physico-chimique et microbiologique, représente un grand danger pour les êtres humains certes, mais pas pour la santé de l'avifaune aquatique. Les entérobactéries sont largement diffusées dans l'environnement, elles sont à l'origine de maladies de gravité très variables en raison de mécanismes pathogénique distinctes (Ohara et *al.*2000).



**Figure 49:** Répartition des groupes de souches bactériennes au niveau du site 01 en (%).



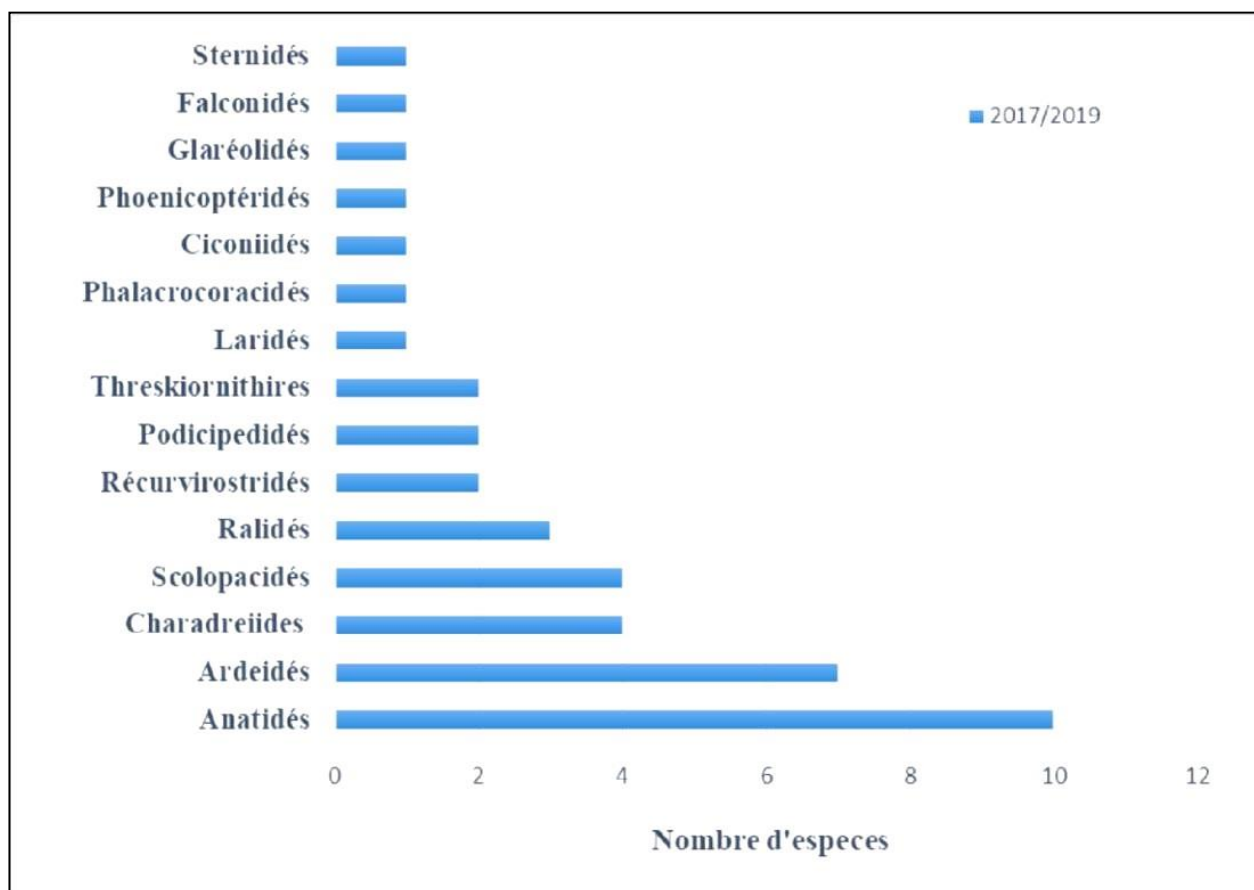
**Figure 50** : Répartition des groupes de souches bactériennes au niveau du site 02 en (%).

## **2. ECOLOGIE ET EVOLUTION DES OISEAUX DU MARAIS DE BOUSSEDRA.**

### **II.2.1. Inventaire des espèces :**

Dans cette étude, nous pouvons entamer l'analyse de la phénologie de l'espèce tel que le (retour de migration, nidification, départ de mue lors de la migration). Dans ce contexte, nous nous sommes d'abord intéressés d'une part, à l'établissement d'un répertoire plus ou moins intégral de toutes les espèces d'oiseaux d'eaux qui fréquentent le marais de Boussedra, d'autre part, à étudier leurs mouvements, au cours de deux cycles annuels 2017-2018 et 2018-2019, afin de spécifier leurs phénologies, la structure et la manière de leur dissémination dans l'espace et dans le temps au niveau de ce plan d'eau ( Samraoui et *al.* 2013).

Plusieurs raisons incitent à réaliser des recensements d'oiseaux aquatiques, afin de s'informer davantage sur les interactions des espèces à divers niveaux soit à l'échelle locale, qui consiste à évaluer les effectifs occupant une station , leurs évolutions et le pouvoir d'hébergement du milieu, soit, à l'échelle nationale, en s'informant sur l'importance et le rôle de ces milieux aquatiques et des recommandations des moyens afin d'établir des projets pour la préservation de ces écosystèmes. Ainsi, de nombreuses méthodes d'observations en ornithologie sont appliquées. Ces dernières sont fonction des espèces à étudier et de l'objectif tracé. Notre choix d'étude s'est axé sur le marais de Boussedra. Son importance réside durant le déplacement et la nidification de nombreux groupes d'oiseaux d'eau. Il est connu pour sa productivité élevée et la diversité des oiseaux aquatiques et héberge de grands oiseaux aquatiques qui hivernent et se reproduisent, y compris les espèces en danger de distinction comme l'érismaire (Boudraa et *al.*, 2014). Chaque année, ce milieu humide non protégé réceptionne une importante diversité de l'avifaune. Durant cette étude quarante et une (41) espèces appartenant à quinze (15) familles ont été recensées (Tableau.9 et 10)



**Figure 51** : Richesse spécifique des familles d’oiseaux aquatiques du Marais de Bouschedra pour la période (2017 à 2019)

### II.2.2. Analyse globale du peuplement :

L’actualisation de la composition du peuplement ornithologique du marais de Bouschedra a été faite grâce à la base des données recueillies lors des deux années d’étude (2017/2018; 2018- 2019). L’inventaire global des oiseaux d’eau révèle un nombre de 41 espèces réparties en 15 familles. Cette population est formée principalement de :

- 10 d’Anatidés (Anatidae), de
- 07 espèces d’Ardéidés (Ardeidae),
- 04 Scolopacidae
- 01 Laridae
- 03 Rallidae
- 04 Charadreiides
- 02 Recurvirostridae
- 02 Threkionithires
- 01 Podicipedidés

Les familles des ciconidés, les Sternidés, les Falconidés, les Glaréolidés, les Phoenicoptéridés, et les Phalacrocoracidés sont représentées seulement par une (01) espèce chacune (Figure 51)(Tableau 9 et 10).

### **II.2.3. Composition phénologique des espèces**

Le dénombrement et le suivi effectué de 2017 à 2019 a permis de définir quatre(04) groupes phénologiques dans le marais de Bousedra sur les observations et résultats relatifs recueillis .

#### **II.2.3.1. Les migrateurs d'hiver (hivernants) :**

Il a été établi un recensement de (10) dix espèces, représentant 6% du peuplement total durant les deux cycles d'étude. Ces hivernants ont été observés en automne, et beaucoup plus en hiver et au printemps principalement certaines des espèces d'anatidés tels les canards de surface (chipeau, souchet, sarcelle d'hiver et siffleur) et les scolopacidés (bécasseau cocorli, variable et minutes).

#### **II.2.3.2. Les migrateurs de l'été (estivants) :**

Nous avons recensé sept (07) espèces soit 4% du peuplement, il s'agit des espèces fréquentant le marais comme les ardéidés (les Hérons crabier, bihoreau et le Blongios nain) ; les Récurvirostridés avec 03 espèces (l'échasse blanche, l'Avocette élégante) ; les ciconiidés avec la cigogne et l'Ibis falcinelle pour les Threskionitheres

#### **II.2.3.3. Les migrateurs de passage :**

Pour ce type d'oiseaux, nous n'avons enregistré que de dix (10) espèces ne représentant qu'un (1%) du peuplement du marais. Ce sont des espèces que nous avons observés occasionnellement durant les deux années, parmi elles, les Hérons cendrés , la grande aigrette, le grand Cormoran, la spatule Blanche, les flamants rose ,le grand gravelot, le petit Gravelot, le bécasseau des marais et la sterne naine.

#### **II.2.3.4. Les Sédentaires nicheurs :**

Treize (13) espèces ont été dénombrées soit une présence de **89%** des oiseaux présents. Cette catégorie phénologique est présente dans le plan d'eau durant toute l'année et en grande partie représentée par les Anatidés tels que le canard Colvert, des Rallidées, des Grebes et les Ardéidés représentés par le pic bœuf qui est la plus importante espèce observée dans le marais avec 66 % durant les deux années d'étude, le marais nous donne l'impression d'être une héronnière.

### **II.2.3.5. Estivants non nicheurs :**

Une (01) seule espèce a été repérée dans ce type d'oiseaux, il s'agit du Glaréole à collier. Cette catégorie est très peu représentée sur le plan d'eau, elle a été observée en été.

Le peuplement aviaire de ce marais, est caractérisé par une forte dominance et une dispersion des individus, sur les deux années. Deux espèces ont cumulé les deux tiers (moyenne annuelle des deux cycles) de l'effectif global du peuplement de l'avifaune : Le héron garde bœuf (66,4%) et la Foulque macroule (8,5%). Pour ce qui est des autres familles, nous citons : les Anatidés avec dix (10) espèces dont trois espèces les plus fréquentes (le Fuligule Nyroca 3,3% ; l'Erismature à tête blanche 2,7% et le Fuligule milouin 1,20%). Concernant les autres espèces, cette abondance relative reste faible ne dépassant pas les (1,5%) dont sept (07) espèces de la famille des Ardeidés , quatre (04) Scolopacidae, une (01) Laridae, trois (03) Rallidae , une (01) Ciconiidae et deux (02) Recurvirostridae , 04 Charadréidés, 02 Podicipédidés et 02 Thereskionitheres . La suite des familles est très faiblement représentée soit (1) espèce chacune (tableaux 09 et 10).

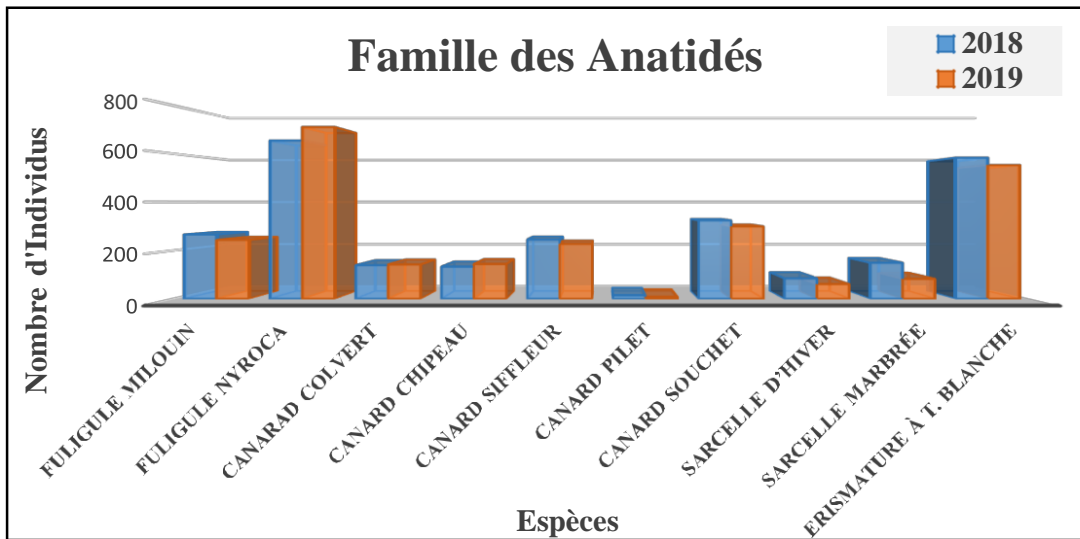
### **II.3.4. Lois de préservation de l'avifaune aquatique du marais :**

Sur les quarante et une (41) espèces recensées dans le site de Boussehra, dix-neuf d'entre elles sont préservées par la loi Algérienne en tant qu'espèces soumises à un de distinction d'après le dernier décret exécutif 12-235 du 24 mai 2012. Parmi ces oiseaux d'eaux, trois espèces de la famille des Anatidés sont inscrites à l'UICN, tel que , la Sarcelle marbrée et l'Erismature à tête blanche qui sont également protégées par la législation Algérienne. Les espèces restantes sont toutes classées dans la catégorie Minor Concern (LC) « Préoccupation-mineure ».

### **II.3.5. Phénologie de l'Avifaune Aquatique**

#### **II.3.5.1. Les Anatidés :**

Cette famille inclut les oies, les cygnes, les canards ce sont des espèces de taille moyenne et qui sont cosmopolites. Elle se compose d'environ 165 espèces qui sont très attachées, notamment à l'eau douce (Figure 51). Leurs pattes sont courtes et palmées, ceci les convient à la nage. Plonger est une pratique indispensable à la survie de tous les anatidés. Les petites invertébrées et autres végétations dont ils sont tant friands se trouvent, parfois en profondeur.



**Figure 52:** Effectif des Anatidés répertoriée dans le marais de Bussedra

### II.3.5.1.1. Fuligule Milouin *Aythya ferina*



Cette espèce est un plongeur d'une taille moyenne, au corps trapu. Il se reproduit dans les marais et autour des lacs ouverts pourvus de plantes émergentes et de végétation en bordure de l'eau.

Le Fuligule milouin a une population en déclin en raison de la menace qui pèse sur son milieu, en particulier les marais et les étangs des milieux aquatiques pour l'expansion de l'agriculture et par le rapprochement des zones urbaines et industrielles. En début d'automne, les hivernants arrivent puis repartent dès la fin du printemps. Le milouin passe le plus grand temps en bande. Il se nourrit de tout

ce qu'il peut attraper en plongeant depuis la surface. Il s'alimente surtout des semences et des plantes aquatiques. Pour le Fuligule milouin, l'Algérie est considérée comme un nouveau milieu de procréation. Au niveau du site de Bussedra, l'espèce est hivernante ; elle se trouve à des effectifs variant entre 28 et 39 durant l'hiver. Néanmoins, ce nombre diminue avec le temps pour atteindre les 19 à 8 individus au mois de juin (figure 53).

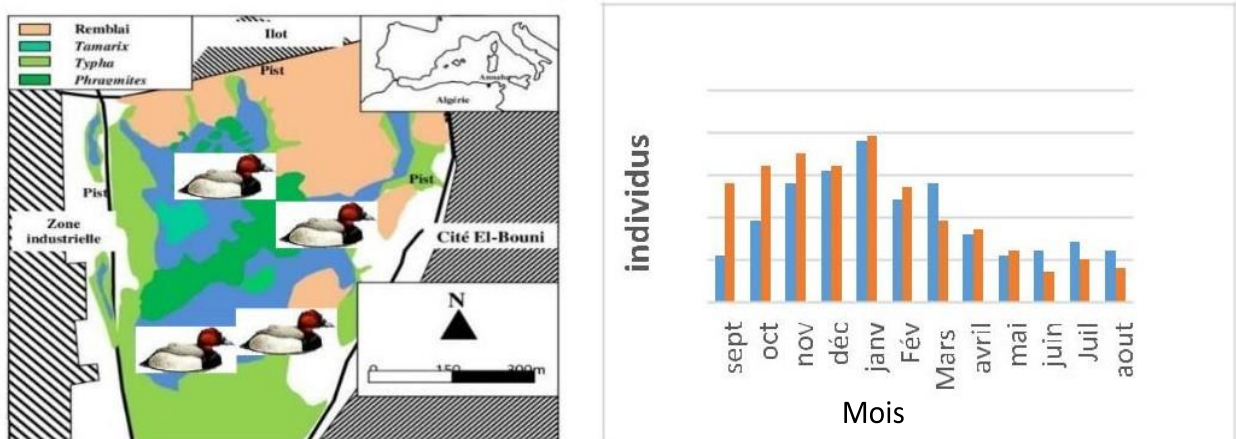


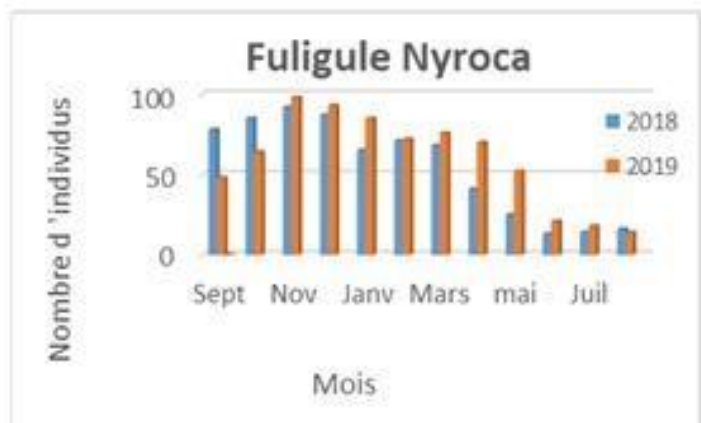
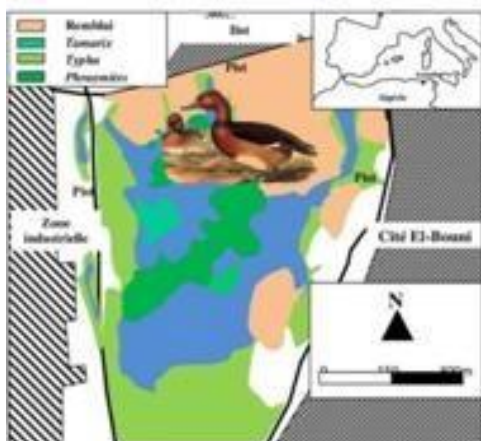
Figure 53 : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra

### II.3.5.1.2. Fuligule Nyroca *Aythya nyroca*



C'est un canard plongeur, sa couleur est en général brun acajou, Il s'séjourne également les zones humides enfermées, riches en roselières, où les canaux sont remplis de végétation. Il quête les grands marais d'eau douce et les zones deltaïques intérieures.

C'est surtout une espèce qui peuple les plans d'eau douce et marais dans des eaux à végétation palustre abondante, pendant la saison de reproduction. Il est difficile à apercevoir. Le Fuligule nyroca s'alimente principalement de graines et des parties végétatives des plantes aquatiques. Selon Houhamdi (2002) ; Houhamdi et Samraoui (2002), c'est une espèce sédentaire. Au niveau du marais de Boussedra, il a été remarqué que cet oiseau est sédentaire nicheur, il a été observé toute l'année pendant toutes nos sorties soit un recensement variant de 13 à 98 individus avec un maximum de (190 individus) enregistré en Novembre de 2017 à 2019 et un minimum (30 individus) a été enregistré dès le début de l'été.(fig 54).

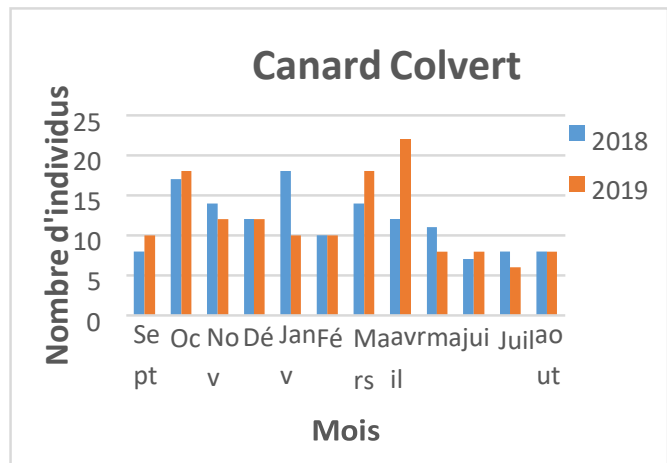
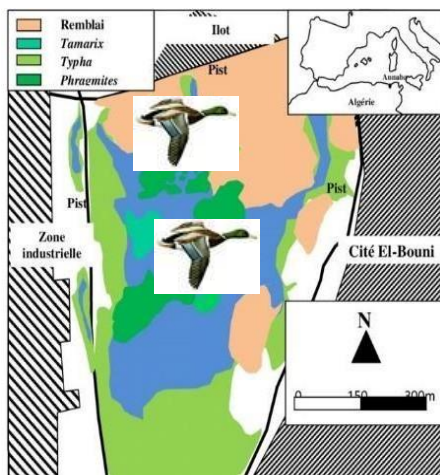


**Figure 54** : Occupation Spatiale du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.1.3. Canard colvert *Anas platyrhynchos*



Les canards colverts sont omnivores : ils mangent tout ce qu'ils trouvent. Ils plongent leur tête sous l'eau pour rechercher leur nourriture. Ils s'adaptent facilement à tous les types d'habitats. Au niveau du marée de Boussedra, les canards colverts sont des nicheurs, ils sont présents et visibles durant toute l'année. C'est un canard des eaux superficielles. Les individus s'accroissent rapidement en période d'hivernage, leur effectif oscille entre 18 et 22 individus observés sur les deux années 2017 à 2019 entre Janvier et Avril. Cependant une baisse de ces nicheurs a été observée en Juillet et Août où l'effectif est descendu jusqu'à 08 à 06 individus (figure 55). Cette espèce n'est pas en danger. Elle est cosmopolite et importante en espèces de canards. Cette situation est probablement attribuable à sa grande plasticité et à sa capacité d'adaptation.

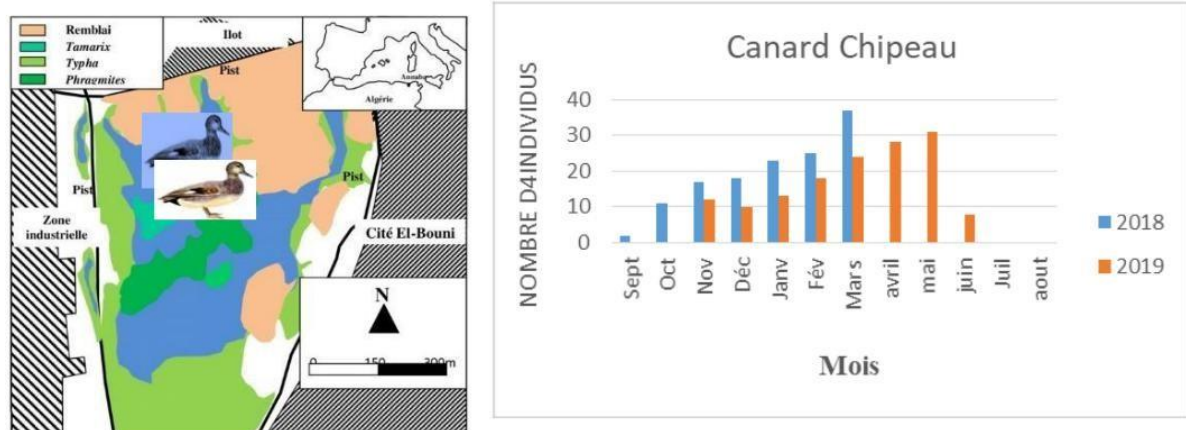


**Figure 55 :** Occupation Spatiale du Canard Colvert et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.1.4. Canard Chipecu *Anas strepera*



C'est une espèce des eaux de surface, possédant des couleurs sombres. Il est plus petit que les autres canards. On le rencontre particulièrement dans les lacs et marais à végétation abondante ainsi que les étendues d'eau profondes et les étangs. Cependant, il fréquente très peu les eaux saumâtres. Son régime alimentaire est principalement végétarien (comme les plantes aquatiques et les graines). Cette dernière a été repérée durant la période hivernale avec un nombre global de 83 individus pour l'année 2017-2018 et de 65 individus pour 2018-2019 (figure 56).

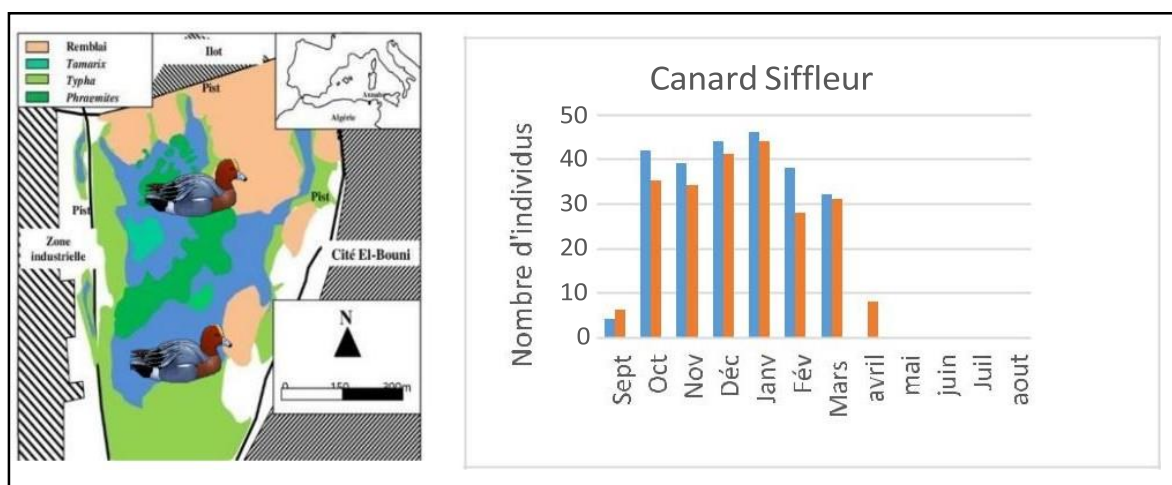


**Figure 56 :** Occupation Spatiale du Canard Chipecu et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra

### II.3.5.1.5. Canard Siffleur *Anas penelope*



Ce canard fréquente les milieux aquatiques, il longe les étangs et les lacs. On le trouve également dans les marées et les prairies. Il est à prédominance herbivore, il se nourrit de différents genres de plantes (herbe, algues, feuilles, tiges) et des graines qu'il broute dans l'eau. C'est une espèce migratoire. Les populations migrent vers des régions plus chaudes en hiver. Ce sont des oiseaux grégaires qui volent souvent en troupes de plusieurs individus et fréquentent d'autres espèces d'oiseaux similaires souvent associés au Canard pilet. Pendant l'hiver, on peut le rencontrer dans les mares d'eau douce et les secteurs lacustres. Alors qu'en période d'accouplement, le canard siffleur choisit les tourbières et les marais. Les prairies humides riches en plantes herbacées rases et variées sont des endroits préférés pour la reproduction. Lors des migrations, il est souvent observé dans les zones humides spacieuses (Dziri, 2015). Dans le Marais de Boussedra, cette espèce a été signalée à la fin de l'automne pour les deux années d'études (de 2017 à 2019) au nombre oscillant entre 144 et 169 d'individus. Dès le printemps une migration totale a été remarquée (figure 57).

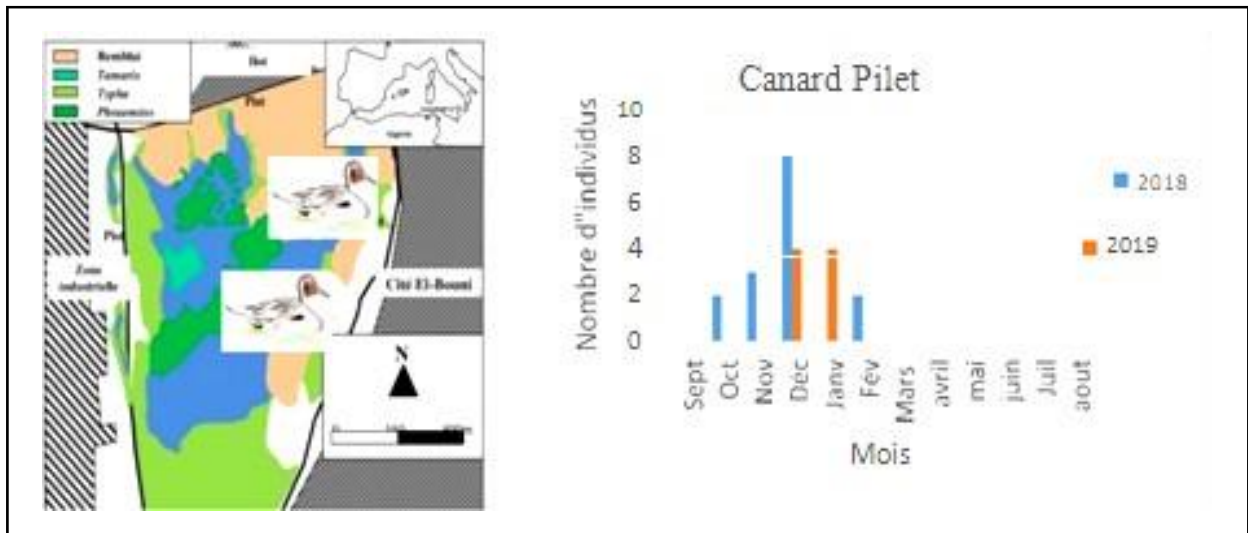


**Figure 57** : Occupation Spatiale du Canard siffleur et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.1.6. Canard Pilet *Anas acuta*



C'est un canard d'une grande élégance qui est reconnaissable par sa longue queue pointue. C'est un hôte hivernant. Il se rencontre en groupes autour des marais et des plaines ainsi qu'à proximité des étangs côtiers. Le pilet n'est pas menacé du fait qu'il fasse partie des espèces de canards les plus nombreuses. Les effectifs observés au niveau du marais de Bussedra sont très faibles, les seules présences ont été signalées durant les mois hivernaux des deux années (2017 à 2019) soit 07 à 08 individus. Elle est considérée comme la plus faible des espèces fréquentant le marais (figure 58).

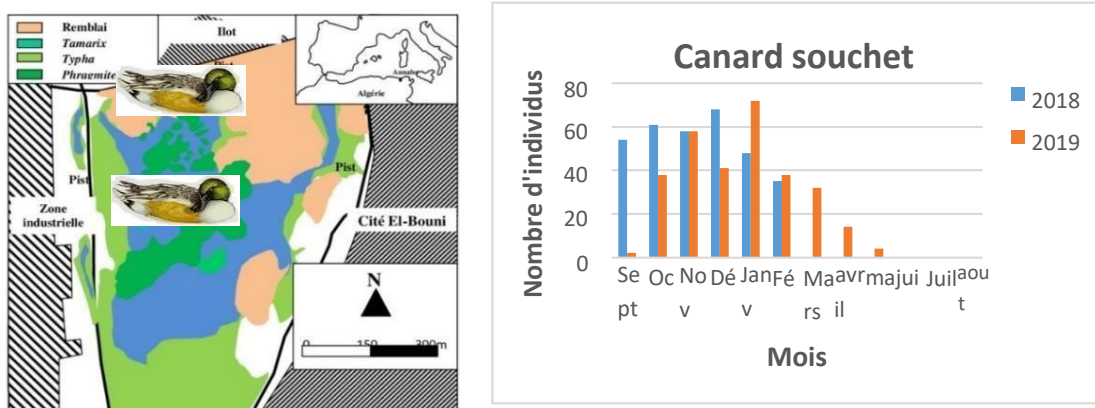


**Figure 58:** Occupation Spatiale du Canard Pilet et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra

### II.3.5.1.7. Canard Souchet *Anas clypeata*



Dès qu'il commence à geler dans le continent européen, le canard souchet migre, il quitte la Scandinavie pour atteindre les zones tempérées ou chaudes jusqu'à même l'hémisphère sud. Ils exodent en famille. On rencontre cette espèce au niveau des lacs et les étangs marécageux à végétation fournie et les marais ayant assez d'eau libre (Dziri, 2015). A la différence des autres canards de surface, il protège vigoureusement l'espace habitable du couple pouvant couvrir une superficie de plusieurs hectares. Cette espèce a été présente dans le marais de Boussedra dès le début de la saison hivernale où l'on a dénombré 200 et 183 individus durant les deux années d'étude successivement. Sa présence a été remarquée sur l'ensemble du site et principalement au milieu du marais (figure 59). (Tableau 9 et 10)

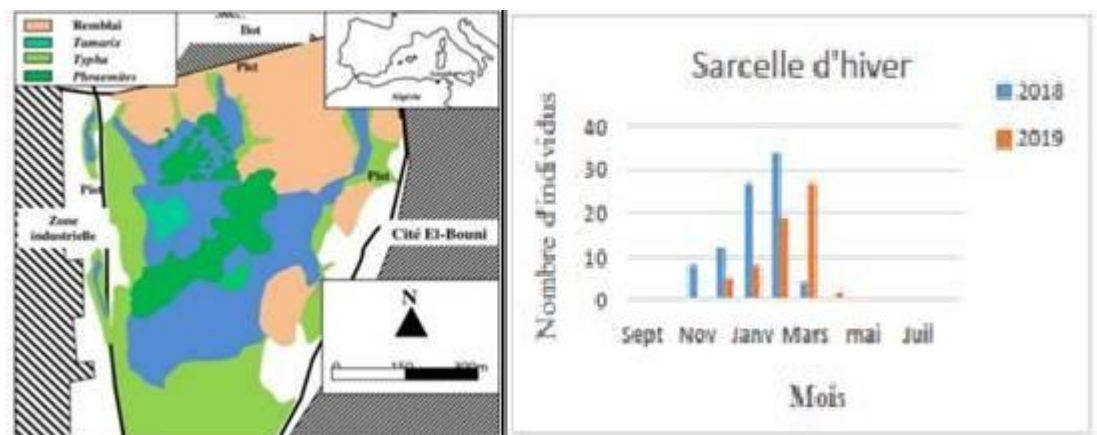


**Figure 59** : Occupation Spatiale du Canard souchet et évolution des effectifs dans le marais

### II.3.5.1.8. La Sarcelle d'hiver *Anas crecca*



C'est un canard de petite taille. Elle habite la plupart des pays du Nord. Quelques populations migrent vers les pays du sud pour hiverner (Afrique du Nord). La Sarcelle d'hiver est un oiseau très sociable qui vit en groupe hors de la période de nidification. Elle a tendance à fréquenter les autres espèces de canards notamment les colverts. C'est un oiseau craintif et très discret. C'est un hivernant avec des effectifs de 80 à 59 individus. Il a été observé durant la période allant de Novembre à Mars 2018 et 2019. (Tableau 9 et 10)

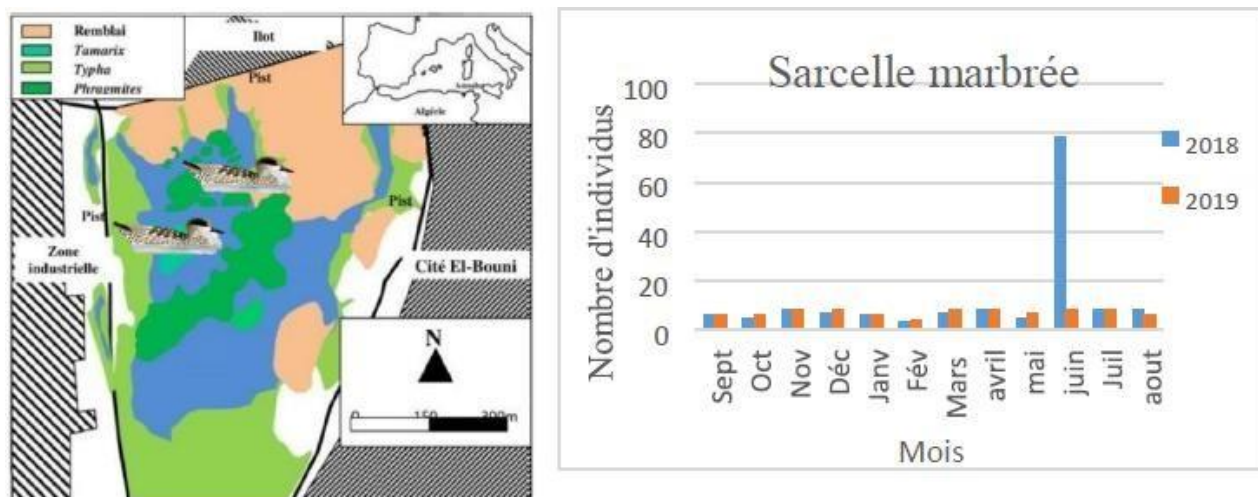


**Fig 60 :** Occupation Spatiale de la Sarcelle d'hiver et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra 2018/2019

### II.3.5.1.9. Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris*



Cette espèce se trouve, au niveau des zones humides de tout l'Est Algérien et dans les étangs sahariens (Maazi 2009). Au niveau du marais de Boussedra, ce canard est sédentaire nicheur. Il a été remarqué avec une présence oscillant entre 84 et 149 individus (de Septembre 2017 à Août 2019)(figure 61).

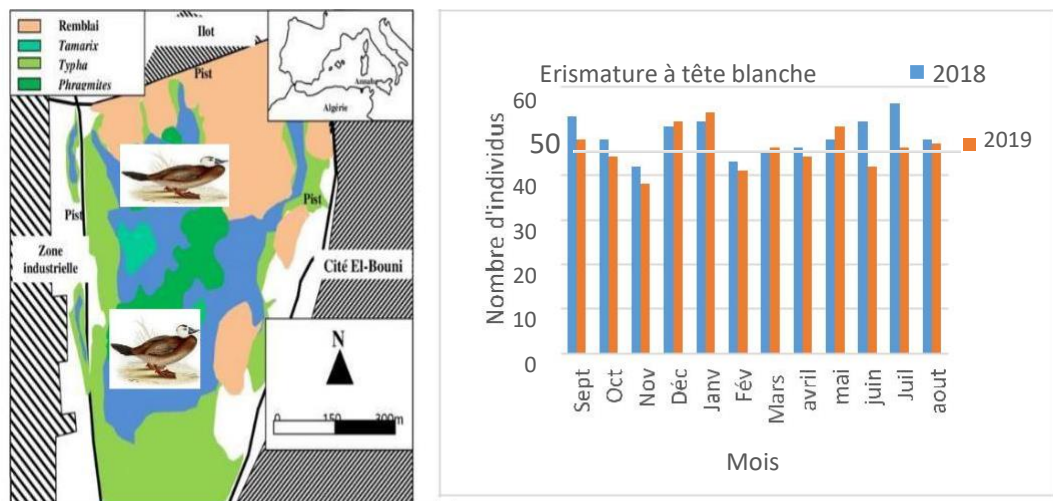


**Figure 61** : Occupation Spatiale de la Sarcelle marbrée et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.1.10. Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*



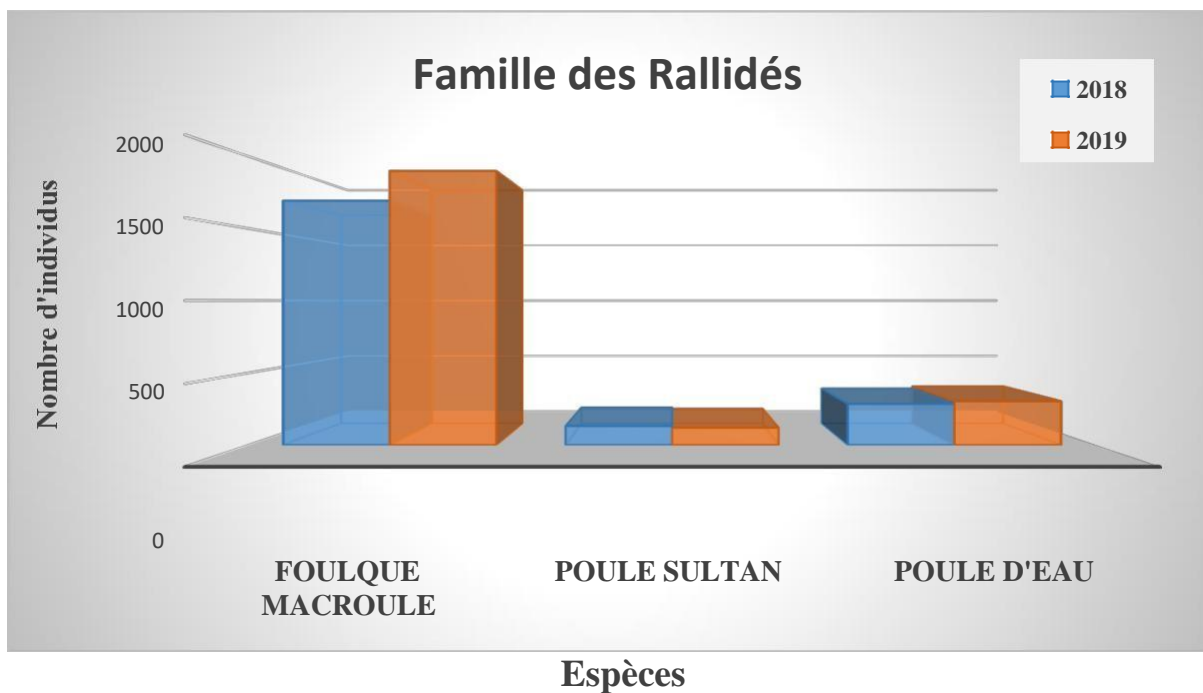
C'est une petite espèce d'Eurasie classée en voie de disparition. C'est un excellent nageur et plongeur (peut parcourir 30 à 40 mètres sous l'eau). Les populations d'Erismature à tête blanche sont estimées à 2500 individus en Espagne et même au Maroc (*Torres-Esquivias, 2003*) et de 400 à 600 individus en Algérie. Elle est omnivore. Selon (*Samraoui et Samraoui 2008*), cette espèce est sédentaire dans le marais de Boussedra et sa population nicheuse est estimée à quelques couples. En effet, cette espèce a été présente dans le marais de Boussedra durant tout notre cycle d'étude de 2017 à 2019 soit 584 individus ont été recensés pendant l'année 2017-2018 et 553 individus dénombrés en 2018-2019 (Tableau 9 et 10) Ces espèces se concentrent sur le côté Nord-est et Sud-est, avec d'autres canards plongeurs hivernants de la même famille. Ces deux secteurs sont les plus profonds et les plus dégagés de toute végétation.



**Figure 62** : Occupation Spatiale de l'Erismature à tête blanche et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.2. Les Rallidés

Ce sont de petits échassiers de l'ordre des Gruiformes dont il existe un peu plus d'une centaine espèces répertoriée à travers les continents. Cette dernière comprend les foulques, les talèves, la poule d'eau, (figure 63)



**Figure 63** : Effectif des espèces de la famille des Rallidés répertorié dans le marais de Boussedra 2017/2019

### II.3.5.2.1. La Poule d'eau *Rallus aquaticus*



Elle est considérée comme une espèce nicheuse dans toutes les zones humide d'Algerie. Elle est omnivore et opportuniste (Del hoyo et *al.*, 1996). Sa nourriture est constituée de substances végétales et animales (Hammoudi, 2012). Elle opte l'eau non salée, elle est présente dans les (mares, etc.). Dans le marais de Boussedra, cette espèce est sédentaire nicheuse, son effectif varie entre 15 et 32 individus observés entre 2018 et 2019. Son habitat se situe dans le secteur Est et Sud-ouest du marais de Boussedra (Figure 64).

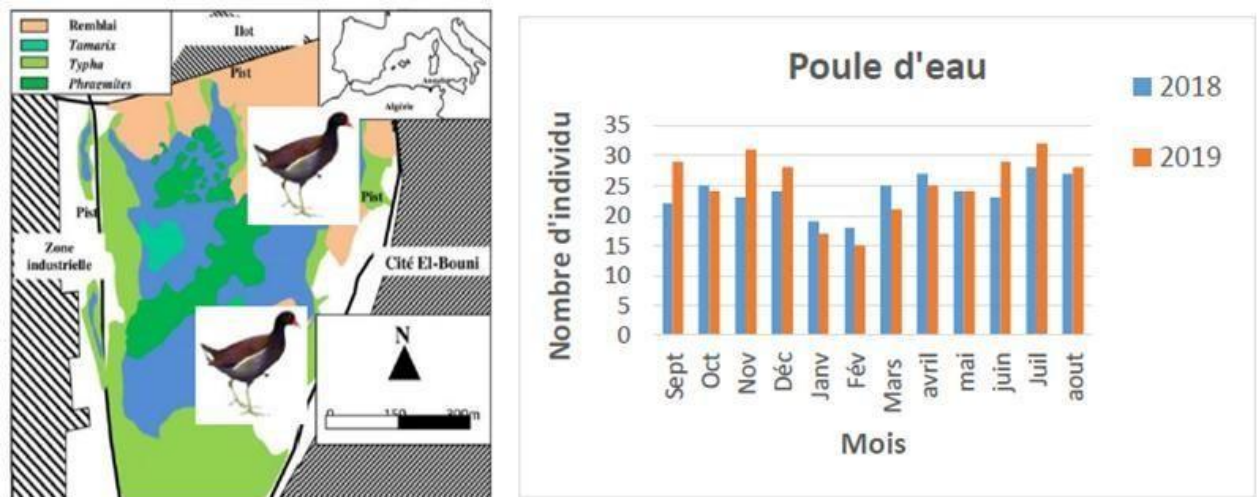


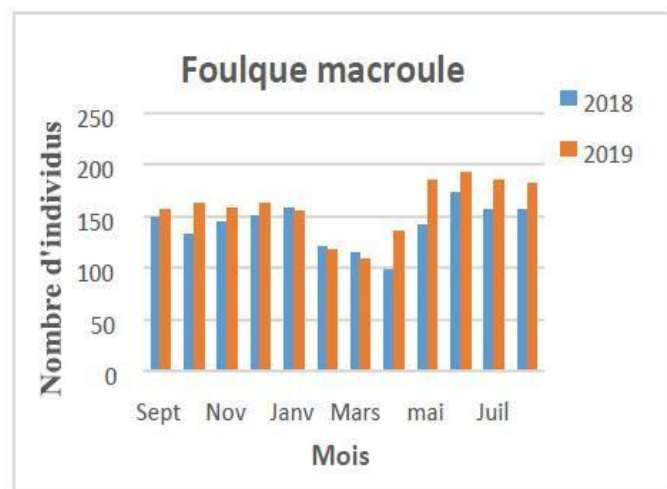
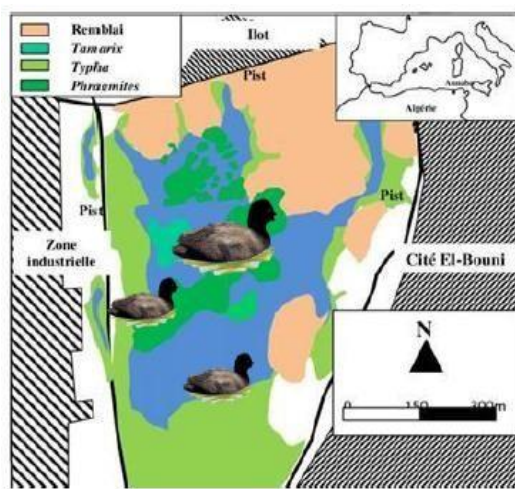
Figure 64 : Occupation spatiale de la Poule d'eau et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra (2018, 2019).

### II.3.5.2.2. La Foulque macroule *Fulica atra*



Parmi les rallidées, c'est l'espèce qui compte le nombre le plus élevé. C'est un gros oiseau aquatique (Heinzel et *al.*, 2005). En hiver, elle vit en groupe et fréquente aussi beaucoup d'autres milieux humides. Nos observations sur le

terrain montrent que les Foulques, sont présents durant toute l'année avec des populations importantes notamment en hiver et en été (période allant de Mai à Aout 2019), avec une occupation importante du plan d'eau du marais (figure 65).(Tableau 9et 10)



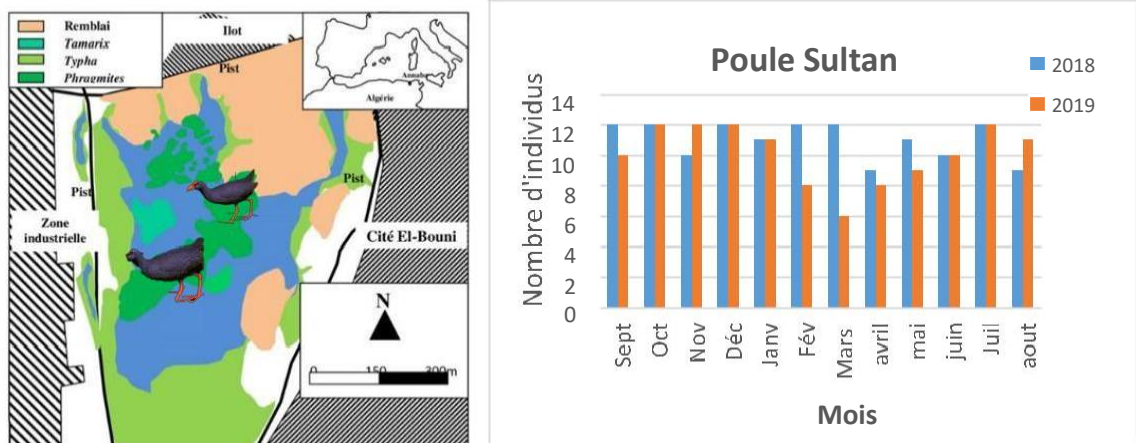
**Figure 65.** Occupation Spatiale de la Foulque macroule et évolution des effectifs dans le marais de Bousseadra

### II.3.5.2.3. La Talève Sultane *Porphyrio porphyrio* :



La talève est sédentaire. Elle se nourrit des végétaux aquatiques (parties aériennes, souterraines et des graines). Elle habite entre les roseaux des zones humides (Gill et Donsker 2022). Au niveau du marais de Boussedra, son statut phénologique est de type

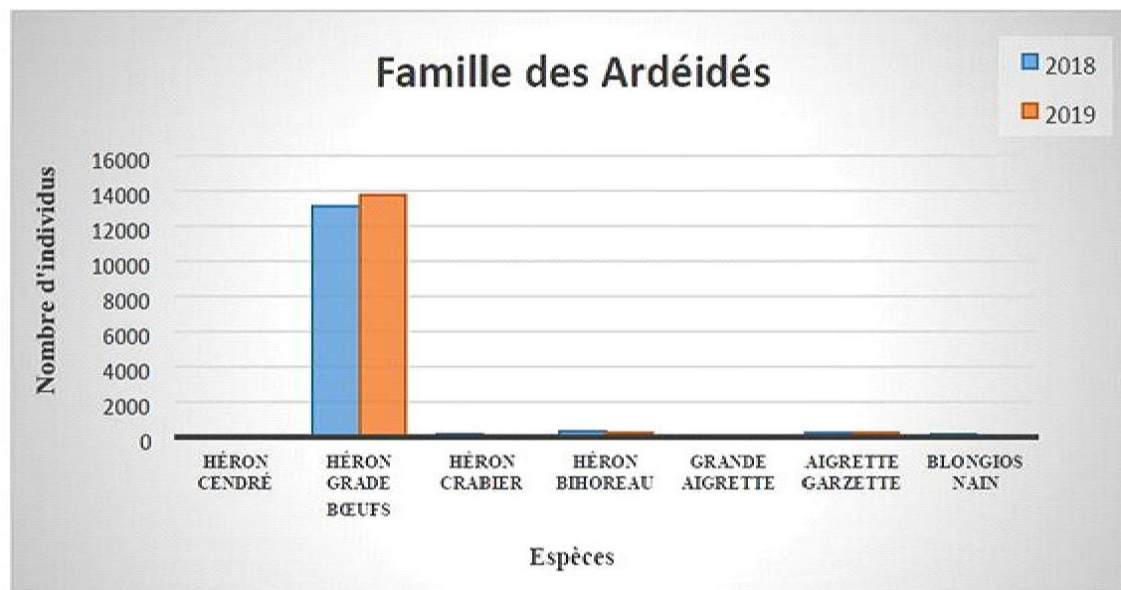
sédentaire nicheur. Elle se trouve pendant toute l'année en nombres croissants. Un nombre maximal de 14 individus a été remarqué en automne des deux (02) années 2018 et 2019 et un minimum de 6 à 8 individus en Février et Mars 2019 répartis sur les phragmites et typha du plan d'eau (figure 66) et (Tableau 9 et 10)



**Figure 66** : Occupation Spatiale de la poule Sultan et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.3. La Famille des Ardéidés :

Cette dernière se compose de plusieurs genres et espèces. Ce sont des échassiers dont certains vivent dans des milieux ouverts, près des berges, dans les marais, et autres cours d'eau où ils vont s'alimenter. Ils sont très présents dans le marais de Bussedra principalement le Héron garde bœufs avec des individus dépassant les 66 % des espèces observées.

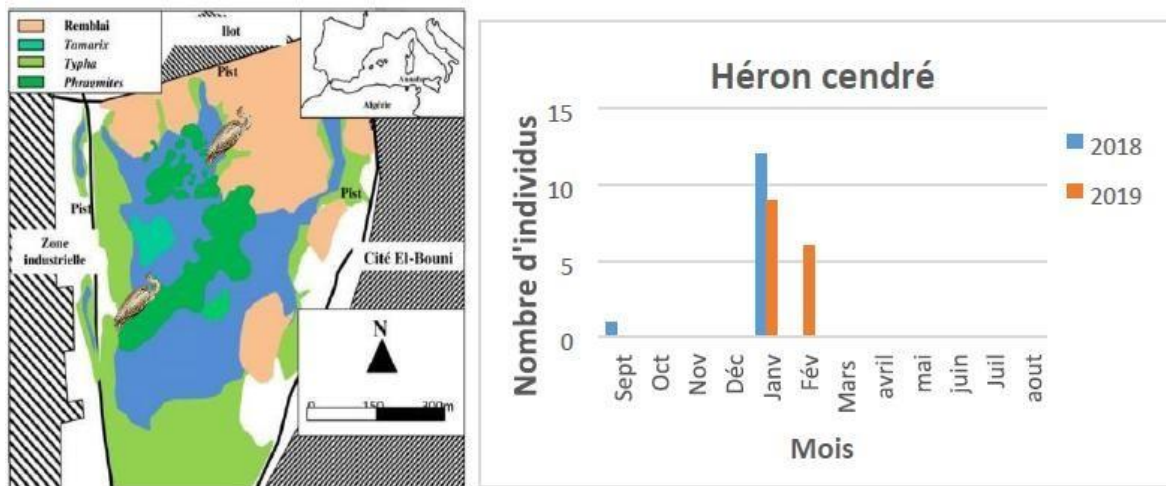


**Figure 67** : Effectif des Ardéidés répertoriés dans le marais 2017/2019

### II.3.5.3.1. Le Héron cendré *Ardea cinerea* :



*Ardea cinerea* est un grand oiseau pêcheur. Le Héron cendré est une espèce généraliste qui s'alimente dans différents types de milieux essentiellement dans les eaux peu profondes. Les rizières et les bassins d'élevage des poissons sont d'importants gagnages pour cette espèce et peuvent localement en dépendre (Marion, 2000 ; Marion et al. 2000). Il est monogame. Lors de nos différents passages, nous avons remarqué que cette espèce se trouve soit dans les arbres, soit dans les marais ou les étangs. En hiver de l'année 2018 et 2019, nous avons recensé 13 et 15 individus au Sud du marais. C'est une espèce migratrice de passage (Tableau 9 et 10).



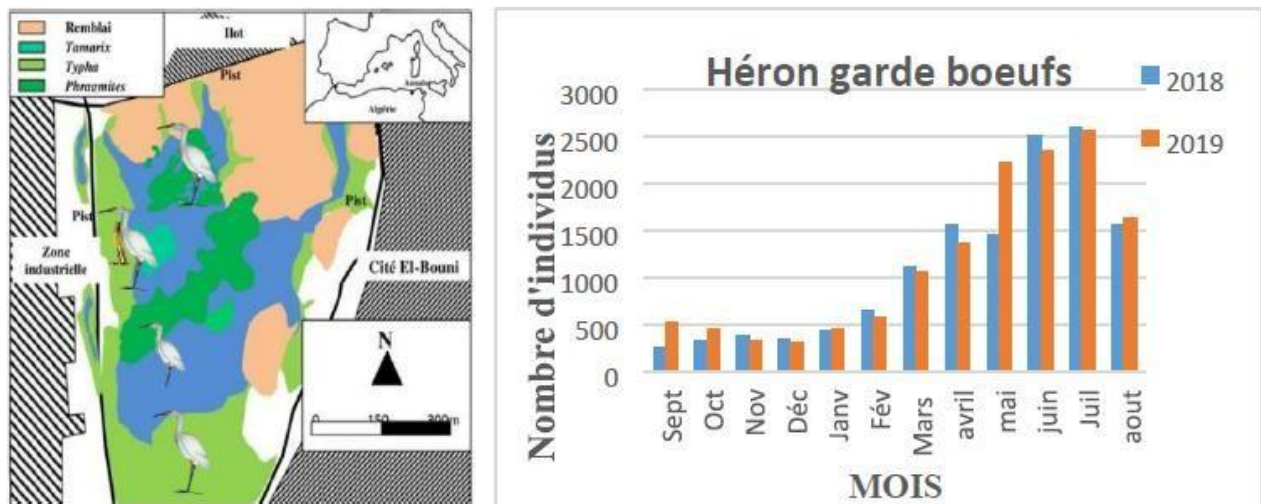
**Figure 68 :** Occupation Spatiale du Héron cendré et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra

### II.3.5.3.2. Le Pic-bœufs *Ardea ibis* :



C'est un oiseau d'eau, il se trouve également dans les zones sèches. Il est cosmopolite. Il se nourrit d'insectes (sauterelles, grillons, mouches). Pour ce plan d'eau une augmentation phénoménale a eu lieu durant les deux années d'études (de 2017 à 2019) soit une présence de 13.779 et 14.141 individus,

surtout durant les saisons printemps –été, allant du mois de Mars jusqu'à Aout. Il est à préciser que c'est la plus importante espèce présente dans le marais qui est devenu pratiquement une héronnière (Figure 69).(Tableau9 et 10)



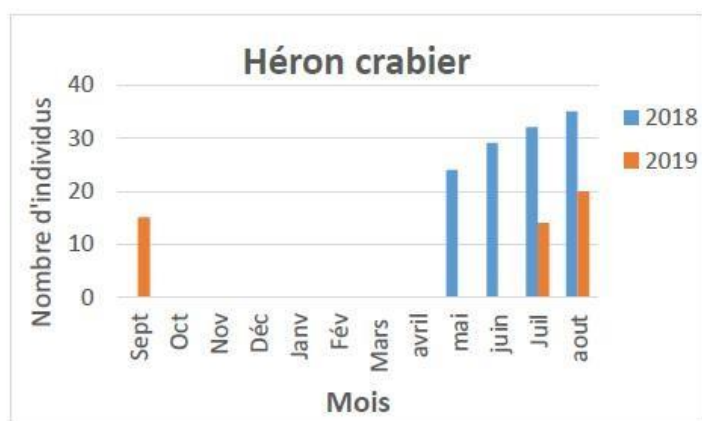
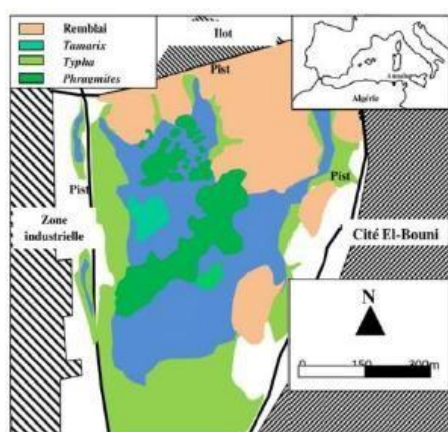
**Figure 69** : Occupation Spatiale du Héron Pic-bœufs et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra (2017/2019)

### II.3.5.3.3. Le Héron Crabier (Chevelu) *Ardeola ralloides*



L’habitat préféré du Crabier chevelu est l’eau peu profonde de préférence douce avec une couverture de roseaux et de buissons. Cet oiseau nidifie de plein gré dans des colonies mixtes de la même famille. Il préfère les grenouilles dans son régime

alimentaire, mais se nourrit également des insectes et des poissons. Il a été régulièrement visible dans la partie centrale du marais à l’intérieur des roseaux, durant la période allant de Mai à Septembre des deux années (2017 à 2019) soit un nombre de 120 et 50 individus a été recensé successivement (figure 70)(Tableau 9 et 10).



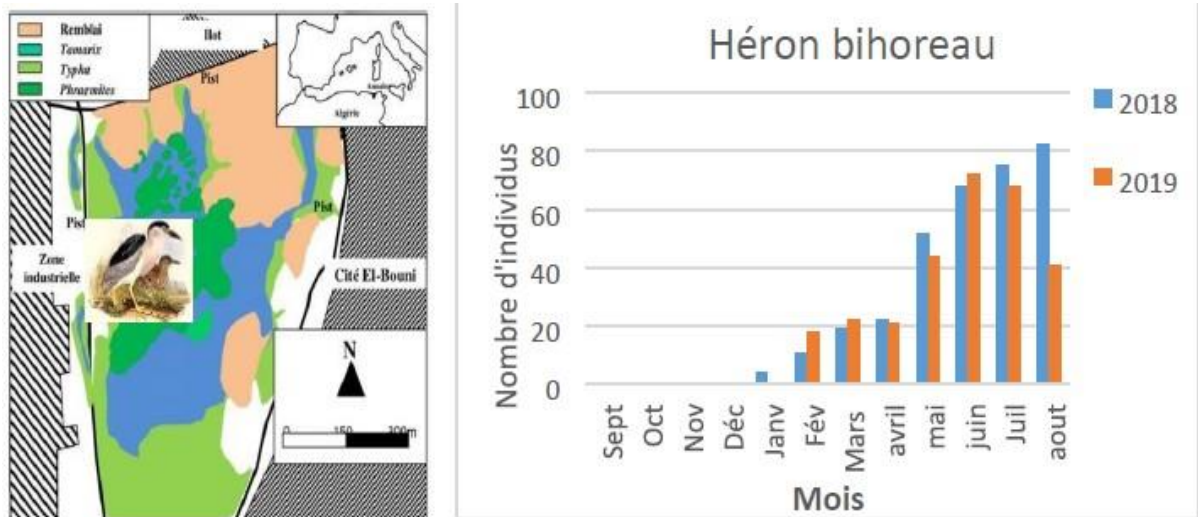
**Figure 70** : Occupation Spatiale du Héron crabier et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.3.4. Le Héron Bihoreau (Bihoreau gris) *Nycticorax nycticorax*



Cette espèce habite aux environs d'eaux légèrement pénétrantes, stationnaires ou faiblement courantes. Elle préfère les larges oueds naturelles, mais côtoie également les marres inondées. C'est un échassier cosmopolite. Les bihoreaux

chassent la nuit et s'alimentent des poissons, des petits mammifères et des insectes. Le bioreau gris perche en bande fréquemment avec des espèces voisines dans les buissons et sur les arbres. Dans le marais de Bussedra cet oiseau est un estivant nicheur sa présence se remarque dès le début du printemps jusqu'à la d'été pour les deux années 2018 et 2019 avec un effectif de 286 et 333 individus repartissur la partie du Tamarix (Figure 71)(Tableau 9 et 10).

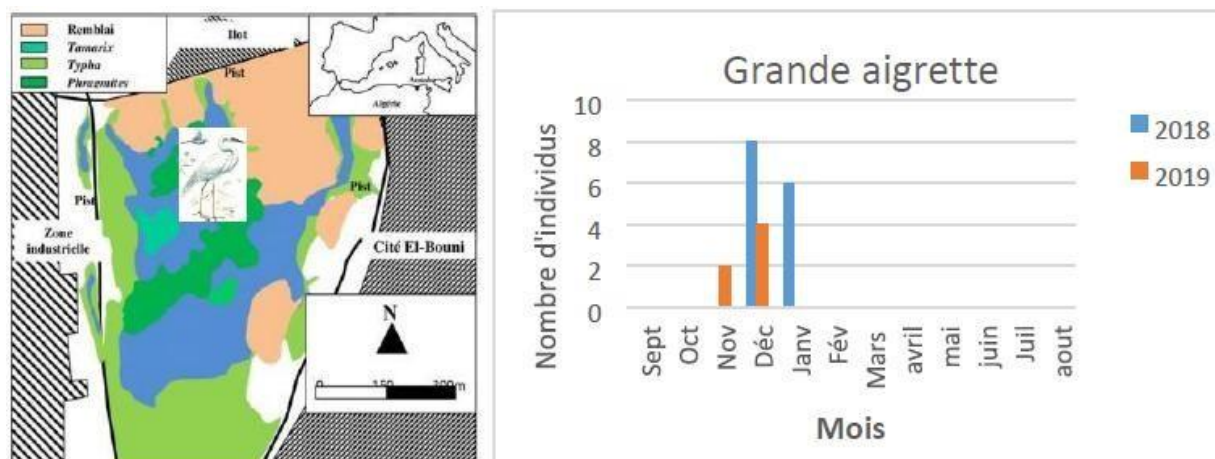


**Figure 71** : Occupation spatiale du Héron bihoreau et évolution des effectifs dans le marais de Bussedra

### II.3.5.3.5. La Grande Aigrette *Egretta alba* :



*Egretta alba* est un grand héron tout blanc, dont la taille est similaire à celle du Héron cendré, c'est un grand ardéidé. Sa longueur est plus mince et moins pesante que celle du héron cendré. La grande aigrette s'alimente dans des plans d'eau encadrée par une bande de roselières. La grande aigrette est une espèce rare, sa présence a été remarquée seulement dans le secteur Sud-ouest du marais de Bussedra dès le début d'hiver de 2018 et 2019), avec pas plus de 14 spécimens (Figure 72)( Tableau 9et 10).

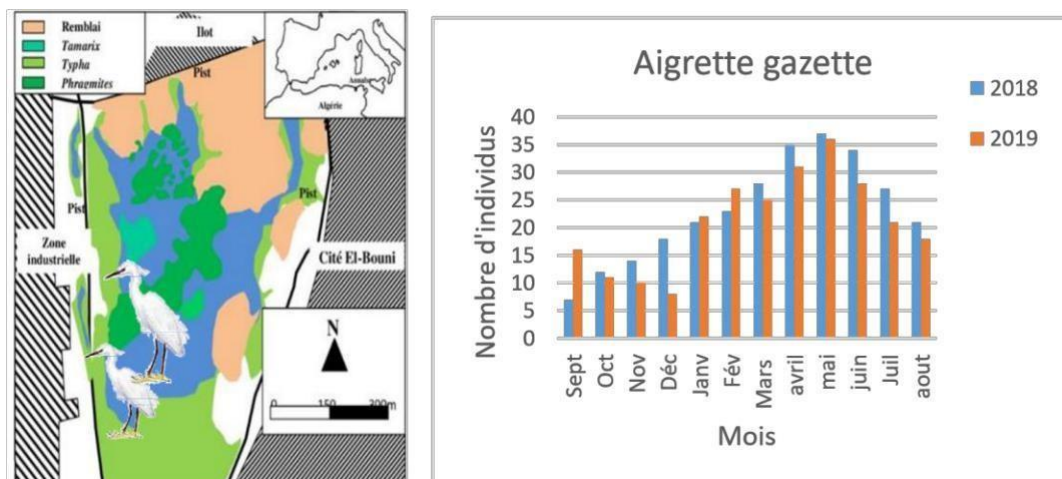


**Figure 72** : Occupation spatiale et évolution des effectifs dans le marais de Bussedra(2018-2019)

### II.3.5.3.6. L'Aigrette garzette *Egretta garzetta*



Selon Galarza et Arizaga (2014), l'aigrette gazette est un oiseau qui est largement répandu. En Algérie, elle est considérée comme une espèce d'hivernage et de nidification (Guergueb, 2016). Elle s'alimente à partir d'une vaste gamme de captures de vertébrés tels que les (petits poissons, amphibiens) des invertébrés comme les (vers, crustacés, et divers insectes aquatiques et autres), accrochés au bec. Elle est beaucoup moins intéressée par les milieux terrestres que sa paire la Grande Aigrette, le Héron garde-bœufs. Dans le marais de Boussedra, nous avons observé une présence du héron sur les deux années soit 2018 et 2019 avec un effectif de 277 et 253 individus répartis sur l'ensemble du marais.(Tableau 9 et 10)

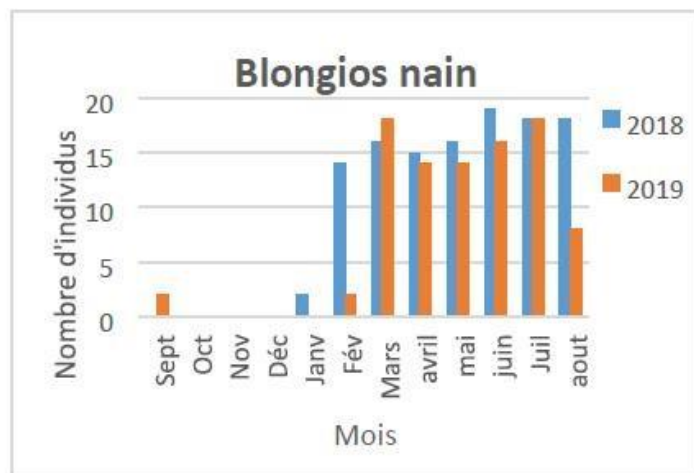
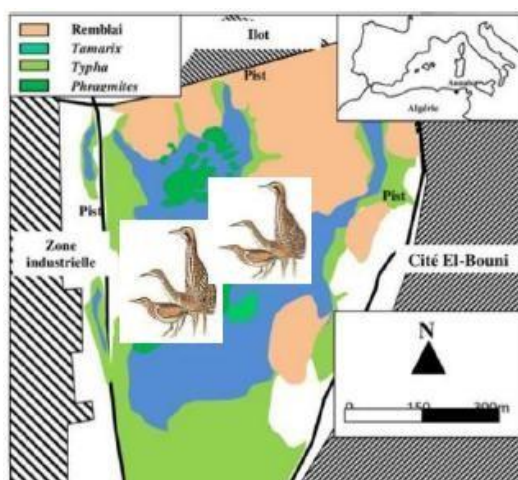


**Figure 73.** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.3.7. Le Blongios Nain *Isobrychus minutus*



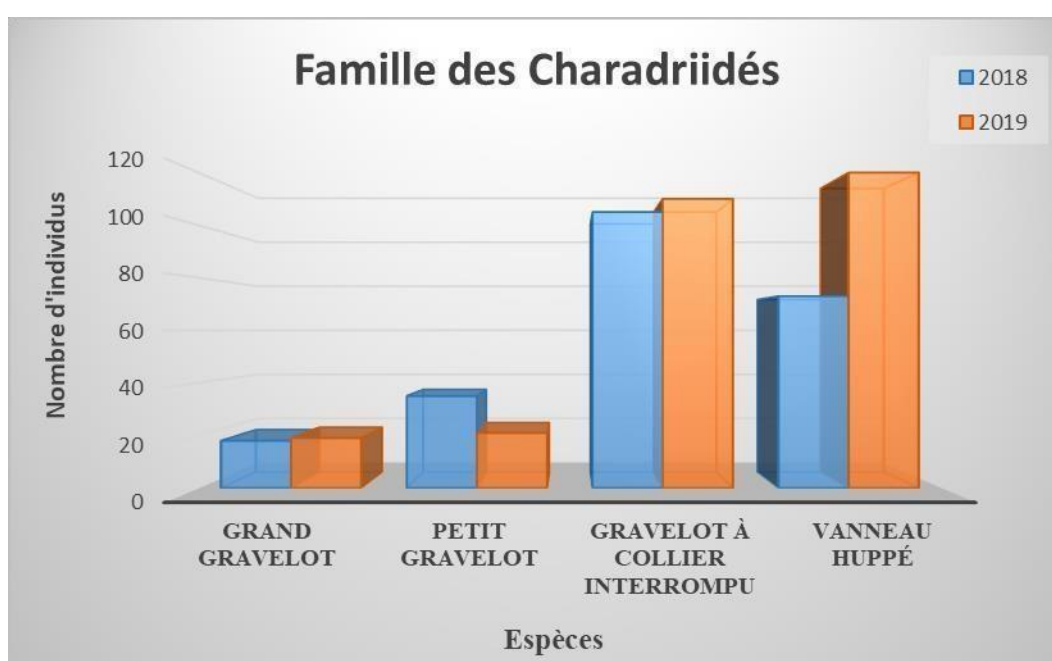
Il a la taille d'un pigeon, comme beaucoup d'oiseaux aquatiques. Les Blongios nains engloutissent un grand nombre d'animaux qui vivent près de l'eau : tel que les petits poissons, amphibiens. Il apprécie particulièrement les roselières inondées, les étangs et les marécages abritant des roseaux considérés comme milieux favorables à leur mode de couvaison et de leur survie. Ils s'établissent sur les rives des points d'eaux. En Europe, l'effectif de cette espèce décroît à cause de la disparition ou du changement du biotope ainsi que du fort taux de mortalité durant leur exode vers le sud après la dissipation des endroits habituels de leurs arrêts. Au niveau du plan d'eau de Boussedra son observation a été assez difficile car il utilisait les roseaux pour nicher et se cacher, restant à l'affût pour surprendre ses proies. Dans cette étude son observation n'a été possible qu'en début d'hiver de 2018 avec un petit nombre d'individus soit (04 individus). Ce dernier a débuté de s'accroître en début de Février pour atteindre un effectif global de 118 et 92 individus en fin 2018 et 2019 successivement (Tableau 9 et 10). Son occupation se situe au niveau du Tamaris et le Typha du plan d'eau (Figure 74).



**Figure 74** : Occupation Spatiale du Blongio nain et évolution des effectifs dans le marais de Boussedra (2018-2019)

### II.3.5.4. Famille des Charadriidés :

La famille des charadriidés est appelée vanneaux, pluviers et gravelots. Cette famille englobe 10 genres et 67 espèces existantes. Ce sont des échassiers limicoles avec des petites tailles se situant entre (12 à 38 cm), vivant dans des milieux ouverts, près de la berge des cours d'eau et des vasières où ils vont s'alimenter. Ils se nourrissent de larves. On remarque une présence hivernale pour le vanneau huppé, et nicheur pour le gravelot à collier interrompu (figure 75)



**Figure 75** : Effectif des Charadriidés répertoriés dans le marais de Bousedra 2017/2019

### II.3.5.4.1. Le Grand Gravelot *Charadrius hiaticula*



Cette espèce passe la période d'hivernage en méditerranée (Seddik *et al.*, 2010). Bien que très abondante dans la région méditerranéenne où elle hiverne, elle est peu présente dans la Numidie orientale, où les effectifs ne dépassent guère les 25 individus (Houhamdi, 2002). Ce petit échassier est très rare dans notre site d'étude, le grand gravelot se nourrit de petits crustacés, mollusques, vers aquatiques. C'est un migrateur de passage très peu observé, les seuls individus ont été repérés en Septembre et Octobre 2018 avec un nombre de (6 et 12 spécimens) et 20 individus pour l'année 2019 tous répartis sur la partie Nord du marais.

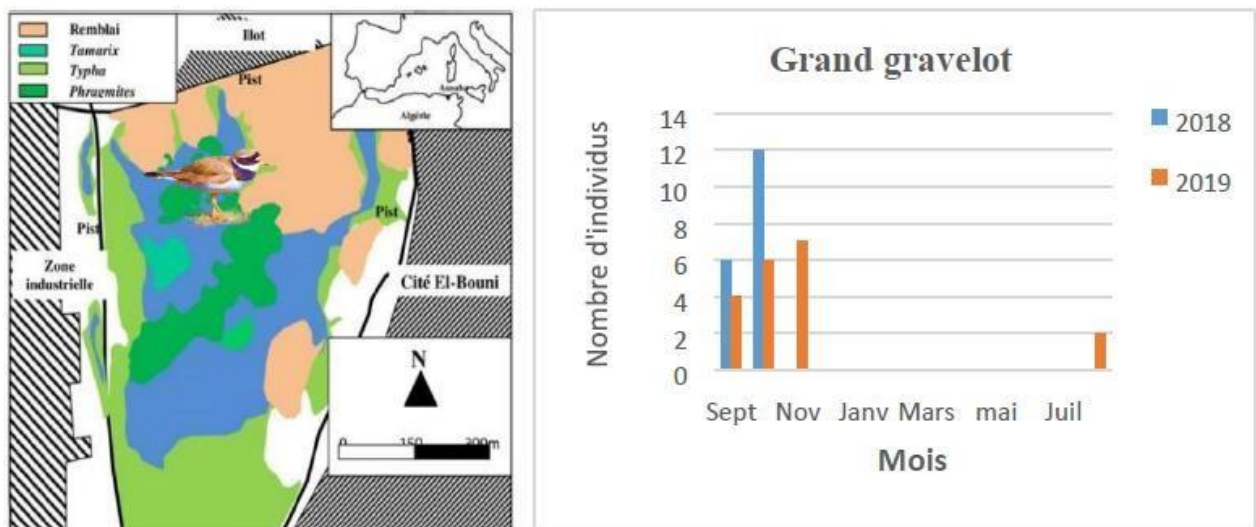
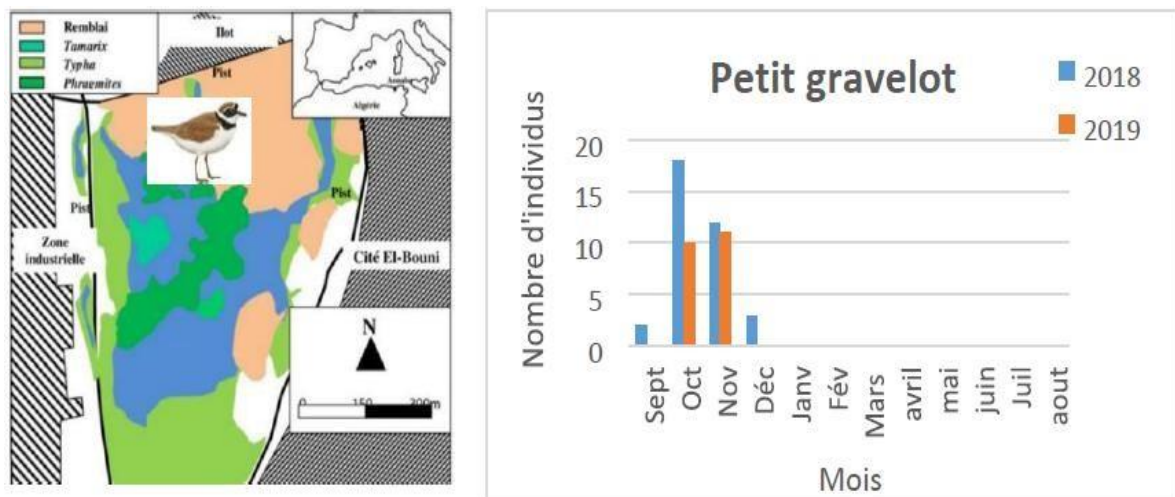


Figure 76 : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bousdedra (2018 et 2019)

### II.3.5.4.2. Le Petit Gravelot *Charadrius dubius*



Cet oiseau est caractérisé par une silhouette plus fragile. On examine la tête pour faire la différenciation. Il se reproduit sur les plans d'eau. Il se nourrit des insectes tels que les mouches et des coléoptères. Cette espèce n'est pas en danger. Néanmoins, son effectif décline de plus en plus, bien que de nombreuses régions manquent de données. Durant cette étude, nous avons remarqué l'oiseau dans le marais au mois de Septembre de l'année 2017-2018 avec un nombre de deux (02) individus. Ce nombre a augmenté, il a atteint les 18 individus vers la dernière semaine d'octobre 2017. Puis, ce dernier a décliné jusqu'à disparaître à la fin d'été de l'an 2018. Pour l'année 2019, un nombre maximal a été observé en automne, soit 21 individus répartis sur la partie Nord du marais (**fig 77**)



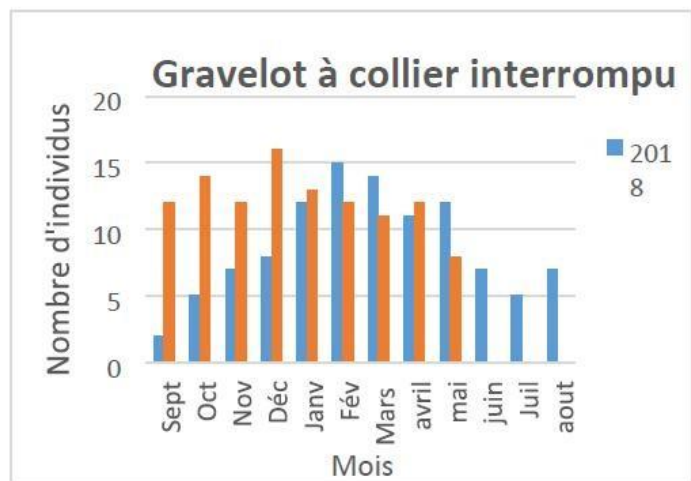
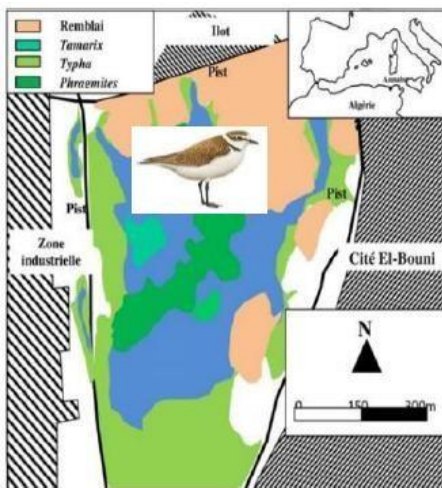
**Figure 77** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra (2018 -2019)

### II.3.5.4.3. Le Gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus*



C'est une espèce de petit oiseau de rivage côtier de la famille des Charadriidae. Il diffère des autres espèces d'adultes par son col foncé, interrompu sur la poitrine, ses pattes et son

bec foncé. (Anonyme, 2022). Au niveau du marée de Bousedra, un effectif très faible de (02 à 08 individus) a été observé pendant l'hiver 2017/2018. Au printemps ce nombre s'est élevé petit à un effectif de 12 à 15 individus. Quant à l'année 2018/2019, un effectif maximal a été enregistré à partir de l'automne, soit 22 individus observés de Septembre à Décembre 2018. Dès l'arrivée du printemps 2019 une augmentation progressive est observée pour atteindre globalement 55 individus. Il est donc considéré comme une espèce sédentaire nicheuse ; elle est généralement observée sur la partie Nord du marais (figure 78). (Tableau 9 et 10)



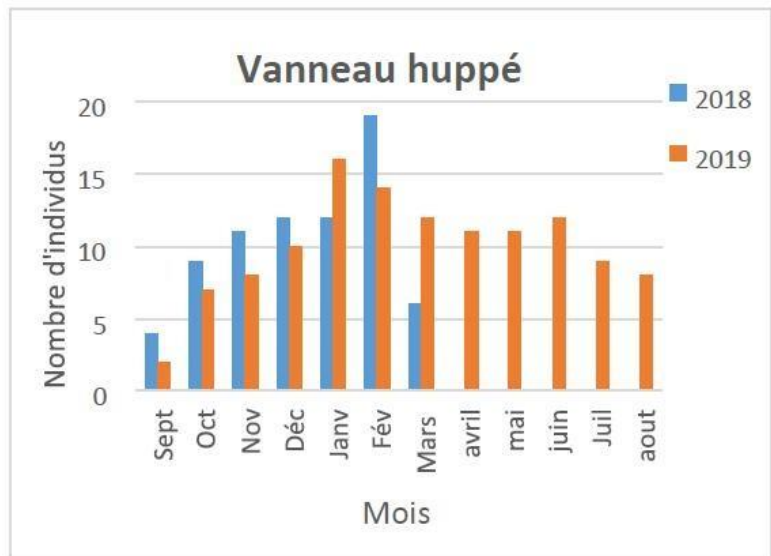
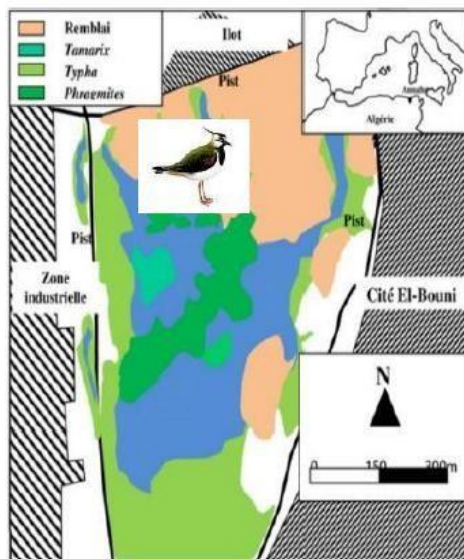
**Figure 78** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra (20182019)

#### II.3.5.4.4. Le Vanneau Huppé *Vanellus vanellus*



Cette espèce apprécie tout particulièrement les espaces ouverts : champs, marais, vasières et prés salés seront tout à fait à son goût. Il vit en groupes, elle ressemble à un oiseau noir de (dos) et blanc (ventre). La population hivernante en Algérie est originaire de l'Europe. Elle atteint

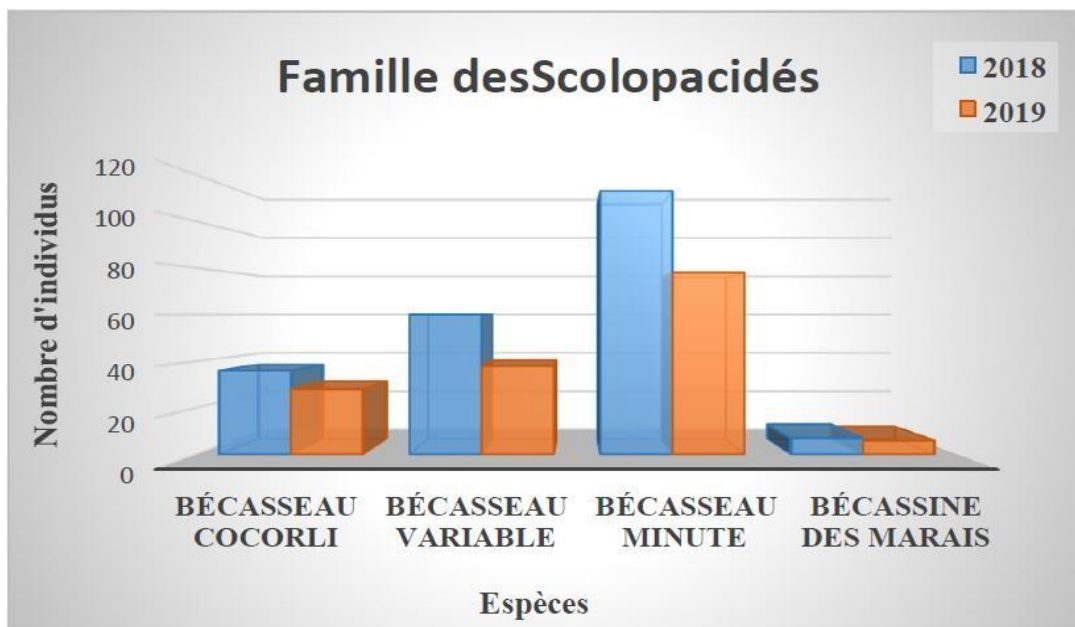
la région par des déplacements le long des rivages marins occidentaux (Cramp et Simmons, 1983 ; Qninba 1999 ; Seddik, 2011). Cette dernière a été repérée dans la zone marécageuse de Bussedra en début de Septembre 2017-2018 où quelques individus au nombre de quatre (04) ont été repérés, ces derniers ont atteint 19 spécimens notés en Février 2018. Concernant la deuxième année 2018-2019, cette espèce a été constatée à partir de l'automne avec un effectif de 2 à 8 individus, ce nombre a commencé à augmenter en hiver jusqu'au printemps de l'année 2019 avec des effectifs de 12 à 16 individus répartis sur la partie Nord du marais (figure 79).



**Figure 79:** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra (2018 et 2019)

### II.3.5.5. Famille des Scolopacidés :

Les deux familles, scolopacidés et les charadriidés, forment un groupe d'oiseaux nommé les limicoles autrement dits «oiseaux de rivage". La majorité de ces oiseaux est migratrice du côté Nord du globe. Ils possèdent une taille petite à moyenne. Ils habitent les zones humides, côtières et intérieures comme les (marais, milieux aquatiques, toundra, etc.). Les bécasseaux cocorli, B.variable et B.minute sont des espèces hivernantes alors que la Bécassine des marais est une espèce migratrice de passage, il reste que ces espèces sont très peu présentes dans le marais de Bousedra (figure 80)



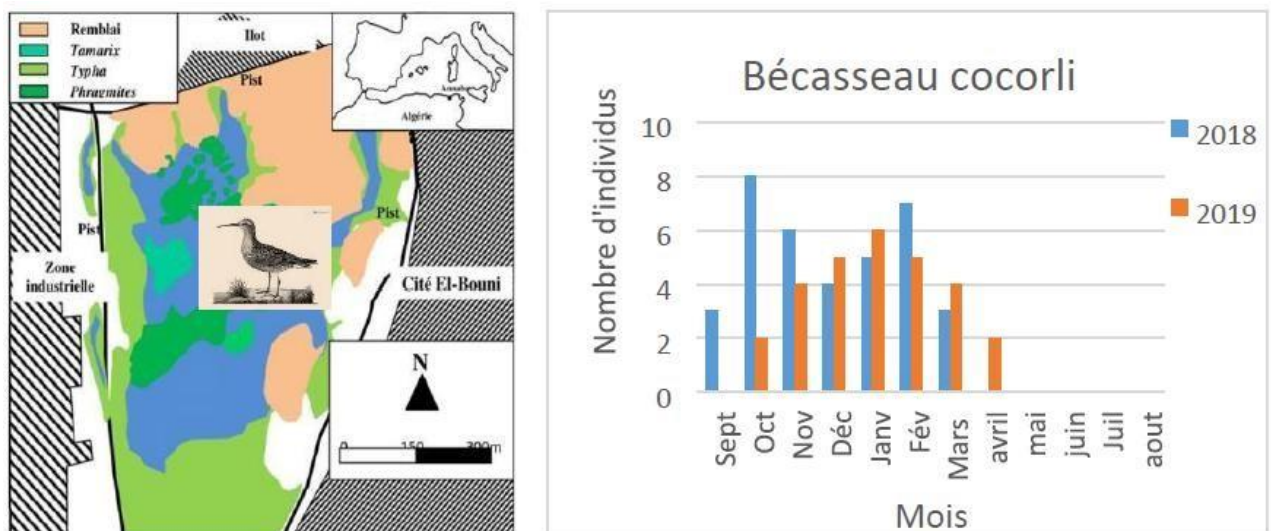
**Figure 80** : Effectif des Scolopacidés répertorié dans le marais

### II.3.5.5. 1. Bécasseau Cocorli *Calidris ferruginea*



Le bécasseau cocorli fait partie des migrateurs. En effet, tous les ans, certains oiseaux franchissent des distances de près de 30 000 km entre le Nord de la Sibérie et l'Afrique (Anonyme, 2022).

Cette espèce est hivernante, elle est signalée au niveau dans le marais au mois de Septembre de l'année 2017-2018 ; un nombre de trois (03) individus a été observé dans le site. Ce dernier a atteint un nombre maximal de 07 spécimens la dernière semaine de Février 2018. L'année 2018/2019 a enregistré un effectif très faible comptant deux (02) individus au mois d'Octobre 2018 et 06 individus en Janvier 2019, répartis sur la partie Nord (figure 81) (Tableau 9 et 10).

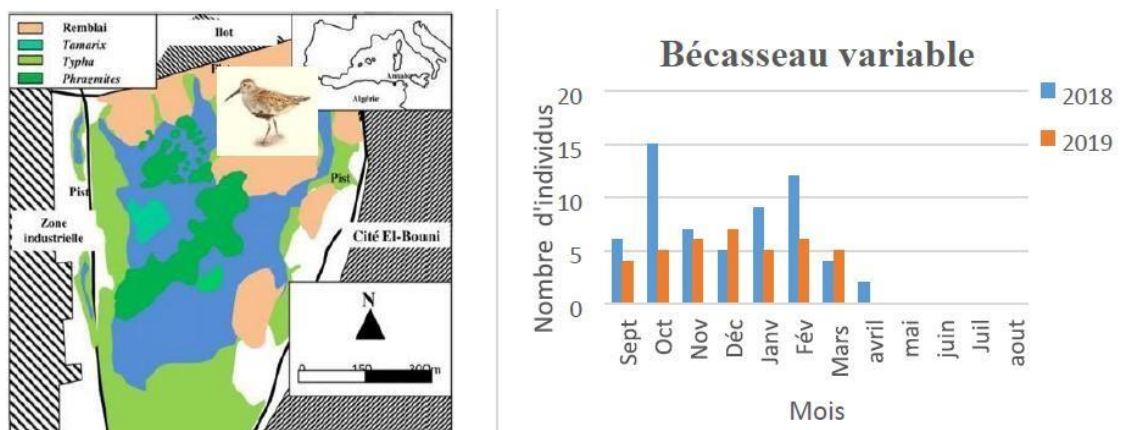


**Figure 81 :** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra (2018 et 2019)

### II.3.5.5.2. Le Bécasseau Variable *Calidris alpina*



Le Bécasseau variable est souvent mélangé avec sa congénère le Bécasseau cocorli. Il séjourne dans les marécages des régions tempérées durant la période de la couvaison. En hiver il habite en grandes colonies dans les fonds vaseux, les plages de sable et sur les mares d'eau douce. Selon Ledant *et al* (1981), cette espèce hiverne en Algérie. L'effectif fréquentant le site de notre étude est très faible ; nous avons recensé un nombre de 05 à 12 individus durant l'hiver de l'année 2017/2018 et un nombre extrême de 07 individus a été observé au mois de décembre de l'année 2018/2019. Ces oiseaux ont été localisés dans la partie Nord-est du marais. (Figure 82)

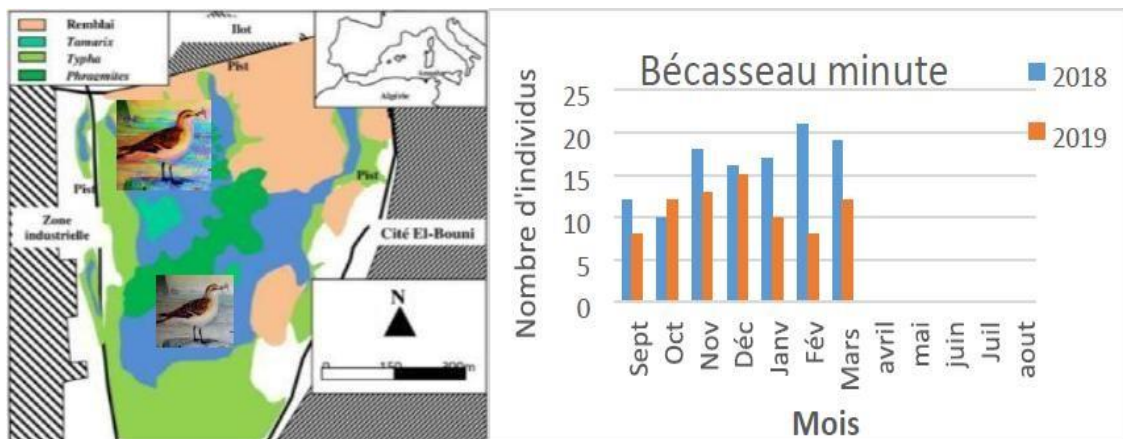


**Figure 82.** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra (2018 et 2019)

### II.3.5.5. 3.Le Bécasseau minute *Calidris minuta*



Le *Calidris minuta* est un petit échassier qui vit dans les vases des marais. Lors de notre travail dans le marée, nous avons repéré ce petit échassier durant la période automne-hiver, avec un nombre de 12 spécimens en Septembre 2017 et 21 en Février 2018. Pour ce qui de l'année 2018/2019 des comptages ont révélé un nombre de 8 individus en Septembre 2018, 15 individus en Décembre et 12 autres en Mars 2019. Ces espèces se répartissent sur la partie Est du marais. Par ailleurs, il a été remarqué une éclipse absolue des bécasseaux entre les mois d'Avril et Août des deux années (2018 et 2019).



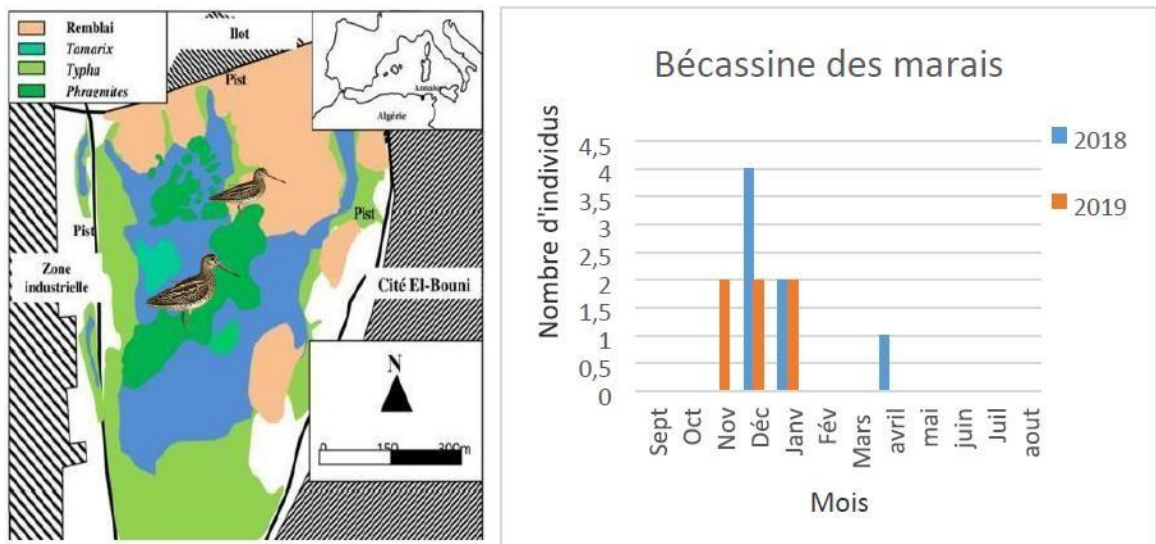
**Figure 83 :** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais

#### II.3.5.5. 4. La Bécassine des Marais *Gallinago gallinago*



En Algérie, cet oiseau fréquente régulièrement la région des hauts plateaux en été et les zones humides sahariennes en période hivernale (Bensaci et *al.* 2013). La Bécassine des marais habite et procréé dans les milieux aquatiques.

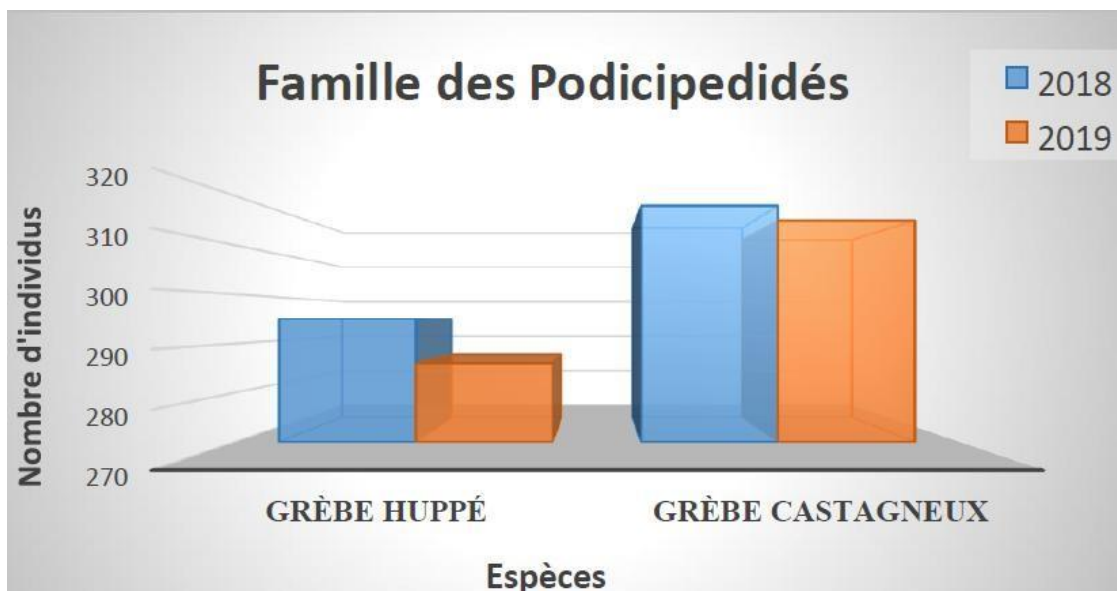
Elle s'alimente essentiellement des invertébrés. Durant toute la période de notre étude, cette espèce n'a fréquenté le marais que trois (03) ou quatre (04) fois, avec un effectif très restreint n'excédant pas les 04 individus en décembre 2018. Quant à l'année 2019, deux (02) spécimens uniquement ont été repérés en hiver (Novembre, Décembre et Janvier), cette espèce est migratrice de passage dans le marais de Boussedra (figure 84) (Tableau 9 et 10).



**Figure 84:** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra

### II.3.5.6. Famille des Podicipédidés :

Cette famille d'oiseaux des milieux humides, plus couramment désignée sous le nom de grèbes se compose de six (06) genres et de 22 espèces. Elle est l'unique représentante de l'ordre des podicipédiformes. Les espèces qui y appartiennent se reconnaissent par des formes anatomiques et des comportements qui les accordent à leurs milieux humides. En général, les grèbes possèdent une taille petite à moyenne, des corps fuselés. Lorsqu'ils nagent ils adoptent une posture particulière en positionnant leurs corps souvent vers le bas. Ils sont considérés comme d'excellents plongeurs en usant de leurs pattes arrière placées à l'extrémité de leurs corps, mais ils sont moins agiles sur le sol. Leurs pattes sont palmées munies de lobes natatoires, adaptées aux sauts dans l'eau. Leurs becs est généralement effilé pour attraper leurs proie sous l'eau mais ne sont pas identiques, ils se différencient en forme et en taille selon les espèces.

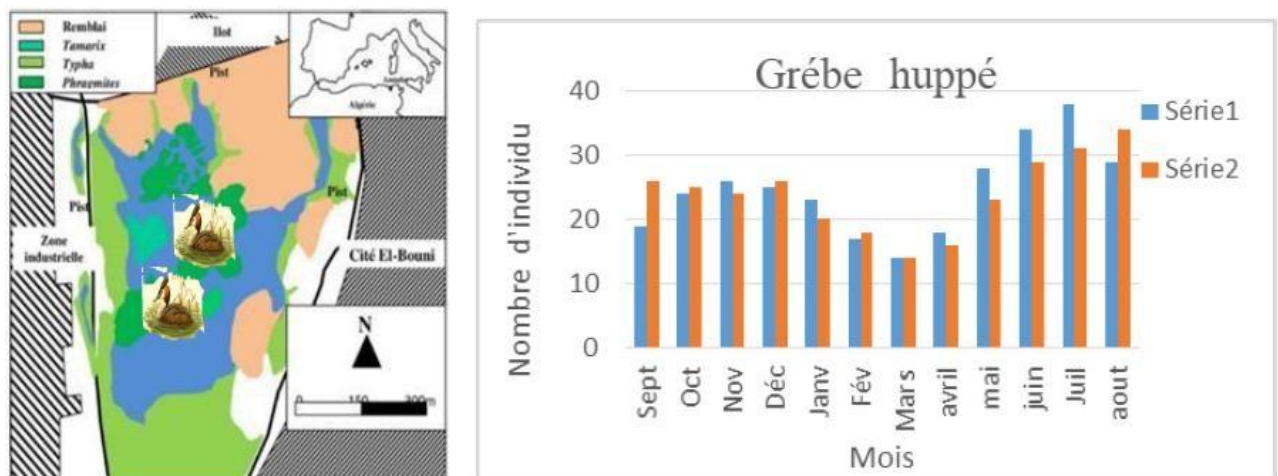


**Figure 85** : Effectif des Podicipédidés répertorié dans le plan d'eau 2017/2019

### II.3.5.6.1. Le Grèbe Huppé *Podiceps cristatus*



Cet élégant oiseau est le plus grand de sa famille, il possède un cou long et mince qu'il tient souvent dressé, il s'alimente des petits poissons. Le Grèbe huppé est un oiseau sédentaire des zones humides qu'on retrouve dans tout le Nord de l'Algérie ( Rouibi et *al.* 2012). Elle niche dans le Nord-est algérien de manière régulière (Metelaoui et Houhamdi, 2008 ; Samraoui et Samraoui, 2008 ; Rouibi et *al.*, 2013). Il préfère particulièrement les plans d'eau entourés de roseaux et une végétation marécageuse plutôt épaisse pour nidifier. Cette espèce a été observée pendant toutes nos sorties avec des effectifs plus ou moins stables. Son nombre augmente au fur et à mesure et touche un nombre maximal de 38 individus enregistré en Juillet des deux années 2018 et 2019 ; le minimum de cette espèce est observé en Mars avec 14 individus également pour les deux saisons de recherche. Le Grèbe huppé se trouve sur tout le point d'eau (figure 86) (Tableau 9 et 10).

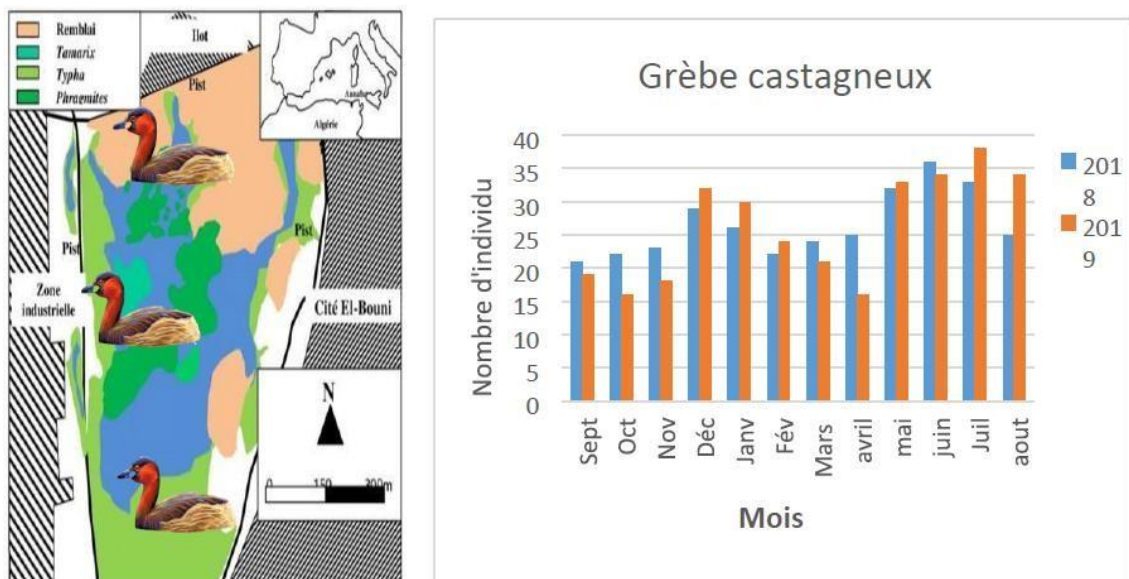


**Figure 86** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra

### II.3.5.6.2. Le Grèbe Castagneux *Tachybaptus ruficollis*



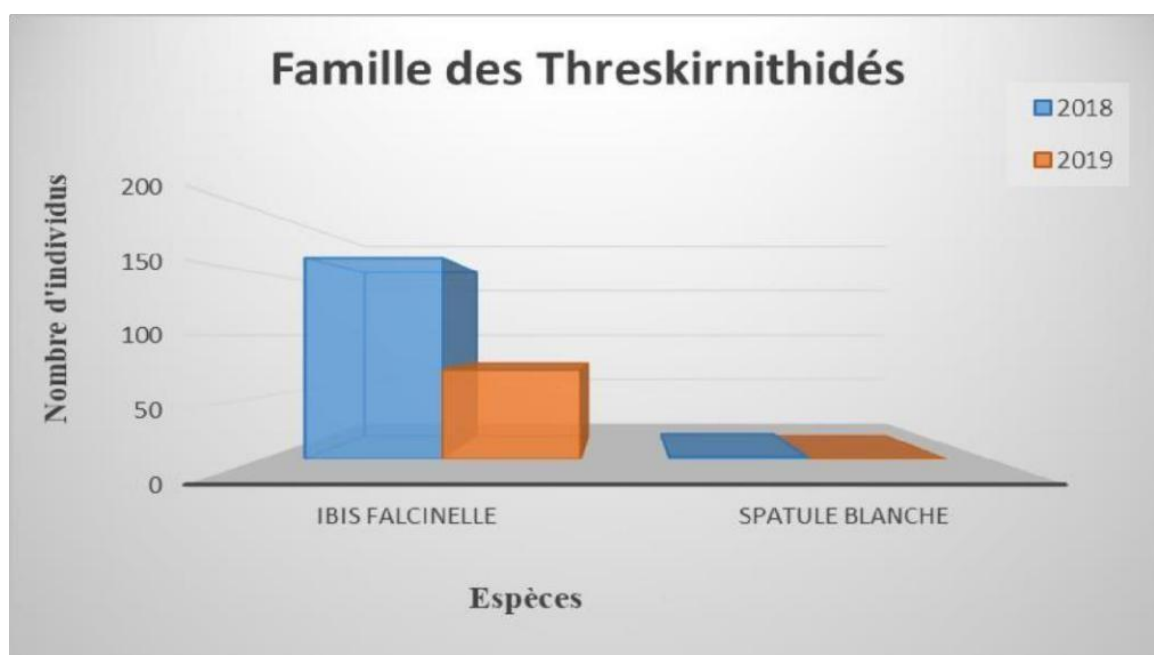
C'est la plus petite espèce de tous les grèbes. D'une longueur du corps pouvant aller de 15 à 16 cm. Cette espèce nicheuse et sédentaire dans les zones humides d'Algérie (Metallaoui et Houhamdi, 2008). Elle a une préférence pour les eaux dormantes, qu'on peut retrouver parfois sur les petits étangs et les mares. Il est beaucoup moins piscivore que les autres grèbes. Il plonge sans arrêt pour chercher ses proies aquatiques. Il se nourrit des mollusques et des crustacés et il ne reste que très peu de temps sur la surface de l'eau pour capturer ses proies, ce qui le rend très difficile à guetter. Pour les deux (02) années d'étude, cette espèce est présente avec un nombre qui n'excède les 38 spécimens, signalés en été (Juillet). Le minimum observé ne dépasse pas les 16 individus au mois d'avril (figure 87). Il est à noter que cette espèce occupe l'ensemble du plan d'eau.



**Figure 87 :** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra (2018 et 2019)

### II.3.5.7. Famille les Threskirnithidés :

Cette dernière a été traditionnellement classée en deux sous-familles, les ibis et les spatules . Elles fréquentent principalement les zones humides et marécageuses, mais quelques espèces fréquentent les forêts, prairies ou régions arides ou semi-arides. Elles installent des colonies, souvent mixtes avec d'autres échassiers, sur des arbres, des buissons ou dans des roselières. Ils sont cosmopolites à l'exception de l'antarctique, ils présentent la plus grande diversité en région tropicale.

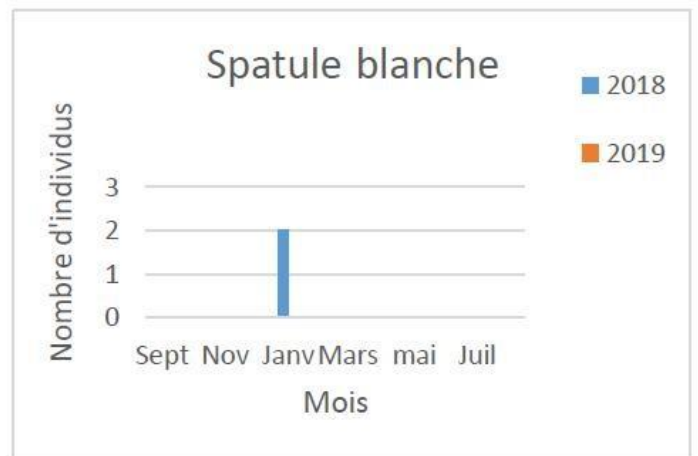
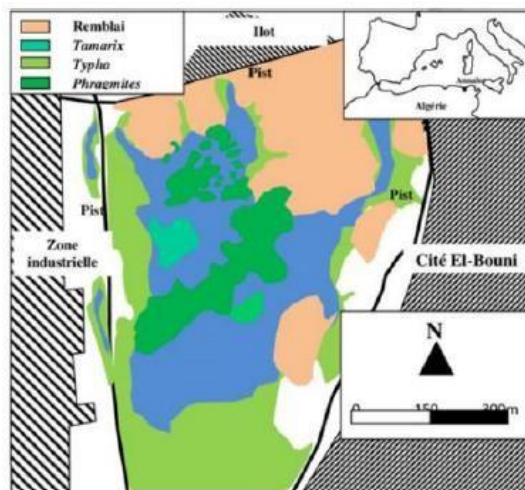


**Figure 88 :** Effectif des Threskirnithidés répertorié dans le marais de Bousedra 2017/2019

### II.3.5.7.1 La Spatule blanche *Platalea leucorodia* :



En Afrique du Nord, cette espèce présente un statut hivernant (Ledant et Van Dijk 1977, Ledant *et al.* 1981, Giraud 1991 ; Seddik, 2011). Elle occupe d'importants milieux humides côtiers et intérieurs. Elle se nourrit à partir de vastes plans d'eau et a besoin d'arbres, d'arbustes et même de roselières pour la construction de ses nids. Dans le marais de Boussedra, on peut lui attribuer le statut de migratrice passagère du fait qu'elle ait été rarement observée. A cet effet, deux (02) individus uniquement ont été répertoriés au mois de Janvier 2018.

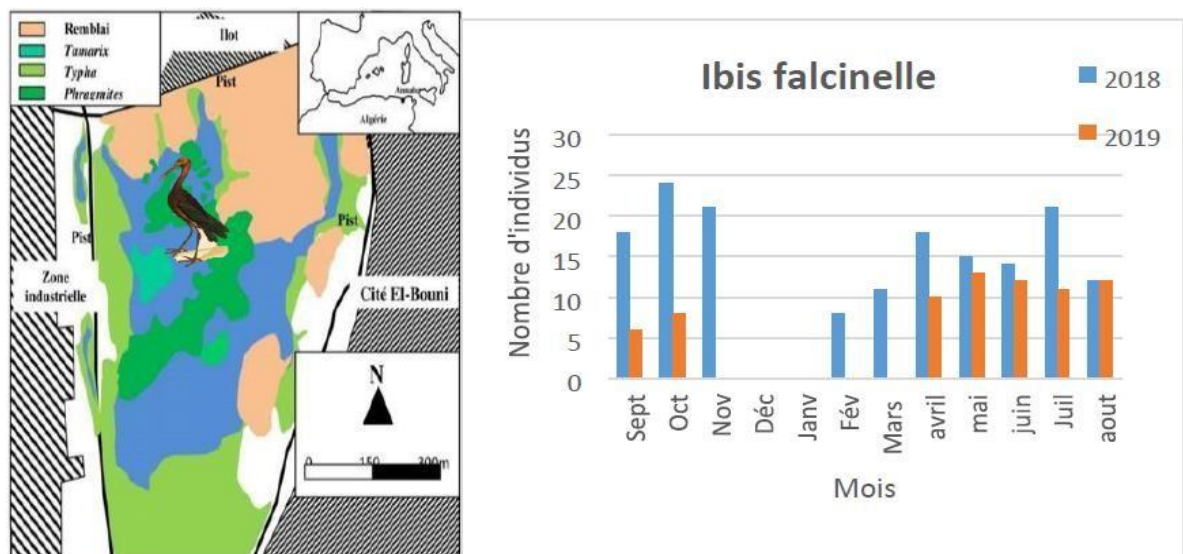


**Figure 89 :** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra (2018 et 2019)

### II.3.5.7.2.L'Ibis Falcinelle *Plegadis falcinellus* :



Selon Cramp et *al.* (1977), cette espèce se répartit à travers des surfaces intermittentes. Elle se trouve partout dans le monde. La plupart de sa population se rencontre en Europe de l'Est dont la moitié en Russie (Delany et Scott, 2002). Selon (Kayser et *al.*, 1996) l'Algérie constitue une nouvelle zone de reproduction pour cette espèce après l'Espagne et la France. Elle nidifie également dans les arbres, les saules arbustifs ou les roselières en compagnie des hérons, des spatules et des cormorans C'est un oiseau fouilleur dans la boue pour se ressourcer à partir des invertébrés. Dans le marais de Boussedra, les variations des effectifs ont été suivies chaque mois, de l'automne 2017 à l'été 2018 et de Septembre 2018 à Août 2019 dans les zones de gagnage. L'espèce est omniprésente sauf en Décembre et Janvier 2017 et 2019. Mensuellement, la taille des groupes varie entre 6 à 24 individus. Les plus grands groupes ont été observés entre Septembre et Novembre 2017 (figure 90) (Tableau 9 et 10).

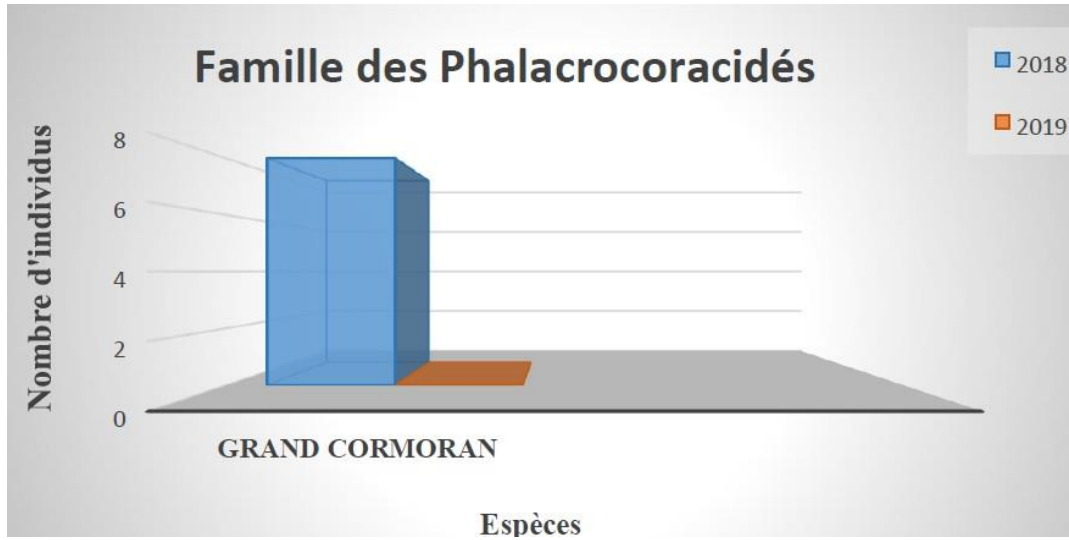


**Figure 90** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra (2018 et 2019)

### II.3.5.8. Famille des Phalacrocoracidés :

Cette famille aime les eaux de mer, de taille moyenne, ce sont des plongeurs jusqu'à des dizaines de mètres pour capturer leurs proies avec leurs becs puissants leur mets favoris sont les poissons.

Ils vivent généralement de long des côtes rocheuses. Ils sont cosmopolites.



**Fig 91** : L'effectif des Phalacrocoracidés répertorié dans le marais 2017/2018

### II.3.5.8.1. Le Grand Cormoran *Phalacrocorax carbo* :



Selon (Mayache, 2008) cette espèce est nommée également Cormoran commun. C'est un oiseau appartenant à l'ordre des Suliformes. C'est le plus connu de tous. On le trouve dans les milieux aquatiques (eaux douces ou salées) pour son alimentation et son repos. Le grand cormoran consomme les invertébrés aquatiques et les poissons (Callaghan et al, 1998). C'est une espèce qui nidifie en colonies sur les côtes ou à l'intérieur des terres et au bord des marais. Comme tous les oiseaux d'eau, le cormoran peut nous renseigner sur l'état de santé de ces écosystèmes qui sont considérés comme indicateurs sensibles de pollution dans l'écosystème. Un nombre de huit (08) individus ont été recensés en Février de l'année 2018 au niveau de la partie profonde du marais de Bousedra.

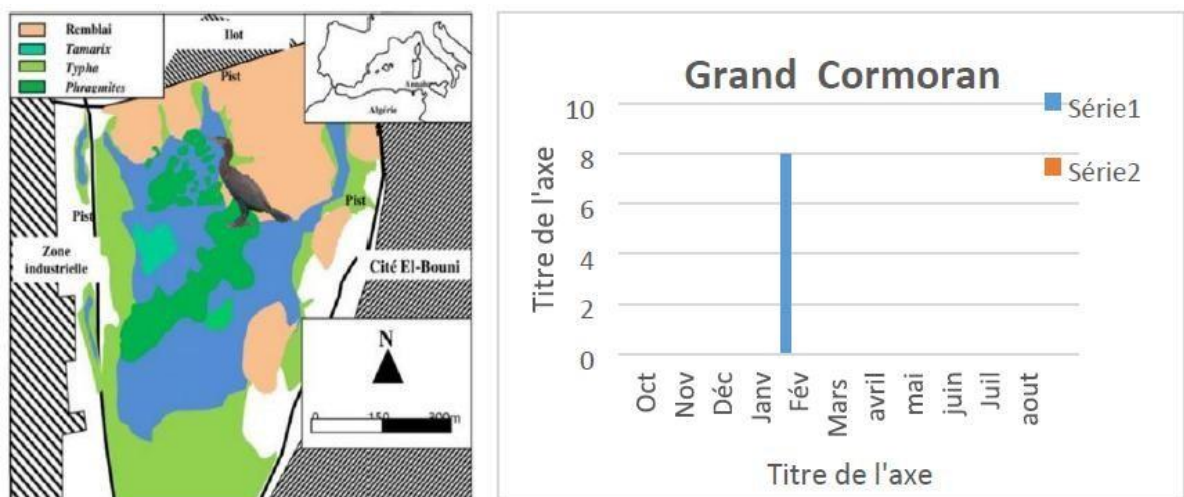
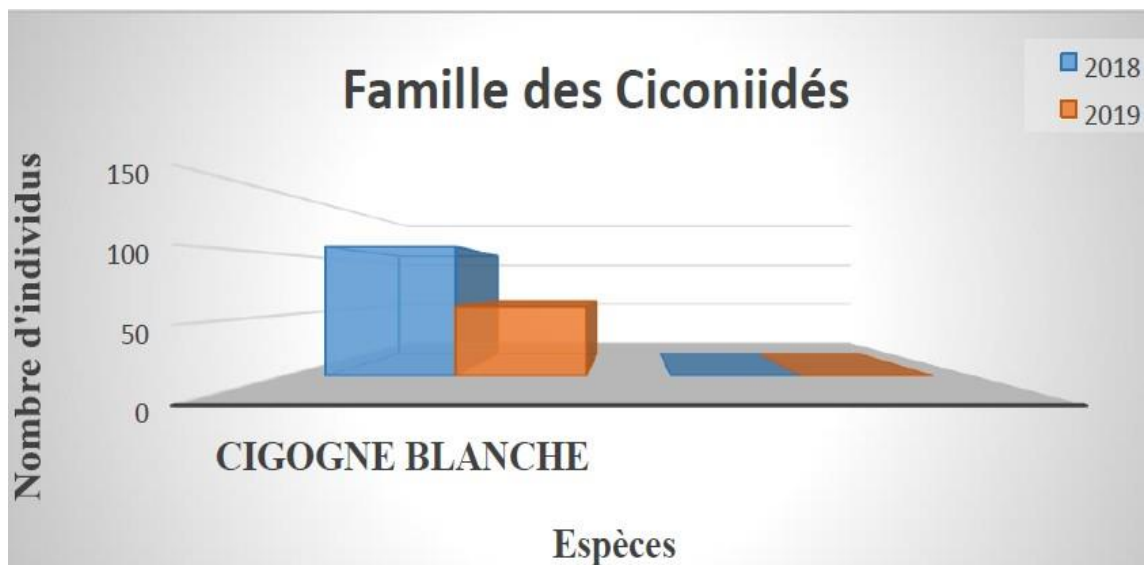


Figure 92 : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bousedra (2018 et 2019)

### II.3.5.9. Famille des Ciconiidés :

Ce sont des oiseaux de grandes tailles, connus par leurs longs cous, des becs longs et très forts ainsi que de longues pattes. On peut les qualifier d'échassiers. Ils volent le cou contracté. Cette famille comprend 06 genres et 20 espèces. On les rencontre sur tous les continents excepté l'Antarctique. Ils peuplent la plupart des endroits humides (marais, prairies humides,..). D'autres aiment les biotopes herbacés steppiques ou de savane et même forestiers. Ce sont des prédateurs, quelquefois spécialisés. Ils nichent dans les arbres et le plus souvent en colonie (Gill, and Donsker2023). Dans le marée de Boussedra, l'unique espèce observée est la cigogne blanche.



**Figure 93** : Effectif des Ciconiidés répertoriées dans le marais de Boussedra 2017/2019

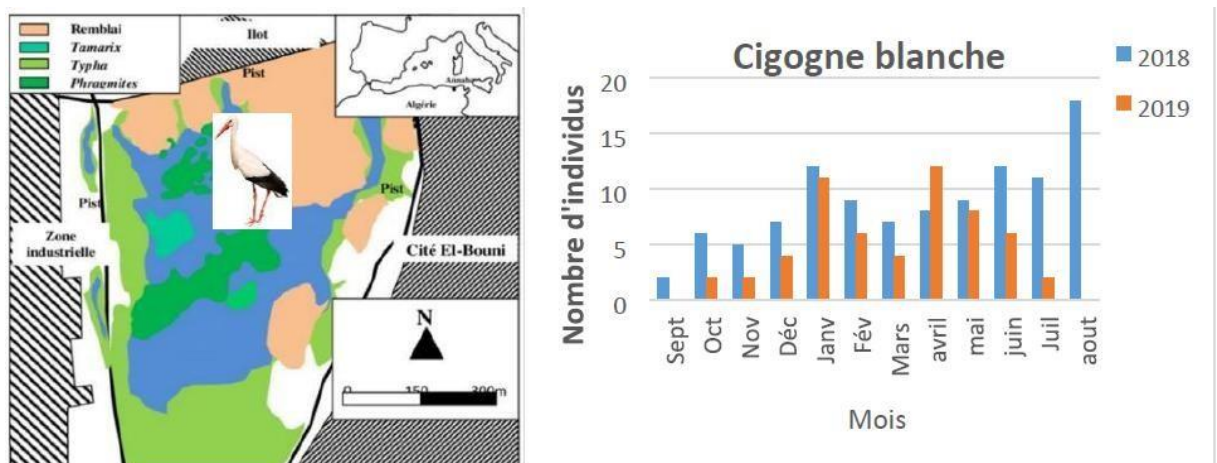
### II.3.5.9.1. La Cigogne Blanche *Ciconia ciconia*



Il s'agit de l'un des meilleurs échassiers d'Algérie. On le reconnaît à son long bec, ses grandes pattes rouges, son col large, sa queue courte et son plumage blanc et noir. Il est caractérisé par ses rémiges et ses grandes couvertures noires. Son allure est

imposante. Sa taille est de 102 cm en moyenne. Le plumage inter-spatial de l'espèce n'est pas très différent de celui du plumage nuptial. Le mâle possède un bec légèrement plus développé, c'est ce qui le différencie de la femelle (Duquet, 1997). La Cigogne blanche est connue pour n'avoir qu'une seule nichée par année. Son régime alimentaire est strictement animal. Certaines populations de cette espèce sont devenues sédentaires, elles ont changé leurs statuts et hivernent même dans nos régions (Samraoui, 1998 ; Samraoui et Houhamdi, 2002). Depuis longtemps, la cigogne s'est accommodée à la vie de l'homme et à ses habitats, elle niche partout, sur toutes les hauteurs. Elle habite également dans les campagnes cultivées et dans les prairies humides.

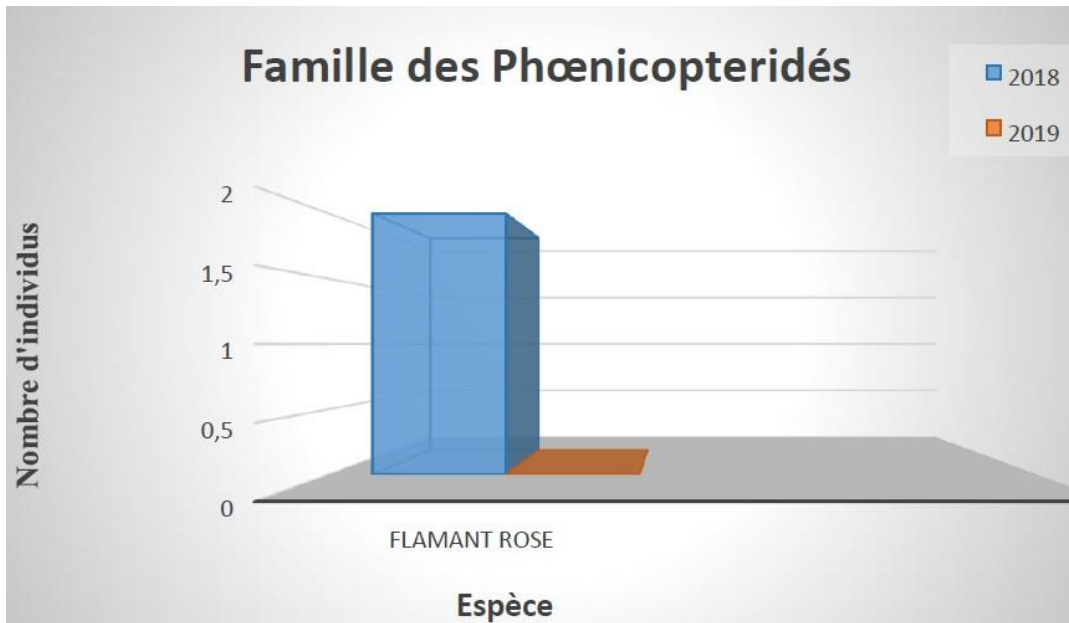
Cette espèce a été rencontrée dans le marais de Boussedra durant les deux années d'étude depuis l'automne 2017 jusqu'en Août de l'année 2018 qui a enregistré le nombre maximal d'individus (18). Le reste de l'année a été caractérisé par quelques spécimens (Figure 94).



**Figure 94** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra (2018-2019)

### II.3.5.10. Famille des Phœnicopteridés (*Phoenicopterus roseus* :

Cette dernière se compose de trois genres et de six espèces. Ces espèces aiment les eaux saumâtres ou alcalines. Ils sont grégaires et nichent en colonie.



**Figure 95 :** Effectif des Phœnicoptéridés répertorié dans le marais de Boussedra (2018 et 2019)

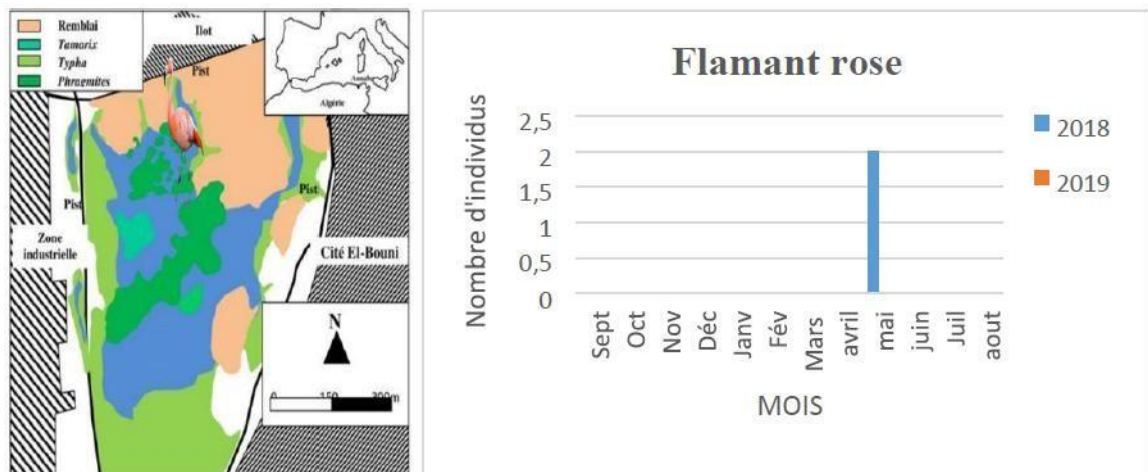
### II.3.5.10.1. Le Flamant Rose *Phoenicopterus roseus*



C'est un échassier avec une longue silhouette élégante qui est facilement discernable. En Afrique du Nord, il est l'unique spécimen de cette famille (Allen, 1956 ; Johnson, 1997, Houhamdi et *al.* 2008a). Ce limicole se trouve dans les marais salés, les lagunes et les plans d'eau non exposés aux marées.

Il

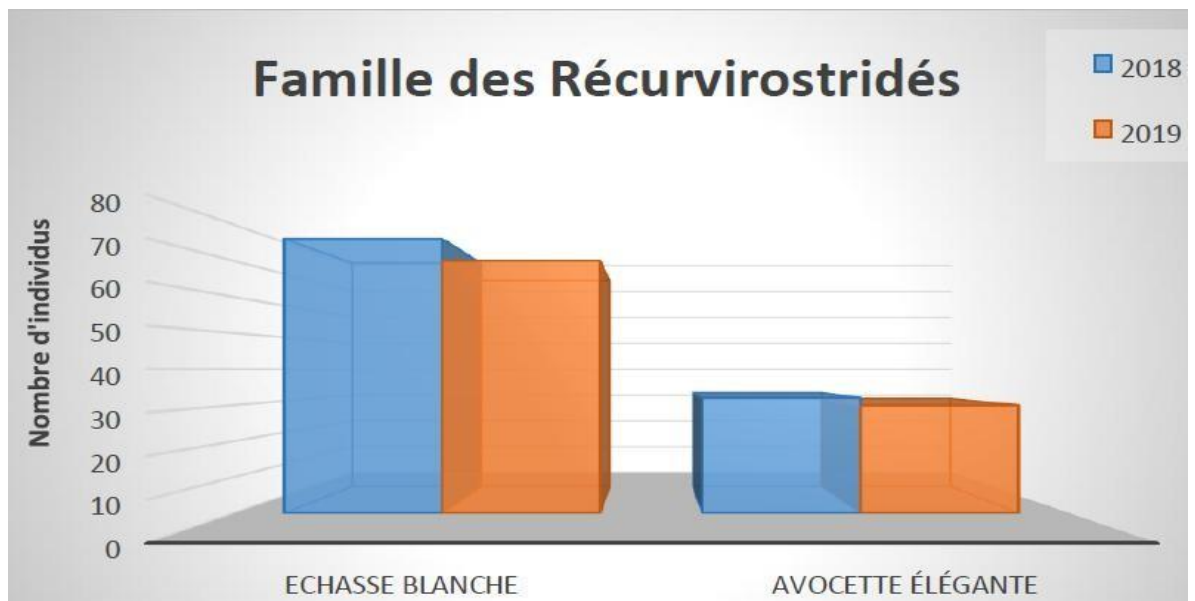
appréhende le dessèchement des milieux humides (Anonyme2022). C'est un grand oiseau de couleur rose, d'une taille supérieure à 100 cm qui a le cou extrêmement long et les jambes très longues. Son bec est remarquablement recourbé vers le bas, lui permettant, par un mouvement latéral continu de la tête, d'absorber l'eau et la boue .Durant la période de notre étude, nous n'avons rencontré cette espèce qu'en mois de Mai avec un effectif infinimentpetit (02 individus). Cette espèce est un migrateur de passage.(Figure 96).



**Figure 96:** Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra (2018 et 2019).

### II.3.5.11. Famille des Récurvirostridés

C'est une famille de petits échassiers, composée des Avocettes et des Echasses. Les deux espèces vivent en Europe, elles se distinguent aisément par la couleur de leurs pattes et la forme de leur bec. Elles s'alimentent et nidifient fréquemment en petites bandes sur des îlots dans les marécages légèrement profonds ; elles construisent souvent leurs nids à l'air libre.



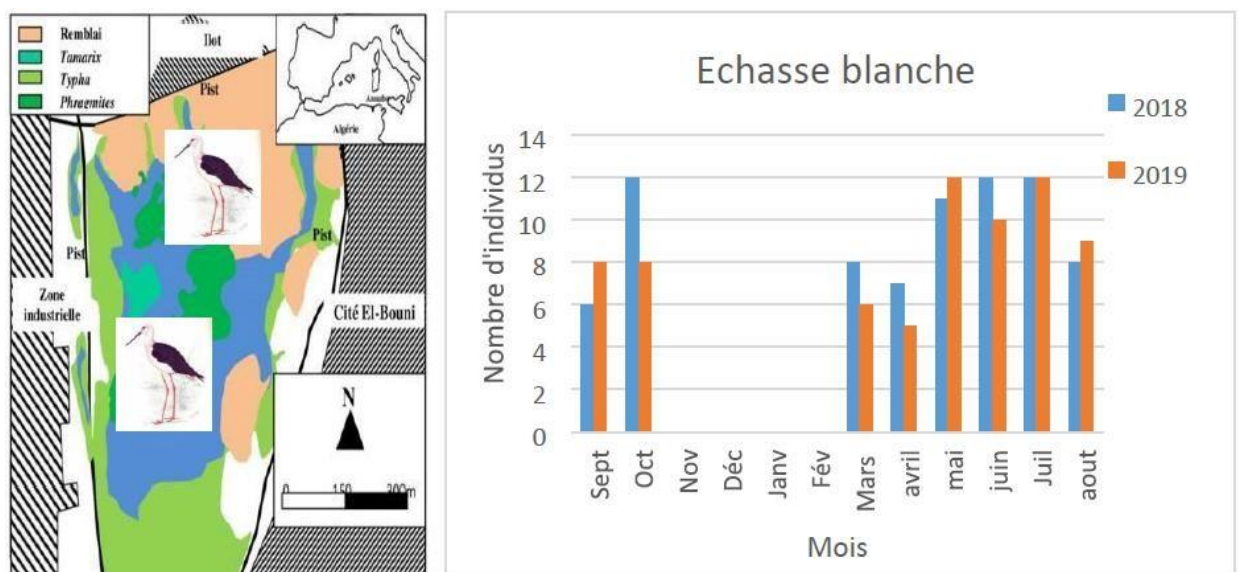
**Figure 97** ; Effectif des Récurvirostridés répertorié dans le marais Boussedra (2018 et 2019).

### II.3.5.11.1. L'Echasse Blanche *Himantopus himantopus* :



Elle niche en Europe, en Eurasie et en Afrique. Son aire de répartition est principalement la Méditerranée (Heinzel et al. 2005). Elle s'alimente des invertébrés (insectes aquatiques, de vers, de têtards ainsi que de crustacés, de mollusques et d'araignées), à partir des eaux peu profondes ou dans les vases

et la végétation. Cette espèce s'adapte parfaitement à la nyctalopie (vision scotopique), lui permettant de subvenir à son besoin nutritif dans les pénombres. L'échasse galope facilement dans l'eau. Elle nidifie en petites colonies (2 à 50 couples). Cette espèce a été observée au niveau du marais en automne des deux années d'étude (2017 à 2019), avec une faible population de 8 à 12 individus. Le nombre extrême a été atteint en Mai, il est de 12 individus. Cette espèce est particulièrement répartie dans la partie Nord du marais (figure 98).



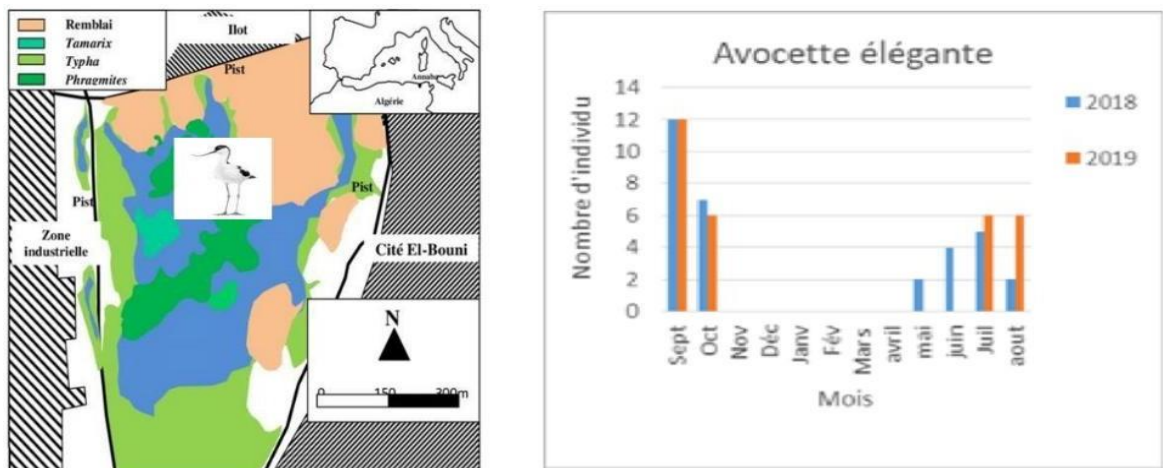
**Figure 98** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra (2018 et 2019)

### II.3.5.11.2. L'Avocette Élégante *Recurvirostra avocetta* :

Selon Johnson(1994), cette espèce hiverne en Algérie. Elle se trouve en petit nombre. Elle a été signalée dans beaucoup de milieux zones humides de l'Est, l'Ouest et le Sud du pays au Sahara. C'est une espèce particulièrement active à l'aube et au crépuscule mais peut aussi s'alimenter au clair de lune. Cette espèce a été



observée dès Septembre avec un nombre n'excédant pas 12 individus. Par la suite, il a été remarqué, une diminution graduelle des effectifs (06 individus), due à des départs et des distributions vers d'autres milieux humides. Elle est signalée surtout dans la partie Nord du marais (figure 99).



**Figure 99** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra ( 2018 et 2019)

### II.3.5.12. Famille des Glaréolidés :

Les glaréoles sont de petits échassiers, reconnaissables à leurs pattes et à leurs becs en général élancés, Ils se rencontrent principalement dans des endroits humides et s'alimentent sur les grandes superficies de limon. Ils se nourrissent principalement en vol, Ils capturent les insectes volants en décrivant des courbes comme une hirondelle géante.



Figure 100 : Effectif des Glaréolidés répertorié dans le marais de Boussedra (2017/2019)

#### II.3.5.12.1. Le Glaréole à Collier *Glareola pratincola* :



C'est un oiseau attrayant. Tel une grosse hirondelle, il s'alimente presque exclusivement des insectes qu'il attrape en vol plané ou en vol irrégulier, voire même sur terre (Gill et Donsker, 2022). Il fréquente les marais et d'autres plans d'eau, mais aussi les terres incultes comme les steppes. Dans le marais de Boussedra, les apparitions du Glaréole sont périodiques plusieurs fois par an, généralement entre le mois de Mars et Aout. Les effectifs sont très réduits ne dépassant pas huit individus, dont sept en d'avril 2019. Elle reste une espèce estivante non nicheuse au niveau du marais de Boussedra. Elle a été signalée vers le côté Nord du site (figure 101).

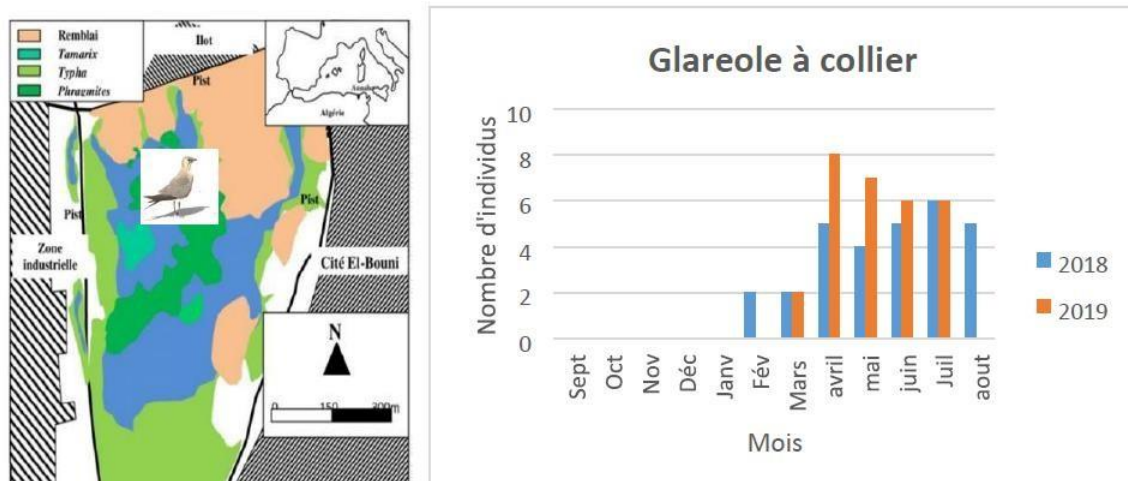


Figure 101. Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussedra (2018 et 2019)

### II.3.5.13. Famille des Laridés

Ce sont des oiseaux aux pattes palmées adaptés pour la vie en milieu aquatique Cette famille se compose de 101 espèces qui sont toutes cosmopolites. Elles fréquentent tous les milieux humides. En quelques années, les goélands leucophée sont progressivement devenus trop nombreux Le professeur Moulai, écologue à l'université d'Alger, estime que la présence du goéland leucophée n'est pas bénéfique dans les villes, la gestion de sa surpopulation sera problématique.

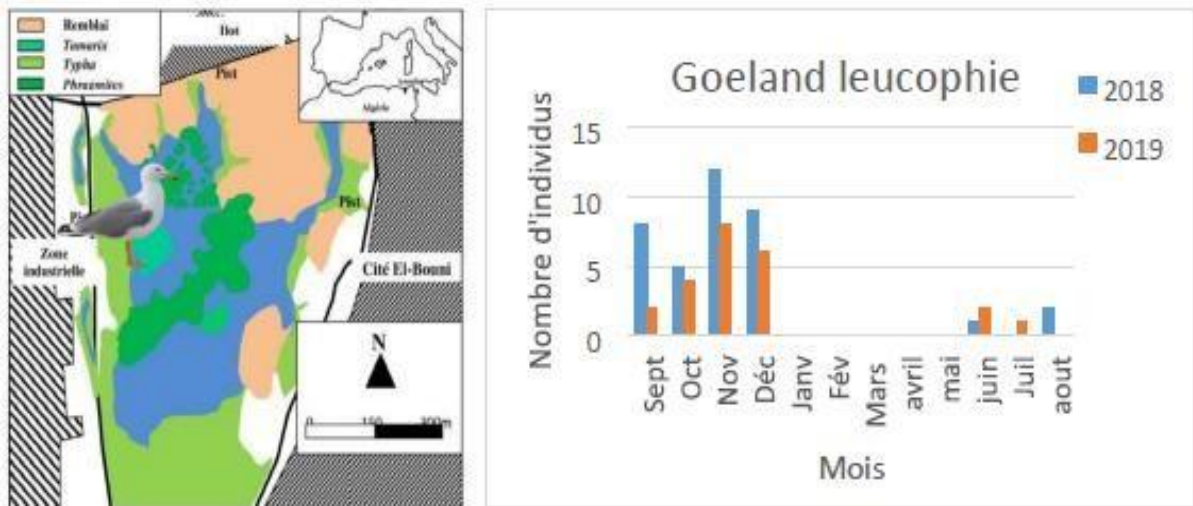


**Figure 102** : Effectif des Laridés répertorié dans le marais de Bousseadra  
2017/2019

#### II.3.5.13.1. Le Goéland leucophée *Larus michahellis*



C'est une volaille de mer de la famille des Laridés et des Charadriiformes. La plupart d'entre eux sont à tête blanche. Selon (Houhamdi, 2002), il hiverne dans les parties humides de la Numidie algérienne. Molai (2005), indique que le Goéland leucophée est un prédateur/nécrophage opportuniste. Son régime alimentaire se compose de poissons, vivants ou morts, d'invertébrés aquatiques (mollusques, crustacés) et terrestres (gros insectes, vers, petits mammifères comme les campagnols, oiseaux). En Algérie, les derniers dénombrements font apparaître un nombre d'individus fortement croissant. Cette espèce a été observée quatre (04) fois durant la première saison dans le site, et ce, dès le début de l'étude jusqu'à Décembre 2017 où 8 à 12 individus ont été signalés. Ce nombre a beaucoup régressé en été pour atteindre 1 à 2 individus. Dans ce marais, cette espèce présente un statut de migrateur de passage (figure 103).

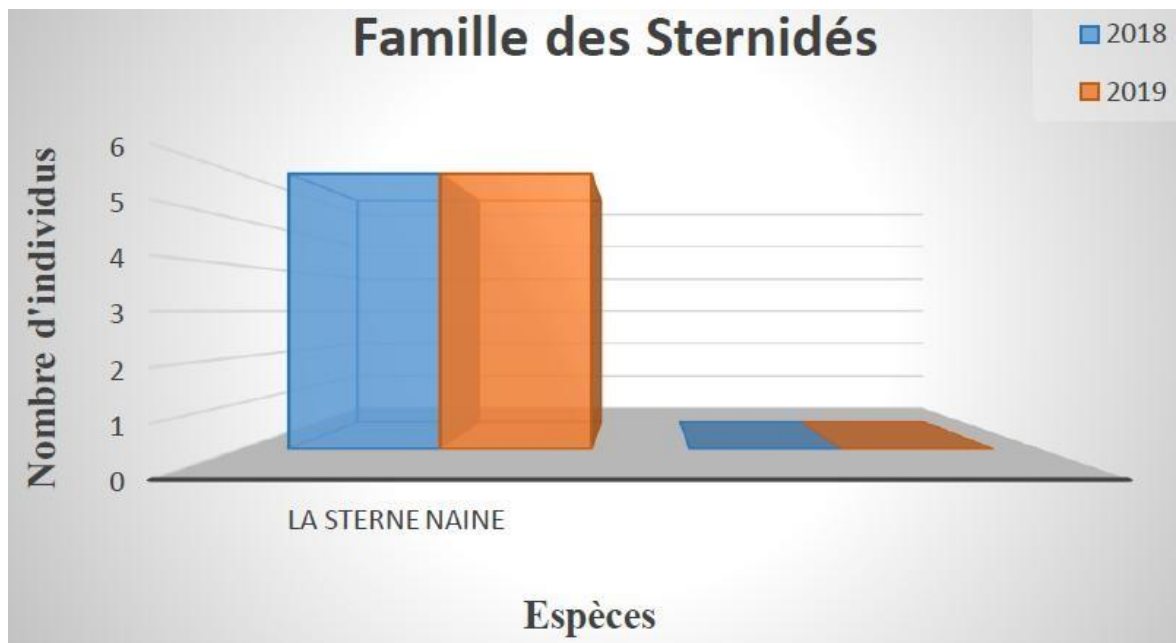


**Figure 103** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Bussedra

(2018 et 2019)

#### II.3.5.14. Famille des Sternidés :

C'est une sous-famille appartenant à la famille des Laridae. Alors que d'autres sternes s'alimentent en mer ou dans les eaux côtières, les sternes naines ne se trouvent que dans les étangs et les mares. Cependant, elles utilisent le même procédé de pêche qui consiste en une plongée subite sur de petits poissons nageant sous la surface, après un court vol de reconnaissance.

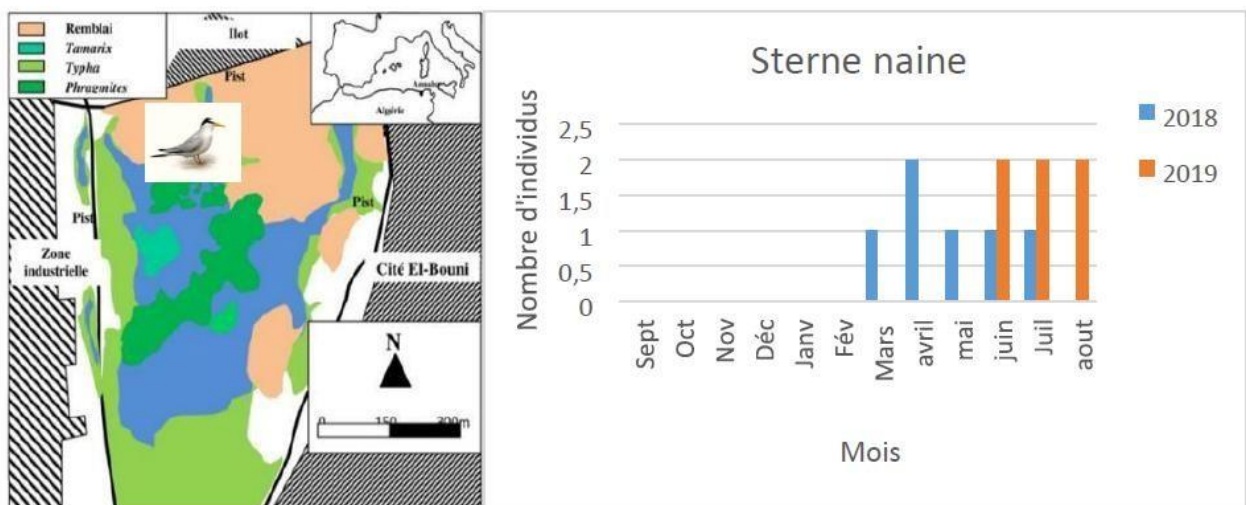


**Figure 104 :** Effectif des sternidés répertorié dans le marais de Bousedra 2017/2019

### II.3.5.14.1. La Sterne naine *Sternula albifrons* :



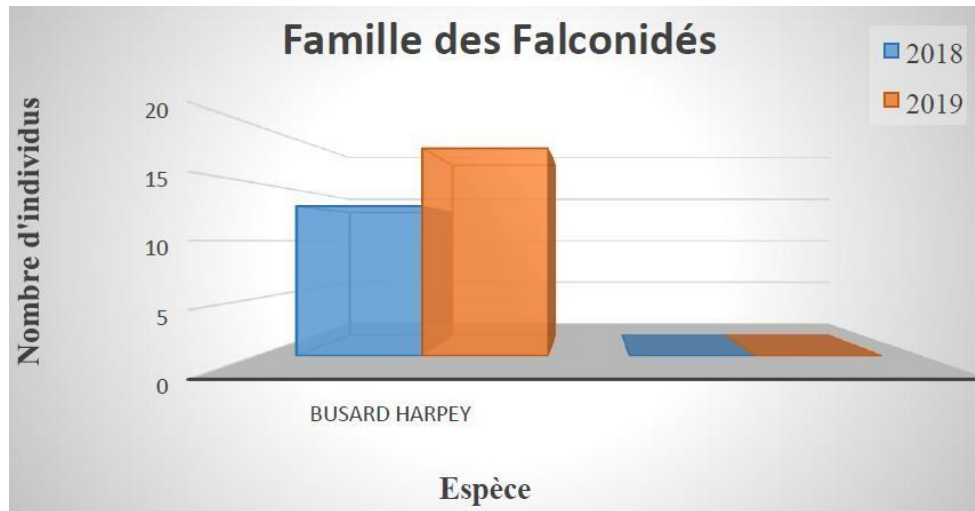
Selon (Jacob et Jacob, 1980). La Sterne naine est peu répandue sur le littoral algérien. Elle est surtout observée pendant la période estivale, c'est une espèce migratrice de passage, selon (Metalaoui et Houhamdi, 2010). La Sterne naine a bien été citée nicheuse dans les plages de Annaba, puisque au niveau du site d'étude on a pu observer qu'un ou deux individus, durant le mois de Juin à Aout et fréquente surtout les berges et les parties de mouvements des eaux au Nord occidental du marais (figure 105 et tableaux 9,10).



**Figure 105** : Occupation Spatiale et Evolution des effectifs dans le marais de Boussehra (2018 et 2019)

### II.3.5.15. Famille des Falconidés :

C'est une famille de prédateurs diurnes, de petite à moyenne taille, dont l'envergure varie entre 55 cm et plus de 125 cm. On y trouve les caracaras et les faucons.



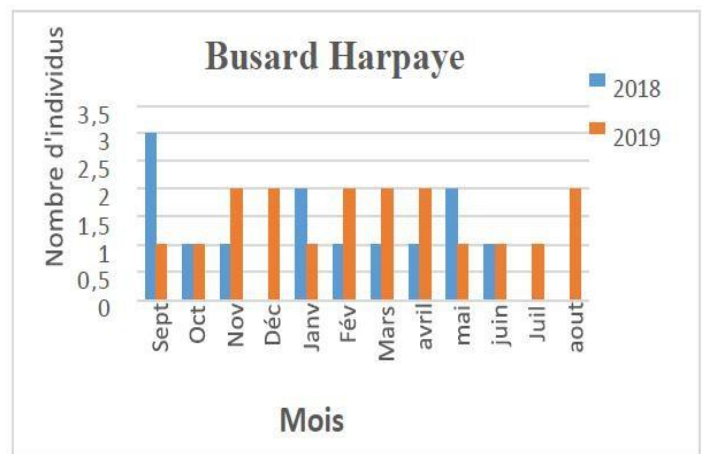
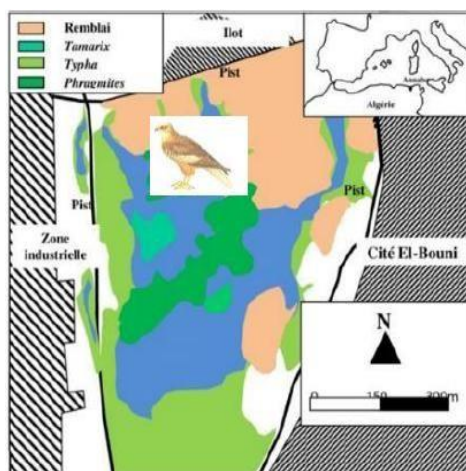
**Figure 106 :** Effectif des Falconidés répertoriés dans le marais de Boussedra (2018 et 2019)

#### Le Busard Harpaye *Circus aeruginosus*



Cet oiseau montre une préférence marquée pour les marécages. Sa manifestation inopinée provoque toujours la peur chez l'avifaune. Il existe beaucoup de publications à ce sujet. Cette espèce réputée d'opportuniste, ne s'alimente que de captures animales saines ou

blessées (Thiollay, 1968). C'est un rapace diurne, qui a été signalé dans le marais de Boussedra en 2018 et 2019. Le nombre de cette espèce ne dépassait pas les trois (03) individus par mois (figure 107).



**Figure 106 :** Occupation spatiale et Evolution des espèces dans le marais 2018 /2019

**Tableau 09** : Inventaire des oiseaux d'eau au sein du marais (2017/2018)

Espèces	MOIS											
	sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mars	avril	mai	juin	Juil	aout
<b>1. Famille des Anatidés</b>												
Fuligule Milouin	28	32	35	32	39	27	19	17	12	7	10	8
Fuligule Nyroca	78	85	92	87	65	71	68	41	25	13	14	16
Sarcelle marbrée	6	5	8	7	6	3	7	8	5	78	8	8
Canard colvert	8	17	14	12	18	10	14	12	11	7	8	8
Canard Chipeau	2	11	17	18	23	25	37	0	0	0	0	0
Canard Siffleur	4	42	39	44	46	38	32	0	0	0	0	0
Canard Pilet	0	2	3	8	0	2	0	0	0	0	0	0
Canard Souchet	54	61	58	68	48	35	0	0	0	0	0	0
Sarcelle d'hiver	0	0	8	12	27	34	4	0	0	0	0	0
Erismature à tête blanche	53	48	42	51	52	43	45	46	48	52	56	48
<b>2. Famille des Ardeidés</b>												
Héron cendré	1	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
Héron grande bœuf	253	314	383	352	425	651	1106	1553	2451	2503	2600	1550
Héron crabier	0	0	0	0	0	0	0	0	24	29	32	35
Héron bihoreau	0	0	0	0	4	11	19	22	52	68	75	82
Grande Aigrette	0	0	0	8	6	0	0	0	0	0	0	0
Aigrette garzette	7	12	14	18	21	23	28	35	37	34	27	21
Blongios nain	0	0	0	0	2	14	16	15	16	19	18	18
<b>3. Famille des Ralidés</b>												
Foulque	148	132	145	151	158	121	114	98	141	172	156	157
Poule sultan	12	12	10	12	11	12	12	9	11	10	12	9
Poule d'eau	22	25	23	24	19	18	25	27	24	23	28	27
<b>4. Famille des Récurvirostridés</b>												
Echasse blanche	6	12	0	0	0	0	8	7	11	12	12	8
Avocette élégante	12	7	0	0	0	0	0	0	2	4	5	2
<b>5. Famille Des Laridés</b>												
Goeland leucophie	8	5	12	9	0	0	0	0	0	1	0	2
<b>6. Famille des Podicipédidés</b>												
Grèbe huppé	19	24	26	25	23	17	14	18	28	34	38	29
Grèbe castagneux	21	22	23	29	26	22	24	25	32	36	33	25
<b>7. Famille Des Phalacrocoracidés</b>												
Grand Cormoran	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
<b>8. Famille Des Ciconiidés</b>												
Cigogne blanche	2	6	5	7	12	9	7	8	9	12	11	18
<b>9. Famille des Threskiornithires</b>												
Ibis falcinelle	18	24	21	0	0	8	11	18	15	14	21	12
Spatule blanche	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<b>10. Famille des Phoenicoptéridés</b>												
Flamant rose	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<b>11. Famille Des Glaréolidés</b>												
Glaréole à collier	0	0	0	0	0	2	2	5	4	5	6	5
<b>12. Famille des Charadriidés</b>												
Grand Gravelot	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petit Gravelot	2	18	12	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gravelot à collier interrompu	2	5	7	8	12	15	14	11	12	7	5	7
Vanneau huppé	4	9	11	12	12	19	6	0	0	0	0	0
<b>13. Famille des Scolopacidés</b>												
Bécasseau cocorli	3	5	6	4	5	7	3	0	0	0	0	0
Bécasseau variable	6	8	7	5	9	12	4	2	0	0	0	0
Bécasseau minute	12	15	18	16	17	21	19	0	0	0	0	0
Bécassine des marais	0	0	0	4	2	0	0	0	1	0	0	0
<b>14. Famille Des Falconidés</b>												
Busard Harpaye	3	1	1	0	2	1	1	1	2	1	0	0
<b>15. Famille Des Sternidés</b>												
Sterne naine	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	0
<b>Nombre d'individus</b>	<b>800</b>	<b>971</b>	<b>1040</b>	<b>1026</b>	<b>1104</b>	<b>1279</b>	<b>1660</b>	<b>1980</b>	<b>2976</b>	<b>3142</b>	<b>3176</b>	<b>2095</b>

**Tableau 10 : Inventaire des oiseaux d'eau au sein du marais (2018/2019)**

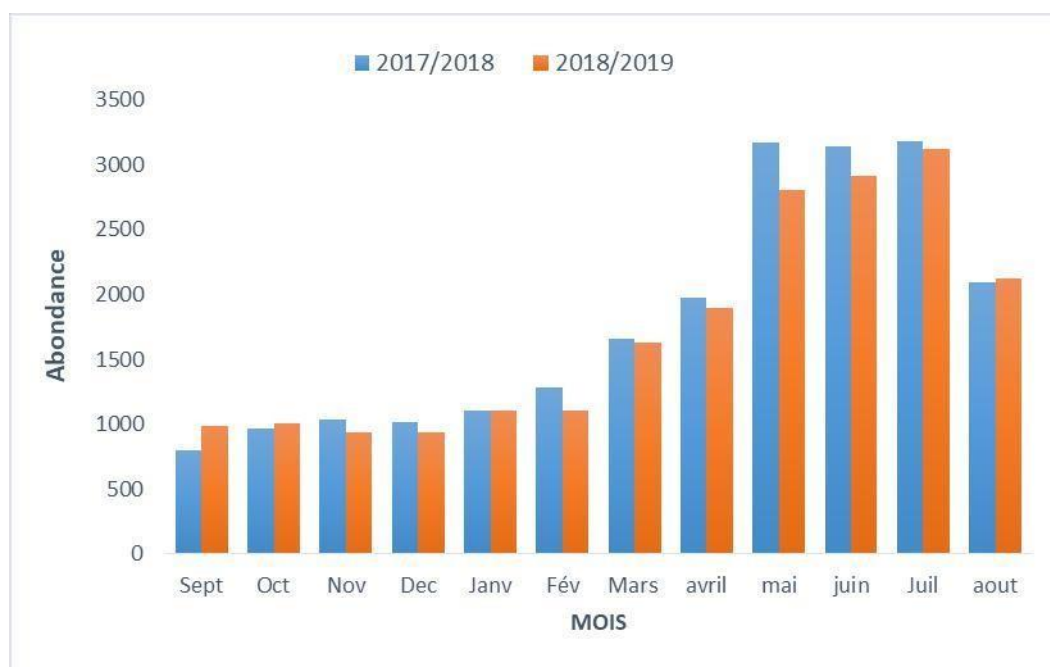
Espèces	MOIS											
	sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mars	avril	mai	juin	Juil	aout
<b>1. Famille des Anatidés</b>												
Fuligule Milouin	11	19	28	31	38	24	28	16	11	12	14	12
Fuligule Nyroca	48	64	98	93	85	72	76	70	52	21	18	14
Sarcelle marbrée	6	6	8	8	6	4	8	8	7	8	8	6
Canard colvert	10	18	12	12	10	10	18	22	8	8	6	8
Canard Chipecau	0	0	12	10	13	18	24	28	31	8	0	0
Canard Siffleur	6	35	34	41	44	28	31	8	0	0	0	0
Canard Pilet	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0
Canard Souchet	2	38	58	41	72	38	32	14	4	0	0	0
Sarcelle d'hiver	0	0	0	5	8	19	27	2	0	0	0	0
Erismature à tête blanche	48	44	38	52	54	41	46	44	51	42	46	47
<b>2. Famille des Ardeidés</b>												
Héron cendré	0	0	0	0	9	6	0	0	0	0	0	0
Héron grande bœuf	528	450	322	306	445	565	1050	1360	2212	2352	2565	1624
Héron crabier	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	20
Héron bihoreau	0	0	0	0	0	18	22	21	44	72	68	41
Grande Aigrette	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigrette garzette	16	11	10	8	22	27	25	31	36	28	21	18
Blongios nain	2	0	0	0	0	2	18	14	14	16	18	8
<b>3. Famille des Ralidés</b>												
Foulque	157	162	158	162	155	118	108	136	184	192	185	182
Poule sultan	10	12	12	12	11	8	6	8	9	10	12	11
Poule d'eau	29	24	31	28	17	15	21	25	24	29	32	28
<b>4. Famille des Recurvirostridés</b>												
Echasse blanche	8	8	0	0	0	0	6	5	12	10	12	9
Avocette élégante	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5
<b>5. Famille Des Laridés</b>												
Goeland leucophie	2	4	8	6	0	0	0	0	0	2	1	0
<b>6. Famille des Podicipedidés</b>												
Grèbe huppé	26	25	24	26	20	18	14	16	23	29	31	34
Grèbe castagneux	19	16	18	32	30	24	21	16	33	34	38	34
<b>7. Famille Des Phalacrocoracidés</b>												
Grand Cormoran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>8. Famille Des Ciconiidés</b>												
Cigogne blanche	0	2	2	4	11	6	4	12	8	6	2	0
<b>9. Famille des Threskiornithires</b>												
Ibis falcinelle	6	8	0	0	0	0	0	10	13	12	11	12
Spatule blanche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>10. Famille des Phoenicoptéridés</b>												
Flamant rose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>11. Famille Des Glaréolidés</b>												
Glaréole à collier	0	0	0	0	0	0	2	8	7	6	6	0
<b>12. Famille des Charadriidés</b>												
Grand Gravelot	4	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Petit Gravelot	0	10	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gravelot à collier interrompu	12	14	12	16	13	12	11	12	8	0	0	0
Vanneau huppé	2	7	8	10	16	14	12	11	11	12	9	8
<b>13. Famille des Scolopacidés</b>												
Bécasseau cocorli	0	2	4	5	6	5	4	2	0	0	0	0
Bécasseau variable	4	5	6	7	5	6	5	0	0	0	0	0
Bécasseau minute	8	12	13	15	10	8	12	0	0	0	0	0
Bécassine des marais	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
<b>14. Famille Des Falconidés</b>												
Busard Harpaye	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2
<b>15. Famille Des Sternidés</b>												
Sterne naine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
<b>Nombre d'individus</b>	<b>992</b>	<b>1009</b>	<b>940</b>	<b>942</b>	<b>1107</b>	<b>1108</b>	<b>1633</b>	<b>1901</b>	<b>2803</b>	<b>2912</b>	<b>3126</b>	<b>2127</b>

## II.4. Evolution des Indices Ecologiques :

La structure d'un peuplement est définie par un certain nombre d'indices, Les deux principaux, et les plus simples sont : la richesse spécifique et l'équitabilité, est relative à la distribution de l'ensemble des individus dans des différentes espèces en intégrant la notion de rareté. Ensuite, nous nous intéressons au nombre d'espèces observées, reflet de la richesse spécifique, et aux nombres d'observations par espèce et à la présence d'espèces rares, reflets de l'équitabilité.

Les effectifs observés fluctuent au fil des saisons dans le marais de Bousédra, grâce aux données journalières, hebdomadaires et mensuelles recueillies, il a été possible d'étudier quantitativement cette variation saisonnière.

### Abondance :

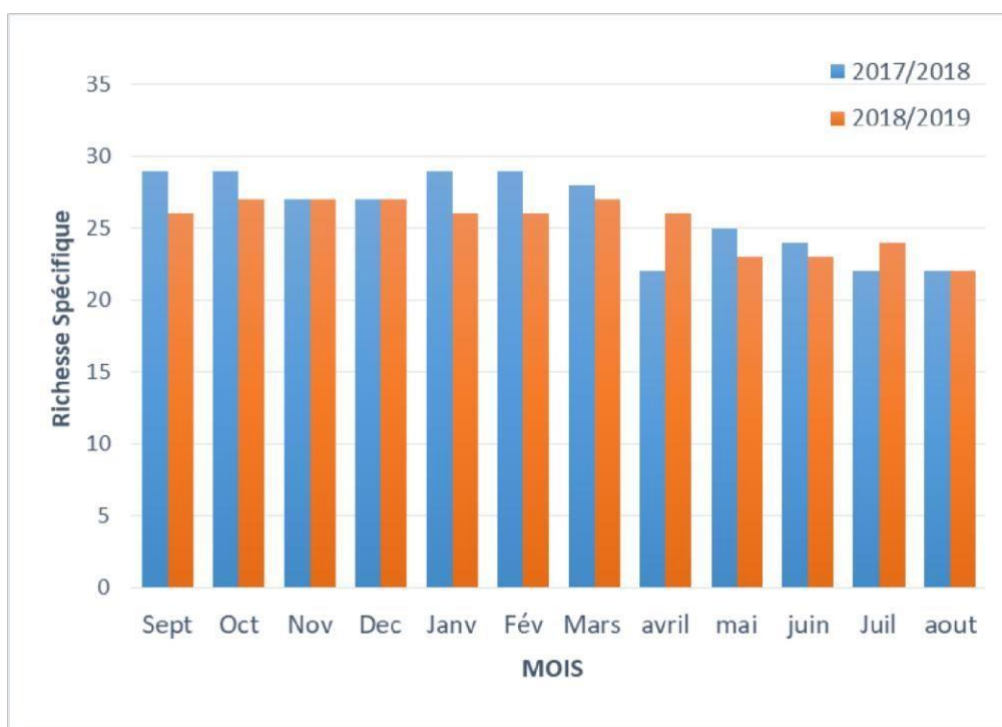


**Fig 108:** Evolution de l'indice Abondance (septembre 2017- août 2019).

La population d'oiseaux aquatiques fréquentant ce plan d'eau durant la saison de notre travail, varie entre 800 et 3176 individus répertoriés entre le mois de septembre 2017 et juillet 2018 et 992 individus sur septembre 2018 avec une augmentation d'effectifs sur le mois de juillet 2019 avec 3.126 individus observés. Le graphique de l'abondance totale des peuplements aviens ayant fréquenté le site pendant la période d'étude (fig 108) indique que ce milieu hydrique est toujours occupé et comblé par des espèces d'oiseaux bien déterminées.

Dès le début de Septembre le Marais de Bousedra a hébergé un effectif allant de 800 à 900 individus environ (Fig.108). Cet effectif est en constante élévation jusqu'à atteindre un maximum observé durant la période de Mars, Mai, Juin et Juillet (plus de 3000 oiseaux). Ils sont constitués principalement de populations hivernantes et de passage d'Anatidés, de Rallidés et d'Ardéidés. Ces effectifs chutent durant les mois de Septembre, Octobre et Décembre, indiquant des migrations partielles vers le sud du pays et des disséminations vers d'autres milieux humides adjacents, généralement plus grandes. De ce fait, le Marais de Bousedra n'a jamais été désert mais au contraire toujours occupé par un peuplement d'oiseaux assez différents. Les dénombrements de ses oiseaux varient considérablement entre 800 et 3126 oiseaux, avec une représentativité et une supériorité qualitative et quantitative des peuplements hivernants et des sédentaires nicheurs.

### Richesse spécifique :



**Figure 109** : Evolution de l'indice Richesse Spécifique (septembre 2017- août 2019).

Le graphe relatif à la richesse des espèces de l'avifaune aquatique (figure 109), indique une allure de courbe plus ou moins stable. Durant la première année des valeurs considérables ont été enregistrées, soit de Septembre à Mai 2018/2019. Cette augmentation a été notée également durant toute la période de la saison hivernale ainsi que pendant toute la saison de nidification pour diminuer dès Août jusqu'à la fin de l'année. Il est à signaler que durant la première période, des familles composées d'oiseaux hivernants et nicheurs ont été observées. Les valeurs de ces effectifs oscillent entre 27 et 29 espèces recensés en même temps. La seconde période a été moins riche et moins diversifiée, nous avons recensé entre 22 et 27 espèces aviennes (fig 109). De façon générale, le marais de Bousedra a accueilli 41 espèces d'oiseaux aquatiques, un maximum de 29 espèces a été relevé durant le début de la saison soit à partir de Septembre à Mars et un minimum de 22 espèces observées durant le reste de l'année entre Avril et Août soit de 2017 à 2019.

### Indice de diversité

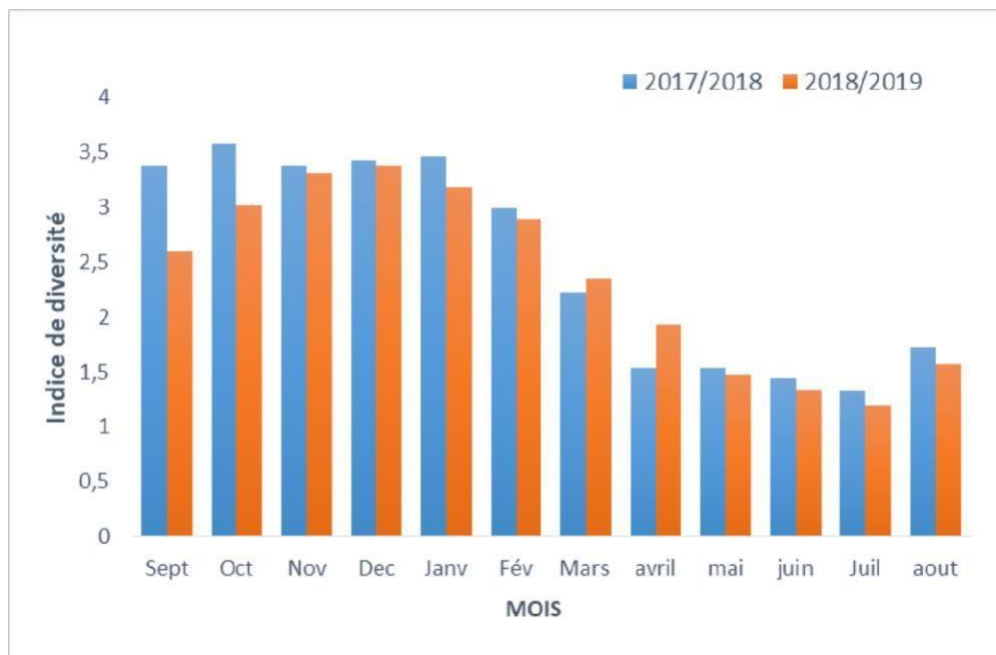


Figure 110: Evolution de l'indice de Diversité (septembre 2017- août 2019).

Ce paramètre a affiché les résultats les plus importants à partir de Septembre à Mars des années 2017 à 2019 successivement (Figure 110). Ces valeurs fluctuent entre 2.88 et 2.99. Cette période est caractérisée par un peuplement avien assez équilibré. Par la suite, ces valeurs diminuent progressivement au-delà du mois de Juillet pour atteindre des minimums fluctuant entre 1.20 et 1.72.

Pendant cette période de nombreux oiseaux hivernants et nicheurs commencent à quitter progressivement le plan d'eau pour rejoindre les lieux habituels de reproduction. Il est à souligner que d'une façon générale, le graphique indique un léger équilibre au cours du premier semestre de l'année, puis une baisse progressive sur les six mois suivants. Ceci peut être justifié par la faiblesse de l'effectif de ces espèces pendant cette période.

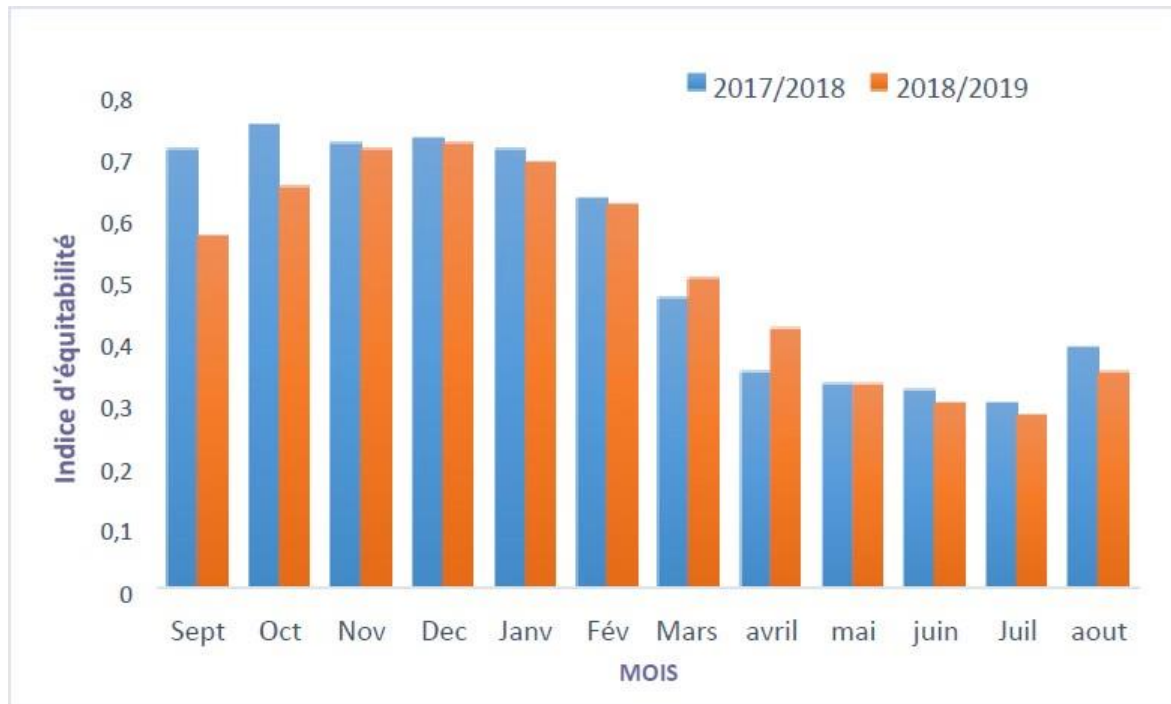


Figure 111: Evolution de l'indice d'équitabilité (septembre 2017- août 2019).

De façon générale, le graphe de l'indice d'équitabilité expose une allure plus ou moins similaire que celle observée pour l'indice de diversité (fig111), soit des valeurs assez hautes dès le mois de Septembre à Mars 2019, qui diminuent progressivement le reste des mois qui suivent. La valeur maximale enregistrée avoisine 0.75 (Octobre 2017), l'indice le plus basse (0.28) a été relevé en Juillet de l'année 2019 ; un pic a été noté en octobre ( $E= 0.75$ ) à l'échelle du marais Boussedra, ce qui indique que cette population est plus équilibrée pendant la saison d'hivernage au cours de laquelle le marais est fréquenté par un nombre important d'espèces ayant des effectifs en général équivalents. Les valeurs minimales de ce dernier sont notées en Juillet entre (2018 et 2019). Ceci est expliqué par le départ des populations estivantes tels que le (Canard plongeur, Canard pilet, Canard souchet, Sarcelle d'hiver....) due à la baisse du niveau d'eau de ce site influencé par les conditions climatiques.

## II.5. Analyse multivariée des données

Le test multivarié des dénombrements menés dans le marais Boussedra; pendant toute la durée de l'étude et exprimée sur le plan factoriel 1x2 de l'AFC (Figures 111 et 112), qui rassemblent les maximums d'inerties (88% pour la première année et 84%, pour la deuxième année nous indique d'une part que l'axe des ordonnées divise les hivernants, les nicheurs, d'autre part il présente des informations structurées, mises en évidence par une succession temporelle de l'occupation de cette masse d'eau par les oiseaux aquatiques. En effet, trois grandes périodes sont à distinguer :

- La première constituée indiquant le début de l'hivernage (généralement de septembre à décembre) où nous remarquons principalement des oiseaux d'eau de passage et de transit, composés principalement des Goélands, des Gravelots, des Bécasseaux, flamants roses ...etc. Ces oiseaux sont souvent notés isolés ou rassemblés sur les bords et dans les points de balancements du marais.
- La seconde rassemble les mois du premier trimestre de l'année. Elle désigne le début de la saison pré-nuptial. Pendant ces mois les couples des espèces nicheuses commencent à se former.
- Nous observons principalement les Anatidés, les Rallidés et les Ardéidés. Ces familles sont composées de nombreuses espèces hivernantes et nicheuses dans le site et dans les zones humides limitrophes et qui utilisent ce plan hydrique durant la majorité de l'année
- Enfin, en dernier lieu nous observons un grand nombre d'oiseaux constitué principalement de Sternes naines, de Hérons, de Glaréoles qui sont observés du début de printemps jusqu'à la fin d'été indiquant la fin de la nidification et de la mue.

- En détaillant le plan factoriel du plan d'eau, la première s'étale de septembre à novembre. Nous observons le regroupement des populations migratrices d'hivers des Scolopacidés (bécassine variable, Bécasseau minute, Bécasseau cocorli) au niveau du marais de Boussedra et des Charadriidés (Vanneau huppé), Pendant le mois d'Octobre, nous observons surtout l'arrivée des canards hivernants tels que le Fuligule Milouin et le Canard Pilet dans le marais.

- La deuxième sous période caractérise la période hivernale où le marais de Boussedra est dominé par la présence des oiseaux tels que le Canard chipeau, canard siffleurs, fuligule Nyroca, sarcelle d'hiver et des limicoles (Bécassine des marais). La saison de reproduction

est subdivisée aussi en deux périodes : la première rassemble la période (Mars, Avril), où nous observons la Foulque macroule, les canards tels que (le Canard pilet, la Sarcelle marbrée..) et les nicheurs tels que le (Héron Garde-bœuf , le Grébe huppé et Castagneux) ainsi que le passage du Flamant rose et de la spatule blanche.

La seconde période s'étend de la mi-printemps jusqu'à la fin d'été (de Mai à Août) au niveau du marais. Elle est dominée par les estivants nicheurs tels le Blangios nain, l'Avocette élégante, l'Echasse blanche, l'ibis falcinelle, le Héron crabier et bihoreau et cigogne blanche ainsi que pour les estivants non nicheurs tels que la Glaréole à collier et la Sterne naine qui sont considérées comme sont des migratrices de passage.



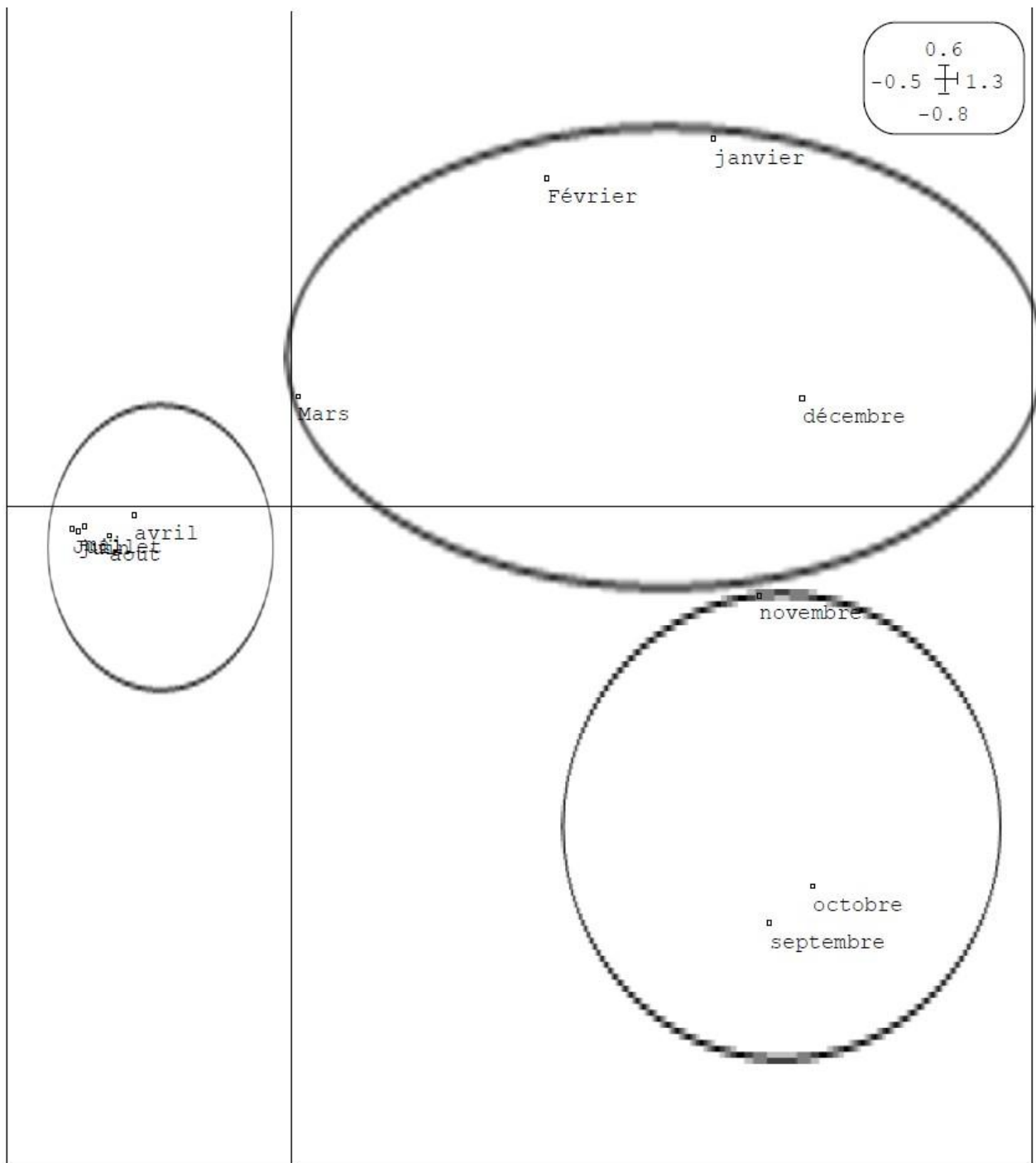


Figure 113 : Plan factoriel 1x2 de l'AFC des dénombrements de l'année 2017-2018



- CONCLUSION GENERALE

## CONCLUSION GENERALE

Les milieux humides comptent parmi les endroits naturels les plus rentables à travers le monde. Elles possèdent une grande diversité biologique. La survie d'un nombre innombrables d'être vivants (plantes et animaux) est liée à l'eau et les produits primaires. En Algérie la situation géographique de la Numidie lui confère une richesse immense en hydrosystèmes en plus de son climat et de son relief. Ces écosystèmes remplissent de vastes fonctions à la fois environnementales, sociales et économiques s'ils ne sont pas déséquilibrés.

Parmi ces hydrosystèmes figurent les zones humides urbaines et périurbaines dont fait partie le marée de Bussedra qui a fait l'objet de notre étude. La source principale d'alimentation en de ce plan d'eau semi-fermé, se limite aux eaux d'égouts de la ville d'El Bouni et de ses environs. En effet, les rejets domestiques, se composent de matières azotés organiques (protéines, urée ...) et minérales, de phosphates, de produits de lessive ménagers et de nombreux germes pathogènes qui détériorent sa qualité et contribuent à l'intensification des accumulations considérables d'éléments minéraux et d'oligoéléments très nutritifs pour la productivité primaire du site favorisant ainsi la croissance d'une végétation exigeante en azote.

Par ailleurs, les refus d'épuration dans le marais sans aucun traitement sont l'origine de sa pollution. Ainsi, cette étude traite en premier lieu l'aspect physico-chimique et microbiologique des eaux superficielles de deux sites de ce plan d'eau et la mise en exergue de l'intervention humaine. En effet, les résultats obtenus, expliquent le choix de ce site subissant une dégradation due aux rejets d'eaux usées, industrielles et de l'agriculture. Les différentes analyses de ces eaux révèlent que les facteurs physiques traités sont fonction des variations de saisons et également des rejets domestiques. Ces facteurs contribuent à l'appréciation de la qualité de l'eau de surface.

Les températures présentent un gradient saisonnier remarquable Le pH est neutre faiblement basique dont la moyenne annuelle se situe entre 7,01 et 7,86. Les variations de ce paramètre pourraient trouver leur explication dans les différents constituants renfermés dans les évacuations des ménages.

Les fluctuations des teneurs en substances dissoutes dépendent directement ou indirectement avec la chaleur de l'eau. L'oxygène dissous montre des variations tantôt bonnes (site 01 en automne) tantôt mauvaises pendant la période estivale. Les résultats obtenus durant cette période d'étude (2017-2018) montrent que l'eau du marais de Bousedra se caractérise par un manque d'aération d'où la conclusion que qualitativement, cette eau se situe entre passable à médiocre.

Pour ce qui est des paramètres de minéralisation, les résultats ont montré des teneurs élevées en sels minéraux (en calcium et en magnésium), d'où la déduction que les eaux sont très dures d'où l'élévation de la CE.

Concernant les teneurs en éléments nutritifs tel que l'azote sous toutes ses formes, les phosphates et le potassium, ces dernières sont considérées comme excessives. Cette augmentation génère des approvisionnements externes en produits agricoles ou d'élevage dans la région. Ces sels minéraux contribuent à l'eutrophisation du biotope considérée très accentuée dans nos deux sites. En général, les valeurs obtenus des différents tests n'ont présenté presque aucune propriété physico-chimique appropriée ou adaptée aux règles nationales et internationales en particulier le magnésium, la conductivité électrique, le chlore, le potassium, les orthophosphates, l'ion ammonium et les nitrites. De ce fait, ils font qu'elles soient très polluées. On peut dire que, l'environnement contribue à la qualité de l'eau, ils sont intimement liés. Les résultats ont démontré également que le marais de Bousedra est un écosystème propice au développement des espèces qui adoptent les milieux riches en matières azotées.

Les analyses bactériologiques confirment la pollution de ce marais, son eau est très altérée par des contaminations d'origine domestiques, industrielles. Ce dernier est infecté aussi bien chimiquement que bactériologiquement. Les différents tests de dénombrement des germes et de contamination, ont affirmé la présence des différents germes rencontrés dans les deux sites. Les résultats ont montré que les streptocoques sont au nombre inférieur à celui des autres groupes.

Par ailleurs, cette dégradation du milieu peut être accentuée par l'augmentation du nombre d'habitants, des activités agricoles anarchiques, des changements climatiques ; des événements de contamination fécale en plus d'une présence remarquable de grandes nuées d'oiseaux d'eaux dans le marais qui ont fait l'objet de notre seconde partie de notre travail. En effet, le marais de Bousedra est caractérisé par une biodiversité avienne assez importante, avec un couvert végétal très riche et habité par une grande diversité d'espèces d'oiseaux d'eaux.

L'analyse de ces espèces a permis de distinguer cette population, par sa composition et par sa structure. Ainsi, l'abondance maximale enregistrée dans la région d'étude est de 3126 individus, structurés en 15 familles et 41 espèces. Les Anatidés sont plus dominants avec 10 espèces parmi les 16 citées en Algérie, révélant l'importance du site à accueillir un peuplement aviaire riche et abondant. Les espèces les plus abondantes durant notre période d'étude de 2017 à 2019 sont le Héron garde bœufs *Bubulcus ibis* ; *Fulica atra*, ; *Anas nyroca* et *Oxyura leucocephala* (Erismature à tête blanche). Les valeurs des indices écologiques sont relevées avec des meilleures observations au cours d'hiver et printemps. Le statut phénologique le mieux représenté est le statut des sédentaires nicheurs et des migrateurs hivernants, suivi par les estivants (d'été) de passage, ceci indique, que la zone humide, est un lieu adéquat pour l'hébergement, l'hivernage, et l'alimentation d'une gamme importante et diversifiée des espèces migratrices.

Le marais de Bousedra a été occupé par les oiseaux d'eau de différentes manières, généralement gouvernés par leur besoin nutritionnel et leur quiétude. Ces derniers ont été observés sur les bords ou au centre du marais. Les Anatidés préfèrent les berges riches en ressources alimentaires ; les lieux les moins profonds naturellement riches en micro et macro-invertébrés sont beaucoup plus peuplés par ce peuplement aviaire. Ainsi, les espèces de cette famille trouvent dans ces lieux une grande diversité de nourriture facilement capturable montrant ainsi, que la quiétude influence la dispersion et l'occupation du marais par ces espèces animales.

Maintes études ont été réalisées dans le but de mieux cerner ces manifestations de migration (endroits visités, genres, espèces, nombres, époques de l'année, périodes et durée du relais). Les espèces nicheuses sont considérées comme très importantes quant au processus du fonctionnement de cet hydrosystème.

La révision des programmes de dénombrement des oiseaux peuplant ces zones, est d'une importance fondamentale puisqu'elle facilite la connaissance de leur phénologie, de leur fréquence et de leur régularité envers ces zones, ceci d'une part ; d'autre part, elle permet la détermination de leur origine afin de mieux comprendre l'intérêt du site étudié à travers les trajets de migration.

En générale les différentes formes d'usages du marais, le surpâturage, les dépôts de gravats et les rejets des eaux usées, constituent les principaux facteurs de dégradation qui perturbent le fonctionnement écologique de ce site en plus des conditions climatiques tel que la sécheresse, les hautes températures, combinées aux aménagements et les différentes constructions comptent parmi les menaces les plus dangereuses qui pèsent sur le fonctionnement de cet écosystème aquatique.

La maîtrise de l'écologie de l'avifaune dans le marais de Bousedra est impérative car l'état actuel du marais de Bousedra manifeste une contamination biologique, chimique et physique très accentuée, qui se répercute directement sur la stabilité de la chaîne trophique et par conséquent sur la vie d'un bon nombre d'oiseaux d'eau

Par ailleurs, la pullulation des voiries, concoure aussi à la contamination des eaux de surface et même celles profondes ; Elle accentue la multiplication de certains oiseaux tel que le goéland. Certains chercheurs rapportent qu'une expansion des nidifications détériore la richesse spécifique.

Nos résultats confirment l'effet des circonstances de ce marais sur la répartition des oiseaux aquatiques. A cet effet, il conviendrait de veiller à une conservation adéquate et l'utilisation rationnelle de cet écosystème afin de protéger au maximum ces espèces contre la pollution et les différentes activités anthropiques qui le pèsent.

# • REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A

- Abba, E., Nassali, H., Benabid M., El Ayadi, R. et El Ibaoui, H., (2008).** Contribution à l'étude physicochimique de l'écosystème lacustre Dayet Aoua au Maroc. *Afrique Science*.04. (2) p. 306 – 317.
- Aberkane, M., Chettibi, F., Bakhouch, B., Draïdi, K., Bouslama, Z. et Houhamdi, M., (2013).** Breeding ecology of the Marbled duck *Marmaronetta angustirostris* at Bousledra march (Annaba, North east of Algeria) *Annals of Biological Research*,4(10):103-107
- Aberkane, M., (2014).** Ecologie de la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* dans les zones humides de l'Est algérien. Thèse de Doctorat, Université d'Annaba.120 p.
- Agrigon., 2000.** Annuaires de la qualité des eaux et des sédiments. Dunod. 206p
- Al Addouli, J., Chahlaoui, A., Berrahou, A., Chafi, A., Ennabili, A. et Karrouch, L., (2009).** Influence des eaux usées, utilisées en irrigation, sur la qualité des eaux de l'oued Bouishak – région de Meknès (centre-sud du Maroc), *Microbiol. Ind. San. Et Environn.*, Vol. 3 (1), 56-75
- Aka, N., Bamba, S.B., Soro, G., Soro, N., (2013).** Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide : Cas du département d'Abengourou (sud-est de la Côte d'Ivoire). *Larhys Journal*, 16, 3152.
- Allali, A., (2004).** Cartographie de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau des zones humides de la Numidie. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister. Université Badji Mokhtar -ANNABA- 114.
- Allouche, L., Dervieux, A., Lespinasse, P et Tamisier, A. (1989).** Sélection de l'habitat diurne par 3 espèces d'oiseaux d'eau herbivores hivernant en Camargue. *Acta Oecol. , Oecol. Appl.*
- Aminot, A et Kerouel. R., (1982).** Dosage automatique de l'urée dans l'eau de mer : une méthode très sensible ? I la dia&5tylmonoxime. *Can. J. Fish. .Aquat. Sci.* 39: 174-183.
- Aminot, A et Chaussepied, M.,(1983).** Dosage de la chlorophylle et des phéopigments par spectrophotométrie (Lorenzen).Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Ed. CNEOXO.* 395p.
- Grobicki, A., Chalmers, C., Jennings, E., Jones, T., Peck, D et Ramsar. P. (2016).** Introduction à la convention sur les zones humides : Manuels RAMSAR 5 Édition, Sous-série I : Manuel 1 Coopération internationale pour les zones humides. . Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse. 120p.
- Anonyme., (2005).** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles"16p.

- Anonyme., (2014).** Qu'est-ce qu'une zone humide ? Ministère de la transition écologique.
- Ardjane-Hamiti, A., Metna, F., Sayaud, MS, Boukhemza, M. et Houhamdi, M.**( 2014). Le retour du Fuligule milouin *Aythya ferina* nicheur dans la réserve
- Ayada, (2003).**, Caractères physico-chimiques et impact des apports terrigènes et anthropiques sur la biomasse phytoplanctonique dans la baie d'Annaba. Mémoire de Magister en science de la mer. Univ. BADJI Mokhtar, Annaba, Algérie,71p.
- Ayed, W et kahoul, M., (2016).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (N.E -Algérie) [Assessment of physico- chemical and bacteriological quality of Well water in the region of El- Harrouch (N.E- Algeria)] J. Mater. Environ. Sci. 7 (4) 1288-1297

## B

- Barnaud, G. (1996).** Fonctions et rôle des zones humides In: L'eau, l'homme et la nature. 24èmes journées de l'hydraulique. Congrès de la Société Hydrotechnique de France. Paris, 18-19-20-24 pp. 307-316
- Barnaud G.(1998),** Conservation des zones humides : concepts et méthodes appliqués à leur caractérisation. Thèse de Doctorat, Université de Rennes I , coll .Patrimoines naturels, vol.34, Service du Patrimoine naturel /IEGB/MNHN/, Paris, 451p.
- Battisti, C. Luiselli, L. Pantano, D. et Teofili, C. (2008).** On threats analysis approach applied to a Mediterranean remnant wetland: is the assessment of humaninduced threats related to different level of expertise of respondents?.Biodiversity and Conservation, 17: 1529– 1542.
- Bediaf, S., Benmetir, S., Bouchecker, A., Lazli, A., (2020)** Diversité de l'avifaune aquatique hivernante du marais de la Mekhada. Etat actuel et valeur patrimoniale d'un site Ramsar (Nord-Est Algérien). Bulletin de la Société Zoologique de France.
- Belabed, A.I. (2009).**Caractérisation des peuplements de tique dans la région de Seraidi et détection des agents pathogène .Mémoire de Magistère Université Badji Mokhtar Annaba.
- Belghiti, M., Chahlaoui, A., Bengoumi, D et El Moustaine, R., (2013).** Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc)," N°14.
- Belhaouari, B., Belguermi, A., Achour, T., (2017).** Protection of Inland Waters in Algeria : What Strategy Should Be Adopted For The Next Ten Years. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2602-7828, (31), pp.7-17.
- Belhadj., (2017).** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. Thèse de Doctorat en sciences Spécialité : Sciences Hydrauliques. Université Mohamed Khider Biskra 172p

- Beltrame, C., Perennou, A., Guelmami, A., (2012)** zones humides du pourtour méditerranéen, notamment au niveau des zones humides littorales, du site de Beni-Belaid en Algérie Revue d'Ecologie, Terre ..., 2018 - hal. Science.
- Bensaci, T., Tanguy, J et Gourdain, A., (2011).** Guide méthodologique pour les inventaires faunistiques des espèces métropolitaines "terrestres" (volet 2). Service du Patrimoine
- Bensaci, T., Saheb, M., Nouidjem, Y., Bouzegag., A et Houhamdi, M., (2013).** Biodiversité de l'avifaune aquatique des zones humides sahariennes : cas de la dépression d'Oued Righ (Algérie). PHYSIO-GEO. Géographie Physique et Environnement. Vol 7. pp. 211-222
- Bibby, C.J., Marsden S., (1998).** In expedition field techniques: Bird surveys. RoyalGeographical Society, London.
- Bibby, C. J., Burgess, N. D. Hill, D.A. Mustoe, S.H. (2000).** Bird Census Techniques. Second Edition. Ecoscope. Birdlife International. RSPB. British Trust for Ornithology. 302 p
- bioMérieux, S.A., ( 2010).** Système d'identification des Enterobacteriaceae et autres bacilles à Gram négatif non fastidieux, api 20E<sup>TM</sup>.REF 20 100 / 20 160
- Bigot, L et Bodot, P. (1973).** Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue Quercus coccifera. 1. - Etude descriptive de l'habitat et de la faune des invertébrés inventoriés. Vie et Milieu, 23 : 15-43.
- Blondel, J. (1975).** L'analyse des peuplements d'oiseaux, analyse d'un diagnostic écologique. I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP). La Terre et la Vie, 29, 533- 289.
- Boudraa, W., (2016).** Contribution à l'étude écologique de l'avifaune aquatique d'une zone humide péri- urbaine : cas du marais de Boussedra (Nord-est de l'Algérie). Thèse de Doctorat. Univ. BADJI Mokhtar, Annaba. 202 p
- Boumezbeur, A., (2004).** ATLAS [IV] des zones humides Algériennes d'importance internationale. République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Direction générale des forêts .107p
- Boussenadji R.,** Etude physico-chimique des eaux de distribution en Algérie laboratoire du-lb de la qualité et de la répression des, fraudes d'Alger. Algerian Scientific Journal Platform.
- Bouzid-Lagha, S., et Djelita, B. (2012).** Etude du phénomène d'eutrophisation dans le Barrage deHammam Boughrara (Wilaya de Tlemcen, Algérie). Hydrological Sciences Journal. 57 (1) :186–201.
- Bressan, Y ., Michelot, J.L et Simon, L., (2006).** Délimitation de l'espace fonctionnel par fonction et par type de zones humides du bassin rhone mediterranee rapport annexe les fonctions des zones humides : synthèse bibliographique. Agence de l'eau. ecosph/350. 132p.

## C

- Carbonnelle, D., Kouyoumdjian, S., (1988)** .Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. 251 p.
- Chahlaoui, A.,(1996)**. Etude Hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse de Doctorat en microbiologie, Université de Meknès, Maroc. 234p.
- Chekchaki, S., (2012)**. Caractérisation morpho- analytique des sols des aulnaies glutineuses du complexe lacustre Parc National d'El Kala. Mémoire de magister. Université. Badji Mokhtar, Annaba. 142 p.
- Cherrah, Y., (2007)**. Travaux pratiques toxicologie analytique II. Laboratoire de Pharmacologie et de Toxicologie. Université Mohammed V Faculté de médecine et de pharmacie. Rabat. 28p.
- Chettibi, F., (2014)** .Ecologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* dans les zones humides de la Numidie algérienne (du Littoral Est de l'Algérie). Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Troisième Cycle. Université Badji Mokhtar, Annaba
- Chevalier, F., Guiraud, M., Garcia, J.P., Dumont, T., (2003)**. Calcul des taux de déplacement à long terme d'une faille normale à partir de l'enregistrement stratigraphique à haute résolution (rifting de la Téthys ancienne, Alpes françaises) *Terra Nova* 15(6) :410-416.
- Cizel, O., (2010)**. -Protection et gestion des espaces humides et aquatiques, Guide juridique d'accompagnement des bassins de Rhône-Méditerranée et de Corse, Agence de l'eau RM & C , Pôle relais lagunes méditerranéennes, *Groupe d'histoire des zones humides* 566p.
- Coates, D., (2010)**. International frameworks and programmes on biodiversity and development relevant to Mediterranean Wetlands .Communication to the 3<sup>rd</sup> Partners Work shop of the Mediterranean Wetlands Observatory, *Tour du Valat*, Arles, France
- Costa, L.T., Farinha, J.C., Hecker, N, (1996)**. Mediterranean Wetland Inventory : A Reference Manual. Med Wet/ EKBY/ICN/ WI. Publication, Volume I. Coulthard N. D., 2001. Algeria. In Fish pool, L. D. C. & Evans, M. I. (eds.) Important Bird Areas in Africa and Associated Islands : Priority Sites for Conservation.
- Cramer, W., Guiot, J., Marini, K., (2020)**. Changement climatique et environnemental dans le bassin méditerranéen Situation actuelle et risques pour le futur Premier rapport d'évaluation sur la Méditerranée (MAR1) par Med ECC (Mediterranean Experts on Climate and environmental Change). Texte comme approuvé à l'occasion de la Session Plénière du 22 septembre 2020. 37 p.

## D

- Dajoz, R., (2000).** Principes fondamentaux de l'écologie. Dunod, Paris 615 p
- Le-Dantec, D., (2022).** World Bird List (v12.2), *Gill, F and D Donsker (Eds).*
- Daroui, A., (2021).** Les Systèmes Écologiques Protégés d'Algérie LES ZONES HUMIDES. [Résumé-SEP-humides] 6p.
- Dawe, L.L et Pentose, W.R.,(1978).** "Bactericidal" property of seawater: death or debilitation, *Appl. Envir. Microbiol.*, 829-833.
- DCE., (2022).** Paramètres physiques et chimiques des eaux : Indicateurs des pollutions Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et des Chiroptères de Franche Comté. Le bon état des eaux des rivières et lacs La Directive 2000/60/CE dite Directive Cadre sur l'Eau (DCE) exige l'atteinte.
- Delany, S., et Scott, D. (2002).** Water bird Population Estimates-Third Edition. Wetlands International Global Séries No. 12, Wageningen
- Dervin, C., (1990).** Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances. ITCF.
- Duguet, J-P., Bernazeau, F., Cleret, D, Gaid, A., Laplanche, A., Moles, J., Montiel, A., Riou, G., Simon, P., (2006)** Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).
- Duquet, M., (1997).** La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en France, 1995. Résultats du 5ème recensement international de l'espèce. *Alauda* 65 (1) : 86.

## E

- EL Hachemi, O., (2012),** Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique(oasis de figuig) : performances épuratoires et aspect phytoplanctonique. Thèse de Doctorat Spécialité : Ecologie végétale. Université Mohammed Premier Faculté des Sciences Oujda. 141p
- El Haisoufi, H., Berrada, S., Merzouki, M., Aabouch, M., Bennani ,L., Benlemlih, M., Idir, M., Zanibou, A., Bennis, Y., El Oualilalami, A., (2011).** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fes, Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 5, N°1, p : 37-68.
- EL Ouali, L. A., Merzouki, M., EL Hillali, O., Maniar, S., Ibensouda, K. S., (2010).** Pollution des eaux de surface de la ville de Fes au Maroc : Typologie, Origine et Conséquences. *Larhyss/Journal* n° 09, pp 22-55

**Everard, M., (2008).** The Selection of taxa as indicators of river and freshwater wetland quality in the UK Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems vol. 18, no 6, 1052-1061p

## F

**Fernandez-Alvarez, R.M., Carballo-Cuervo, S., De La Rosa-Jorge, M.C. et Rodriguez-De Lecea, J., (1991).** The influence of agricultural run-off on bacterial populations in a river, J.Appl. Bacteriol., Vol. 70, 437-442. .

**Fleurant, C.,(2016).** **Zones humides : fonctions, services et enjeux. Conférence : Journées Mondiales des Zones Humides. A : Angers**

## G

**Galarza A., Arizaga J., (2014).** Population dynamics of colony of little Egrets Egretta Garzetta at on estuary in northern spain .Ardeala, 61(2): 285-296p

**Gayet, G., Baptist, F., Baraille, L., Caessteker, P., Clément, J.-C., Gaillard, J., Gaucherand, S., Isselin-Nondedeu, F., Poinot, C., Quétier, F., Touroult, J., Barnaud, G., (2016).** Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Office National de l'Eau e des Milieux Aquatiques. Version 01. 190p.

**Gauthier, M.J. et Pietri, C., (1989).** Devenir des bactéries et virus entériques en mer. Chap. 12, 319-339.

**Gayet, G., Baptist, F., Baraille, L., Caessteker, P., Clément, J. C., Gaillard, J., et Barnaud, G. (2016).** Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. *Fondements théoriques, scientifiques et techniques. Onema, MNHN, 310.* collection Guides et protocoles, 186 p

**Germon, J-C., (2022).** Les nitrates dans l'environnement. Encyclopédie de l'Environnement.

**Gherib, A., Lazli, A., (2016).** Aspects of the breeding ecology of three rallidée species in northeastern Algeria. Bulletin de la Société zoologique de France, 141(4) :155-169p

**Gill, F and Donsker, D., Eds. (2022).** IOC World Bird List (v12.2

**Gill, F and Donsker, D ., (2023).** IOC World Bird List (v13.1) doi10.14344/IOC.ML.13.1. Avibase (ioc v13.1), *the world bird database - Lepage, .* © 1996-2023 Oiseaux.net

**Grobicki, A., Chalmers, C., Jennings, E., Jones,T., Peck,D., Ramsar. P. (2016).** Introduction à la convention sur les zones humides. Manuels RAMSAR 5 Édition, Sous-série I: Manuel 1 Coopération internationale pour les zones humides. . Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse. 120p.

**Gueroui, Y., Maoui, A. et Touati, A, S., (2015).** Hydro chemical and bacteriological investigation in groundwater of the Tamlouka Plain, North-east of Algeria. *Arab J Geosci.* 8. (5) p. 2417–2432.

- Guessoum, H., Benbrahim, F., Halilat, MT., Laouar, F., Bensalama, M., Darem, S., (2014).** Pollution Biologique des Eaux Phréatiques de la Région de Ghardaia (Cas de Sebseb). *Journal of Advanced Research and Science and Technology*, 3: 35-43, DOI: <http://www.jarst.info/>
- Guiot, J., Marini, K., (2020).** Changement climatique et environnemental dans le bassin méditerranéen Situation actuelle et risques pour le futur Premier rapport d'évaluation sur la Méditerranée (MAR1). Résumé à l'intention des décideurs par MedECC (Mediterranean Experts on Climate and environmental Change). 37 p

## H

- Hakmi, A., (2002).** Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer ORAN, Mémoire de magister. Université des sciences et de la technologie Oran.71p.
- Hamaidi, F. et Hamaidi, M.S., (2009).** Recherche des indicateurs bactériens de contamination fécale dans les eaux du barrage de Lakhel (Bouira Algérie), *Microbiol. Ind. San. et Environn.*, Vol. 3, (1), 76-95
- Hamdi, W., Yousfi, M., Touil, Y., Bougrinat, R., Ferhi, N. et Oueled El Hadi, D.,(2012).** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques physico-chimiques et hygiéniques des eaux usées issues de rejets de certaines localités de la cuvette d'Ouargla (Sahara septentrionale Est algérienne) : impact sur le milieu récepteur. *Algerian journal of aride environment*. Vol, 2 n° 1: 56-63
- Hamli, A., (2020)** Valeur ornithologique et caractérisation du biotope des zones humides urbaines et périurbaines de l'Est algérien Thèse de doctorat université Med Chérif Messaadia Souk Ahars.
- Hansen, J., Fung, I., Lacis, A., Rind, D., Lebedeff, S., Ruedy, R., Russell, G. et Stone, P., ( 1988)** Changements climatiques mondiaux tels que prévus par le Goddard Institute for Space Studies en trois dimensions modèles. *J. Geophys. Rés.* , **93**, 93419364, doi: 10.1029/JD093iD08p09341.
- Herendeen, S L., Van Bogelen, R, A ., and Neidhardt, F, C., (1979).** Levels of major proteins of *Escherichia coli* during growth at different temperatures. *J Bacteriol.* 139(1): 185–194.
- Houhamdi, M., (2002).** Ecologie des peuplements aviens du lac des oiseaux : Numidie orientale. Thèse de Doctorat d'état en Ecologie et environnement. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), 146 p.
- Houhamdi, M et Samraoui , B. (2002).** Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie). *Alauda*, 70 (2), 301-310
- Houhamdi, M., Boudraa, W., (2016).** Les Oiseaux D'eau Nicheurs Dans les Zones Humides Urbaines Et Peri-urbaines de l'Algérie : Cas Du Marais De Boussedra (Annaba).216-223p

**Hunter, C., Perkins, J., Tranter, J. et Gunn, J., (1999).** Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire peak district in the U.K., *Water Res.*, Vol. 33 (17), 3577-

## I

**Isenmann P., Gaultier T., El Hili A., Azafzaf H., Dlensi H., Smart M., (2005).** Birds of Tunisia. Paris: Société d'études ornithologique de France (SEOF=. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)* 60-4/ pp.383-384.

## J

**Jacinta, C., Uzoigwe, E., O'Brien, H. and Brown, E.J. (2007).** Using nutrient utilization patterns to determine the source of *Escherichia coli* found in surface water. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 1(1): 007-013.

**Johnson, A., (1994).** Greater Flamingo *Phoenicopterus ruber*. Pp.106-107 in Tucker, G.M. and Heath, M.F. *Birds in Europe: their conservation status.* BirdLife Conservation Series No . 3, BirdLife International, Cambridge

## K

**Kadri, S.E.H., (2015).** Qualité bactériologique des eaux du littoral Nord Est Algérien. Diplôme de Doctorat es sciences en Sciences de la Mer. Université Badji Mokhtar-Annaba. 191p.

**Kanohin Epse Otchoumou<sup>1</sup>, F., Yapo, O, B., Dibi, B et Bonny, A. C., (2017).** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Bingerville. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5): 2495-2509,

**Kherief Nacereddine, S., Djeddi, H., Benayache, N. Y., Afri-Mehennaoui, F. Z., (2018)** Dynamique Des Eléments Nutritifs Et Du Phytoplancton Dans Le Barrage Béni Haroun Dans l'Est Algérien *European Scientific Journal* édition Vol.14, No.12 .19p.L

**Lacaze, J-C., (1996).** Eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestation, conséquences et moyens de lutte. Edition Ellipse. 191p.

**Larson, J. S., (1982).** Wetland value assessment - state of the art. Pages 417-424 in *Wetlands ecology and management*, Gopal et al. (eds). Proceedings of the 1st International Wetlands Conference, New-Delhi, 1980, Nat. Inst. Ecol. & Internat. Scientific Pubi., Unesco, Paris.

**Lazli, A., Benmetir, S., Beddiaf, S., Mazni, S., Messai, Z., Iboud, T., (2018).** L'avifaune aquatique hivernante du lac Oubeira (Nord-Est Algerien) [article researchgate.net](https://www.researchgate.net)

**Loukmane, A., (2019)** Demande Chimique en Oxygène

## M

- Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., Clooster, V. M., (2011)** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de L'Oued Moulouya (Maroc oriental) Larhyss Journal, ISSN 1112- 3680, n° 09, Décembre 2011, pp. 149-169
- Marcon, E., (2014).** Mesures de la biodiversité. Unité mixte de recherche écologie des forêts de Guyane. Agro Paris tech. p 82.
- Metallaoui, S. et Houhamdi, M., (2008).** Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est algérien). African Bird Club Bulletin, 15 (1), 71-76.
- Metallaoui, S. et Merzoug., A. (2009).** Observation hivernale de la Nette rousse *Nettaru fina* près de Skikda (Algérie). *Alauda* 77:66.
- Metallaoui, S. (2010).** Écologie de l'avifaune aquatique de Garaet Hadj- Tahar (Numidie occidentale). Thèse de Doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba Algérie).120p .
- Mokrani, D., (2011).** Contribution à la conservation du flamant rose *Phoenicopterus roseus*; caractérisation des milieux utilisés et évaluation de l'impact anthropique sur le complexe des zones humides des hauts plateaux du Nord-est Algérien. Mémoire de magistère, Batna ; université EL hadj Lakhdar, 105 p,
- Morini-Crini, N., Winterton, P., Trunfio, G., Torri, G., Girardot, N.L. S., Hutinet, X., et Crini, G., (2017).** Eaux industrielles contaminées. Chapitre IV Paramètres chimiques de l'eau et rejets industriels. Presses universitaires de Franche-Comté. Open Edition Books. p. 103- 144

## O

- O'Hara, C.M., Brenner, F.W. et Miller, M., (2000).** Classification and identification, and clinical significance of *Proteus*, *Providencia*, and *Morganella*. *Clinical Microbiology Reviews*; 13: 534-546.

## P

- Pambrun, V., (2005).** Analyse et modélisation de la nitrification partielle et de la précipitation concomitante du phosphore dans un réacteur à alimentation séquentielle. Thèse Doct., Univ. Toulouse ; 287p.
- Paracuellos, M., (2008).** Effects of long-term habitat fragmentation on a wetland bird community. *Revue d'écologie*, 63: 1–12
- Pearce, F., Crivelli, A.J.,(1994).** Characteristics of Mediterranean Wetlands. Med Wet Publication 1. Tour Du Valat. Arles.
- Perennoux, C., (2014).** Les zones humides méditerranéennes. État, évolution et perspectives enjeux et perspectives. Observatoire des Zones Humides Méditerranéennes. Note thématique

## R

- Ramade, F.,(1984).** Éléments d'écologie : Écologie Fondamentale. Éd. Mc.Graw – Hill, Paris, 397p.
- Ramade, F., (2008).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Edition dunod. 726 p.
- Reggam, A., Bouchelaghem., H et Houhamdi, M., (2015).** Qualité physicochimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales). JMES. 6. (5) p. 1417-1425.
- Rizi, H., (2018).** Etude de l'importance méditerranéenne du complexe des zones humides de la région du Nord à travers l'avifaune hivernante et nicheuse : Cas du Lac Tonga. Thèse de Doctorat es sciences en Biologie Animale. Université Badji-Mokhtar-Annaba 133p.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H. et Rodi, L., (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 138
- Rodier J., Legube B. et Marlet N., (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris.1579p
- Roux, M., (2003).** TP de microbiologie : Analyses de l'eau. Novello Célia. IUP SIAL, Université Paris 12 p.

## S

- Samraoui, B., De Belair, G., (1997).** The Guerbes Sanhadja wetlands Part I, Overview, Ecology 28 : 233-250.
- Samraoui, B. et Samraoui, F., (2008).** An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and thre atened species. Wildfowl 58: 71–96.
- Samraoui, B ., Alfarhan, A.H., (2015).** Odonata in streams on Mount Edough, Algeria, and in Kroumiria, Tunisia, Published Online: 1 <https://journals.co.za/doi/abs/10.10520/EJC167512>
- Smruti, S., (2016).** India International Journal of Science Technology & Engineering: A Review of Phytoplankton Ecology in Freshwater Rivers and Lakes of 3: 19-21.
- Seddik, S., Maazi, M. C., Hafid, H., Saheb, M., Mayache, B., Metallaoui, S., Houhamdi, M., (2010).** Statut et écologie des peuplements de Laro-limicoles et d'Echassiers dans le Lac de Références bibliographiques 78 Timerganine (Oum El-Bouaghi, Algérie). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 32 (2) : 111-118p.

## T

- Tanguy, A. et Gourdain, P. (2011).** Guide méthodologique pour les inventaires faunistiques des espèces métropolitaines terrestres (volet 2) – Atlas de la Biodiversité dans les Communes (ABC). MNHN – MEDDTL. 195 p.
- Toumi, A., Reggam, A., Alayat, H., Houhamdi, M., (2016).** Caractérisation physico-chimique des eaux de l'écosystème lacustre: cas du Lac des Oiseaux (Extrême NE- Algérien) Physico-chemical characterization of waters of the lake ecosystem: Case of Lake of Birds (Far NE-Algerian). *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (1) 139-14.

## W

- Welsch, D., David, J., James, L., Minkin, N., Boyer, P., Smith, H.C., McCandless, T.L., (1995).** Forested Wetlands Functions, Benefits and the Use of Best Management Practices. United States. Department of the Interior Fish and Wildlife Service N. 68p. Edeline, 1980 ; Bambara, 1985 .
- Wetlands International., ((2012).** Guide méthodologique pour le suivi des oiseaux d'eau : Protocole de terrain pour le comptage des oiseaux d'eau. Rapport préparé par Wetlands International - 15 p

## Z

- Zadri, A., (2009).** Contribution à l'étude phytosociologique de la végétation aquatique du Lac des oiseaux. Mém. Ing. Agr. E.N.S.A., El-Harrach. Alger. 52 p
- Zahi, F., (2014) -** Contribution à l'étude hydrochimique du sous bassin versant du lac Fetzara (Nord-Est Algérien), approche géochimique et fonctionnement des sols et des eaux. Thèse Doct., Univ. Badji Mokhtar Annaba ; 193p.
- Ziani, D., ( 2017) :** Quantification de la pollution anthropique des eaux souterraines de l'aquifère de Ain Djasser Est Algérien. Doctorat en Sciences. Option : Hydraulique, Université Ben Boulaid-Batna 2.176p.
- Zitouni, A., Rouibi, A., Bara, M., Tahar, A., et Houhamdi, M., ( 2013).** The common coot *Fulica atra* in the Northeast of Algeria (National park of El Kala): study of the breeding biology.

## Webographie

[1]. <https://www.aps.dz/regions/69241-zoneshumides-le-pnek-un-reservoir-exceptionnel-de-la-biodiversite-dans-lamediterranee>. 2018. Zones humides: le PNEK, un réservoir exceptionnel de labiodiversité dans la Méditerranée

[2]. <https://cpepesc.org/category/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieux-aquatiquessources-de-pollutions-et-atteintes/2-qualite-des-eaux-pollutions-etat-des-coursdeau/2-bonne-qualite-ou-pollution-des-eaux/parametres-physiques-et-chimiquesde-leau-indicateurs-des-pollution> /Paramètres physique et chimiques des eaux et commentaires.

[3]. <https://www.1h2o3.com/a-propos/> 1H2O3.2023. Paramètres en station d'épuration

Josmose.fr, <https://www.josmose.fr/> Zoom sur les résidus à secs dans l'eau ;

[4]. <https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/rubrique.html>. La pollution par les matières organiques et la pollution microbiologique.

[5].<http://www.oiseaulibre.net/Oiseaux/Classification/Familles/Recurvirostrides>  
.ml

[6]. <https://wikimonde.com/article/Podicipedidae> 30avril 2023

[6].[https://www.technoscience.net/glossairedefinition/Threskiornithidae.html\(I I\)](https://www.technoscience.net/glossairedefinition/Threskiornithidae.html(I I))

