

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Chérif Messaadia – Souk Ahras

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de biologie

Thèse

Présentée pour obtenir le diplôme de

Doctorat en Sciences

Spécialité : **écotoxicologie et évaluation des risques**

Titre

**Valeur ornithologique et caractérisation du
biotope des zones humides urbaines et
périurbaines de l'Est algérien**

Présentée par

Hamli Alouia

Devant le jury suivant :

Mr. AYARI Adel (MCA)	Président	Université de Souk Ahras
Mr. HOUHAMDI Moussa (Prof.)	Directeur de thèse	Université de Guelma
Mr. MAAZI Mohamed Cherif (Prof.)	Co-Directeur de thèse	Université de Souk Ahras
Mr. OUAKID Mohamed-Laid (Prof.)	Examineur	Université d'Annaba
Mme. SEDDIK Sihem (Prof.)	Examinatrice	Université de Souk-Ahras
Mr. ATOUSSI Sadek (MCA)	Examineur	Université de Guelma

Remerciements

La réalisation de ce travail n'aurait été possible sans l'intervention de certaines personnes. Qu'elles trouvent ici l'expression de mes plus sincères remerciements pour leurs précieux conseils.

*Je tiens tout d'abord à exprimer ma reconnaissance envers Monsieur **Pr. HOUHAMD** Moussa, je l'en remercie vivement et qu'il veuille trouver ici l'expression de mon profond respect pour son énorme soutien et surtout pour sa confiance, ses conseils et sa bienveillance.*

*Je tiens à remercier mon Co-Directeur de thèse Monsieur **Pr. MAAZI Mohamed Cherif**, professeur de l'Université de Souk Ahras pour son encouragement et son soutien.*

J'exprime également mes remerciements Aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail :

*Monsieur **AYARI Adel**, maître de conférences « A » à l'Université de Souk-Ahras qui a bien voulu présider le jury, et Monsieur **OUAKID Mohamed-Laïd**, Professeur à l'Université d'Annaba et Madame **SEDDIK Sihem**, Professeur à l'Université de Souk-Ahras et Monsieur **ATOUSI Sadek**, maître de conférences « A » à l'Université de Guelma.*

*J'exprime mes remerciements à responsable de Laboratoire de Biologie, Eau et Environnement **Liela ABAS** et tout le corps enseignants et doctorants du laboratoire Biologie, Eau et Environnement de l'Université 8 mai 1945 de Guelma.*

*Je remercie Mr **SAHÈB Menouar**, professeur à l'université
Laarbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi, pour ses conseils avisés.*

*Je tiens également à remercier Mm **Aïda** et le personnel de
département de Biologie de l'université de Souk Ahras.*

*Je remercie l'équipe de laboratoire de l'EPSP d'Oum El Bouaghi
et surtout Mm **Boufama** pour son soutien et ses conseils.*

*Un merci particulier à **mes parents** pour m'avoir encouragé à
suivre ma voie depuis bien des années.*

*Merci à ma fille **Rokía**.*

*Je tiens à remercier **mes sœurs** et **mes frères** pour leur soutien et
leur confiance.....*

*Je remercie sincèrement toute ma famille et mes amis pour
m'avoir profondément soutenue tout au long de ces années.*

*Je remercie enfin tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre,
ont contribué à la réussite de ce travail*

.

Alouia Hamli



Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1

CHAPITRE I : DESCRIPTION DE L'AIRE D'ETUDE

Introduction	6
I. Marais de Boussedra	8
I.1. Aspect socio-économique	10
I. 2. Régime hydrique	10
I.3. Etude climatique	10
I.3.1. Caractéristiques de station de référence	11
I.3.2. L'humidité	11
I.3.3. Le vent	11
I.3.4. Température	12
I.3.5. Précipitation	13
I.3.5. 1. Précipitation moyenne mensuelle	13
I.3.5. 2. Répartition annuelle des précipitations	14
I.3.5. 3. Pluviométrie moyenne saisonnière	15
I.3.6. Relation température et précipitation	15
I.3.6. 1. La courbe pluvio-thermique	15
I.3.6. 2. Type de climat (indice d'aridité)	16
I.3.6. 3. Quotient pluviométrique d'Emberger	16
II. Mare de Tamlouka	18
II.1. Situation géographique	18
II.2. Aspect socio-économique	20
II.3. Régime hydrique	20
II.4. Etude climatique	22
II.4.1. Caractéristiques de station de référence	23
II.4.2. L'humidité	23
II.4.3. Le vent	24
II.4.4. Température	24

II.4.5. Précipitation	26
II.4.5. 1. Précipitation moyenne mensuelle	26
II.4.5. 2. Répartition annuelle des précipitations	26
II.4.5. 3. Répartition saisonnière des précipitations	27
II.4.6. Relation température et précipitation	28
II.4.6. 1. Type de climat (indice d'aridité)	28
II.4.6. 2. Diagramme Pluvio-thermique	28
II.4.6.3. Quotient pluviométrique d'Emberger	28
Conclusion	29

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

. Etude physico-chimique	30
I. 1. Echantillonnage et prélèvement de l'eau	30
I.2. Méthodes d'analyse	31
I.2.1. Caractères organoleptiques	31
I.2.1.1. Couleur apparente	31
I.2.1.2. L'odeur	31
I.2.1.3. Turbidité	32
I.2.2. Paramètres physico-chimiques	32
I.2.2.1. Température (T)	32
I.2.2.2. Conductivité électrique (CE)	32
I.2.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH)	33
I.2.2.4. Oxygène dissous (OD)	33
I.2.2.5. Matières en suspension (MES)	34
I.2.2.6. Résidu sec	34
I.2.3. Paramètres de minéralisation globale	34
I.2.3.1. Dureté de l'eau (TH)	34
I.2.3.2. Calcium (Ca^{2+})	35
I.2.3.3. Magnésium (Mg^{2+})	36
I.2.3.4. Chlorures (Cl^-)	36
I.2.3.5. Potassium (K^+)	37
I.2.3.6. Sulfate (SO_4^-)	37
I.2.4. Eléments de la pollution	38

I.2.4.1. Ortho phosphates	38
I.2.4.2. Nitrates (NO_3^-)	39
I.2.4.3. Nitrites (NO_2^-)	40
I.2.4.4. Ion ammonium (NH_4^+)	40
I.2.4.5. Détermination des matières organiques	41
II. Etude bactériologique	42
II.1. Prélèvement de l'eau	42
II.1.1. Techniques de prélèvement	42
II. 1.1. Précaution concernant l'échantillon	42
II.2. Examen bactériologique	42
II.2.1. Coliformes	42
II. 2.2. Coliformes fécaux	43
II.2.3. Streptocoques fécaux	43
II.2.4. Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	43
II.2.5. Bactéries spécifiques	44
II.3. Méthodes d'analyse bactériologique	44
II.3.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables	44
II.3.2. Recherche et dénombrement des germes témoins de contamination fécale	45
II.3.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes	45
II.3.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques: méthode générale par ensemencement en milieu liquide	47
II.3.3. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	47
II.3.4. Recherche des germes pathogènes	48
II.3.4.1. Méthode d'ensemencement sur gélose	48
II.3.4.2. Isolement et purification des souches	48
II.3.4.3. Identification biochimique	49
II.3.4.3.1. Galerie API 20E	49
II.3.4.3.2. Galerie classique	50
III. Avifaune aquatique	59
III.1. Techniques de dénombrement des oiseaux d'eau	60
III.1.1. Méthode absolue	60
III.1.2. Méthode relative (Technique d'estimation)	60
III.2. Paramètres écologiques	62

III.2.1. Abondance	62
III.2.2. Richesse spécifique « S »	62
III.2.3. Indice de diversité	62
III.2.3.1. Indice de Shannon et Weaver « H' »	62
III.2.3.2. Indice d'équitabilité « E »	63
III.3. Matériel utilisé	63
III.4. Choix de points d'observation	64

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Partie I : Caractérisation du biotope

I. Caractérisation du biotope	65
I.1. Analyses Physico-chimiques	65
I.1.1. Paramètres organoleptiques	65
I.1.1.1. Turbidité	65
I.1.2. Paramètres Physico-chimiques	66
I.1.2.1. Potentiel d'hydrogène pH	66
I.1.2.2. Température	67
I.1.2.3. Conductivité électrique (CE)	67
I.1.2.4. Oxygène dissous (O ₂)	68
I.1.2.5. Résidu sec (RS)	69
I.1.2.6. Matières en suspension (MES)	69
I.1.3. Paramètres minéralisations globales	70
I.1.3.1. Titre hydrotimétrique	70
I.1.3.2. Calcium (Ca ²⁺)	71
I.1.3.3. Magnésium (Mg ²⁺)	71
I.1.3.4. Chlorures (Cl ⁻)	72
I.1.3.5. Sulfates (SO ₄ ²⁻)	73
I.1.3.6. Potassium (K ⁺)	74
I.1.4. Paramètres de pollution	74
I.1.4.1. Ions d'ammonium	74
I.1.4.2. Nitrites (NO ₂ ⁻)	75
I.1.4.3. Nitrates (NO ₃ ⁻)	76

I.1.4.4 Orthophosphates (PO_4^{3-})	77
I.1.4.5. Matière organique (MO)	77
I.1.5. Analyse statistique	78
I.1.5.1. Matrice de corrélation	78
I.1.5.2. Analyse en composantes principales des paramètres physicochimiques	79
I.2. Analyses bactériologiques	80
I.2.1. Résultats des dénombrements des microorganismes de l'eau	80
I.2.1.1. Germes totaux	80
I.2.1.2. Coliformes totaux	80
I.2.1.3. Coliformes fécaux	81
I.2.1.4. Streptocoques fécaux	82
I.2.1.5. Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	83
I.2.2. Identification des souches bactériennes	83
I.2.2.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram	83
I.2.2.2. Résultats d'identification biochimique	84

Partie II: Evolution et phénologie de la structure avienne

II. Evolution de la structure avienne et modalités d'occupation temporelle du site	85
II.1. Famille des Podicipedidés	85
II.1.1. Grèbe à cou noir <i>Podiceps nigricollis</i>	85
II.1.2. Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i>	86
II.1.3. Grèbe castagneux <i>Tachybaptus ruficollis</i>	87
II.2. Famille des Phalacrocoracidés	87
II.2.1. Grand cormoran <i>Phalacrocorax carbo</i>	88
II.3. Famille des Ardéidés	89
II.3.1. Héron crabier (Crabier chevelu) <i>Ardeola ralloides</i>	89
II.3.2. Héron bihoreau <i>Nycticorax nycticorax</i>	89
II.3.3. Héron garde-bœuf <i>Bubulicus ibis</i>	90
II.3.4. Grande aigrette <i>Egretta alba</i>	91
II.3.5. Aigrette garzette <i>Egretta garzetta</i>	92
II.3.6. Héron cendré <i>Ardea cinerea</i>	93
II.3.7. Blongios nain <i>Isobrychus minutus</i>	94
II.4. Famille des Ciconiidae	94

II.4.1. Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i>	94
II.5. famille des Threskiornithidés	95
I.5.1. Ibis falcinelle <i>Plegadis falcinellus</i>	95
II.5.2. Spatule blanche <i>Platalea leucorodia</i>	96
II.6. Famille des Phoenicoptéridés	97
II.6.1. Flamant rose <i>Phoenicopterus roseus</i>	97
II.7. Famille des Anatidés	98
II.7.1. Canard colvert <i>Anas platyrhynchos</i>	98
II.7.2. Canard chipeau <i>Anas strepera</i>	98
II.7.3. Canard siffleur <i>Anas Penelope</i>	99
II.7.4. Canard pilet <i>Anas acuta</i>	100
II.7.5. Canard souchet <i>Anas clypeata</i>	101
II.7.6. Sarcelle d'hiver <i>Anas crecca crecca</i>	102
II.7.7. Sarcelle marbrée <i>Marmaronetta angustirostris</i>	103
II.7.8. Sarcelle d'été <i>Anas querquedula</i>	104
II.7.9. Fuligule milouin <i>Aythya ferina</i>	104
II.7.10. Fuligule nyroca <i>Aythya nyroca</i>	105
II.7.11. Erismature à tête blanche <i>Oxyura leucocephala</i>	106
II.8. Famille des Accipitridés	107
II.8.1. Busard des roseaux <i>Circus aeruginosus</i>	107
II.9. Famille des Rallidés	108
II.9.1. Poule d'eau <i>Rallus aquaticus</i>	108
II.9.2. Talève sultane <i>Porphyrio porphyrio</i>	109
II.9.3. Foulque macroule <i>Fulica atra</i>	110
II.10. Famille des Récurvirostridés	110
II.10.1. Echasse blanche <i>Himantopus himantopus</i>	110
II.10.2. Avocette élégante <i>Recurvirostra avocetta</i>	111
II.11. Famille des Glaréolidés	112
II.11.1. Glaréole à collier <i>Glareola pratincola</i>	112
II.12. Famille des Charadriidés	113
II.12.1. Grand gravelot <i>Charadrius hiaticula</i>	113
II.12.2. Petit gravelot <i>Charadrius dubius</i>	114
II.12.3. Gravelot à collier interrompu <i>Charadrius alexandrinus</i>	114

II.12.4. Vanneau huppé <i>Vanellus vanellus</i>	115
II.13. Famille des Scolopacidés	116
II. 13.1. Bécasseau cocorli <i>Calidris ferruginea</i>	116
II.13.2. Bécasseau variable <i>Calidris alpina</i>	117
II.13.3. Bécasseau minute <i>Calidris minuta</i>	117
II.13.4. Bécassine des marais <i>Gallinago gallinago</i>	118
II.13.5. Barge à queue noire <i>Limosa limosa</i>	118
II.13. 6. Chevalier combattant <i>Philomachus Pugnax</i>	120
II.13.7. Chevalier arlequin <i>Tringa erythropus</i>	120
II.13.8. Chevalier guignette <i>Actitis hypoleucos</i>	121
II.13.9. Chevalier gambette <i>Tringa totanus</i>	121
II.13.10. Chevalier culblanc <i>Tringa ochropus</i>	122
II.13.11. Chevalier stagnatile <i>Tringa stagnatilis</i>	123
II.13.12. Chevalier aboyeur <i>Tringa nebularia</i>	124
II.13.13. Chevalier sylvain <i>Tringa glareola</i>	124
II.14. Famille des Laridés	125
II.14.1. Goéland leucophé <i>Larus cachinnans</i>	125
II.15. Famille des Sternidés	126
II.15.1. Sterne naine <i>Sternula albifrons</i>	126
II.15.2. Sterne hansel <i>Sterna nilotica</i>	126
III. Evolution des indices écologiques	127
III.1. Abondance	128
III.2 Richesse spécifique	133
III.3. Indices de diversité de Shannon	134
III. 4. Indice d'équitabilité	134
III.5. Analyse multivariée des données	137
Conclusion	141
Perspectives et proposition de conservation	144
Résumé	145
Abstract	146
ملخص	147
Références bibliographiques	148
Publications	

Liste des abréviations

- **AFC** : Analyse factorielle des correspondances
- **ASR** : Anaérobie sulfito-réductrice
- **BCP** : Gélose lactosé au bromocrésol pourpre
- **BCPL** : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol
- **BGT** : Bouillon glucosé tamponé
- **BHIB** : Bouillon cœur-cervelle
- **CE** : Conductivité électrique
- **D.G.F** : Direction Générale des Forêts
- **D/C** : Double concentration
- **EBV** : Etage bioclimatique de végétation
- **Eva – Litsky** : l'éthyle violet et acide de sodium
- **GNAB**: Gélose nutritive alcaline et biliée
- **INCT** : Institut national de cartographie et de télédétection
- **MES**: Matière en suspension
- **MO**: Matière organique
- **NPP** : Nombre le plus probable
- **RM** : Rouge de méthyle
- **Roth** : Bouillon à l'azide de sodium
- **RS** : Résidu sec
- **S/C** : Simple concentration
- **SS** : *salmonella-shigella*
- **TDA** : Tryptophane désaminase
- **UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
- **VF** : Viande de foie

Liste des figures

CHAPITRE I : DESCRIPTION DE L'AIRE D'ETUDE

1- Situation géographique de marais de Boussedra.....	9
2- Photos de marais de Boussedra.....	10
3- Evolution mensuelle de l'humidité relative de la station d'Annaba (1998-2018).....	11
4- Evolution mensuelle du vent de la station d'Annaba (1998-2018).....	12
5- Evolution mensuelle de la température moyenne de la station d'Annaba (1998-2018).....	13
6- Evolution mensuelle de la précipitation moyenne de la station d'Annaba (1998-2018)	14
7- Evolution annuelle de la précipitation de la station d'Annaba (2004-2013).....	14
8- Evolution de la précipitation moyenne saisonnière de la station d'Annaba (1998-2018)....	15
9- Régime pluvio-thermique de la région d'Annaba (1998-2018).....	16
10- Position de la région d'Annaba dans le Climagramme d'Emberger.....	17
11- Cartes schématiques de la situation géographique de la mare de Tamlouka.....	19
12- Photos de la mare de Tamlouka	20
13- Carte des pentes du bassin versant de Tamlouka.....	21
14- Carte de réseau hydrographique de la plaine de Tamlouka.....	22
15- Evolution mensuelle de l'humidité relative de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).....	23
16- Evolution mensuelle de la vitesse du vent de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).....	24
17- Evolution mensuelle de la température moyenne de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).....	25
18- Evolution annuelle de la température moyenne de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).....	25
19- Evolution mensuelle de la précipitation moyenne de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016)	26
20- Evolution annuelle de la précipitation de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016)	27
21- Répartition saisonnière des précipitations- station d'Oum El Bouaghi.....	27
22- Diagramme pluvio-thermique - stations d'Oum El Bouaghi (1999-2016).....	28
23- Position de la région de Tamlouka dans le Climagramme d'Emberger.....	29

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

1- Localisation des points de prélèvement.....	30
2- Galerie API 20E.....	50
3- Milieu citrate de Simmons.....	51
4- Milieu Mannitol mobilité.....	51

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Partie I : Caractérisation du biotope

1- Variation de turbidité au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka	66
2- Variation de pH au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	66
3- Variation de température au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	67
4- Variation de conductivité électrique au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	68
5- Variation d'oxygène dissous de au niveau de l'eau de marais Boussedra et mare de Tamlouka.....	69
6- Variation du résidu sec au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	69
7- Variation de matières en suspension au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	70
8- Variation de degré hydrotimétrique au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	71
9- Variation de calcium au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka	71

10- Variation de magnésium au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	72
11- Variation de chlorures au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	73
12- Variation de sulfates au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	73
13- Variation de potassium au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	74
14- Variation d'ion ammonium au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	75
15- Variation de nitrites au niveau de l'eau du marais de Boussedra et mare de Tamlouka.....	76
16- Variation de nitrates au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	76
17- Variation d'orthophosphate au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	77
18- Variation des matières organiques au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	78
19- Cercle (I-II) des variables.....	79
20- Evolution du nombre des germes totaux au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	80
21- Evolution du nombre des coliformes totaux au niveau de l'eau du marais Boussedra et mare de Tamlouka.....	81
22- Evolution du nombre des coliformes fécaux au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	82
23- Evolution du nombre des streptocoques fécaux au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	83

Partie II: Evolution et phénologie de la structure avienne

24- Structure et phénologie du Grèbe à cou noir au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	86
--	----

25- Structure et phénologie du Grèbe huppé au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	87
26- Structure et phénologie du Grèbe castagneux au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	87
27- Structure et phénologie du Grand cormoran au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	89
28- Structure et phénologie du Héron crabier au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	89
29- Structure et phénologie du Héron bihoreau au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	90
30- Structure et phénologie du Héron garde-bœuf au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	91
31- Structure et phénologie du Grande Aigrette au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	92
32- Structure et phénologie d'Aigrette garzette au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	93
33- Structure et phénologie du Héron cendré au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	93
34- Structure et phénologie de Blongios nain au niveau de marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	94
35- Structure et phénologie de Cigogne blanche au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	95
36- Structure et phénologie d'Ibis falcinelle au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	96
37- Structure et phénologie de Spatule blanche au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	97
38- Structure et phénologie du Flamant rose au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	97
39- Structure et phénologie du Canard colvert au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	98
40- Structure et phénologie du Canard chipeau au niveau de marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	99
41- Structure et phénologie du Canard siffleur au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	100

42- Structure et phénologie du Canard pilet au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	101
43- Structure et phénologie du Canard souchet au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	102
44- Structure et phénologie du Sarcelle d'hiver au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	103
45- Structure et phénologie du Sarcelle marbrée au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	103
46- Structure et phénologie du Sarcelle d'été au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	104
47- Structure et phénologie du Fuligule milouin au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	105
48- Structure et phénologie du Fuligule nyroca au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka	106
49- Structure et phénologie d'Erismature à tête blanche au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	107
50- Structure et phénologie du Busard des roseaux au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	108
51- Structure et phénologie du Poule d'eau au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	109
52- Structure et phénologie du Talève sultane au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	109
53- Structure et phénologie du Foulque macroule au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	110
54- Structure et phénologie d'Echasse blanche au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	111
55- Structure et phénologie d'Avocette élégante au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	112
56- Structure et phénologie du Glaréole à collier au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka	113
57- Structure et phénologie du Grand gravelot au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	113
58- Structure et phénologie du Petit gravelot au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	114

59- Structure et phénologie du Gravelot à collier interrompu au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	115
60- Structure et phénologie du Vanneau huppé au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	116
61- Structure et phénologie du Bécasseau cocorli au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka	116
62- Structure et phénologie de Bécasseau variable au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	117
63- Structure et phénologie de Bécasseau minute au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	118
64- Structure et phénologie du Bécassine des marais au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	119
65- Structure et phénologie de Barge à queue noire au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	119
66- Structure et phénologie du Chevalier combattant au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	120
67- Structure et phénologie du Chevalier arlequin au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	121
68- Structure et phénologie du Chevalier guignette au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	121
69- Structure et phénologie du Chevalier gambette au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	122
70- Structure et phénologie du Chevalier cul blanc au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	123
71- Structure et phénologie du Chevalier stagnatile au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	123
72- Structure et phénologie du Chevalier aboyeur au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	124
73- Structure et phénologie du Chevalier sylvain au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	125
74- Structure et phénologie du Goéland leucophé au niveau de marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	126
75- Structure et phénologie de Sterne naine au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	126

76- Structure et phénologie de Sterne hansel au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.....	127
77- Evolution des indices écologiques. Abondance totale, Richesse spécifique, Indice de diversité de Shannon et Weaver et Indice d'équitabilité au niveau du marais de Boussedra.	135
78- Evolution des indices écologiques. Abondance totale, Richesse spécifique, Indice de diversité de Shannon et Weaver et Indice d'équitabilité au niveau de la mare de Tamlouka.....	136
79- Plan factoriel 1 x 2 de l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) du marais de Boussedra.....	139
80- Plan factoriel 1 x 2 de l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) de la mare Tamlouka	140

Liste des tableaux

CHAPITRE I : DESCRIPTION DE L'AIRE D'ETUDE

1- Caractéristiques de station de référence (d'Annaba).....	11
2- Moyenne mensuelle de l'humidité relative de la station d'Annaba (1998-2018).....	11
3- Moyenne mensuelle du vent de la station d'Annaba (1998-2018)	12
4- Température moyenne mensuelle de la station d'Annaba (1998-2018)	12
5- Précipitation moyenne mensuelle de la station d'Annaba (1998-2018)	13
6- Précipitation moyenne saisonnière de la station d'Annaba (1998-2018).....	15
7- Différentes valeurs de (I) indice d'aridité selon De Martonne.....	16
8- Surfaces occupées par les différentes cultures dans la plaine de Tamlouka.....	20
9- Caractéristiques de station de référence (d'Oum El Bouagui).....	23
10- Moyenne mensuelle de l'humidité relative (1999 - 2016).....	23
11- Vitesse moyenne du vent (km/h) (1999 - 2016).....	24
12- Température moyenne mensuelle de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).....	25
13- Précipitation moyenne mensuelle de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).....	26
14- Répartition saisonnière des précipitations de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).....	27

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

1- Classifications des eaux d'après leur pH.....	33
2- Caractères d'identification biochimique de <i>Shigella</i>	56
3- Les principaux <i>Staphylococcus</i> isolés en microbiologie.....	58

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Partie I : Caractérisation du biotope

1- Matrice de corrélation entre les variables.....	78
2- Caractères macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes	83
3- Résultats de l'identification biochimique.....	84

Partie II: Evolution et phénologie de la structure avienne

4- Check-list et statuts phénologiques de l'avifaune aquatique recensé au marais de Boussedra.....	129
5- Check-list et statuts phénologiques de l'avifaune aquatique recensé à la mare Tamlouka.....	131

Introduction

D'après David, 2000 : La caractéristique la plus frappante de la Terre, c'est la vie et la caractéristique la plus frappante de la vie, c'est sa diversité. La diversité du vivant, c'est un foisonnement de beauté et d'inventivité. C'est aussi une ressource vitale pour l'humain. Il en prélève l'essentiel de ses besoins, comme la nourriture, les médicaments, les matières premières.

Grâce aux nombreuses interactions que les organismes vivants tissent entre eux et avec le milieu dans lequel ils évoluent, la diversité du vivant contribue également, dans une large mesure, à instaurer et entretenir les conditions nécessaires au maintien de la vie sur terre, comme la formation des écosystèmes, des habitats, la régulation du climat, l'épuration de l'eau (Franck, 2009)

Considéré comme l'une des régions bénéficiant de la plus grande biodiversité au monde, le bassin méditerranéen est l'une des 25 « Hot spots » ou « points chauds » les plus remarquables de la planète (Myers et *al.*, 1987), catalogué de zone de haute biodiversité en raison de ses niveaux élevés de plantes dont il possède de plus de 4,3% des plantes de toute la planète (Myers et *al.*, 1980). Ces points chauds sont caractérisés tant par leur richesse spécifique et par leur taux d'endémisme (Myers et *al.*, 1980 ; 1987), ainsi que par les menaces anthropiques grandissantes (Myers et *al.*, 1980). La plupart de ces points chauds se rencontrent dans des zones où la démographie est forte et la pression humaine en augmentation rapide (Cincotta, 2000 *in* Guergueb, 2016)

Par ailleurs, parmi les plus importants aspects de la biodiversité du bassin méditerranéen nous pouvons citer « les zones humides ». L'expression de zone humide regroupe toute une gamme de biotope terrestres, côtiers et marins ayant en commun un certain nombre de caractéristiques.

Les zones humides méditerranéennes constituent un remarquable héritage naturel, formant une zone de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques. Elles sont caractérisées par une grande richesse biologique et assurent d'importantes fonctions (Williams, 1990).

L'Algérie comporte un ensemble vaste et très diversifié de zones humides lenticques (lacs, chotts, garaets, sebkhas, dayas, mares et marais) d'une importance écologique considérable (Boudraa et *al.*, 2014). Ces hydro-systèmes, en plus de leur valeur sociologique, économique, patrimoniale et paysagère, sont à considérer comme des réservoirs de

biodiversité animale et végétale (Saheb et *al.*, 2006 ; Samraoui et *al.*, 2006 ; Boulekhssaim et *al.*, 2006 ; Houhamdi et *al.*, 2008 ; 2009 ; Boukrouma et *al.*, 2011 ; Bensaci et *al.*, 2012).

Le Nord-est de l'Algérie se compose d'une région ceinturée de collines basses avec un réseau hydrographique dense contribuant à la formation d'une vaste plaine alluviale côtière. Cette dernière est la plus arrosée d'Algérie, est d'une importance primordiale, pour de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau. Ce complexe de zones humides est classé parmi les plus importants d'Afrique du Nord et constitue en Algérie la première région avifaunistique au plan qualitatif et quantitatif (Triplet et *al.*, 1991). Cependant, les données les plus précises et les plus récentes ne sont disponibles que pour certains plans d'eau, souvent les plus intéressants à l'échelle internationale comme les sites Ramsar (Samraoui et De Belair ; 1997 ; Houhamdi et Samraoui ; 2001 ; 2002 ; 2003 ; 2008 ; Samraoui et Houhamdi ; 2002 ; Metallaoui et Houhamdi ; 2008 ; 2010 ; Metallaoui et *al.*, 2009 ; 2014).

Compte tenu de ces richesses naturelles, la région abrite plusieurs sites humides, caractérisés par une grande diversité de lacs et de marais inondés dotés d'une richesse biologique inestimable. Ces derniers sont extrêmement menacés par les risques de pollution agricole et industrielle et par l'intensification de l'urbanisation, bien que la majorité reçoive directement les rejets des eaux usées des villes et des communes avoisinantes, ils sont le réceptacle à ciel ouvert de dépôts sauvages des déchets.

En effet, la filière traditionnelle d'élimination des déchets solides en Algérie est essentiellement la mise en décharge, méthode la plus ancienne et la plus largement pratiquée du fait de son faible coût. L'enquête réalisée par les services du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) fait ressortir plus de 3200 décharges sauvages implantées à travers le territoire national, occupant une superficie de plus de 150 000 hectares et situées le plus souvent sur des terres agricoles ou le long des oueds. La plupart de ces dépotoirs sont des décharges non contrôlées et à ciel ouvert, les déchets y sont rejetés sous une forme mixte (ménagère, industrielle et hospitalière) et sans aucun traitement préalable.

Actuellement, ils sont à l'origine de graves nuisances pour l'environnement et pour la santé humaine. Parmi ces nuisances, nous pouvons citer les problèmes de dégradation des eaux souterraines et de surface, des sols, de l'atmosphère et les risques en matière de santé publique (Zaafour, 2012).

Aujourd'hui la dynamique écosystémique des zones humides soumit à de fortes pressions anthropiques (Angermeier et Karr ; 1994). Elles subissent le changement rapide du

climat, l'extension des zones urbanisées et des surfaces cultivées (Abbadie et *al.*, 2006). Une perturbation fréquente et d'intensité élevée peut conduire à une altération des réseaux trophiques, une baisse de la disponibilité et de la stabilité des ressources exploitables, pouvant éventuellement aboutir à une érosion profonde de la biodiversité (Angermeier et Karr ; 1994).

Longtemps considérée comme anecdotique la biodiversité en milieu urbain fait aujourd'hui l'objet de plusieurs programmes de recherche. Contrairement aux idées reçues, la ville abrite un nombre important d'espèces et certains taxons sont même mieux représentés en ville que dans les campagnes environnantes (Abbadie et *al.*, 2006). La biodiversité urbaine constitue un modèle d'étude de choix, qui répond à bien des problématiques actuelles de l'écologie. En effet, la colonisation de ces milieux neufs, *a priori* peu favorable aux organismes vivants, fournit au chercheur des assemblages inédits d'espèces, autrement dit de nouveaux modèles pour l'analyse des déterminants de la structure des communautés. En outre, la ville fournit un type d'habitat nouveau pour les espèces qui doivent s'y adapter.

En tant qu'espace artificiel, la ville permet d'étudier le rôle de l'homme sur le fonctionnement des systèmes écologiques et d'améliorer les bases scientifiques de la conservation de la biodiversité dans les milieux anthropisés (Abbadie et *al.*, 2006).

L'estimation des valeurs des zones humides est l'une des nombreuses formes d'évaluation, qui peut et doit être utilisée à différentes fins et à différentes échelles en appui à l'utilisation rationnelle des zones humides, à leur gestion et à la prise de décision les concernant, car leur protection demeure l'un des enjeux majeurs de notre décennie (De Groot et *al.*, 2007). Cette protection nécessite tout d'abord de pouvoir évaluer l'état de nos eaux de surfaces. Cette évaluation concerne tout d'abord la qualité physico-chimique nécessitant de surveiller l'absence de substances polluantes, mais aussi l'état écologique, évalué à l'aide des indicateurs biologiques. Ces indicateurs correspondent à un système de variables se référant à des modélisations de l'écosystème permettant de décrire de manière synthétique la situation globale. La mise en place de ces indicateurs s'est faite sur la base des connaissances concernant le milieu aquatique, et des effets des différentes altérations dont il peut être l'objet. (Aucouturier, 2008).

L'outil bio-indicateur "oiseau" répond aux attentes des acteurs de l'environnement, notamment aux gestionnaires de milieux naturels, qui recherchent des méthodes d'évaluation des effets de leurs actions. Sur le plan écologique, les oiseaux aquatiques constituent l'une des composantes les plus remarquables des zones humides (Bibby et *al.*, 1998). Par ailleurs, ce

groupe taxonomique est considéré en tant qu'un excellent modèle pour la détermination de l'état des écosystèmes naturels (Eybert et *al.*, 2003). Ils ont longtemps attiré l'attention du public et des scientifiques en raison de leur beauté, de leur abondance, de la facilité à les observer, de leur comportement, ainsi que pour leur importance économique. Récemment, ils sont devenus d'intérêt en tant qu'indicateurs de la qualité des zones humides, et en tant que paramètres de mesures de succès de la restauration et de la biodiversité régionale (Pirot et *al.*, 1984 ; Allouche et *al.*, 1989, Tamisier et Dehorter ; 1999).

Mise à part sa position géographique favorable à l'échange des oiseaux migrateurs entre les deux continents, européen et africain, la région méditerranéenne est capitale par son hétérogénéité spatiale pour l'accueil des oiseaux (Lavauden, 1924). L'Algérie occupe parmi les pays du Paléarctique occidental une place très privilégiée pour un grand nombre d'espèces d'oiseaux migrateurs qui empruntent la voie de migration occidentale de l'ancien monde (Seddik et *al.*, 2010). Ce qui lui octroie une prééminence de la diversité typologique régionale et de la complexité physiologique locale, essentielles pour l'abondance et la disponibilité des ressources en premier lieu et le maintien d'une richesse avienne importante en second lieu (Baudry, 1982).

Il constitue, à la fois par sa position sur cette voie, et par la grande diversité et surface des zones humides qu'il offre, une importante étape d'escale pour les contingents qui hivernent au sud du Sahara. Il est en outre une aire d'hivernage favorite et certaines espèces y trouvent leur limite méridionale de distribution (Houhamdi et *al.*, 2009).

Les critères des oiseaux pour sélectionner un habitat approprié sont déterminés biologiquement ou encore influencés par le milieu environnemental (Wiens, 1989; Drickmer et *al.*, 1996).

En effet, les facteurs écologiques déterminants de la distribution des associations d'oiseaux sont principalement le couvert végétal, la structure physiographique, les ressources, la compétition et la présence d'espèces congénériques (Cody, 1985). Ces facteurs s'avèrent être eux-mêmes sous l'action combinée des perturbations et des changements du paysage que l'homme pourrait exercer sur l'écosystème (Hamdi et Charfi ; 2006).

La qualité et la protection de notre environnement sont aujourd'hui des sujets de préoccupation majeurs pour nos sociétés. En effet, nos conditions de vie sont intimement liées à la qualité de notre environnement, et même si la modernisation et l'urbanisation de notre

monde, ont conduit à un éloignement de la population des milieux naturels, la nature nous rappelle aujourd'hui que l'on ne peut faire sans elle (Aucouturier, 2008).

Nous allons donc dans ce travail nous attacher à décrire les zones humides urbaines et péri-urbaines du Nord-est algérien qui sont le marais de Boussedra (wilaya de Annaba) et la mare de Tamlouka (wilaya de Guelma), ainsi que les nombreuses sources de perturbations qui les affectent à l'heure actuelle. Une fois cette présentation faite, nous étudierons les indicateurs mis en place pour évaluer leur qualité, en nous intéressant plus particulièrement à suivre l'évolution des oiseaux d'eau afin de déterminer leurs statuts phénologiques, nous nous sommes investis dans l'étude de ce peuplement pendant un cycle annuel.

Nous présenterons dans cette étude la phénologie et la structure des populations aviennes ayant fréquenté ces zones humides urbaines (diversité et équilibre des populations) en relation avec la pollution de l'eau (qualité physico-chimique et bactériologique), qui s'articule sur trois chapitres interdépendants.

- Le Chapitre I rassemble les données bibliographiques des principales zones humides urbaines de l'Est algérien.

- Le Chapitre II décrit le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude et énumère les différentes techniques utilisées pour l'estimation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de ces zones humides urbaines et de dénombrement des oiseaux d'eau y fréquentés.

- Le Chapitre III expose les résultats des analyses effectuées obtenus (caractérisation du biotope, la structure, la phénologie et l'évolution des effectifs des oiseaux d'eau).

CHAPITRE I :
DESCRIPTION DE L'AIRE
D'ETUDE

Introduction

La mare est généralement une étendue d'eau douce ou saumâtre de faible extension, pérenne ou non, de petite taille (habituellement < 10 ha) et peu profonde caractérisée par des alternances de phases sèches et inondées et par fonctionnement hydrique très autonome (Grill *et al.*, 2004). Sa faible profondeur, qui peut atteindre environ 2 m, permet à toutes les couches d'eau d'être sous l'action du rayonnement solaire, ainsi qu'aux plantes de s'enraciner sur tout le fond.

De formation naturelle ou anthropique, elle se trouve dans des dépressions imperméables, en contexte rural, périurbain, voire urbain. Alimentée par les eaux pluviales et parfois phréatiques, elle peut être associée à un système de fossés qui en pénètrent et en ressortent ; elle exerce alors un rôle tampon au ruissellement. Elle peut être sensible aux variations météorologiques et climatiques, et ainsi être temporaire. La mare constitue un écosystème au fonctionnement complexe, ouvert sur les écosystèmes voisins, qui présente à la fois une forte variabilité biologique et hydrologique interannuelle. Elle possède un fort potentiel biologique et une forte productivité potentielle (Laffitte *et al.*, 2009).

La végétation qui habite les mares peut être soit des Hydrophytes: plantes flottantes sans extension au dessus de la surface : renoncules aquatiques, flûteaux nageant, ou des Hélophyte: racines sous l'eau, tige et feuilles à l'air: saules, iris des marais, roseaux, droseras, prêle aquatique.

De multiples espèces d'amphibiens, d'insectes, des bactéries, et de nombreux invertébrés, dont vers, sangsues, insectes, mollusques colonisent les mares (D.G.F, 2004).

Origine et diversité des mares

Bien qu'il existe des mares naturelles, la grande majorité d'entre elles est d'origine anthropique : depuis le Néolithique (environ 6 000 ans avant Jésus Christ) jusqu'à l'arrivée de l'eau courante dans les campagnes (milieu du XXe siècle), l'homme a créé et utilisé des mares pour répondre à ses besoins en eau. En ce sens, les mares sont un symbole de l'adaptation de l'homme à son territoire. Selon les activités locales, les mares pouvaient être mises à contribution pour le rouissage du lin et du chanvre, le brassage du cidre, l'assouplissement des osiers de vannerie (Laffitte *et al.*, 2009).

Les zones humides présentent une grande diversité de milieux naturels ou modifiés, de localisation, de forme, de taille, de fonctionnements hydrologiques et d'usages. Cela s'est traduit par une multitude de définitions à travers le monde et une relative difficulté à leur appliquer une définition unique.

La convention de RAMSAR tenue en 1971 a retenu la définition suivante : " Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ".

Ces zones sont particulièrement problématiques et font l'objet d'enjeux à débats. En effet, hormis l'importance qu'elles présentent en termes de conservation de la biodiversité (plus de 50% des espèces d'oiseaux dépendent des zones humides et 30% des espèces végétales remarquables et menacées y sont inféodées), elles présentent de multiples fonctions: production agricole, piscicole et conchylicole, prévention des risques naturels (réduction des risques d'inondation, stabilisation des sols), espaces touristiques et de loisirs (Fritz, 2004)

Dans le Bassin méditerranéen, la surface des zones humides est difficile à préciser, ne serait-ce que parce qu'elles sont des milieux en évolution constante, se répartit en lagunes côtières (6 500 km²), lacs et marais naturels (12 000 km²) et zones humides artificielles (jusqu'à 10 000 km²) (Belagoune, 2015).

Le Nord-est de l'Algérie représente la région la plus importante et la plus riche en zones humides. Elle totalise 72 sites humides soit 31,58% de l'effectif national. Cette région représente aussi le quartier d'hivernage le plus important pour l'avifaune aquatique dans notre pays, abritant 33,92% de l'effectif national en oiseaux d'eau (Saifouni, 2014), du fait de leur appartenance au domaine paléarctique occidental (au Sud de la Méditerranée), traversé par deux grandes voies de migration de l'Atlantique-est (*East Atlantic Flyway*) et de Mer noire/Méditerranée, (*Mediterranean/ Black Sea Flyway*) (Bensaci et al., 2013 ; Metallaoui, 2010 ; Halassi, 2010).

Ce type d'habitat, est fortement impacté par les activités humaines (Williams, 1990). Le développement de l'urbanisation et les aménagements divers (lotissements, zones d'activités, parkings, décharges, campings...) se réalisent parfois aux dépens des zones humides par des opérations de remblaiement dans le cadre de politiques de planification de l'espace. De plus, cela entraîne un mitage et un cloisonnement de l'espace préjudiciables au bon fonctionnement des zones humides. L'extension des zones urbaines est également une modification directe par les humains (Cohen, 2003). Toutes ces influences directes ont des conséquences qui peuvent être qualifiées d'influences indirectes.

Jenkins, 2003 envisage d'ici 2050 une forte chute de la biodiversité s'il n'y a pas de transformation radicale du comportement humain. L'être humain finirait d'ailleurs par être victime de ses actions.

Cependant, notre étude consiste à un suivi régulier de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux et des effectifs de l'avifaune aquatique dans deux zones humides urbaines de l'Est algérien :

- La première est à l'extrême Nord-est au niveau de la wilaya d'Annaba qui est parmi les zones humides répertoriées à travers l'Algérie, située sur la rive sud du bassin méditerranéen et fait partie des zones humides de la Numidie occidentale : le marais de Boussedra.
- La deuxième appartient à l'éco-complexe des zones humides des hauts plateaux de l'Est Algérien (le Constantinois) : La mare de Tamlouka représente l'unique plan d'eau urbain de la région, situé Sud de la wilaya de Guelma.

I. Marais de Boussedra

Le marais de Boussedra (36° 50'40.88"N, 7° 43'37.30"E), appartient à la Wilaya d'Annaba, commune d'El-Bouni. Il est distant de 5 km du chef-lieu de la ville d'Annaba qui est limitée géographiquement au Nord par la mer méditerranée, au Sud par la wilaya de Guelma, à l'Est par la wilaya d'El Tarf et à l'Ouest par la wilaya de Skikda.

C'est un plan d'eau palustre qui reçoit les eaux usées de la commune d'El-Bouni et utilisé depuis 2003 comme décharge, occupant une superficie de 55 ha avec une profondeur variant entre 45 cm et 2 m. En conséquence du nouveau plan d'occupation des sols de la commune d'El-Bouni et à la construction continue de nouvelles bâtisses, la partie septentrionale du marais est devenue une zone de dépôt et d'enfouissement de remblais et de décapage des montagnes avoisinantes, aboutissant ainsi au rétrécissement de plus de 30 % du plan d'eau jusqu'à 2011 (Samraoui et al., 2012) (Figure 1.1). La zone est dominée par *Scirpus maritimus*, *phragmites australis* et *Typha angustifolia*. La bordure méridionale est entourée par un peuplement dense d'arbre de Tamarix, *Tamarix gallica* (Chetibi, 2014).

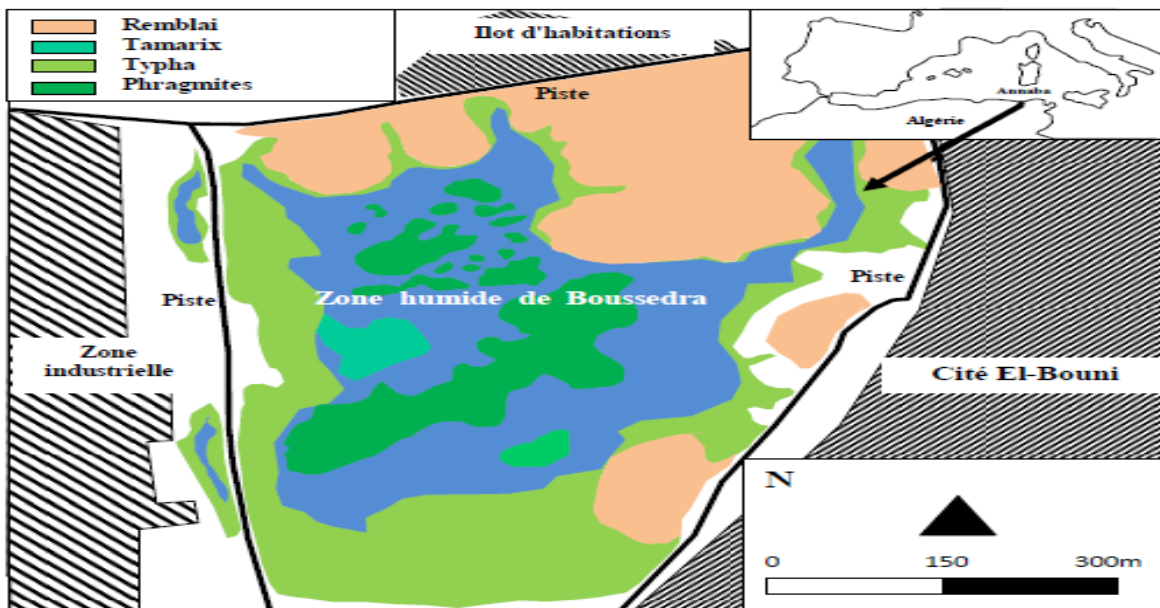
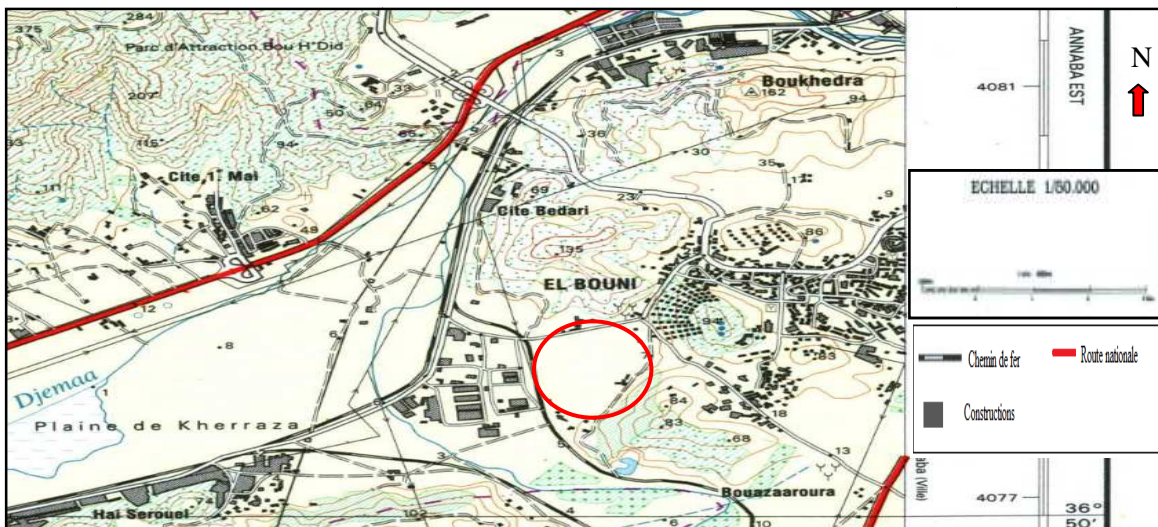


Figure 1.1. Situation géographique de marais de Boussedra (INCT, 1999 ; Google earth, 2018 ; Houhamdi, 2018).



Figure 1.2. Photos du marais de Boussedra (Prise par : Houhamdi, 2015)

I.1. Aspect socio-économique

Le marais de Boussedra est une partie prenante d'une vaste région agricole de la région d'El Bouni. Les potentialités hydriques favorisent le pompage des eaux pour le refroidissement des grands instruments et des machines des usines avoisinantes, ainsi que pour l'irrigation des terres agricoles.

I. 2. Régime hydrique

Boussedra est une dépression prédisposée à retenir les eaux d'origine pluviale, où la profondeur de l'eau peut atteindre 2 m en hiver grâce aux quantités importantes de pluies que 70% reçoit la région, et les eaux usées issues des usines de production agroalimentaire et des lotissements situés autour.

La sortie d'eau se fait principalement par évapotranspiration, ainsi que par le pompage des eaux pour l'irrigation. La submersion était permanente pour 70% du plan d'eau, le reste qui représente les bords et quelques parcelles au centre où la profondeur n'excède pas 0.5 m s'assèchent vers la fin du mois de juillet et s'émergent encore au début de la saison d'hivernage.

I.3. Etude climatique

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation pluviale irrégulière du bassin versant, (Mokrani, 2011) notamment les précipitations qui constituent le facteur essentiel intervenant par leurs répartitions annuelles, mensuelles et journalières. Ces différents aspects des précipitations plus ou moins modifiés par l'effet combiné des autres paramètres physiques (altitude et exposition), et climatique (température et évapotranspiration), permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique de la région d'étude (Soltner, 1999).

I.3.1. Caractéristiques de station de référence

Les caractéristiques climatiques (température, précipitation, humidité relative,....etc.) de la zone d'étude sont obtenues à partir des données des stations météorologiques d'Annaba pendant la période de 1998 à 2018 (Tableau 1.1).

Tableau 1.1. Caractéristiques de station de référence (d'Annaba)

Station	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Période
Annaba	07°45' E	37°E	50 m	1998-2018

I.3.2. L'humidité

L'humidité relative est le rapport exprimé en pourcentage (%) de la tension de vapeur à la tension maximum correspondant à la température mesurée au thermomètre sec. Elle dépend de plusieurs facteurs, de la qualité de l'eau de pluie, du nombre de jours de pluie, de la forme de ces précipitations (orage ou pluie fine), de la température, des vents et de la morphologie de la station considérée (Claude et *al.*, 2006). Selon la figure 1.3, on peut constater que l'humidité relative durant le mois le plus humide est de 78.13 % en février, et durant le mois le moins humide est de 66.66 % en juin (Tableau 1.2).

Tableau 1.2. Moyenne mensuelle de l'humidité relative de la station d'Annaba (1998-2018).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
H Moy	76,66	78,13	75,67	73,33	75,07	66,66	67,65	67,88	71,66	73,11	74,67	76,33

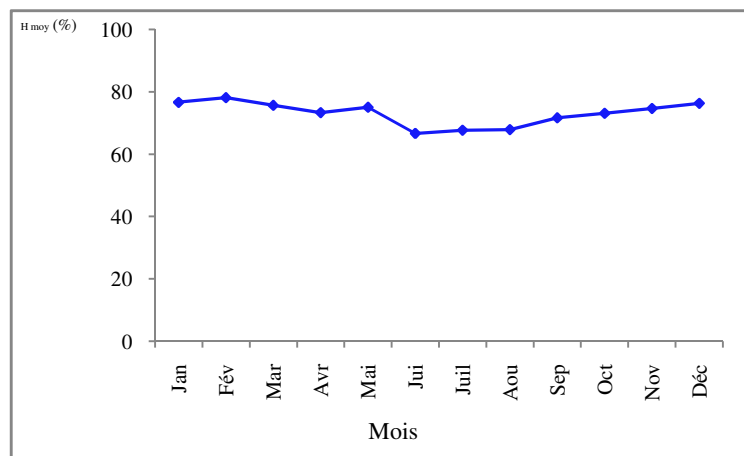


Figure 1.3. Evolution mensuelle de l'humidité relative de la station d'Annaba (1998-2018).

I.3.3. Vent

Le vent est l'air en mouvement défini par sa direction, sa vitesse, son intensité et ses aspects locaux. Il élève l'évapotranspiration potentielle (Vilain, 1987 ; Dajoz, 1971) et accentue les effets de la température sur les organismes, car il accroît la perte de chaleur due à

la vaporisation et à la convection (facteur de refroidissement éolien). Il contribue également à la perte d'eau en augmentant la vaporisation chez les animaux et la transpiration chez les végétaux (Campbell et Reece, 2004). D'après la figure 1.4, la vitesse maximale est enregistrée en mars (14.55 km/h), et la vitesse minimale est notée en octobre (12.33 km/h) (Tableau 1.3).

Tableau 1.3. Moyenne mensuelle du vent de la station d'Annaba (1998-2018).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
V (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

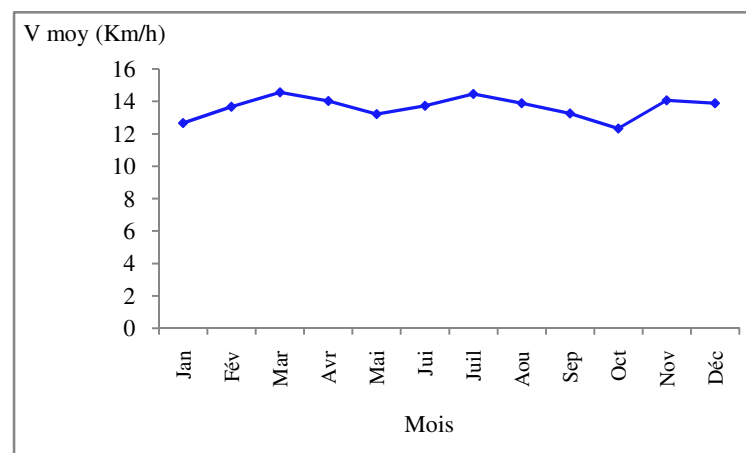


Figure 1.4. Evolution mensuelle du vent de la station d'Annaba (1998-2018).

I.3.4. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984). Elle réagit sur le phénomène d'évapotranspiration et donc sur le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Elle dépend de l'obscurité, de l'altitude, de l'exposition, de la présence d'une grande masse d'eau (l'influence des mers et des lacs sur la régulation des températures), du sol, des formations végétales en place (les végétaux amortissant les variations de températures) (Reggam, 2015).

Les températures moyennes mensuelles pour une période de 20 ans (1998-2018) sont représentées dans le tableau 1.4.

Tableau 1.4. Température moyenne mensuelle de la station d'Annaba (1998-2018).

mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T moy (°C)	11,68	11,85	14,5	15,33	18,72	21,53	26,02	27,48	25,05	21,51	16,9	13,16

T moy : Température moyenne mensuelle.

D'après ces données nous constatons que les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de mai à octobre, avec une température haute durant le mois d'août (27,48 °C). Par contre les températures les plus basses sont observées pendant la période hivernale (novembre à avril) avec une minimale enregistrée pendant le mois de janvier (11,68 °C) (Figure 1.5).

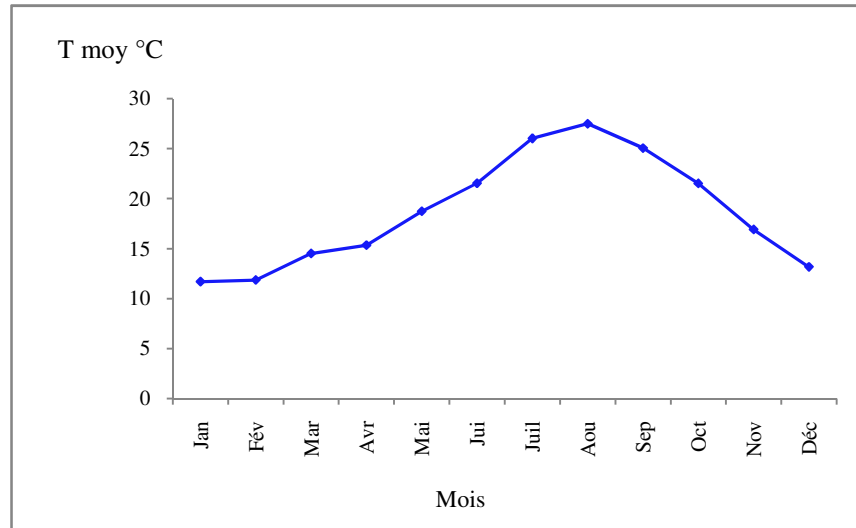


Figure 1.5. Evolution mensuelle de la température moyenne de la station d'Annaba (1998-2018).

I.3.5. Précipitation

I.3.5. 1. Précipitation moyenne mensuelle

Le terme de précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Elles jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des nappes souterraines et aussi dans le comportement hydrologique des cours d'eau, et constitue un facteur écologique d'importance fondamentale non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques soumis à des périodes d'assèchement (Ramade, 1984).

Les précipitations atteignent le maximum au mois de décembre avec une valeur de 136,22 mm et le minimum au mois de juillet avec 2,15 mm (Tableau 1.5) et (Figure 1.6).

Tableau 1.5. Précipitation moyenne mensuelle de la station d'Annaba (1998-2018).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	83,22	63,66	37,11	53,08	39,24	8,33	2,15	12,66	55,36	45,67	110,33	136,22

P : moyenne mensuelle de précipitation

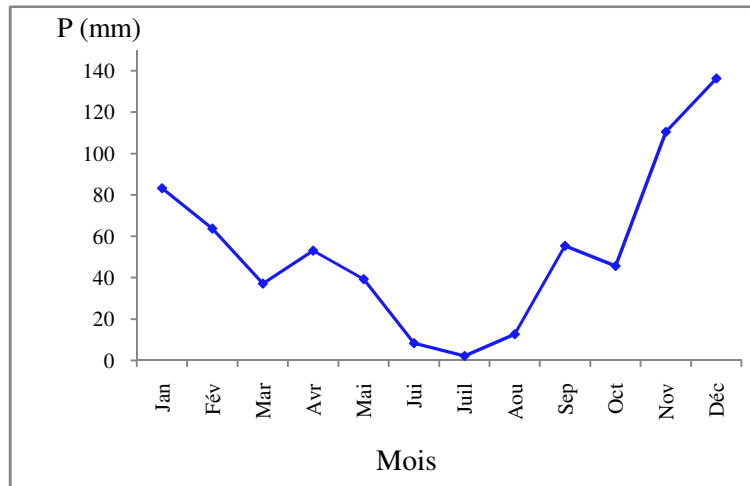


Figure 1.6. Evolution mensuelle de la précipitation moyenne de la station d'Annaba (1998-2018).

I.3.5. 2. Répartition annuelle des précipitations

Les hauteurs des précipitations annuelles au cours d'une série donnée varient avec la longueur de la période d'observation, sa connaissance est nécessaire afin d'étudier et de déterminer le bilan de l'écoulement.

L'analyse de la courbe des variations interannuelles des précipitations, sur une période de (2004-2013), montre que la pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est de 685,65 mm. Toute fois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre. Cette variabilité interannuelle des précipitations est également caractéristique du climat méditerranéen (Figure 1.7). Le fort pic est noté pendant l'année 2008-2009 (1031,1 mm) (Reggam, 2015).

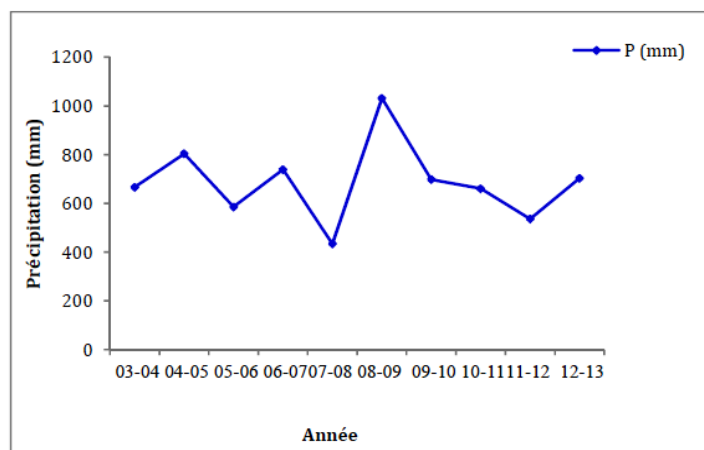


Figure 1.7. Evolution annuelle de la précipitation de la station d'Annaba (2004-2013) (Reggam, 2015).

I.3.5. 3. Pluviométrie moyenne saisonnière

La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les saisons agricoles (Automne, Hiver, Printemps, Été). La pluviométrie moyenne saisonnière la plus élevée enregistrée sur la période hivernale est de 94 ,36 mm/mois, tandis qu'en été nous avons enregistré la plus faible pluviométrie avec une moyenne de 7,71 mm/ mois. (Tableau 1.6 et Figure 1.8).

Tableau 1.6. Précipitation moyenne saisonnière de la station d'Annaba (1998-2018).

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
P (mm)	70,45	94 ,36	43,14	7,71

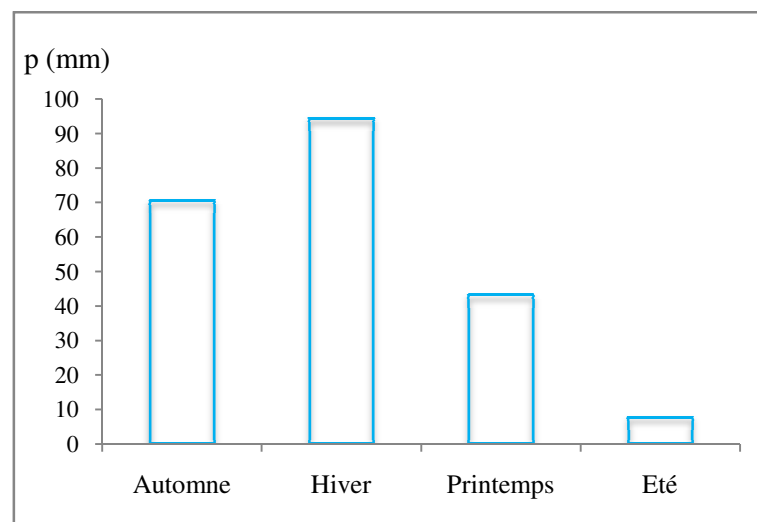


Figure 1.8. Evolution de la précipitation moyenne saisonnière de la station d'Annaba (1998-2018).

I.3.6. Relation température et précipitation

I.3.6. 1. La courbe pluvio-thermique

Selon Bagnouls et Gaussen, 1953, une période sèche est due au croisements des courbes de température et des précipitations. La combinaison des deux facteurs climatiques (précipitation et température) a permis d'établir les courbes pluvio-thermiques et de déterminer ainsi les saisons sèches et humides pour les périodes considérées, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T). L'échelle de la précipitation est le double de celle des températures ($P=2T$). Ainsi, on remarque une période sèche qui s'étale du mois de mai jusqu'au mois de septembre et une saison humide plus longue qui s'étend du mois d'octobre jusqu'au mois de mai (Figure 1.9).

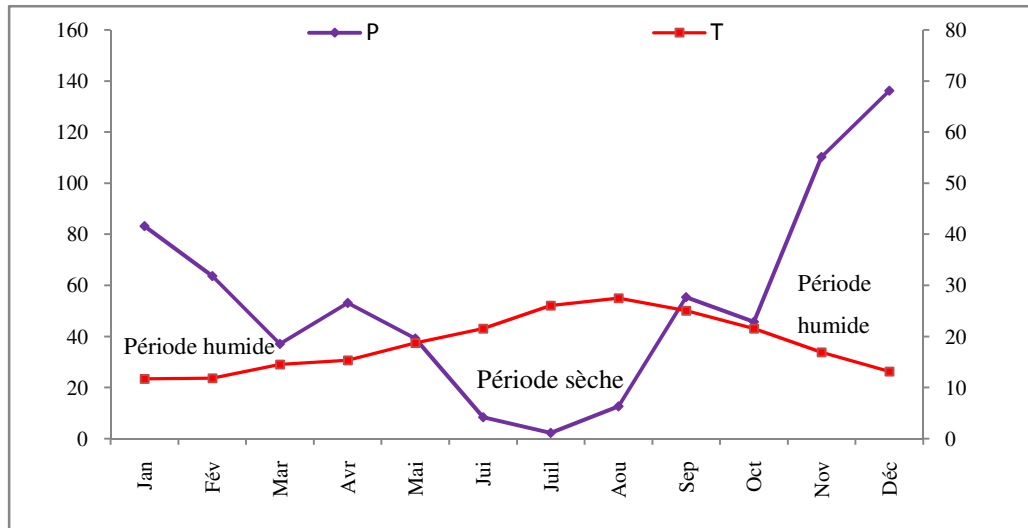


Figure1.9. Régime pluvio-thermique de la région d'Annaba (1998-2018).

I.3.6. 2. Type de climat (indice d'aridité)

L'indice d'aridité est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau présente à un endroit donné (Olivier, 2006). Il sert à préciser le type de climat de la zone étudiée, pour le quantifier. On doit appliquer la formule suivante :

Indice d'aridité : $I = P/T + 10$ (Formule de De Martonne)

Avec :

- P : précipitation moyenne annuelle (mm).
- T : température moyenne annuelle (°C).

Tableau 1.7. Différentes valeurs de (I) indice d'aridité selon De Martonne.

Valeur de I	Type de climat
< 5	Climat hyperaride
5 à 7.5	Climat désertique
7.5 à 10	Climat steppique
10 à 20	Climat semi-aride
20 à 30	Climat tempéré

P= 647,03 mm, T= 18,64 °C, I= **22,59**. Donc la région d'étude appartient à un climat tempéré

I.3.6. 3. Quotient pluviométrique d'Emberger

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages

bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2) (Dajoz, 2000).

Le Climagramme d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule:

$$\frac{1\,000 \cdot P}{\left[\frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

Ce quotient a été simplifié par STEWART : $Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{(M - m)}$

- P = Pluviométrie annuelle moyenne en (mm).
- M = Température des maximums du mois le plus chaud (° C)
- m = Température des minimums du mois le plus froid (° C)

La région d'Annaba est caractérisée par un climat méditerranéen, doux, pluvieux en hiver, chaud et subhumide en été, prend une place dans le Climagramme d'Emberger dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré (Figure 1.10).

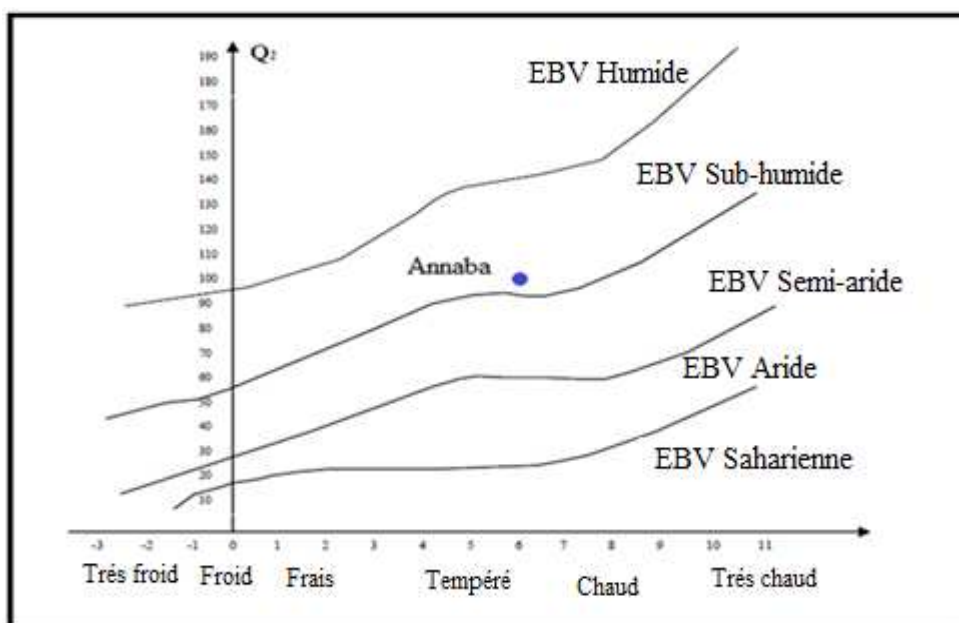


Figure 1.10. Position de la région d'Annaba dans le Climagramme d'Emberger

II. Mare de Tamlouka

C'est une mare d'eau douce temporaire qui couvre environ 35 ha. Elle est située au Sud de la commune de Tamlouka face au chemin de Wilaya N°102, reliant Wilaya d'Oum El Bouaghi et Guelma et présente une forme ovale, entourée au Nord-ouest par des agglomérations. A l'Est, et au Sud-est la plaine de Tamlouka. Les berges de la mare sont occupées par la décharge de la commune. La plus grande partie est couverte d'eau durant la période pluvieuse (Hamli, 2015).

II.1. Situation géographique

Située à l'extrême Nord-est algérien, La plaine de Tamlouka fait partie de la région des hautes plaines de Constantinois dont l'altitude moyenne est supérieure à 800 mètres avec cependant des pentes faibles (Zouaidia, 2006). Elle se situe entre $7^{\circ} - 7^{\circ} 09' E$ et $36^{\circ} - 36^{\circ} 09' N$. A environ 60 km au sud de la ville de Guelma et à 30 km au Nord de la ville d'Oum El Bouaghi (Hemila et Kowalski, 2002).

Elle est limitée :

- Au Nord par les communes de : Ain Regada, Oued Zénati et Ain Makhoulf.
- Au Sud : par la wilaya de Oum El-Bouaghi.
- A l'Est : par la wilaya de Oum El-Bouaghi et la commune de Ain makhoulf.
- A l'Ouest par : la wilaya de Oum El-Bouaghi et la wilaya de Constantine.

La plaine de Tamlouka qui s'étend en longueur dans la feuille de Ain Regada notamment autour du village de Tamlouka. Elle forme une cuvette, allongée selon une direction Nord-est- Sud-ouest, bien encadrée par Chebka des Sellaouas au Sud-est, djebel Djaffa au Nord-ouest et Ouest, djebel Ansel au Nord et les collines de Ain Makhoulf à l'Est. Elle a la forme d'un couloir arqué au niveau de la feuille de Ain Babouche.

La plaine de Tamlouka est d'une superficie de 471.53 km², occupe une position de dépression par rapport à la chebka des Sellaoua et de djebel Djaffa. Le seul relief marquant cette vaste étendue est constitué par la butte de Ain Arko, localisée en plein centre de la plaine (Telali, 2016) (Figure 1.11).

La végétation dans la région de Tamlouka n'est pas dense, sauf quelques ensembles des arbres de broussailles réparties autour des fermes ainsi que les champs de blé couvrant la plaine pendant l'année agronomique. Parmi les espèces floristiques : le Chêne vert (*Quercus ilex*), Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), filao (*Casuarina equisetifolia*) (Figure 1.12).

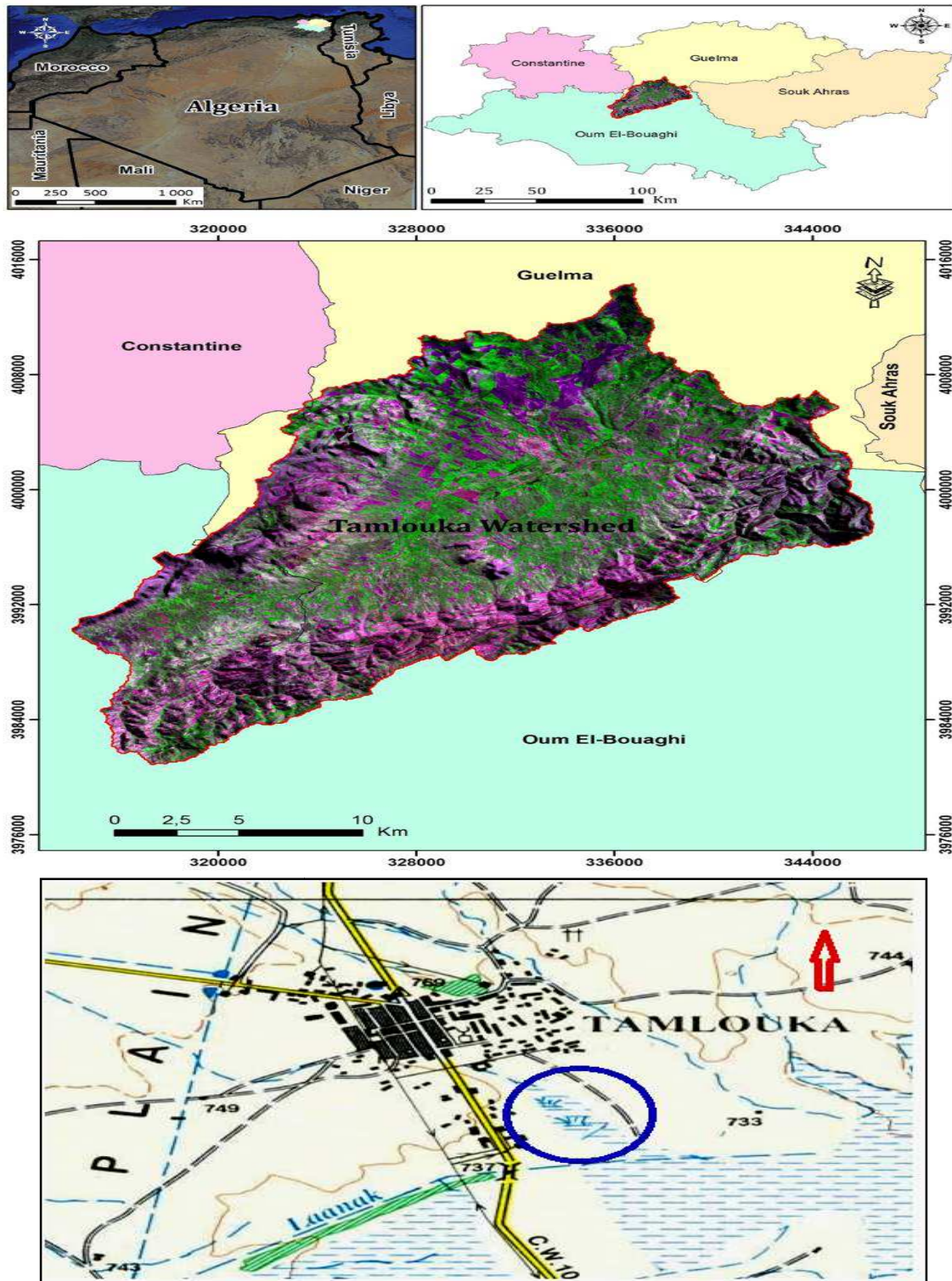


Figure 1.11. Cartes schématiques de la situation géographique de la mare de Tamlouka (Hamli, 2015 ; Telali, 2016).

II.2. Aspect socio-économique

C'est une région à vocation agricole où l'agriculture et l'élevage occupent une place plus importante dans les zones rurales (Gueroui et *al.*, 2013), avec très grande variété de la culture, qui joue un rôle très important dans l'économie de la région, elle occupe la première place au sein des activités de la population rurale céréales, arboriculture et d'élevage de volailles et de bétails; qui demande un volume très important d'eau pour l'irrigation. La région possède une superficie agricole estimée de 25620 ha (12.74% de la superficie de la wilaya de Guelma) (Telali, 2016) (Tableau 1.8). L'industrie est presque inexistante sauf certains installation à caractère local notamment les carrières localisées à Ain Arko.



Figure 1.12. Photos de la mare de Tamlouka (Photos personnelles).

Tableau 1.8. Surfaces occupées par les différentes cultures dans la plaine de Tamlouka.

Culture	Surface (Km ²)	Pourcentage (%)
Céréale	294.14	62.38
Forêt	11.72	2.49
Arboriculture et Roseau	4.64	0.98
Sol nu	161.01	34.15

II.3. Régime hydrique

Le bassin versant de Tamlouka, appartenant à la partie méridionale de la chaîne alpine de l'Algérie connue sous le nom de l'Atlas tellien (Figure 1.13).

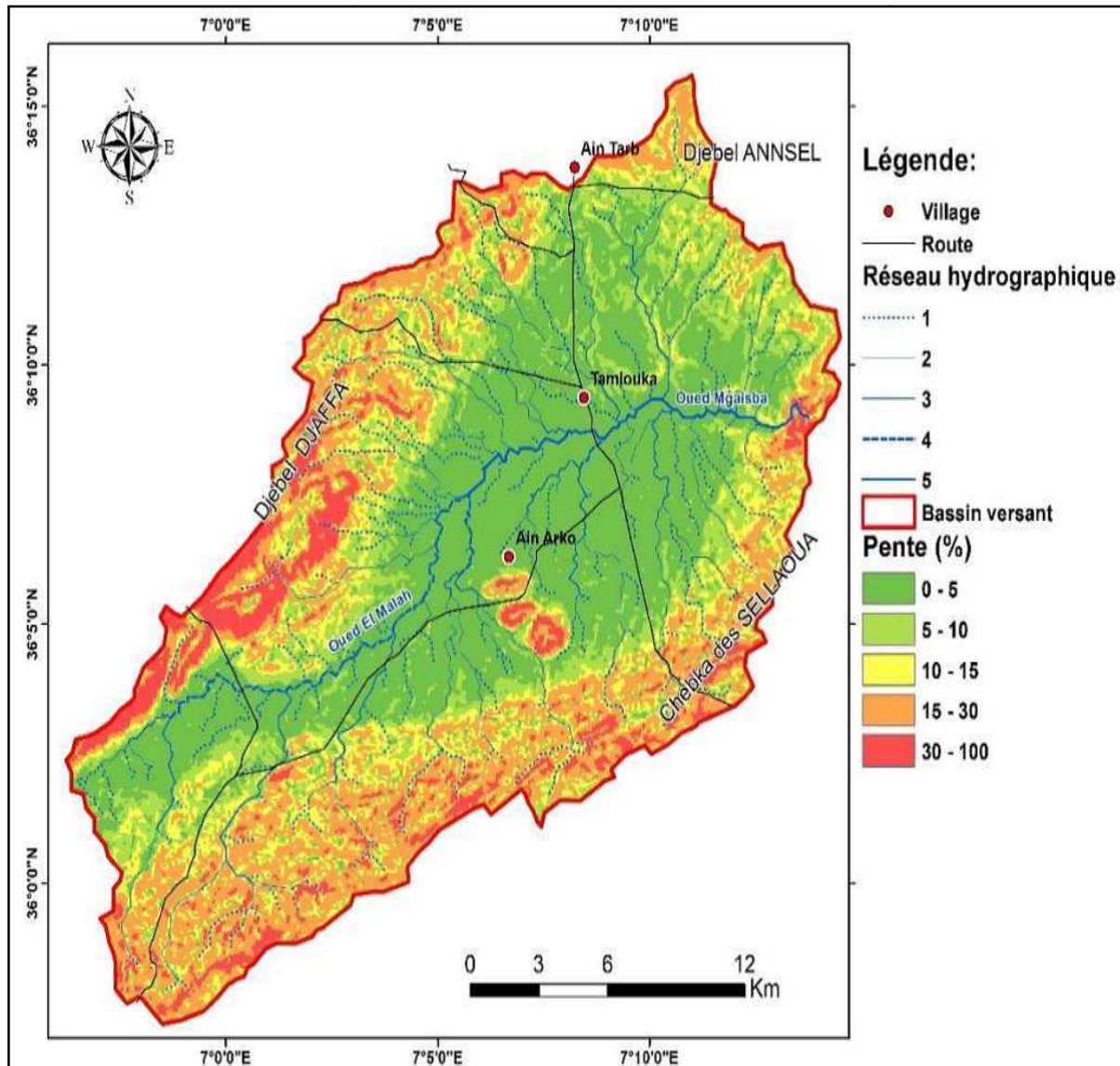


Figure 1.13. Carte des pentes du bassin versant de Tamlouka (Telali, 2016).

Caractérisé par un chevelu hydrographique dense de chaâbets (ruisseaux) et d'oueds dont les plus importants, ceux qui acheminent les eaux jusqu'au site. Le réseau hydrographique présente un réseau de drainage très dense, constitué essentiellement par : Oued Mgaïbsa qui est tributaire d'Oued Cheref et ces affluents, Oued Mellah qui prend naissance dans les monts de djebel Amar et rejoint Oued Mgaïbsa au centre dans la plaine. Notons aussi l'existence d'autres affluents tel que oued Bardo et également de plusieurs chaabats qui descendent de djebel Djaffa et de la Chebka des Sellaouas (Figure1.14).

Le site est alimenté par les eaux pluviales et de crues acheminées à travers des terrains agricoles. La sortie d'eau se fait uniquement par évaporation et d'une manière intense au cours de la saison chaude.

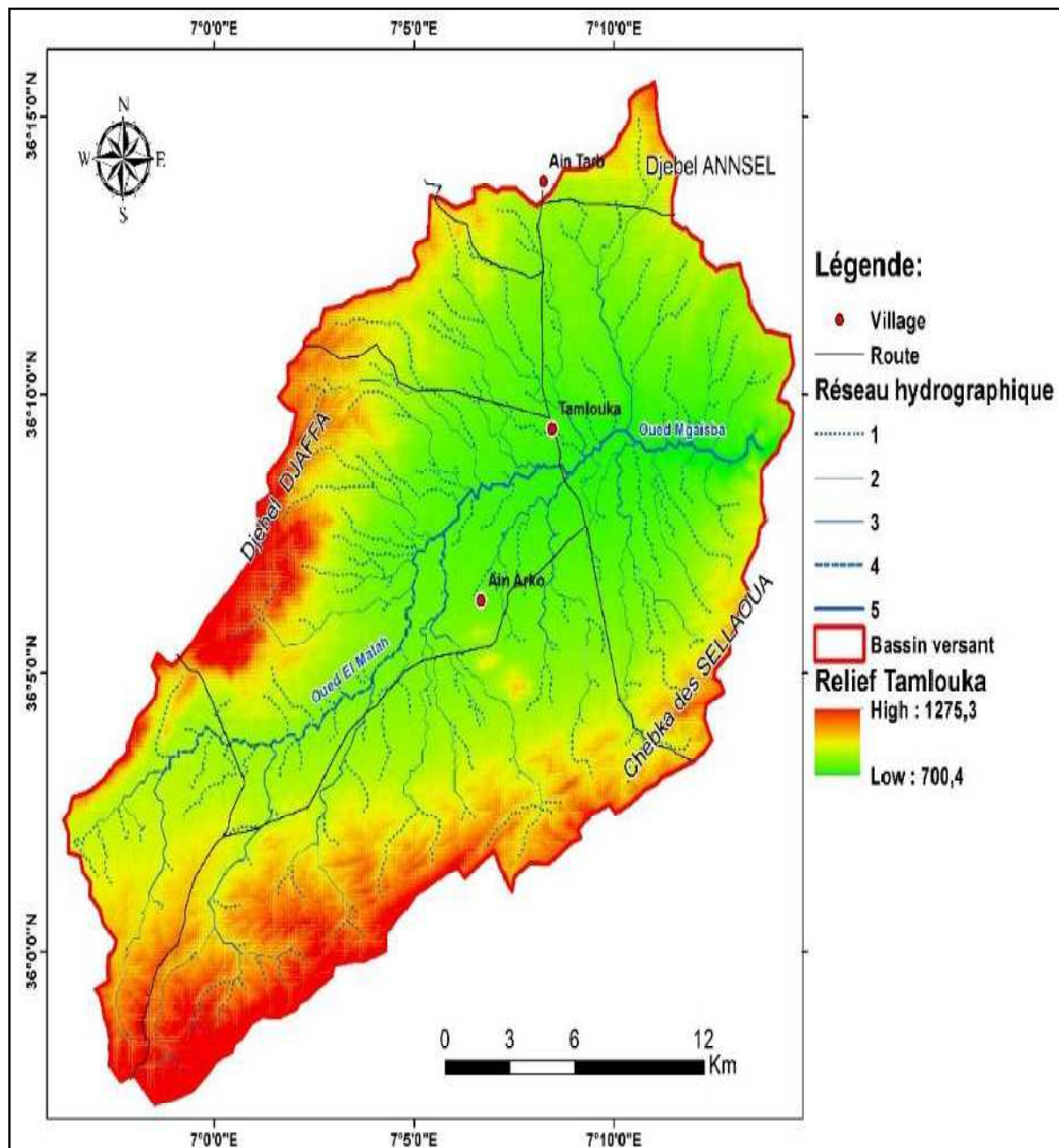


Figure 1.14. Carte de réseau hydrographique de la plaine de Tamlouka (Telali, 2016).

II.4. Etude climatique

Toute étude hydro climatologique passe principalement par le traitement détaillé des mesures hydro climatiques nous permet d'établir le bilan hydrique et par conséquence de comprendre les mécanismes de la circulation des eaux de surface.

L'analyse des différents paramètres climatologiques donne une idée précise sur le climat qui caractérise la région et permet d'envisager les types d'agricultures que l'on peut l'adopter et leurs besoins en eaux. Ainsi elle donne un schéma global sur le mode de fonctionnement hydrologique du système aquifère.

II.4.1. Caractéristiques de station de référence

Les données climatiques de longue durée de 1999 à 2016 sont enregistrées au niveau de la station météorologique d'Oum El Bouaghi, dont les coordonnées sont résumées dans le tableau 1.9, nous permettent de caractériser le climat de la région.

Tableau 1.9. Caractéristiques de station de référence (Oum El Bouagui)

Stations	Latitude	Longitude	Altitude	Période d'observation
Oum El Bouagui	°52' 35 N	°07' 07 E	88,76 m	1999 - 2016

II.4.2. Humidité

Le maximum d'humidité de l'air est observé en hiver, qui correspond au mois où les hauteurs des pluies sont les plus élevées, le minimum d'humidité est observé en été, où les hauteurs des pluies sont les plus faibles.

L'examen du tableau ci-dessous montre que l'amplitude des variations de l'humidité relative est très peu importante durant la saison froide avec un maximum de 79,05% atteint au mois de décembre. Par contre, elle diminue pendant la saison sèche et atteint une valeur minimale de 45,44% au mois de juillet. L'humidité moyenne annuelle est de 64.93% (Tableau 1.10) et (Figure 1.15).

Tableau 1.10. Moyenne mensuelle de l'humidité relative (1999 - 2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
H (%)	76,27	72,5	66,77	66,72	60,44	51,11	45,44	48,72	60,27	64,27	73	79,05

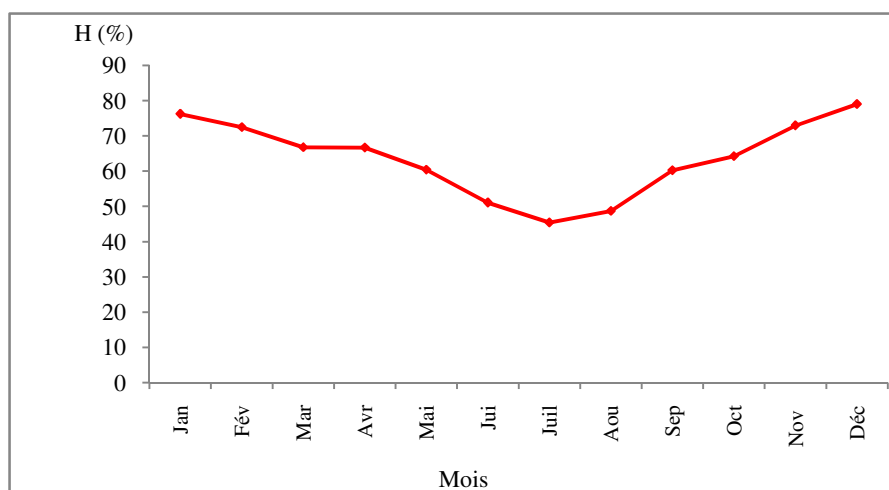


Figure 1.15. Evolution mensuelle de l'humidité relative de la station d'Oum El Bouaghi (1999 - 2016).

II.4.3. Vent

D'après le tableau 1.11 on remarque que le vent atteint sa valeur maximale avec une vitesse de 2,75 km/h durant le mois d'avril. Par contre la vitesse minimale est enregistrée durant le mois d'octobre, avec seulement 2,18 km/h. Pendant la saison hivernale il domine des vents froids humides ou secs de direction Nord-ouest, tandis que la saison sèche domine des vents chauds et secs de directions Sud-est et Sud-Sud-ouest (Figure 1.17).

Tableau 1.11. Vitesse moyenne du vent (km/h) (1999 - 2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
V (km/h)	2,36	2,82	2,67	2,75	2,62	2,58	2,67	2,51	2,33	2,18	2,3	2,46

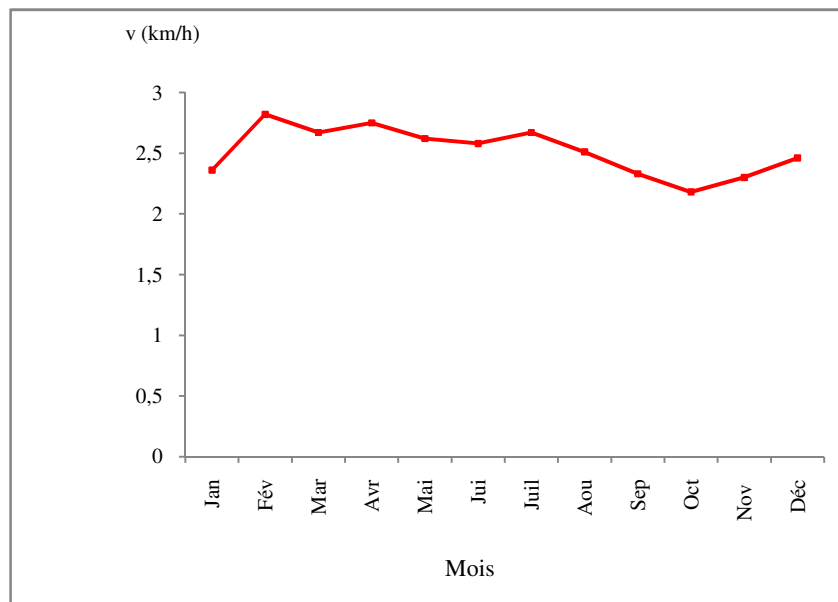


Figure 1.16. Evolution mensuelle de la vitesse du vent de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).

II.4.4. Température

À l'échelle mensuelle, la température moyenne est élevée pendant la période sèche allant du mois de juin à septembre avec un maximum de l'ordre de 26,65°C enregistré au mois de juillet. Par contre, la période hivernale (décembre à février) est caractérisée par des valeurs plus basses variant de 6 à 10°C avec un minimum pouvant atteindre 6,68°C, enregistré au mois de janvier (Tableau 1.12) et (Figure 1.17).

À l'échelle annuelle les températures enregistrées montrent une fluctuation thermique oscillent de 15,2 à 16,6°C. La moyenne annuelle est de l'ordre de 15,85°C (Figure 1.18).

Tableau 1.12. Température moyenne mensuelle de la station d'Oum El Bouaghi (1999 - 2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T(°C)	6,68	6,83	10,4	13,79	17,8	23,62	26,65	26,23	21,71	17,86	11,33	7,29

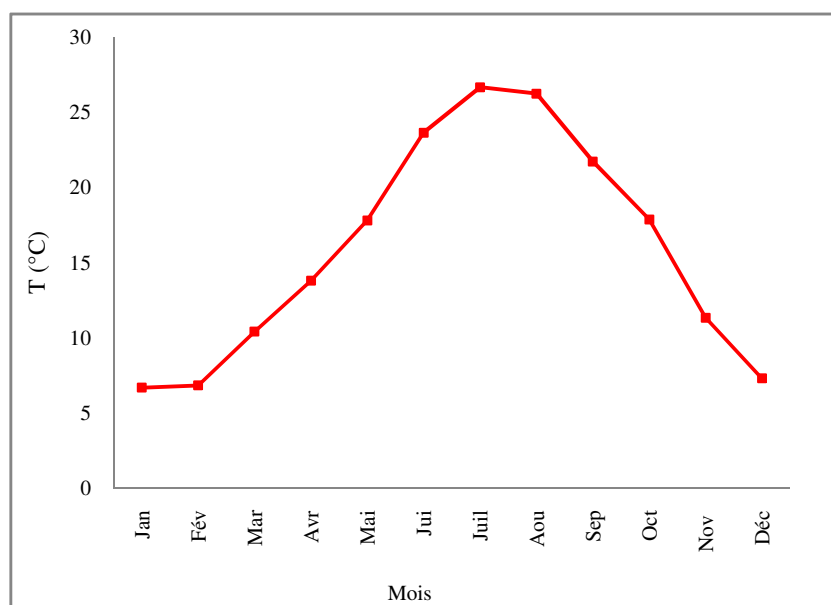


Figure 1.17. Evolution mensuelle de la température moyenne de la station d'Oum El Bouaghi (1999 - 2016).

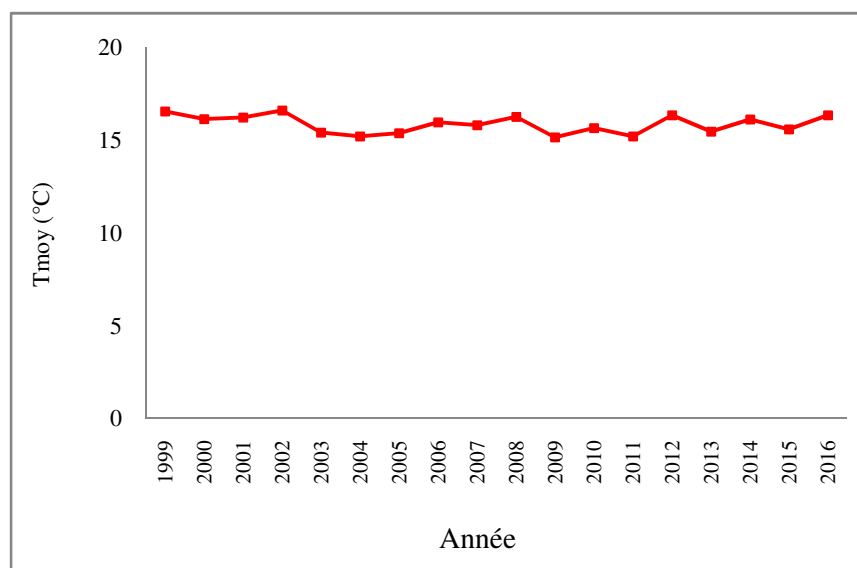


Figure 1.18. Evolution annuelle de la température moyenne de la station d'Oum El Bouaghi (1999 - 2016).

II.4.5. Précipitation

II.4.5. 1. Précipitation moyenne mensuelle

Le tableau 1.13 et la figure 1.19 montrent que la région d'étude reçoit une quantité annuelle moyenne de 401,89 mm et que le mois le plus pluvieux est le mois de mai avec 41,23 mm, alors que le mois le moins pluvieux est le mois de juillet avec 3,83 mm. La figure 1.19, montre l'irrégularité des précipitations.

Tableau 1.13. Précipitation moyenne mensuelle de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	42,12	29,1	37,67	37,45	50,17	16,92	11,1	27,36	38,4	27,23	35,22	41,23

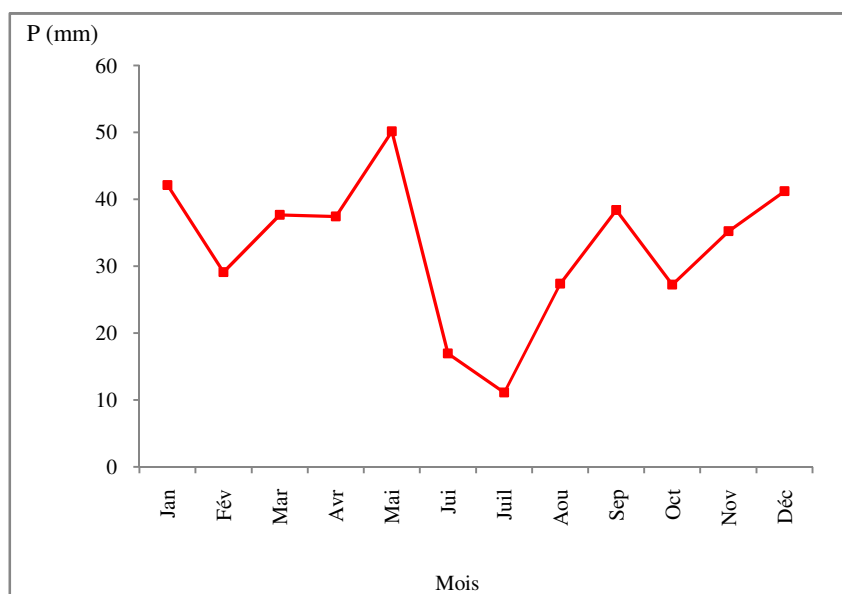


Figure 1.19. Evolution mensuelle de la précipitation moyenne de la station d'Oum El Bouaghi (1999 - 2016).

II.4.5. 2. Répartition annuelle des précipitations

L'analyse de la courbe de l'évolution annuelle de la précipitation, sur une période de 18 ans (1999 -2016), montre que l'année 2004 est l'année la plus arrosée avec (665 mm), par contre l'année 2016 est l'année la plus sèche avec 205 mm (Figure 1.20).



Figure 1.20. Evolution annuelle de la précipitation de la station d'Oum El Bouaghi (1999 - 2016)

II.4.5. 3. Répartition saisonnière des précipitations

On note que les deux saisons : hivernale et printanière sont les plus pluvieuses (Tableau 1.14) et (Figure 1.21).

Tableau 1.14. Répartition saisonnière des précipitations de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).

Saison	Hiver	Printemps	Automne	Eté
P (mm)	112,46	125,29	100,86	55,38

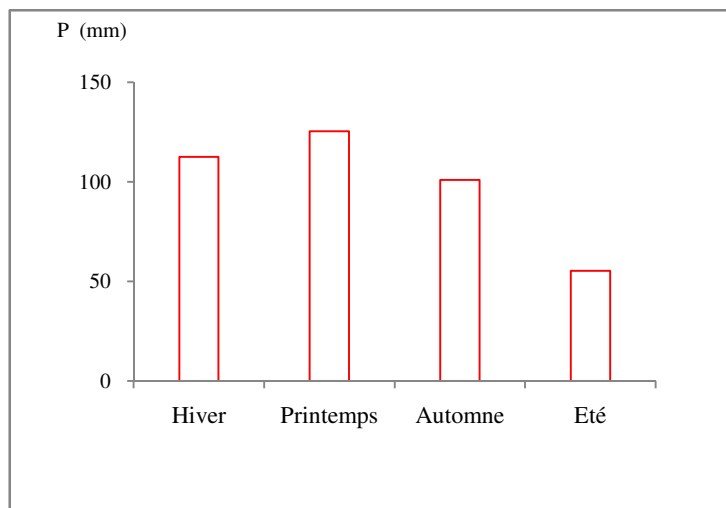


Figure 1.21. Répartition saisonnière des précipitations de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).

II.4.6. Relation température et précipitation

II.4.6. 1. Type de climat (indice d'aridité)

Selon la formule de De Martonne : $I = P/T + 10$, $I = 401,89/15,85 + 10 = \mathbf{15.54}$; Donc la région de Tamlouka appartient à un climat semi-aride caractérisé par une saison humide froide et une saison sèche chaude.

II.4.6. 2. Diagramme Pluvio-thermique

D'après ce diagramme établi à partir des données des températures et des précipitations de la station météorologique d'Oum El Bouaghi, on peut enregistrer une période sèche qui s'étale du mois de mai au mois d'octobre. La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau (Figure 1.22).

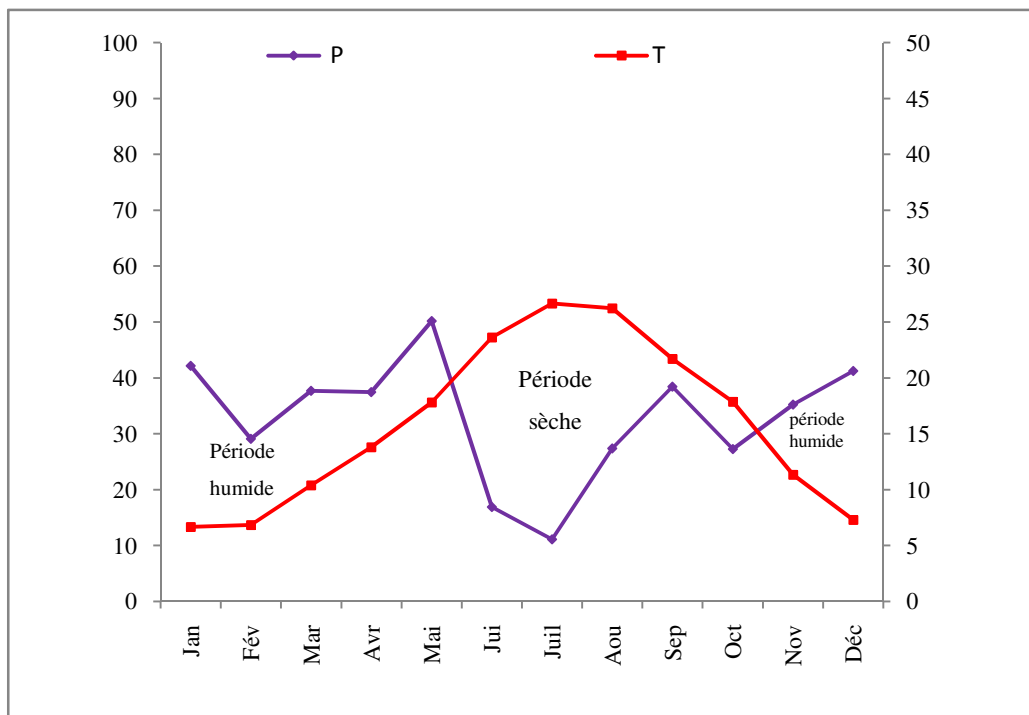


Figure 1.22. Diagramme pluvio-thermique de la station d'Oum El Bouaghi (1999-2016).

II.4.6.3. Quotient pluviométrique d'Emberger

La région où se situe le périmètre d'étude se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Figure 1.23).

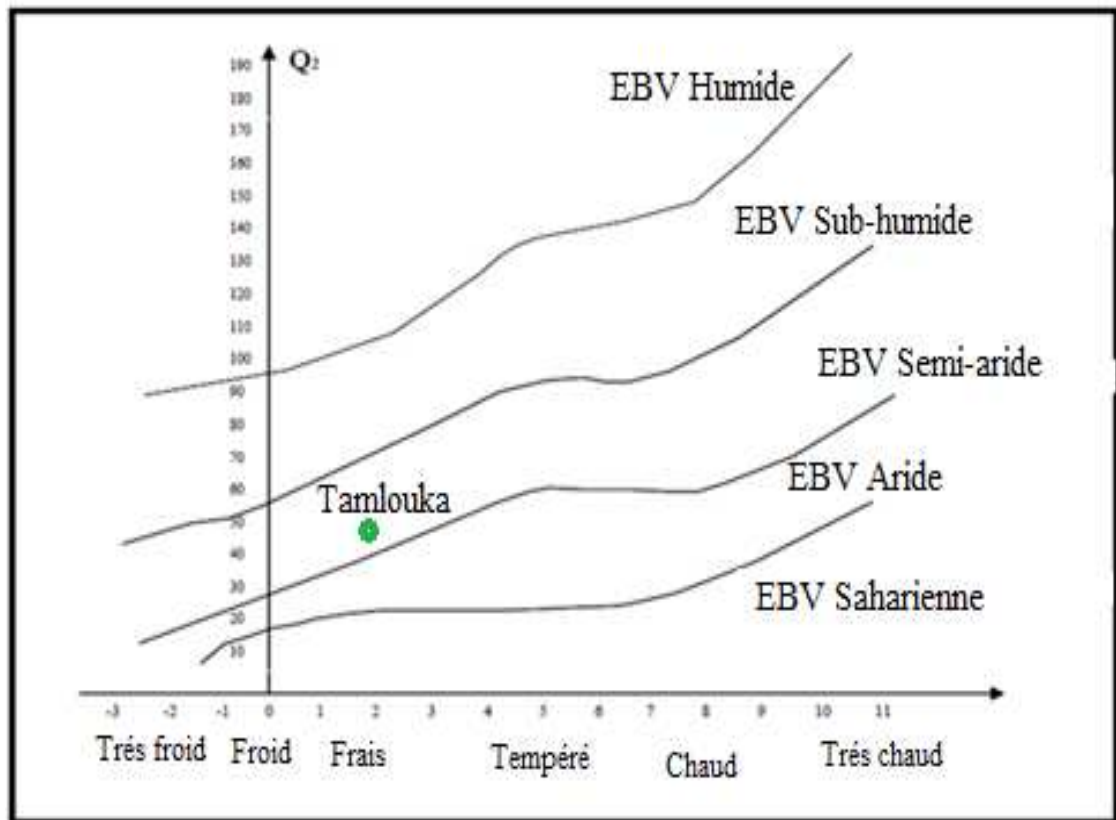


Figure 1.23. Position de la région de Tamlouka dans le Climagramme d'Emberger.

Conclusion

L'ensemble de cette étude, nous a permis de déterminer les principales caractéristiques climatologiques et hydrodynamiques de nos deux zones humides urbaines, où la première (Marais de Boussedra), est soumise à un climat méditerranéen, appartenant au domaine subhumide caractérisé par des irrégularités mensuelles et annuelles des précipitations. L'évapotranspiration réelle représente 80,77 %, avec une infiltration qui varie entre 2,96 % à 30 % des précipitations moyennes annuelles. Et la deuxième (Mare de Tamlouka), qui est soumise à un climat semi-aride confirmé par le non homogénéité pluviométrique entre la saison sèche (faible précipitation) et la saison humide (forte précipitation), ce qui influe sur le bilan hydrique qui montre des valeurs très élevées de l'évapotranspiration réelle (92.03 %). La période de recharge s'effectue au mois de novembre et commence à s'épuiser au mois de mai.

CHAPITRE II :
MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II :
MATERIEL ET METHODES

Selon Ramade 2008, la phénologie est l'étude de l'influence du temps et des conditions écologiques, entre autre climatiques, sur la succession des diverses phases du cycle vital d'une espèce, et dans le but d'évaluer la richesse avienne et la connaissance de statut phénologique des différentes espèces aviennes fréquentant le marais du Boussedra et la mare de Tamlouka, et caractériser la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau, leurs niveau de dégradation et les causes de ces perturbations, nous avons effectué des sorties mensuels des terrains d'étude, pendant un cycle annuel allant du mois de septembre 2015 jusqu'au mois d'aout 2016. Deux stations (S1 et S2) ont été choisies en amont et aval de chaque site, tenant compte des diverses activités recensées dans ces zones humides urbaines (eaux usées, domestiques, industrielles et agricoles) (Figure 2.1).



Figure 2.1. Localisation des points de prélèvement (Google earth).

I. Etude physico-chimique

I. 1. Echantillonnage et prélèvement de l'eau

L'échantillonnage se définit comme une procédure dans laquelle une portion de substance, de matériau ou de produit est prélevée pour fournir un échantillon représentatif de l'ensemble pour les besoins de l'analyse.

L'échantillonnage destiné à l'analyse physico-chimique ne pose pas de problèmes particuliers. L'eau est ensuite versée dans des flacons plastiques préalablement rincés à l'eau de la mare. Ceux-ci sont soigneusement fermés et conservés au frais sur le terrain dans une glacière, puis au laboratoire en chambre froide jusqu'à la phase de filtration.

L'échantillon peut être gardé quelques jours mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible. Les éléments tels les nitrates peuvent subir des modifications lors de la conservation (Coulibaly, 2005).

En plus des échantillons d'eau, certains paramètres physico-chimiques (pH, température et conductivité) ont été mesurés directement sur le terrain. Afin d'éviter une modification significative de ces paramètres due aux échanges éventuelles que pourraient avoir les échantillons avec l'extérieur.

I.2. Méthodes d'analyse

Les directives européennes et françaises fixent des normes de qualité pour l'eau et regroupe 62 paramètres de qualité classés en 6 catégories :

- **Organoleptiques** : mesure du goût et de l'aspect de l'eau (couleur...).
- **Physico-chimiques** : le pH (acide ou basique), la température, la conductivité, la teneur en chlorures, sulfates...
- **Substances indésirables** : nitrates, fer, manganèse...
- **Substances toxiques** : métaux lourds, arsenic, plomb...
- **Pesticides** : les doses admissibles sont très faibles, de l'ordre de 0,1 microgramme par litre d'eau.
- **Microbiologiques** : présence ou non de microbes (virus, bactéries...) pouvant être pathogènes (ex : *Escherichia Coli* ou Entérocoques) (Reggam, 2015).

I.2.1. Caractères organoleptiques

Ces déférents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport ou l'aspect de l'échantillon se modifie au cours de stockage (apparition d'une coloration, de précipitation,...etc.) (Rodier, 2009).

I.2.1.1. Couleur apparente

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'onde courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouges) sont absorbées très rapidement. La couleur des eaux de surface est due, généralement, à des substances colorées d'origine variées; (substance humiques, algues, substance minérales et rejets) (Rejsek, 2002).

I.2.1.2. L'odeur

L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (Rodier, 2009).

I.2.1.3. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, algues, micro-organismes, etc (Rodier, 2009).

C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux. Une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension.

L'appareillage utilisé est une cuve stérile et un turbidimètre, appelé aussi néphélomètre.

Mode opératoire

Remplir la cuve stérile avec l'eau à analyser.

Appuyer sur le bouton mesure.

Faire la lecture après la stabilisation de turbidimètre.

L'unité usuelle de la turbidité est la NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

- NTU < 5.....Eau claire.

- 5 < NTU < 30.....Eau légèrement trouble.

- NTU > 50Eau trouble.

I.2.2. Paramètres physico-chimiques

I.2.2.1. Température (T)

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels (Rodier, 2005). D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et de leur origine (Leclerc, 1994).

La mesure de la température est effectuée sur le terrain à l'aide d'un thermomètre portatif. Nous lirons directement la température exprimée en degré Celsius (C°).

I.2.2.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions (Hammed et *al.*, 2012).

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Saadali, 2007). La conductivité est également en fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre (Detay, 1993)

Pour la mesure de la conductivité, plonger la sonde dans le milieu à analyser, remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. Après utilisation, rincer les sondes à l'eau déminéralisée.

La qualité de l'eau en fonction de la conductivité est définie de la manière suivante :

- Conductivité de 50 à 400 $\mu\text{S/cm}$ Qualité excellente.
- Conductivité de 400 à 750 $\mu\text{S/cm}$ Bonne qualité.
- Conductivité de 750 à 1500 $\mu\text{S/cm}$ Qualité médiocre mais eau utilisable.
- Conductivité > de 1500 $\mu\text{S/cm}$ Minéralisation excessive.

I.2.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une mesure de l'activité des ions (H^+) contenus dans l'eau $\text{pH} = (\text{H}^+)$. La valeur du pH dépend de l'équilibre physique et chimique de l'eau. La mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux (Detay, 1993) (Tableau 2.1).

Le pH peut être déterminé par diverses méthodes d'analyses, telles que les indicateurs colorés, le papier-pH ou l'utilisation d'un pH-mètre (Rodier, 1996).

Tableau 2.1. Classifications des eaux d'après leur pH (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

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

I.2.2.4. Oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous est un paramètre très important pour les analyses des eaux, car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et le fonctionnement de cet écosystème en général. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs (Rodier, 1996).

Les plantes aquatiques et même les algues produisent de l'oxygène par la respiration, donc la teneur en oxygène dépend de la photosynthèse des organismes aquatiques, et de la dégradation des polluants (consommation d' O_2). Le pourcentage de saturation en oxygène (qui est en fonction de la T° de l'eau) permet de déterminer la qualité de l'eau (Rodier, 2009).

La mesure de l'oxygène dissous a été réalisée sur terrain à l'aide d'un multi-paramètre et les résultats sont exprimés en mg/L.

Mode opératoire

Plonger l'électrode de l'appareil dans l'eau à analyser et procéder à la mesure sans délai. Le temps de stabilisation de mesure est d'environ 1 minute.

I.2.2.5. Matières en suspension (MES)

Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

Matériel spécial

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe).
- Membranes de filtration.

Mode opératoire

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 minutes.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser : soit p_1 = poids des membranes avant filtration.
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (à 105°C) afin de sécher pendant 20 minutes.
- Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit p_2 = poids des membranes après filtration (Rodier, 1996 ; Hakmi, 2002).

I.2.2.6. Résidu sec

Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières dissoutes par litre d'eau. Une certaine quantité d'eau bien mélangée et vaporisée dans une capsule tarée, le résidu desséché et ensuite pesé.

Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée et dessécher.
- Prélever 200 ml d'eau à analyser.
- Porter à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ heures au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement (Rodier, 1996 ; Aminot et al., 1983).

I.2.3. Paramètres de minéralisation globale

I.2.3.1. Dureté de l'eau (TH)

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures. C'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH (Detay, 1993).

La dureté s'exprime souvent en degré français (F°) selon le classement suivant :

- 0 à 7° : Eau très douce.
- 0 à 14° Eau douce.
- 14 à 20° : Eau moyennement dure.
- 20 à 30° : Eau assez dure.
- 30 à 50° : Eau dure.
- 50° et plus : Eau très dure.

Détermination de la dureté totale

En pratique la dureté totale est défini par : $[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]$

➤ Méthode titrimétrie à l'EDTA

Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du Mg^{2+} , la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (Rodier, 1996, 2005).

Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 et 3 gouttes d'indicateur au noir ériochrome T. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10 en maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte jusqu'au virage du violet au bleu. Noter le volume versé V_{EDTA} .

Expression des résultats

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en mmole/L est donnée par l'expression suivante :

$$100 \times C_{EDTA} \times V_{EDTA} / E.$$

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

I.2.3.2. Calcium (Ca^{2+})

Le Calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeurs de la dureté de l'eau. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorures, etc.... (Rodier, 1996).

Détermination de Ca^{2+} : Méthode titrimétrie à l'EDTA

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml. Ajouter 3 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et 2 à 3 gouttes de la solution de bleu d'ériochrome. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet. Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

Expression des résultats

La concentration de calcium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$- \text{CCa}^{2+} = V \text{ EDTA} \times N \times 20/E \times 1000.$$

$$- N = 1/50.$$

$$- E = \text{volume en ml de la prise d'essai}$$

I.2.3.3. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996). Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites) (Debieche, 2002).

Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau.

➤ Détermination de Mg^{2+}

Méthode par calcul

Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en CaCO_3 mg /l (Rodier, 2005).

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

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

I.2.3.4. Chlorures (Cl^-)

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl_2). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles (Chaoui, 2007).

Un surdosage en chlorures dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de

200 mg/l de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani, 2000).

Dosage des ions chlorures

➤ Méthode argentrimétrique

Principe

Les ions chlorure sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui, en présence d'un excès d'ions d'argent, forme un précipité rouge. A l'aide d'une pipette jaugée, introduire 100 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250 ml. Vérifier à la phénolphthaléine, autrement dit l'absence de coloration rose après ajout de 2 à 3 gouttes de cet indicateur. Ajouter 1 ml de chromate de potassium et doser par l' AgNO_3 jusqu'au virage à la teinte brunâtre.

Noter le volume versé V_{AgNO_3} ml (Rejsek, 2002).

Expression des résultats

La concentration de chlorure, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$-C_{\text{Cl}^-} = V_{\text{AgNO}_3} \times N \times 35,5 \times 1000/E.$$

$$-N = 1/50.$$

$$-E = \text{volume en ml de la prise d'essai.}$$

I.2.3.5. Potassium (K^+)

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 340 mg/l pour les chlorures de potassium (Hammed et *al.*, 2012).

Dosage de (K^+) et

Le potassium est dosé par spectrophotométrie d'émission de flamme. Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie (Rodier, 1996).

I.2.3.6. Sulfate (SO_4^{2-})

Elles sont rencontrées sous forme de sulfates de magnésium et sous forme calcique dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux. Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable (Hammed et *al.*, 2012).

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les

terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé.

Dosage de sulfate

➤ Méthode néphélométrique

Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi stabilisé à l'aide d'une solution de "Tween 20" ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

Mode opératoire

Introduire 39 ml d'eau à analyser dans un tube à essai, ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique au 1/10 et 5 ml de la solution de chlorure de baryum. Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 39 ml, la courbe donne directement la teneur de sulfates exprimée en milligramme de SO_4^- par litre d'eau.

I.2.4. Eléments de la pollution

I.2.4.1. Ortho phosphates

Les phosphates se rencontrent dans les eaux naturelles, dans les eaux usées domestiques et agricoles. Ils se forment par suite de la décomposition de la matière organique. Ils jouent un rôle important dans la croissance des organismes et représentent un facteur limitant dans la productivité primaire des eaux : un milieu pauvre en phosphate est peu productif et est dit oligotrophe tandis qu'un excès de phosphate le rend eutrophe.

Dosage d'Ortho phosphate

➤ Méthode colorimétrique

Principe

Les ions orthophosphates en solution acide (H_2SO_4) et en présence de molybdate d'ammonium forment un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur le tartrate double d'antimoine et de potassium (Rodier, 1996).

Mode opératoire

Introduire à l'aide d'une pipette, 20 ml d'eau à analyser préalablement filtrée dans une fiole jaugée de 25 ml. Ajouter 1 ml de la solution d'acide ascorbique et 4 ml de réactif molybdique. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm en cuve de 1 cm.

Expression des résultats

La courbe donne la teneur en phosphate, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai.

I.2.4.2. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont issus de l'oxydation des nitrites (nitration) grâce aux bactéries du genre *Nitrobacter*. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. Dans les eaux de surface, les taux de nitrates sont très variables selon les saisons et l'origine des eaux. Ils peuvent aussi varier selon que le milieu est oxydant ou réducteur et leurs valeurs peuvent être élevées en cas de pollution azotée. Les nitrates n'ont pas d'effets toxiques directs à faibles doses ; mais le fait qu'ils puissent conduire aux nitrites dans les conditions peu oxydantes leur confère une toxicité indirecte.

Dosage des nitrates

➤ Méthode spectrophotométrique à l'acide sulfosalicylique

Principe

En présence de Salicylate de Sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Mode opératoire

Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'Hydroxyde de sodium, ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium.

Evaporer à sec dans une étuve portée à 75-80°C.

Laisser refroidir.

Reprendre le résidu par 2 ml d'acide Sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15 ml de la solution d'Hydroxyde de sodium et de Tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.

Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420nm.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en nitrate (NO_3^-) exprimée en mg/l d'eau.

I.2.4.3. Nitrites (NO_2^-)

Ils sont formés sous l'action des bactéries nitreuses du genre *Nitrosomonas* par oxydation de l'ammonium ou par réduction des nitrates. Ils peuvent également être d'origine industrielle. Ils constituent le plus souvent la preuve de la présence d'impuretés d'origine fécale. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence indique un état critique de pollution organique car cela indique un manque d'oxygène pour l'autoépuration.

Dosage des nitrites

Prendre 50 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml de solution de Sulfanilamide (réactif I) et mélanger. Laisser reposer 2 à 8 min, puis ajouter 1 ml de la solution N- Naphtyl-Ethylène- Diamine (Réactif II) et mélanger à nouveau. Attendre 10 min et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm en cuve de 10 cm (Aminot et *al.*, 1982).

I.2.4.4. Ion ammonium (NH_4^+)

La présence de l'azote ammoniacal dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'ammonium résulte de la première étape de la dégradation de la matière organique azotée par les bactéries ammonifiantes : on parle d'ammonisation. En dehors de la pollution organique (matières végétales, matières organiques animales ou humaines), l'ammoniac peut provenir des rejets industriels, des engrais, des eaux souterraines, des eaux de pluies. Une forte concentration d'ion ammonium dans l'eau avec un pH faible n'est pas dangereuse pour la flore et la faune aquatique ; par contre, une quantité faible d'ions ammonium avec un pH élevé se révèle toxique ; il se transforme assez rapidement en ammoniac qui est nuisible aux poissons quand il pénètre dans leurs branchies.

Dosage d'Ammonium

Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau à analyser directement dans le flacon à réaction, ajouter 3 ml du réactif I (solution de Phénol-Nitroprussiate), boucher et agiter pour bien homogénéiser, puis ajouter 1,5 ml du réactif II (solution alcaline d'hypochlorite), boucher et agiter à nouveau. Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h à températures ambiantes.

Mesurer l'absorbance à 630 nm (Aminot et *al.*, 1982).

I.2.4.5. Détermination des matières organiques

La matière organique provient soit l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se trouvent dans l'eau (Reggam, 2015).

Principe

Les matières organiques contenues dans l'eau seront oxydées à chaud par un excès de permanganate de potassium. L'excès de KMnO_4 sera ensuite réduit par un excès d'ions ferreux, et l'excès de ces derniers ions sera titré par une solution de KMnO_4 .

Réactifs

- Solution de KMnO_4 de normalité N/80 ;
- Solution de sel de Mohr ($\text{FeSO}_4 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à 25g/l ;
- Solution d'acide sulfurique ($d = 1,83$) dilué au $\frac{1}{2}$.

Mode opératoire

- Dans un Erlenmeyer de 250 ml à col rodé, porté à ébullition sur la plaque chauffante 100 ml d'eau à analyser additionnée de 10 ml d'acide sulfurique ;
- Ajouter 50ml de KMnO_4 et maintenir à ébullition pendant 10min exactement ;
- Refroidir rapidement et ajouter progressivement au mélange 10ml de sel de Mohr ;
- Ajouter ensuite quelques gouttes (3) d'acide phosphorique ;
- Titrer ensuite l'excès des ions ferreux par le permanganate de potassium N/80 ; jusqu'à apparition d'une coloration rose - violette persistante ;
- Noter le volume V de KMnO_4 versé ;
- Refaire le même dosage cette fois-ci avec 100 ml d'eau distillée (exempte de matières organiques) comme eau à analyser ;
- Noter le volume V' de KMnO_4 (Cherrah et *al.*, 2007).

II. Etude bactériologique

II.1. Prélèvement de l'eau

II.1.1. Techniques de prélèvement

L'analyse débute par l'acte de prélèvement, qui doit mettre en œuvre des méthodes propres à assurer l'absence de contamination de l'échantillon et la survie bactérienne (condition de conservation) (Rodier, 2009). Les techniques de prélèvement dépendent du but et de nature de l'analyse qui dépendent eux-mêmes de la nature de l'eau.

Pour une eau de surface : le flacon est immergé complètement et débouché en position verticale renversée en le tenant par le fond : il est donc retourné jusqu'à ce que l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond de toute façon, il faut éviter de heurter les rives, le fond, la proximité de la surface (au moins 30 cm) (Guiraud, 1998).

II. 1.1. Précaution concernant l'échantillon

Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons stériles de verre pyrex ou de polypropylène à large ouverture, de capacité d'environ 250 ml, en laissant un espace d'air d'au moins 2,5 cm entre la surface du liquide et le bouchon.

Chaque prélèvement doit être accompagné d'une fiche de renseignement et transmit sans retard au laboratoire. Il importe de procéder l'analyse dans un délai très court, inférieur à 8 heures. Si la température extérieure est très élevée, la température de l'eau ne doit pas être modifiée jusqu'à son traitement au laboratoire, il faut utiliser une glacière (Guiraud, 2003).

II.2. Examen bactériologique

L'analyse bactériologique de l'eau consisterait à rechercher soit les germes susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui sont indicatrices de contamination fécale. Ces germes encore appelés « témoins de contamination fécale » sont éliminés par les matières fécales. La présence de ces micro organismes révèle la probabilité d'une mauvaise qualité hygiénique et constitue souvent une présomption de micro organismes pathogènes beaucoup plus dangereux : Entérobactéries, coliformes, coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli*, Streptocoques fécaux (entérocoques), *Clostridium* sulfito-réducteurs, parfois bactériophages fécaux, Staphylocoques...etc. (Rodier, 2009).

II.2.1. Coliformes

Les coliformes sont des bactéries Gram négatives en forme bâtonnet aérobies anaérobies facultatives, non sporulées, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et possèdent l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du

lactose afin de produire d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C (Dellaras, 2003 ; Chevalier et *al.*, 2003).

II. 2.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*), dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Roux, 2003).

La bactérie *E. coli* représente toute fois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés et constitue le seul membre de ce groupe que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales humaines et des animaux, bien que leur présence dans l'eau indique une contamination récente (Chevalier et *al.*, 2003).

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température comprise entre $42 \pm 2^\circ\text{C}$.

II.2.3. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe «D» de la classification de Lancefield, ou encore les entérocoques intestinaux, sont des hôtes normaux des intestins de l'homme et des animaux (Guiraud, 2003), se présentent sous forme de cocci à Gram positif, sphériques ou ovoïdes formant des chainettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium, capables d'hydrolyser l'esculine en présence de bile en 2 heures à 44°C (Labres et *al.*, 2008).

Les streptocoques 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.

II.2.4. Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs se présentent sous formes de bactéries Gram positives développant en anaérobiose à 37°C, leur dénomination est due au fait que ces espèces sont capables de produire de l'hydrogène sulfuré (H_2S) à partir du sulfite de sodium présent dans le milieu (Dellaras, 2003).

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des hôtes normaux de l'intestin, mais ils peuvent se rencontrer également dans le sol et dans les matières organiques en voie de purification. Leur résistance est beaucoup plus importante que celle des autres germes indicateurs car ils sont sporulés (Guiraud, 2003). La forme spore beaucoup plus résistante que

la forme végétative des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettre ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente.

Dans une telle optique d'interprétation, il y a intérêt à ne rechercher que les espèces les plus susceptibles d'être d'origine fécale : c'est le cas en particulier de *Clostridium perfringens* (Rodier, 2009).

II.2.5. Bactéries spécifiques

Il existe une grande variété des bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eau. Celle-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme : *Compilobacter jejuni*, *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus*, *Vibrio*, *Yersenia enterocolitica*.

Leur recherche dans les eaux n'est pas systématique. En effet leur présence en quantité généralement faible ainsi que leurs exigences métaboliques les rendent difficiles à isoler et dénombrer (Rodier, 2009).

II.3. Méthodes d'analyse bactériologique

II.3.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22°C et ceux mésophiles soit 37°C (Rejsek, 2002).

➤ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser (Solution mère = 1) et / ou des dilutions décimales 10^{-1} et 10^{-2} , porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage.

Compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à $45 \pm 2^\circ\text{C}$. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

Laisser solidifier les boîtes sur la paillasse. Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes:

- La première série sera incubée à 22 °C pendant 72 heures.
- La seconde série sera incubée à 37 °C pendant 48 heures.

➤ **Lecture**

Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous formes de colonies lenticulaires poussant en masse.

➤ **Dénombrement**

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte des deux remarques suivantes:

- Dénombrer les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.
- Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml d'eau à analyser à 22°C et 37°C.

II.3.2. Recherche et dénombrement des germes témoins de contamination fécale

II.3.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes

La recherche et le dénombrement des coliformes ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie.

La colimétrie consiste à déceler et dénombrer les germes coliformes dont les coliformes fécaux. Elle se réalise en deux étapes :

- La recherche présomptive des coliformes.
- La recherche confirmative des coliformes et coliformes fécaux.

➤ **Mode opératoire**

a. Test présomptif

Il est effectué en utilisant le bouillon lactosé au Bromocrésol Pourpre (BCPL). Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel du gaz dans le milieu. A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement:

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

➤ **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites (Labres et *al.*, 2008).

Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporter à la table de Mac Grady (Méthode 1.5.5), pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 100 ml d'eau à analyser.

b. Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermo-tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C. *Escherichia coli* est un coliforme thermo-tolérant qui entre autre:

- produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C,
- donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- ne produit pas de l'acéthyl méthyl carbinol,
- n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures. (Labres et *al.*, 2008).

➤ Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux, et
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

Noter le nombre des tubes positifs et exprimer le résultat selon la table de Mac Grady (Méthode 1.5.5) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de coliformes fécaux par 100 ml d'échantillon.

Remarque

Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux.

Les résultats sont exprimés en germes par 100 ml d'eau analysée (Labres et *al.*, 2008).

II.3.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques: méthode générale par ensemencement en milieu liquide

Ces streptocoques du groupe D (Entérocoques) sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécales, car tous ont un habitat fécale : cependant leur spécification ne serait pas identique pour toutes les espèces.

Les Streptocoques fécaux sont dénombrés en milieu liquide à l'aide de deux bouillons de culture (milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky). Cette méthode fait appel à deux tests consécutifs à savoir : test de présomption suivi du test de confirmation.

➤ Mode opératoire

a. Test présomptif

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (Labres et *al.*, 2008).

➤ Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme susceptibles de contenir un Streptocoque fécal, ils seront obligatoirement soumis au test confirmatif.

Noter le nombre des tubes positifs dans chaque série.

b. Test confirmatif

A partir des tubes de bouillon positif, ensemer 2 ou 3 gouttes dans un bouillon à l'éthyle violet et acide de sodium (Eva – Litsky).

Incuber les tubes à 37°C pendant 24 heures

➤ Lecture

Considérés comme positif les tubes pour les quels nous observons un trouble due au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet.

Compter les tubes positifs dans chaque série et se reporter à la table de Mac Grady (Méthode 1.5.5) pour obtenir le nombre de streptocoques fécaux présent dans 100 ml d'eau à analyser.

II.3.3. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram+, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie (VF) en donnant des colonies

typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire.

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (Rejsek, 2002).

➤ **Mode opératoire**

On utilise la gélose viande-foie (VF) répartis en tubes de 22, à 20 ml par tube. Dans la gélose fondue au bain marie bouillant, on rajoute avant l'emploi :

- 0,4 ml de sulfite de sodium à 5%.
- 4 gouttes de l'alun de fer ammoniacal préparé aseptiquement.

On repartit l'eau à analyser comme suit :

- 5 tubes à raison de 5 ml d'eau par tube.

On porte ces tubes au bain marie à 80°C pendant 10 minutes afin de ne laisser viables que les spores de *Clostridium*.

On ajoute alors la gélose immédiatement régénérée et prêt à l'emploi.

On homogénéise sans retourner les tubes doucement en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.

Refroidir sous l'eau du robinet.

Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37°C pendant 24 à 48 h (Labres et *al.*, 2008).

➤ **Lecture et expression des résultats**

Considérer comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire de 0.5 mm de diamètre entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spore par 20 ml d'eau à analyser (Rejsek, 2002).

II.3.4. Recherche des germes pathogènes

II.3.4.1. Méthode d'ensemencement sur gélose

Les géloses employées sont : Mac Conkey, Hektoen, Salmenelles-Shigelles (SS), Chapman, et gélose nutritive (GN). L'ensemencement par stries sur boîtes de Pétri est pratiqué le plus souvent dans un but d'isolement. L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface. Les boîtes sont codées puis incubées à 37°C pendant 24-48 heures.

II.3.4.2. Isolement et purification des souches

Sur les géloses Mac Conkey, Hektoen, Chapman, gélose Nutritive, qui sont mises en

culture, nous avons choisi les colonies suspects ou désirées et les repiqué dans des nouvelles boîtes gélosées afin de vérifier la pureté des souches. Ces milieux gélosés sont mis en culture par stries et incubés à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Identification**

L'identification d'entérobactéries pathogènes repose sur la non utilisation des glucides présents dans le milieu (Rejsek, 2002).

➤ **Caractéristiques morphologiques**

Dans les conditions données, chaque espèce bactérienne développe une colonie de taille, de forme, de couleur et de consistance caractéristiques (Singleton, 1999).

Nous avons noté pour chaque type des colonies distinctes les caractéristiques suivantes: (diamètre, contour, élévation, couleur, surface).

II.3.4.3. Identification biochimique

II.3.4.3.1. Galerie API 20E

La galerie API 20 E est un système pour l'identification des Entérobactéries et autres bacilles Gram négatif, utilisant 20 tests biochimiques standardisés et miniaturisés, ainsi qu'une base de données.

➤ **Principe**

La galerie API 20 E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats sous forme déshydratée. Les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs.

➤ **Mode opératoire**

L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- Remplir tubes et cupules des tests : [CIT], [VP], [GEL], avec la suspension bactérienne (Figure 2.2).
- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.
- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H₂S en remplissant leurs cupules avec l'huile de paraffine.
- Refermer la boîte d'incubation, coder et placer à 37 °C pendant 18-24 heures.



Figure.2.2. Galerie API 20E

➤ Lecture

Noter sur la fiche de résultat toutes réactions spontanées.

Si le glucose est positif et/ou si 3 tests ou plus sont positif : révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs.

- Test VP : ajouter une goutte de réactif VP1 et VP2. Attendre au minimum 10 minutes. Une couleur rose franche ou rouge indique une réaction positive.
- Test TDA : ajouter une goutte de réactif TDA. Une couleur marron foncée indique une réaction positive.
- Test IND : ajouter une goutte de réactif de Kovacks. Un anneau rouge obtenu en 2 minutes indique une réaction positive.

La lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique API 20E.

II.3.4.3.2. Galerie classique

a. Milieux solides

➤ Recherche du citrate perméase

Ce test permet d'établir l'utilisation du citrate comme seule source de carbone par la bactérie qui possède l'enzyme citrate perméase, en provoquant l'alcalinisation du milieu utilisé. Le milieu citrate de Simmons permet de mettre en évidence ce caractère, ainsi qu'il possède un indicateur de pH « le bleu de bromothymol » dont il vire vers la couleur verte (à pH acide) et en bleue (à pH alcalin) (Rejsek, 2002).

La pente estensemencée par une strie longitudinale, réalisée à l'anse, à partir d'une suspension de la culture solide (gélose Mac Conkey ou gélose nutritive), en eau distillée stérile.

Ne pas visser le bouchon à fond, afin de permettre les échanges gazeux (en particulier élimination du dioxyde de carbone). Mettre à l'étuve 24 heures à 37°C.

- Virage de l'indicateur de pH au bleu : il y a eu alcalinisation du milieu et la souche est citrate de Simmons + (Figure 2.2).

- Pas de virage de l'indicateur de pH : il n'y a pas eu alcalinisation et le milieu ne présente pas de culture. La souche est citrate de Simmons – (Figure 2.3).



Négatif

Positif

Figure 2.3. Milieu citrate de Simmons

➤ Test du mannitol mobilité

Ce milieu se présente sous forme de gélose molle (4 mg pour 1000 d'Agar) contenant du mannitol (qui est un produit de dégradation du mannose), du rouge de phénol et des nitrates 1 g /1000. La présence de nitrate de potassium dans le milieu inhibe les enzymes responsables de dégagement gazeux (Rejsek, 2002).

En premier lieu, on ensemence la colonie à étudier dans un bouillon nutritif (Entérobactéries) ou dans un BGT (Streptocoques) ou alors dans un BHIB (Staphylocoques), et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 h et cela afin de permettre à la bactérie de synthétiser les flagelles nécessaires à son déplacement.

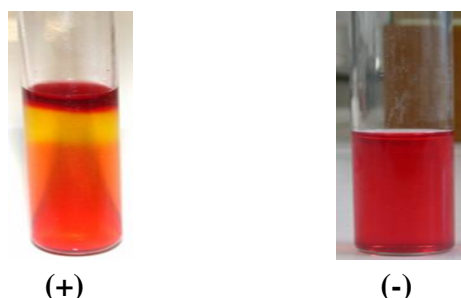
Le milieu est ensemencé par piqure centrale ce qui permet d'apprécier en plus de l'utilisation du Mannitol, la mobilité du germe. Incuber à 24 h à T° optimale.

➤ Lecture

-Si le milieu prend une coloration jaune : la bactérie est mannitol ⁺.

-Si le milieu reste rouge : la bactérie est mannitol ⁻ (Figure 2.4).

-Si les bactéries sont mobiles, elles se disperseront à partir de la piqure d'ensemencement créant un trouble dans le milieu, sinon : les bactéries sont immobiles (Rjsek, 2002).



(+)

(-)

Figure 2.4. Milieu Mannitol mobilité

➤ Utilisation des hydrates de carbone (TSI)

Le milieu triple Sagar Iron (TSI) est utilisé pour l'identification rapide des entérobactéries sur la base de leur capacité de fermentation de glucose, du lactose et de saccharose et de leur capacité de la production de gaz d'hydrogène sulfureux (H_2S) à partir de la cystéine et production du gaz carbonique (CO_2). Ce milieu est composé d'un culot et une pente, et contient le rouge de Méthyle comme un indicateur de pH.

Si les bactéries utilisent le glucose, le culot se colore en jaune, alors que si elles utilisent le lactose et le saccharose, c'est la pente qui se colore en jaune. La production du gaz se traduit par la formation de bulles de gaz ou soulèvement de la gélose, alors que la production de H_2S se traduit par un noircissement du milieu (Rodier, 2009).

L'ensemencement de milieu s'effectue par stries au surface tout le long de la pente, puis par pique centrale au niveau de culot. Incuber les tubes, bouchons desserrés en atmosphère aérobie à une température de $37^\circ C$ pendant 24 heures.

b. Milieux liquides

➤ Test de l'indole

L'indole est le métabolite terminal de la dégradation du tryptophane présent initialement dans le milieu. 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 $37^\circ C$, nous ajoutons quelques gouttes de réactif de Kovacks. La lecture est immédiate

- Réaction indole positive : anneau rouge ou rose.
- Réaction indole négative : anneau brunâtre.

➤ Teste de réduction du nitrate

Le milieu bouillon nitraté permet de recherche de la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-). Plus la fermentation du fructose.

Nous avons ensemencé le bouillon nitraté et incubé à $37^\circ C$ pendant 24 heures. Après incubation nous avons ajouté deux gouttes du réactif nitrate réductase I (solution naphthol à 6% dans l'alcool à 60%) et deux gouttes du réactif nitrate réductase II.

- Si le milieu devient rose ou rouge, la réaction est dite nitrate réductase positive.
- Si le milieu reste incolore, dans ce cas on a deux événements :
 - ✓ Ou bien les nitrates ont d'abord été réduits en nitrites mais la réduction s'est poursuivie.

- ✓ Ou bien les nitrates n'ont pas été réduits en nitrites et se trouvent donc dans le bouillon nitrate.

Dans ce dernier cas, nous provoquons la réduction chimique en ajoute de la poudre de Zinc, et la couleur apparaîtra, la bactérie est dite nitrate réductase négative.

➤ **Recherche de l'acétone**

Le milieu Clark et Lubs permet l'étude de la voie de fermentation du glucose (Mise en évidence des voies de fermentaires des entérobactéries). L'ensemencement se fait largement et l'incubation se fait à une température optimale pendant 24 à 48 heures.

- La formation d'Acétoïne = Acetyl-Methyl-Carbinol par décarboxylation : réaction de Voges Proskrover.

- La formation d'acides acétiques et formiques en aérobiose et en anaérobiose : réaction au rouge méthyle (Rodier, 2009).

➤ **Test VP (Voges-Proskauer)**

- Ajouter 10 gouttes d'alpha naphthol et le même volume de coude concentré (ou de potasse).

- Incliner le tube pour permettre une bonne oxygénation et attendre quelque minute à une heure.

- Lorsque le milieu devient rouge : VP^+ , ou bien devient jaune : VP^- .

➤ **Test RM (Rouge de Méthyle)**

- Ajouter 2 à 3 gouttes de méthyle. La lecture est immédiate et les résultats sont comme suit : - teinte rouge = RM^+ , - teinte jaune = RM^-

➤ **Recherche du tryptophane désaminase (TDA)**

La désaminase agit sur le L-tryptophane en donnant l'acide indole-pyruvique. Ce dernier donne avec le perchlorure de fer une coloration brun rouge.

Nous ensemençons le milieu urée-indole avec une suspension épaisse de bactéries. Après 2h d'incubation, nous ajoutons 02 gouttes de perchlorure de fer dilué au 1/3.

- Résultat TDA^+ : coloration brune-rouge avec présence d'un précipité.

- Résulta TDA^- : coloration jaune orangée.

➤ **Mise en évidence de l'uréase**

La recherche de l'uréase consiste à constater l'alcalinisation d'un contenant de l'urée, qui est un élément important des germes qui l'utilisent comme source d'azote, d'où l'utilisation du milieu urée-indole,

Nous réalisons à partir d'une culture Hektoen une suspension aussi dense des bactéries à étudier dans 0.5 ml de milieu urée-indole. Nous incubons à 37°C pendant 12 à 18 heures.

- Uréase positive : virage de l'inducteur du jaune au rouge violacé ou rose rouge.
- Uréase négative : pas de changement de coloration ou virage au jaune citron.

➤ Recherche des *Salmonella*

Les *Salmonella* sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de bacilles Gram négatifs, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂S.

• Mode opératoire

Jour 1. Premier Enrichissement

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cystéine D/C réparti à 100 ml par flacon. Ce dernier sera doncensemencé à l'aide de 100 ml d'eau à analyser, on ajoute ensuite un additif SFB en disque (Sélénite acide de sodium) à raison de 10 disques, puis on incube à 37°C pendant 18 à 24 heures.

Jour 2. Deuxième enrichissement et isolement

Ce flacon fera l'objet :

- d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes à raison de 0,1 ml.
- d'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoén, et l'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

• Lecture des boîtes et identification

- D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement,
- D'autre part, la boîte de gélose Hektoén subira une lecture en tenant compte du fait que les *Salmonella* se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

• Identification morphologique et biochimique

Les colonies obtenues feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroule comme suit :

- Ensemencement d'un tube de Kligler-Hagia ou TSI qui sera incubé à 37°C, 24 h (Lactose, Saccharose, Glucose, Gaz et H₂S) (Labres et *al.*, 2008).
- Identification biochimique par l'API 20E.

Les *Salmonella* se divisent en deux grands groupes: les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes (Pechère et *al.*, 1982 ; Carbonnelle et Kouyoumdjian, 1988 ; Labres et *al.*, 2008).

➤ Recherche des *Shigella*

Les Shigelles (bactéries du genre *Shigella*), sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif (Berche et *al.*, 1988) ; éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. Morphologiquement ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches du *E coli* (Pechère et *al.*, 1982 ; Carbonnelle & Kouyoumdjian, 1988).

Milieux de culture utilisés

Sur gélose ordinaire en 24 heures à 37°C, *Shigella* produit des colonies de taille moyenne (2 à 3 mm de diamètre), rondes, régulières et brillantes.

- Milieux ordinaire et électifs :
 - Gélose ordinaire
 - Gélose BCP
- Milieux sélectifs :
 - Gélose SS (Salmonella-Shigella) contient bile, citrate, hyposulfite et vert brillant comme inhibiteurs. Après 48 h d'incubation à 37°C, on peut différencier les *Salmonella* et *Shigella* qui se présentent sous formes de colonies incolores, transparentes avec parfois un centre noir (colonies H₂S⁺) (Guiraud, 2003).
 - Gélose Mac Conkey
 - Gélose lactosée au désoxycholate
 - Gélose Hektoen

Caractère biochimique

Il se détermine sur une galerie classique ou miniaturisée pour *Enterobacteriaceae* avec laquelle elles se différencient par un ensemble de caractères négatifs :

- Absence d'uréase, de désaminase et de Lysine décarboxylase.
- Absence de production de H₂S et d'acétoïne.
- Pas d'utilisation du Citrate comme seule source de carbone sur milieu citrate de Simmons.

Le caractère ONPG, mannitol, indole et ODC varient selon les biotypes (Tableau 2.2).

NB. L'identification de ces deux bactéries (*salmonella* et *Shigella*) se fait parfaitement par le système APi (Sayad, 2008 ; Labres et *al.*, 2008).

Tableau 2.2. Caractères d'identification biochimique de *Shigella* (Sayad, 2008).

Milieu	Tests	<i>Shigella</i>
TSI	Glucose	+
	Lactose	-
	H ₂ S	-
	Gaz	-
Mannitol-mobilité	Mobilité	-
Urée-indole	Uréase	-
	TDA	-
Citrate de Simmons	Citrate	-

➤ Recherche des Staphylocoques

Les Staphylocoques sont des cocci en grappe de raisin, Gram positifs, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des organismes humains et animaux. Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont :

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

Selon la disponibilité des milieux de culture, trois techniques différentes sont recommandées pour la recherche de *Staphylococcus aureus* à savoir :

- Méthode de Baird Parker
- Méthode d'enrichissement sur milieu de Giolitti Cantonii
- Méthode d'enrichissement sur milieu de Chapman

Dans le cas des eaux de mer, la recherche de *Staphylococcus aureus* par l'enrichissement sur milieu de Chapman est recommandée.

A. Dégradation de mannitol

Principe

Le milieu de Chapman est un milieu sélectif, permettant la croissance des germes halophiles. Parmi ces germes figurent au premier rang les bactéries du genre *Staphylococcus*, ce milieu contient un inhibiteur : fortes concentrations en chlorure de sodium (75g/l), ce qui

permet un isolement sélectif de *Staphylococcus* tolérant les fortes concentrations en NaCl (Joffin et Leyrol, 2001 in Toumi, 2012).

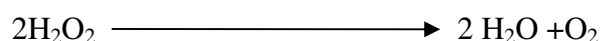
Résultat

Les colonies mannitol + : sont entourées d'une auréole jaune. Le milieu Chapman permet seulement une orientation pour l'identification de l'espèce *Staphylococcus aureus* mais des testes de confirmation sont obligatoires.

B. Recherche de 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 catalase est une enzyme qui dégrade l'eau oxygénée en eau et oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivant :



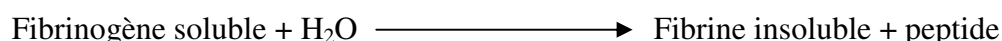
Mode opératoire

On dépose sur une lame une goutte d'eau oxygénée à 10 volumes et on y ajoute directement un peu de culture à étudier prélevée sur milieu Chapman. Si la souche examinée possède une catalase, nous observons un dégagement immédiat de bulles gazeuses (Delarras., 2003).

C. 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).

Les souches *Staphylococcus aureus* provoquent la coagulation du plasma oxalaté de lapin en 24 heures, ainsi que des espèces de staphylocoques animale (*S. intermedius*). Les autres espèces d'origine animale et humaine sont à coagulase négatives. La staphylocoagulase est une enzyme qui permet de catalyser la transformation du fibrinogène (soluble) en fibrine (insoluble) selon la réaction suivante:



Mode opératoire

Nous avonsensemencé un bouillon cœur-cerveille à 37°C pendant 24h par des colonies de Chapman, ensuite en prend 0,1 ml de bouillon cœur-cerveille est ajouté au plasma de lapin en suite incubé à 37°C. Examiner les tubes 2 h, 6 h puis 24 h après.

Résultat

Les résultats du test est de voir le coagulum occupe plus de $\frac{3}{4}$ du volume du liquide initial (Labres et *al.*, 2008).

Le tableau suivant résume quelques caractères biochimiques de différentes espèces de *Staphylococcus* (Tableau 2.3).

Tableau 2. 3. Les principaux *Staphylococcus* isolés en microbiologie (Sayad, 2008).

<i>Staphylococcus</i>	<i>aureus</i>	<i>intermedius</i>	<i>saprophyticus</i>	<i>epidermidis</i>
Catalase	+	+	+	+
Coagulase	+	+	-	-
Mannitol en anaérobie	+	-	-	-
Résistance à la Novobiocine (5 µg)	S	S	R	S

III. Avifaune aquatique

Les oiseaux occupent l'ensemble des types de milieux humides, certains y sont strictement inféodés et présentent des adaptations morphologiques (au niveau du bec et des pattes, par exemple). Les oiseaux des zones humides se distinguent des autres oiseaux par leur dépendance plus ou moins marquée aux surfaces aquatiques, et se répartissent en deux groupes selon les grands types de milieux qu'ils occupent :

- **Les espèces directement liées à la présence d'eau libre plus ou moins profonde** (oiseaux d'eau au sens strict) : ces oiseaux recherchent des plans d'eau entourés de ceintures de végétation plus ou moins denses et étendues et des fossés. Exemples : Canards, Grèbes, Sarcelles, etc.
- **Les espèces indirectement liées à l'eau** (oiseaux d'eau au sens large) et utilisant des formations végétales sur sols hydromorphes : roselières, mégaphorbiaies, prairies hygrophiles, boisements humides, etc. Exemples : Rousserolles, Locustelles, Blongios nain...

Les régimes alimentaires varient d'une espèce à l'autre : piscivore, insectivore, végétarien, etc.

Des oiseaux inféodés aux zones humides sont présents tout au long de l'année et utilisent des ressources différentes selon les périodes. La majorité est migratrice et revient dans la région pour se reproduire au printemps. Au moment de la reproduction (avril à juin), la diversité atteint son maximum. C'est également à cette période que les oiseaux sont les plus sensibles à la qualité des milieux et aux perturbations (inondation, disponibilité en ressources nutritives, dérangement, pollutions, etc.) car ils se déplacent peu et exploitent les ressources locales disponibles pour mener à bien leur couvée. Leur présence est alors indicatrice de nombreux composants de ces milieux.

Certains milieux humides artificiels sont très fréquentés par les oiseaux, notamment les zones d'affaissement minier, les bassins de décantation, les anciennes carrières et sablières, etc.

Quelques espèces sont capables de s'adapter et de s'affranchir des milieux humides lorsque ceux-ci se dégradent, régressent ou viennent à disparaître : ils utilisent alors des milieux de substitution, humides ou non, mais présentant une structure végétale proche de celles qu'ils fréquentaient initialement dans les milieux humides (Busard des roseaux, par exemple) (Grilles, 2008).

III.1. Techniques de dénombrement des oiseaux d'eau

De nombreuses méthodes et techniques sont employées pour permettre de suivre aux milieux les dénombrements des oiseaux d'eau. Ces dernières se heurtent toujours à de multiples facteurs liés à la biologie de ces oiseaux et aux transformations physionomiques que subissent les biotopes aux rythmes des saisons et des années (Blondel, 1969 ; Lamotte et Bourlière, 1969). Une différence entre le nombre d'oiseaux détecté par l'observateur et l'effectif réellement présent existe toujours. Ces procédés utilisés se rapportent tous à des estimations visuelles de la taille des bandes d'oiseaux au sol, en avion ou carrément sur des procédés photographiques (Schircke, 1982), mais pour une meilleure évaluation numérique des groupes d'oiseaux une combinaison de ces deux procédés est souhaitée (Tamisier et Dehorter, 1999).

Deux méthodes sont utilisées, la méthode absolue et la méthode par estimation ou méthode relative.

III.1.1. Méthode absolue

Dans ce cas le dénombrement est dit exhaustif car on considère que la population est estimée directement dans sa valeur absolue et tous les individus sont comptés. C'est la méthode que l'on retiendra quand la population est près du point d'observation et que le nombre d'individus ne dépasse pas 200 individus (Ouldjaoui, 2010 ; Zitouni, 2014).

La méthode absolue présente différentes variantes et le choix de l'une ou de l'autre dépend de :

- La taille du site ;
- La taille de la population des oiseaux à dénombrer ;
- L'homogénéité de la population (Schircke, 1985).

III.1.2. Méthode relative (Technique d'estimation)

Que les dénombrements soient réalisés à pied ou en avion, le principe de l'estimation des groupes reste le même : l'observateur compte le plus exactement possible une petite partie (10, 50, 100 individus) du groupe d'oiseaux et reporte ensuite autant de fois que nécessaire la surface couverte par cette partie : il s'agit en fait d'une succession d'estimations avec correction éventuelle pour compenser les différences de densité des oiseaux. Pour des groupes de grande taille (plusieurs milliers), la partie servant de référence peut être de 500 ou 1 000 individus. Elle fait alors elle-même l'objet d'une estimation et non plus d'un décompte précis. (Dervieux et *al.*, 1980).

Nous avons opté pour la méthode absolue à l'aide d'un télescope *Konus* 20 × 60.

Cette méthode de dénombrement présente différentes variables qui dépendent essentiellement de la taille du site et de la taille et l'homogénéité de la population avienne (Schricke, 1982). L'effectif est ainsi calculé un par un dans le cas où le nombre d'individus ne dépasse pas les 200 individus et lorsqu'on est à une distance inférieure ou égal à 200 mètres, dans le cas contraire, une estimation visuelle de l'effectif est préconisée pour déterminer le nombre d'individus dans le site observé (Tamisier et Dehorter, 1999).

Il est à noter qu'il existe toujours une différence entre le nombre détecté par un observateur et le nombre d'oiseau réel existant dans le site. Cette différence présente une marge d'erreur variant entre 5 et 10 % chez les professionnelles (Blondel, 1975 ; Lamotte et Bourlière, 1969).

➤ **Recommandations à suivre dans le terrain**

Les comptages au sol représentent le protocole le plus facile et le plus communément adopté dans le cadre des Dénombrements Internationaux d'Oiseaux d'Eau (DIOE / IWC). Ce terme se réfère à un comptage effectué au sol (par opposition aux comptages effectués en avion ou dans une embarcation).

Le site est couvert de manière systématique, en suivant à pied un parcours choisi à l'avance, identique à chaque visite. Des arrêts espacés de quelques centaines de mètres permettent de balayer le site aux jumelles ou à la longue-vue et de compter les oiseaux.

- Il est utile de prendre en compte les conditions de lumière (les oiseaux sont plus visibles lorsque la lumière est derrière l'observateur) et le risque de dérangement des oiseaux due à la présence de l'observateur.

- Les conditions climatiques extrêmes réduisent l'efficacité des comptages. Il est donc préférable de reporter si possible les comptages en cas de brumes, de chaleur excessives, de fortes pluies ou de vents violents.

- Il est important d'utiliser les meilleurs points de vue et de diviser le site en zones de comptage visibles depuis ces points de vue, sans chevauchement ni "angle mort".

- Les comptages s'effectuent en examinant les groupes d'oiseaux aux jumelles et à la longue-vue, et en comptant toutes les espèces une à une ou "en blocs".

- Il est recommandé d'effectuer un examen préliminaire aux jumelles, afin d'évaluer rapidement le nombre total d'oiseaux et la proportion de chaque espèce, au cas où un dérangement ou un autre facteur effraie les oiseaux avant que le comptage détaillé n'ait pu être réalisé.

- Un examen préliminaire avec les jumelles donne également une bonne idée de la position des oiseaux dans la zone d'observation, ainsi que des points de repères, tels que des bouées, des embarcations ou autres qui permettent de diviser les grands groupes d'oiseaux en sous-groupes plus faciles à compter.

- Les groupes d'oiseaux situés à proximité de l'observateur sont plus faciles à dénombrer avec les jumelles tandis que les groupes éloignés nécessitent une longue-vue (Wetlands, 2010 *in* Belagoun, 2015)

L'étude de la biologie et de l'écologie de ces oiseaux a été abordée par la mesure de certains indices écologiques liés directement à l'équilibre des peuplements : l'abondance totale, la richesse spécifique, l'indice de diversité de Shannon et Weaver ainsi que l'indice d'équitabilité. Les résultats de l'étude sont présentés graphiquement. Enfin, une analyse statistique multivariée (Analyse Factorielle des Correspondances) a été appliquée en utilisant le logiciel ADE-4 (Chessel et Doledec ; 1992).

III.2. Paramètres écologiques

III.2.1. Abondance

Nombre d'individus sur une surface ou dans un volume. On peut ainsi la définir pour les oiseaux sur un plan d'eau (Patrick, 2017)

III.2.2. Richesse spécifique « S »

L'indice de richesse le plus simple et le plus utilisé est tout simplement le nombre d'espèces (Eric, 2014). Nombre d'espèces (S) dans un peuplement ou une région (terme couramment utilisé pour mesurer la diversité spécifique, bien que ce ne soit que l'un des aspects de la biodiversité). Ce paramètre renseigne sur la qualité du milieu, plus le peuplement est riche plus le milieu est complexe et par conséquent stable.

Cet indice peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement, distingué des variations spatiales et temporelles (Patrick, 2017).

III.2.3. Indice de diversité

Coefficient traduisant le degré de diversité d'une communauté. Son expression est fonction de deux paramètres : le nombre d'espèces et le nombre d'individus par espèce. Il existe une multitude d'indices mais le plus couramment utilisé est celui de Shannon et Weaver (1949) (Patrick, 2017)

III.2.3.1. Indice de Shannon et Weaver « H' »

Indice permettant de mesurer la biodiversité. Il est fondé sur la notion d'entropie (entropie de Shannon). L'indice de Shannon et Weaver n'a de signification écologique que

s'il est calculé pour une communauté d'espèces exerçant la même fonction au sein de la biocénose. Il mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement (Patrick, 2017). Plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement composé d'un grand nombre d'espèces avec une faible représentativité. A l'inverse, une valeur faible traduit un peuplement dominé par une espèce ou un peuplement à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité (Blondel, 1975).

$$H' = -\sum (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

où n_i : est le nombre d'individus de l'espèce du rang i .

N : est le nombre total des individus.

L'indice de Shannon donne une mesure de la biodiversité en tant que quantité d'information (Eric, 2014).

III.2.3.2 Indice d'équitabilité « E »

Mesure du degré de régularité dans l'abondance relative des effectifs des diverses espèces que renferme un peuplement ou une communauté. Paramètre de comparaison rigoureux, indépendant du nombre d'espèces (donc de la richesse spécifique) (Eric, 2014), et est très utile pour la comparaison des dominances potentielles entre sites. Il permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne peut pas estimer (Patrick, 2017). Sa valeur résulte du rapport de l'indice de diversité de Shannon & Weaver (H') ou diversité réelle sur la valeur de la diversité théorique maximale (H_{max}) :

$$E = H' / H_{max}$$

H' correspond à l'indice de Shannon & Weaver

$H_{max} = \ln S$ (avec S = nombre total d'espèces)

Plus sa valeur a tendance de se rapprocher de un, plus il traduit un peuplement en équilibre (Legendre et Legendre ; 1979). De ce fait l'évolution de la structure de l'avifaune aquatique peut être exprimée de façon plus intéressante par l'évolution temporelle de son indice d'équitabilité.

III.3. Matériel utilisé

- Un télescope avec trépied, *KONUS-SPOT* (20x60).
- Une paire de jumelle.
- Un appareil photos numérique *CANON* (SX500 IS)
- Guide d'oiseaux Heinzel (2014).
- Carnet de notes.

III.4. Choix de points d'observation

Considéré comme les points les plus élevés, la rive du Nord de marais de Boussedra, et la rive d'Est de la mare de Tamlouka ont été choisies pour le dénombrement des oiseaux d'eau.

Le choix des postes d'observation est basé essentiellement sur :

- La vision globale et dominante du site.
- La répartition des groupements d'oiseaux sur le site (à l'intérieur et sur les berges du plan d'eau) (Aberkane, 2014).

CHAPITRE III :
RESULTATS ET DISCUSSION

Partie I :
Caractérisation du biotope

I. Caractérisation du biotope

L'évaluation de la qualité des plans d'eau fait appel à la climatologie, à la nature géologique des substrats, aux paramètres morphométriques, biologiques, physiques, chimiques, aux interactions des organismes vivants de la chaîne alimentaire ainsi qu'aux apports externes en provenance du bassin versant (Anonyme, 1994). Cependant, la pollution de l'eau est définie comme toute modification de la composition naturelle de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. Il est usuel de différencier la pollution biologique qui survient lors de contaminations par des organismes vivants (essentiellement d'origine fécale issue de déjections humaines ou animales) de la pollution chimique liée à des contaminations par des éléments indésirables tels que des engrais, des pesticides, des lessives, des métaux lourds.....etc. (Anonyme, 2007).

I.1. Analyses Physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimies des eaux, qu'il s'agit pour l'essentiel de paramètres indicateurs de pollution présentent une grande variation, dont certaines valeurs enregistrées dépassent largement les normes internationales pour les eaux de surfaces.

I.1.1. Paramètres organoleptiques

I.1.1.1. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques....etc. l'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité (Rodier, 2009). On note des valeurs très élevées au niveau des deux sites avec des valeurs importantes au niveau de la mare de Tamlouka S2 (231 NTU) et S2 (12,33 NTU) au niveau du marais de Boussedra.

Ces teneurs élevées peuvent être le résultat d'une manifestation hydrologique brutale (Crue), suite à des pluies qui provoquent une augmentation des matières en suspension. Ces valeurs diminuent immédiatement en été (Figure 3.1).

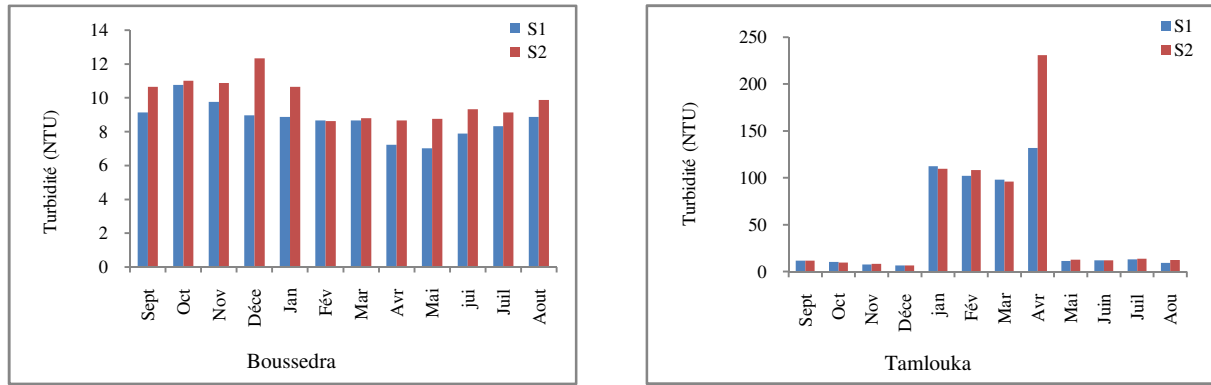


Figure 3.1. Variation de turbidité au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.2. Paramètres Physico-chimiques

I.1.2.1. Potentiel d'hydrogène pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité (Dovonou et *al.*, 2011), c'est un facteur très important dans la cinétique des réactions chimiques qui dépend des conditions naturelles du milieu (Reggam et *al.*, 2015, Meybeck et *al.*, 1996) et lié à la nature des terrains traversés (Dovonou et *al.*, 2011). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire) (Chapman et *al.*, 1996), et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est assez importante (Meybeck et *al.*, 1996).

Pendant la période d'étude le pH est légèrement neutre et varie entre (7,02) à S1 et (7,83) à S1 au niveau de Boussedra et dévoile un léger gradient croissant au niveau de S1 à Tamlouka (7,82 et 8,84) (Figure 3.2).

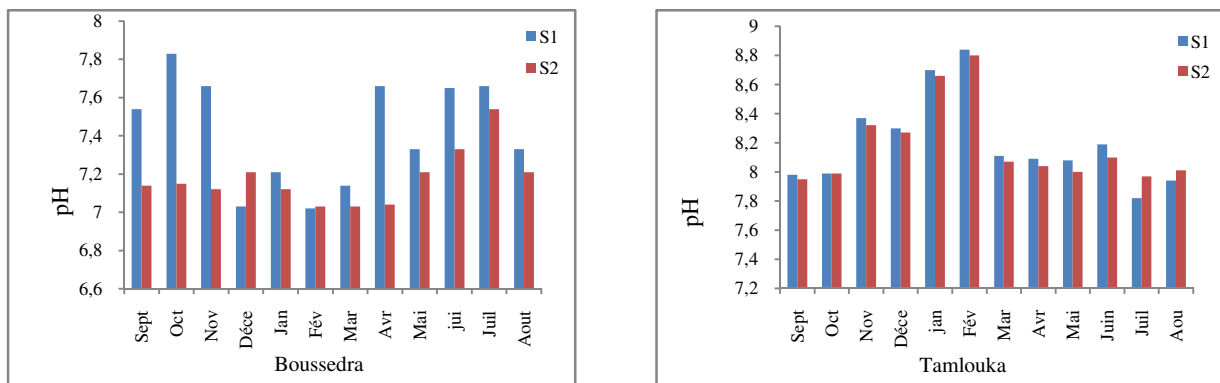


Figure 3.2. Variation de pH au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.2.2. Température

La température de l'eau joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels....etc. (Ghazali et Zaid ; 2013). Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, la géologie des terrains traversés et l'hydrologie de l'écosystème (Rodier et *al.*, 1984). Examinons le graphe illustré par la figure 3.3, nous observons que les températures de l'eau oscillent entre (12,11 et 34,56 °C) au niveau du marais de Boussedra, et entre (11,46 et 30 °C) au niveau de la mare de Tamlouka (Figure 3.3).

Les variations de température ont des effets sur tous les paramètres physico-chimiques de l'eau et sur toutes les réactions chimiques et biochimiques de dégradation et de minéralisation des matières organiques. Les réactions de dénitrifications cessent à 3 C°, elles reprennent à 5 C° et sont cinq fois > à 20 °C quand les conditions d'oxygénation le permettent (Martin, 1979). L'augmentation de la température favorise également le développement d'algues et de végétaux aquatique en liaison avec l'enrichissement du milieu en éléments nutritifs.

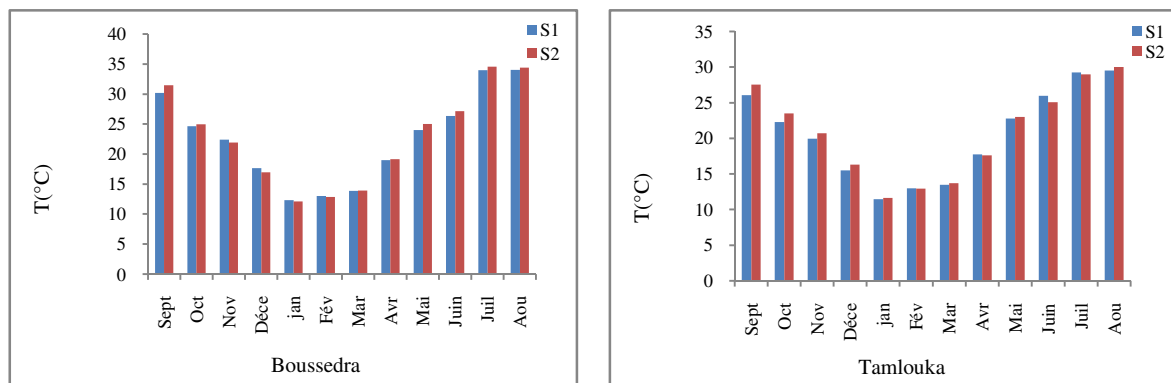


Figure 3.3. Variation de température au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.2.3. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité de l'eau sert d'évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau et permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de cette eau (Rodier, 1984 ; Pescod, 1985 ; Dovonou et *al.*, 2011), et représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau. En effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration.... (Ghazali et Zaid ; 2013).

Les graphes illustrés par la figure 3.4, montrent que les valeurs de la conductivité électrique sont supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{Cm}$, les eaux des deux sites sont considérées comme

fortement minéralisées et largement supérieures à la norme de qualité admise, tandis qu'en saison hivernale et en saison de crue, on note une baisse des teneurs de la conductivité.

Ces valeurs élevées de conductivité électrique sont dues soit à une augmentation des apports des substances dissoutes provenant du bassin versant et les terres agricoles qui entourent les sites, ou à l'augmentation progressive de la température, ce dernier intervenant par le processus d'évapotranspiration qui favorise la concentration des sels dans l'eau donc la conductivité (Rejsek, 2002).

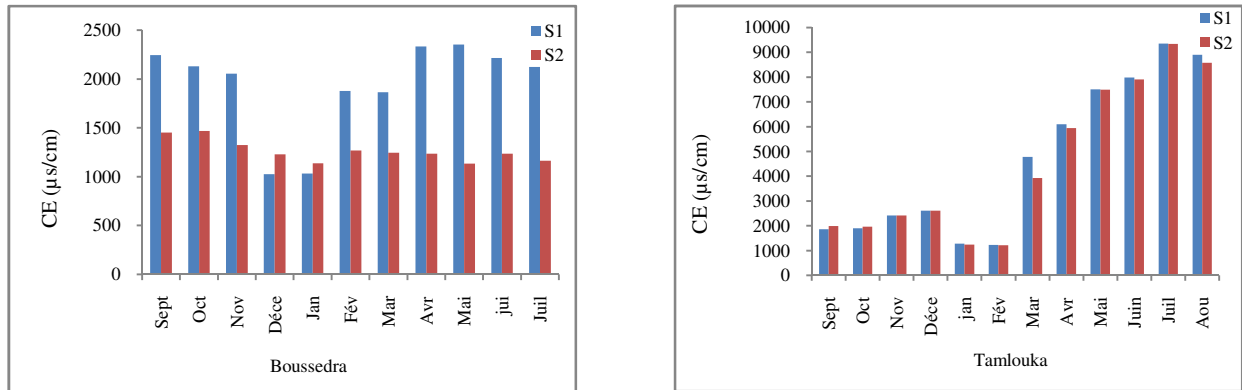


Figure 3.4. Variation de conductivité électrique au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.2.4. Oxygène dissous (O_2)

L'oxygène dissous dans l'eau, est un paramètre important puisqu'il sert à la respiration des organismes vivants et participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique (Ghazali et Zaid ; 2013), sa teneur renseigne sur les activités métaboliques du milieu (Dovonou et *al.*, 2011). Divers facteurs influencent sa concentration dans les plans d'eau notamment la température de l'eau, la profondeur du plan d'eau, la concentration de matière organique, de nutriments et la qualité des plantes aquatiques, algues et bactéries présentes.

L'évolution de l'oxygène dissous dans les eaux analysées traduit une dégradation plus ou moins nette de la qualité de ces eaux, les deux sites vont en anoxie avec diminution de ces teneurs et passe de 0,42 mg/l à 0,96 mg/l à Boussedra et de 0,52 mg/l à 2,01 mg/l à Tamlouka (Figure 3.5). Ce déficit important en oxygène dissous est probablement lié aux fortes charges organiques générées par les effluents liquides des communes avoisinantes chargées de fortes concentrations de substances polluantes. Les rejets domestiques contribuent à la diminution de la teneur en O_2 , ce dernier étant consommé par les microorganismes pour dégrader la matière organique.

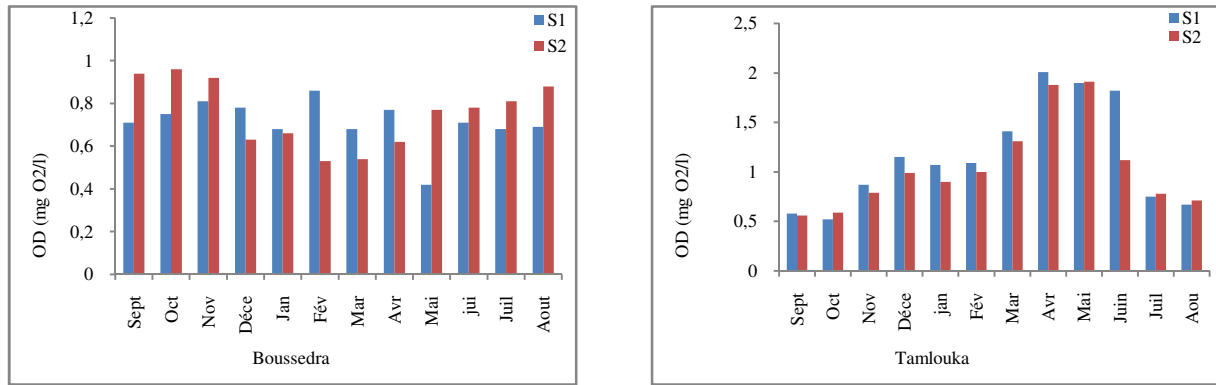


Figure 3.5. Variation d'oxygène dissous au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.2.5. Résidu sec (RS)

Le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, autrement dit, la somme des matières en solution et en suspension. Ces dernières donnent à l'eau sa couleur brunâtre et parfois sombre, qui conditionne la pénétration de la lumière dans le milieu influençant ainsi la faune et la flore aquatique.

Les concentrations en résidu sec sont très variables, elles varient de 131,00 mg/l valeur considérée comme minimale enregistrée en mois d'octobre au niveau de S2 à Boussedra et 6541 mg/l à S1 au niveau de Tamlouka considérée comme valeur maximale enregistrée en juillet (Figure 3.6).

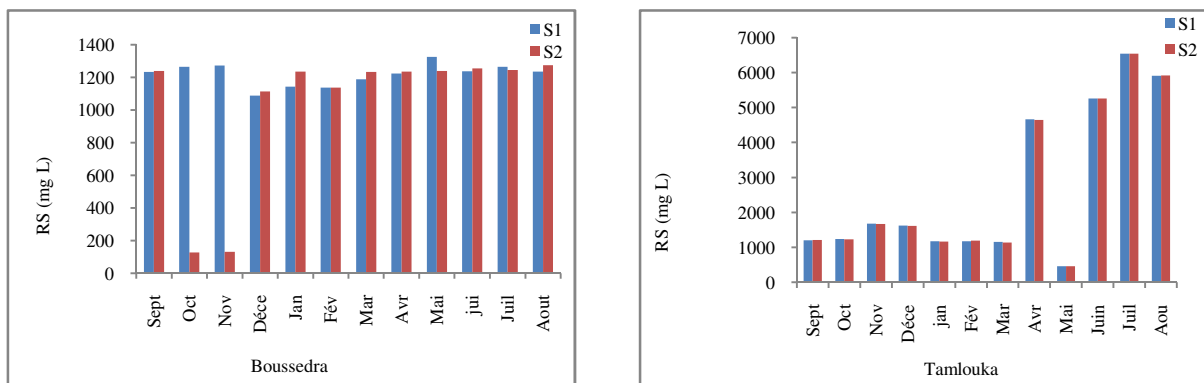


Figure 3.6. Variation du résidu sec au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.2.6. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales à savoir argiles, sables, limons, ou organiques représentées par les produits de la décomposition des matières végétales ou animales. A ces composés s'ajoutent les microorganismes tels que les bactéries, les planctons, les algues et les virus. Ces substances sont responsables en particulier de la turbidité et de la couleur de l'eau (Hamdi et *al.*, 2012).

Ces mesures affichent une grande variabilité au niveau de la mare de Tamlouka et fluctuent entre (1,61 mg/l (S2) et 44 mg/l (S1)). La forte charge exceptionnellement enregistrée pendant le mois d'avril due probablement d'une manifestation hydrologique brutale (crue), dont la charge en MES peut être attribuée à une intense érosion du bassin versant, suite à des pluies torrentielles qui ont occasionnées une augmentation de ces teneurs.

Ces quantités de MES varient selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Cependant des teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique et créer des déséquilibres entre diverses espèces (Figure 3.7).

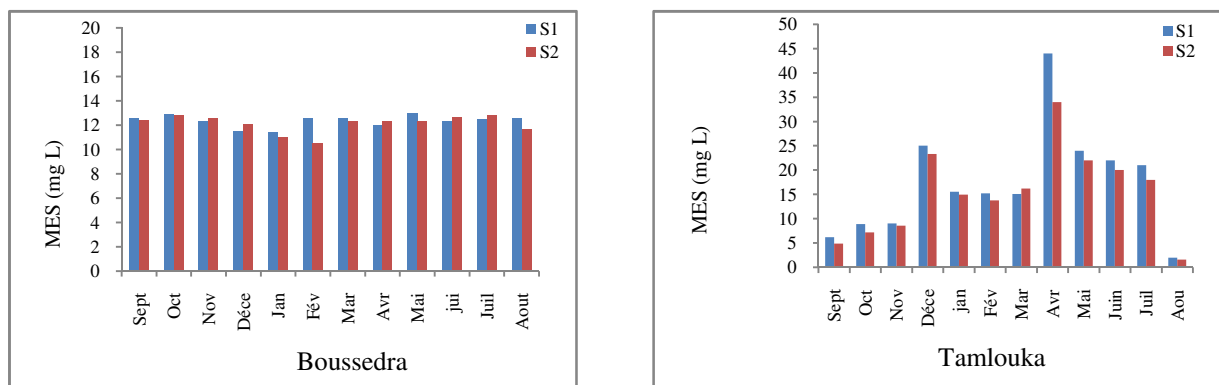


Figure 3.7. Variation de matières en suspension au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.3. Paramètres de minéralisations globales

I.1.3.1. Titre hydrotimétrique

Le degré hydrotimétrique (TH) exprime la dureté d'une eau. Cette dernière est due particulièrement à la présence des sels de calcium et de magnésium (Rejsek, 2002). Les résultats obtenus (Figure 3.8), nous montrent que les eaux étudiées ont des duretés importantes qui varient entre 45,55 °F (au niveau de S2 Boussedra) et 119 °F (au niveau de S2 de Tamlouka). L'origine de la dureté d'une eau peut être liée simplement à la lithologie du terrain encaissant ou bien à des facteurs externes telle que la pollution. Le bassin de Guelma présente un substratum marneux à gypse pouvant expliquer l'abondance du calcium dans toute la plaine. Le magnésium peut provenir des roches carbonatées (travertins) et marneuses (Zeddouri, 2003).

Généralement on peut considérer les eaux de nos sites durant la période d'essai comme eaux très dure (dureté plus de 30 F°).

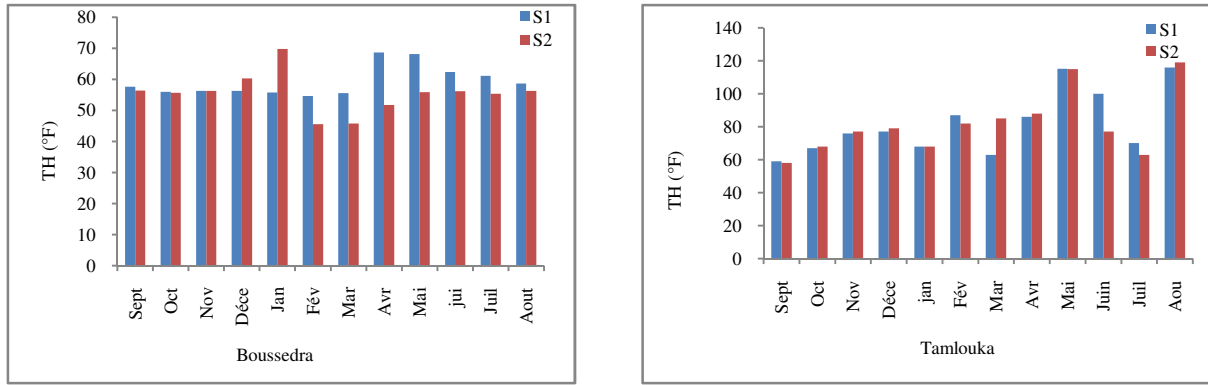


Figure 3.8. Variation de degré hydrotimétrique au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.3.2. Calcium (Ca^{2+})

Constituant cationique le plus dominant dans les eaux superficielles, il se présente généralement sous forme de bicarbonates $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ solubles (Bremond et Vuichard ; 1973). Le calcium est un élément constituant la dureté de l'eau et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. La figure 3.8, nous montre que les concentrations de Ca^{2+} dans les eaux de sites d'étude oscillent entre 56,88 mg/l et 184,2 mg/l. La teneur minimale est enregistrée pendant le mois de mars au niveau de S2 à Boussedra et la teneur maximale durant le mois de juillet au niveau de S1 à Tamlouka. La présence de cet élément dans les eaux a pour origine la dissolution des formations carbonatées et gypseuses (Figure 3.9).

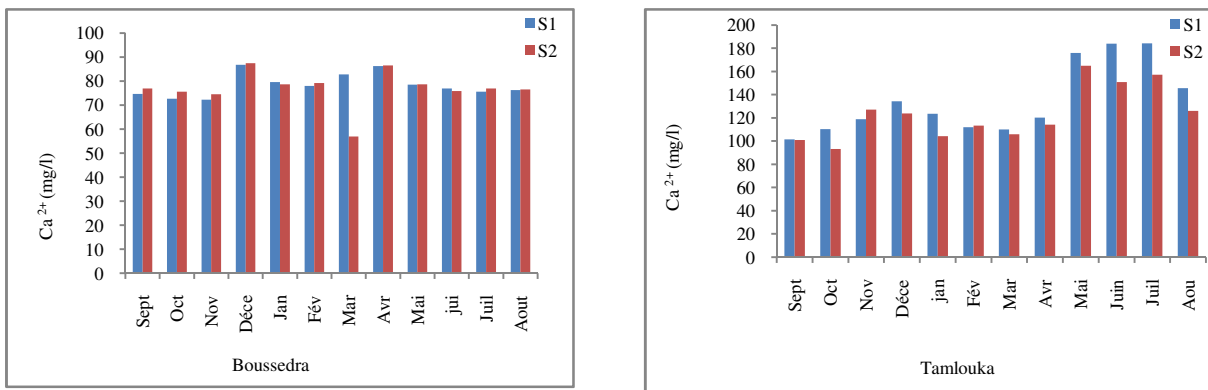


Figure 3.9. Variation de calcium au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.3.3. Magnésium (Mg^{2+})

Les cations Mg^{2+} ont la même origine et la même provenance que celle du Ca^{2+} (dissolution des formations carbonatées et des roches magnésites, argiles) (Toumi, 2016), D'après les résultats des analyses de Mg^{2+} , (Figure 3.10) nous remarquons que le taux du

magnésium varie au niveau du marais de Boussedra de 39,87 mg/l à S1 et 193,33 mg/l à S2 et au niveau de la mare de Tamlouka de 41,76 mg/l à S1 et 198,99 mg/l à S1. C'est en période des hautes eaux que la concentration de cet élément décroît, probablement sous l'effet de dilution, souvent liés à la formation géologique et aux caractéristiques climatiques de la région (Gueroui, 2015).

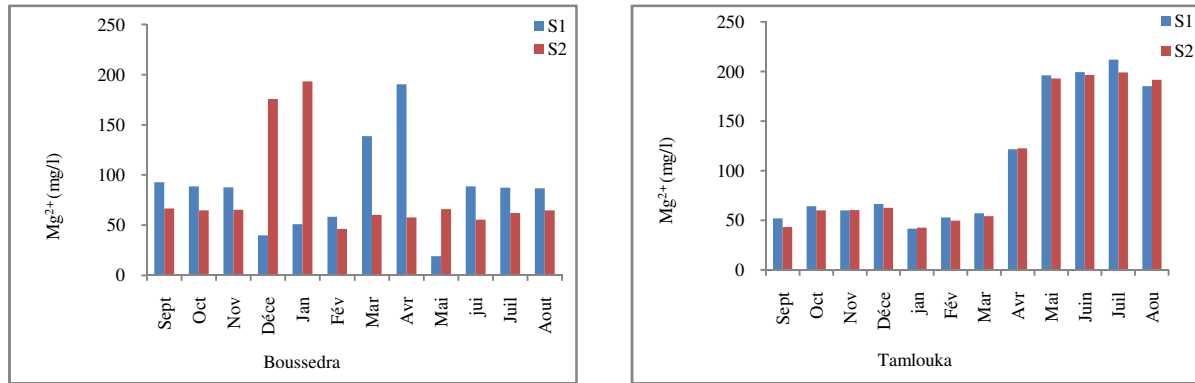


Figure 3.10. Variation de magnésium au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.3.4. Chlorures (Cl⁻)

L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportion très variables, leur teneur est liée principalement à la nature des terrains traversés (Bremond et Vuichard, 1973) et augmente généralement avec le degré de minéralisation de l'eau. En ce référant aux normes française 100 mg/l (Rejsek, 2002), Les valeurs de chlorures enregistrées dans la (figure 3.11) sont des valeurs très élevées et dépassent les normes en vigueur surtout pendant la période estivale, elles fluctuent entre 138 mg/l au niveau de (S2) à Tamlouka pendant le mois de Janvier et 3038,8 mg/l au niveau de (S1) à Tamlouka pendant le mois de juillet. Notons aussi une augmentation des chlorures durant la saison sèche qui serait favorisée par l'étiage, les baisses teneurs observées durant la période de pluies s'expliquent par le phénomène de dilution car c'est à ce niveau où le volume d'eau est maximal.

Les teneurs en chlorures pourraient s'expliquer par la géologie des terrains de la région ou par une contamination directe de l'eau par des rejets domestiques surtout riches en détergents ou par l'utilisation des pesticides dans l'agriculture (Harrat et Achour ; 2010).

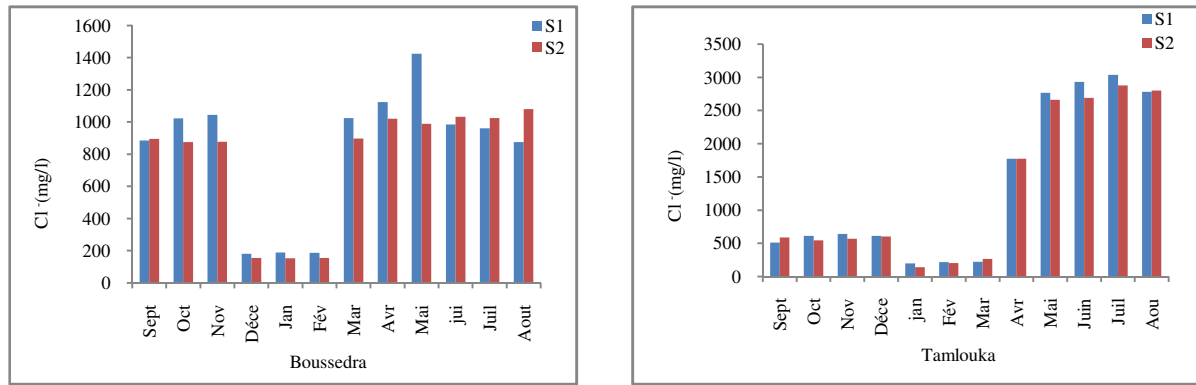


Figure 3.11. Variation de chlorures au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.3.5. Sulfates (SO_4^{2-})

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse (CaSO_4), mais également de la pyrite (FeS) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite) (Ghazali et Zaid ; 2011). Les sulfates sont également utilisés dans certains engrais et produits phytosanitaires (Harrat et Achour ; 2010).

La concentration maximale admissible est de 250 mg/l selon les normes françaises. On note globalement des valeurs relativement élevées des sulfates avec des fluctuations interannuelles importantes variant d'environ 102 mg/L au niveau de S2 à Boussedra pendant le mois de février et 685 mg/L au niveau de S1 à Tamlouka pendant le mois de juillet. (Figure 3.12). Les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures (qu'on retrouve dans les pluies), et l'utilisation d'engrais chimique et de lessive (Barry, 1989 ; Harrat et Achour ; 2010). La transformation réversible des sulfates en sulfures se fait grâce au cycle du soufre (Peck, 1970 ; Smith, 1974 *in* Ghazali et Zaid ; 2011).

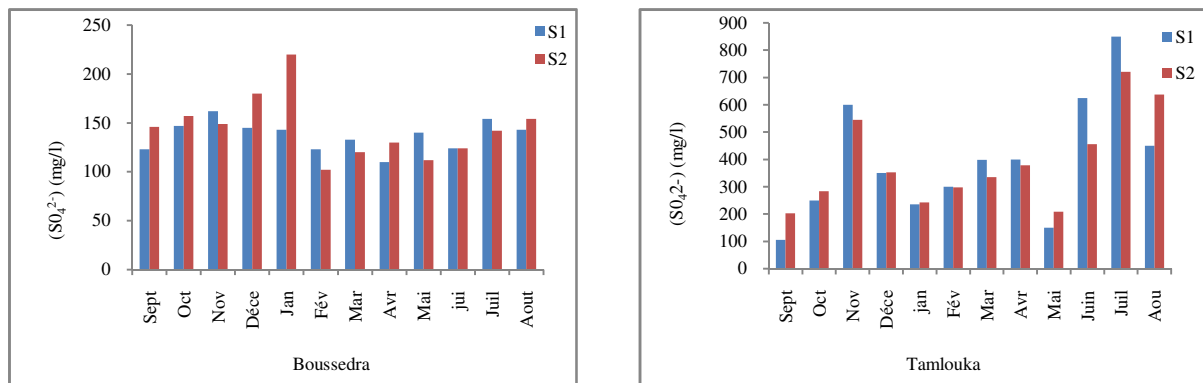


Figure 3.12. Variation de sulfates au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.3.6. Potassium (K^+)

Les valeurs de potassium au niveau de la mare de Tamlouka oscillent entre 50 mg/l et 200 mg/l, c'est en période de basses eaux ou les valeurs les plus importantes sont enregistrées tandis qu'en période des hautes eaux les valeurs se décroissent sous l'effet de dissolution (Figure 3.13). Au niveau du marais de Boussedra ces teneurs en potassium fluctuent entre 51mg/l et 88 mg/l.

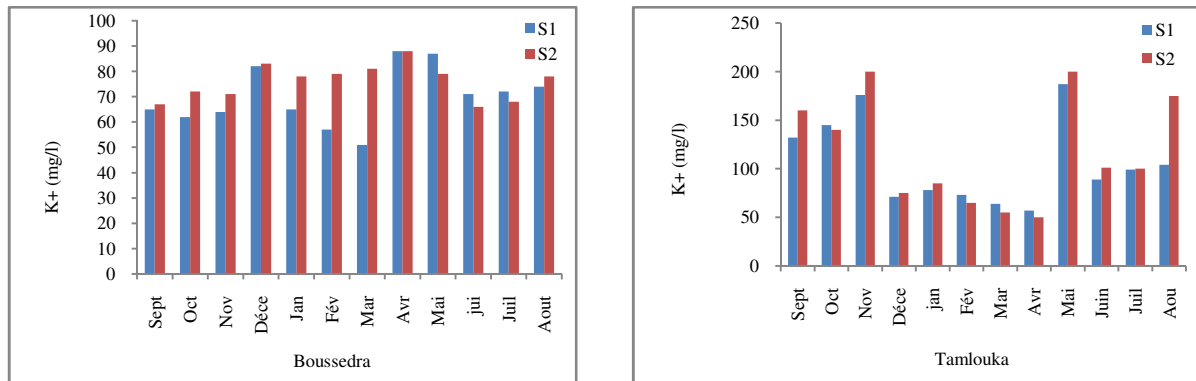


Figure 3.13. Variation de potassium au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.4. Paramètres de pollution

L'azote et le phosphore se trouvent dans notre environnement de manière naturelle, souvent à des concentrations limitant la croissance dans les milieux aquatiques. Toutefois, une surabondance de nutriments dans un lac ou une rivière entraîne l'eutrophisation d'un cours d'eau à travers une croissance végétale excessive. La dégradation de la matière végétale qui s'en suit peut mener à l'anoxie ou à des concentrations réduites d'oxygène disponible pour les poissons et autres animaux aquatique (Anonyme, 2011). Le ruissellement agricole contenant des fertilisants organiques ou chimiques ainsi que les eaux usées municipales ou industrielles sont les sources principales des nutriments dans les lacs et rivières (Anonyme, 2011).

I.1.4.1. Ions d'ammonium

L'ion ammonium est la principale forme de l'azote dans la nature (Derwich et *al.*, 2002). Il provient des conditions d'anaérobiose des écosystèmes (Chapman et Kimstach ; 1996). Examinant les graphes illustrés par la figure 3.13, nous constatons des variations significatives dans les teneurs en azote ammoniacale qui oscillent entre 0,78 mg/l et 7,65 mg/l. les valeurs minimales calculées pendant le mois de Janvier (au niveau de S2 à Tamlouka) sont supérieures aux normes décrites par l'OMS (0,5 mg/l), tandis que les valeurs maximales calculées pendant le mois d'avril (au niveau de même station) (Figure 3.14).

La présence d'ammonium en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en

effet de grandes quantités d'urée qui se transforment rapidement en ammonium. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques. L'ammonium présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce sous sa forme non ionisée (NH_3). La proportion de (NH_3) augmente en fonction croissante du pH et de la température.

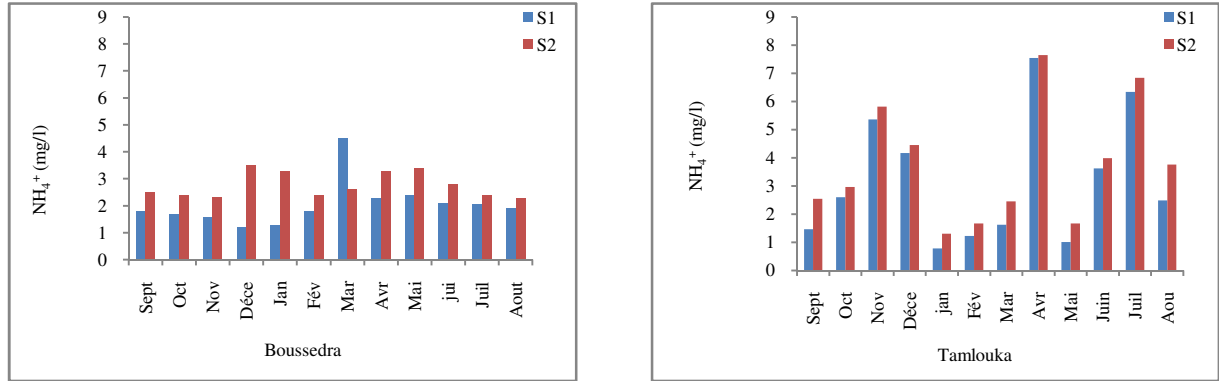


Figure 3.14. Variation d'ion ammonium au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.4.2. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-). On ne les rencontre que lorsqu'il existe un déséquilibre au niveau de l'oxygénation ou de la flore bactérienne. L'ion nitrite s'oxyde facilement en ion nitrate et se retrouve ainsi en concentration importante dans les eaux naturelles. Il est considéré comme un élément toxique.

Durant notre période d'étude, les concentrations des nitrites sont instables et varient entre 0,18 mg/l et 2,95 mg/l (Figure 3.15).

Les nitrites instable ne se manifeste que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydé et leur présences indique un état critique de pollution organique. Ils proviennent ; soit d'une oxydation incomplètes de l'azote ammoniacal, la nitrification n'étant pas conduite à son terme ; soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

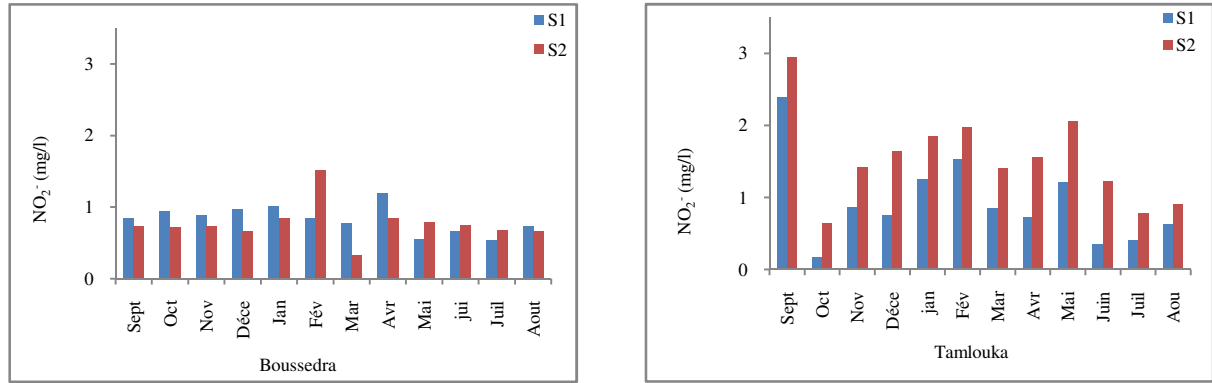


Figure 3.15. Variation de nitrites au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.4.3. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme la plus stable de l'azote dans l'environnement (Anonyme, 2011), leur concentration alors n'excède en générale pas (3 à 5 mg/l) dans les eaux superficielles. Sa présence dans les eaux de surface est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques (Chapman et Kimstach, 1996).

L'analyse du profil de nitrates (Figure 3.16), montre que les teneurs sont stables et varient entre 7,52 mg /l et 10,55 mg /l au niveau du marais de Boussedra. Par contre au niveau de mare de Tamlouka ces teneurs fluctuent entre 2,2 mg /l et 66,50 mg /l, ce qui est du à la décomposition de la matière organique et du lessivage des terres agricoles avoisinantes chargées d'énormes quantités d'engrais.

Les concentrations de NO_3^- les plus élevées, sont la conséquence des activités humaines diverses (rejets domestiques et industriels, emplois des fertilisants, élevage intensif) (Pourriot et Meybeck ; 1995). Toute fois les faibles valeurs enregistrées des nitrates ne signifient pas forcément une eau non polluée.

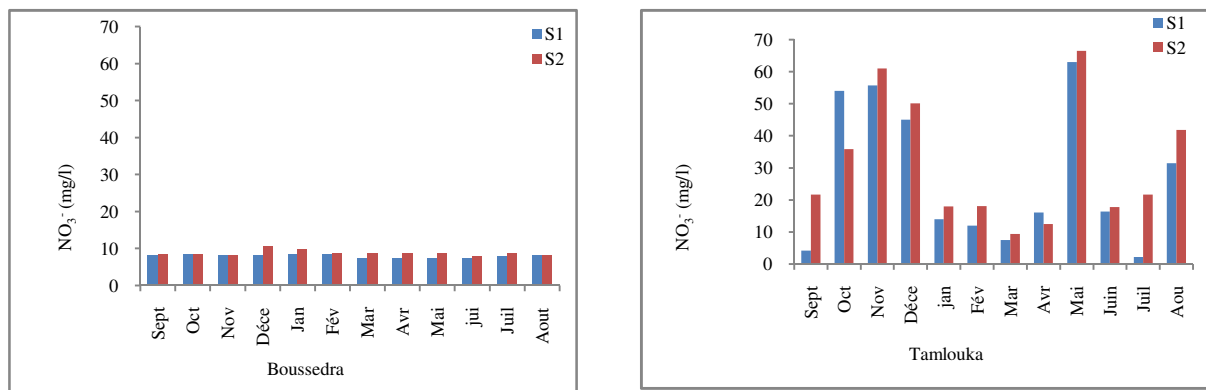


Figure 3.16. Variation de nitrates au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.4.4 Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates se rencontrent dans les eaux naturelles, dans les eaux usées domestiques et agricoles. Ils se forment par suite de la décomposition de la matière organique. Ils jouent un rôle important dans la croissance des organismes et représentent un facteur limitant dans la productivité primaire des eaux. Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (Vilain, 1989), et considérées comme élément nutritif principal de développement du phytoplancton et par conséquent des chaînes trophiques (Abba *et al.*, 2008). Les concentrations en ortho-phosphates exhibent des taux importants au niveau de S2 de la mare de Tamlouka pendant le mois de septembre (15,6 mg/l), et au niveau de S2 du marais de Boussedra dans tous nos relevés, et varie entre 1,3 mg/l et 8,66 mg/l. Les valeurs élevées peuvent être dues soit aux apports excessifs en phosphate, généralement liés aux activités urbaines (dus aux produits de lessive) (Abba *et al.*, 2008), ou agricoles (utilisation des engrais au niveau du bassin versant) (Figure 3.17) (Anonyme, 2007).

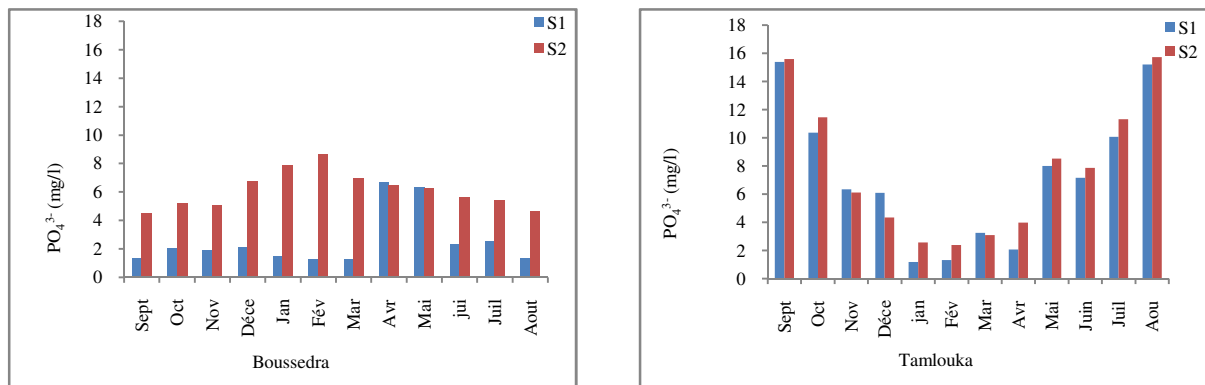


Figure 3.17. Variation d'orthophosphates au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.4.5. Matière organique (MO)

Les matières organiques, sont des matières oxydables qui nécessitent pour leur décomposition une certaine quantité d'oxygène. Elles vont appauvrir le milieu naturel en oxygène, c'est pourquoi elles sont considérées comme des matières polluantes, elles sont une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, constituées d'un vaste ensemble de composés complexes et hétérogènes.

Les teneurs en matières organiques (MO) dans les eaux fluctuent entre 2,7mg/l (valeur minimale enregistrée durant le mois de novembre au niveau de S1 à Boussedra) et 9,17mg/l (valeur maximale enregistrée durant le mois de septembre à Tamlouka) (Figure 3.18).

Tous les taux calculés des matières oxydables dépassent les valeurs signalées par la grille de qualité des eaux de surface estimée à 5mg O_2 /l (Rejsek, 2002). Le contenu en

éléments organiques est considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau. Plusieurs études ont montré que la matière organique contribue au maintien dans le réseau d'une population bactérienne vivante et stable, même en présence de chlore, il reste très délicat de faire une prévision des numérotations de bactéries sur cette seule indication.

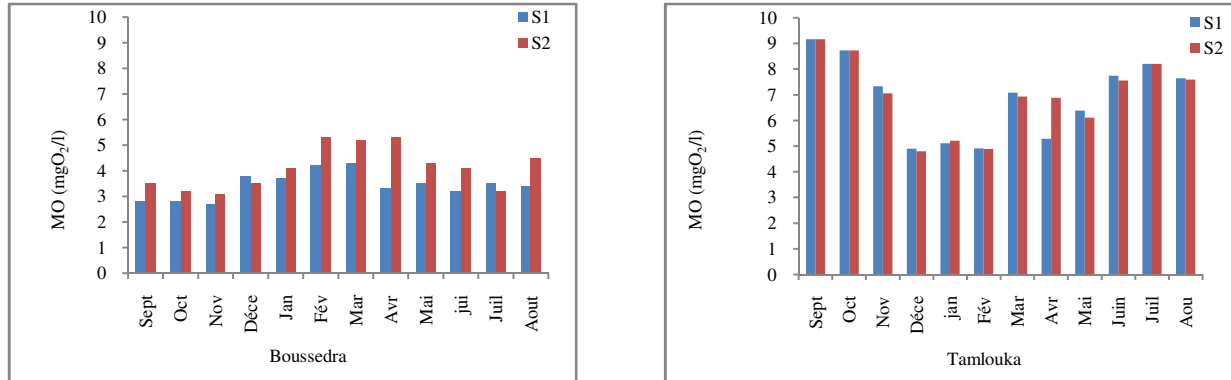


Figure 3.18. Variation des matières organiques au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.1.5. Analyse statistique

I.1.5.1. Matrice de corrélation

L'ACP (Analyse en Composante Principale) a été effectuée sur une matrice des données, au cours desquels les 12 variables des eaux de la mare de Tamlouka (pH, T, CE, OD, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, MO, Ca²⁺, Mg²⁺, TH) ont été mesurées et présentée dans le tableau 3.1. (En gras sont représentées les valeurs significatives (p< 0,05)).

Tableau 3.1. Matrice de corrélation entre les variables.

	pH	T°C	CE	OD	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	MO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TH
pH	1,00	-0,40	-0,48	0,48	-0,59	-0,06	-0,01	-0,53	-0,15	0,01	-0,09	-0,18
T°C		1,00	0,32	0,31	0,90	0,61	0,76	0,98	-0,33	0,36	0,28	0,44
CE			1,00	-0,13	0,13	-0,30	-0,18	0,28	-0,12	0,73	0,53	0,63
OD				1,00	0,08	0,17	0,56	0,19	-0,65	0,34	0,40	0,12
NO ₃ ⁻					1,00	0,75	0,77	0,96	-0,27	0,12	0,19	0,35
NO ₂ ⁻						1,00	0,89	0,62	-0,47	0,08	0,21	0,38
NH ₄ ⁺							1,00	0,73	-0,67	0,26	0,39	0,41
PO ₄ ³⁻								1,00	-0,23	0,23	0,19	0,35
MO									1,00	-0,69	-0,89	-0,70
Ca ²⁺										1,00	0,88	0,91
Mg ²⁺											1,00	0,87
TH												1,00

La dureté totale est bien corrélée au calcium et magnésium ($r=0.91$, $r=0.87$ sont respectivement). La bonne corrélation entre les phosphates, les nitrates ($r = 0.96$) pourrait traduire une dégradation des eaux (le phénomène d'eutrophisation). Une corrélation positive entre l'ammonium et nitrite ($r=0.89$), cette corrélation lié à l'activité humaine tel que les eaux usées du village (Tamlouka) et les activités agricoles. Des corrélations fortes et positives sont observées entre la température et les nitrates ($r=0.90$) d'une part et entre la température et les phosphates d'autre part ($r=0.98$). Une élévation de la température pourrait donc favoriser le développement des algues.

I.1.5.2. Analyse en composantes principales des paramètres physicochimiques

Le traitement statistique a été poussé par deux axes factoriels (F1 et F2) qui expriment respectivement 47.17% et 23.55% de la variance totale du nuage de points, soit une inertie cumulée des deux axes de 70.72% de l'information totale (Figure 3.19).

D'une façon générale, l'axe d'inertie principal F1 exprime 47.17% de la variance. Il est défini positivement par la matière organique et négativement par la température, l'oxygène dissous, les nitrates, les nitrites, l'ammonium et le phosphate (Figure 3.1). Cet axe peut être assimilé à un gradient de pollution par les ions NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et PO_4^{3-} , donc à la pollution des eaux de la mare de Tamlouka par les activités humaines (Eaux usées et activités agricoles).

L'axe d'inertie F2 exprime 23.55% de la variance est défini négativement par la conductivité, le calcium et le magnésium (Figure 3.19). Cet axe peut être assimilé au caractère minéral des eaux défini par la CE, Ca^{2+} et Mg^{2+} .

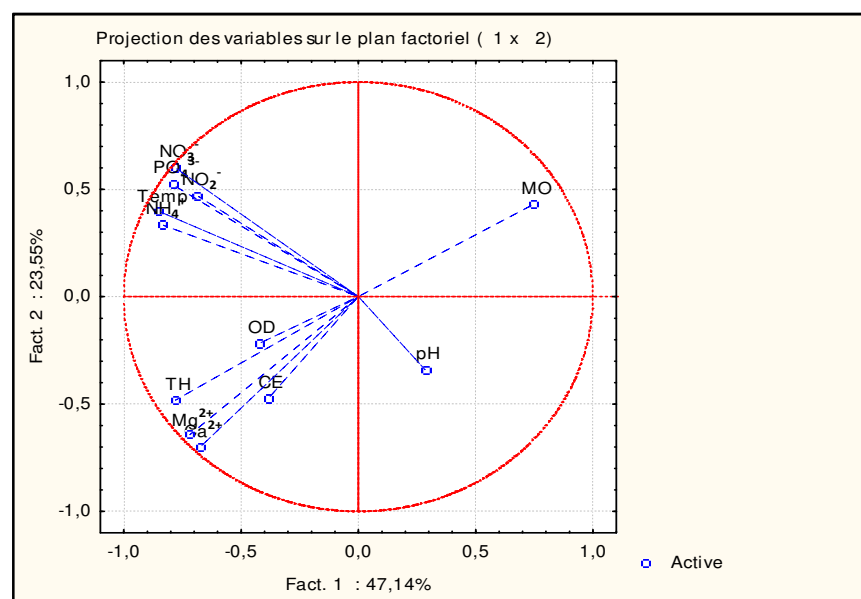


Figure 3.19. Cercle (I-II) des variables.

I.2. Analyses bactériologiques

I.2.1. Résultats des dénombrements des microorganismes de l'eau

Dans les milieux aquatiques, les micro-organismes tel que les bactéries, les moisissures, jouent un rôle important dans l'évolution de la qualité des eaux, en dehors de toute agression, leur nombre est naturellement faible, mais peut être modifié par plusieurs facteurs tels que la température, l'enrichissement du milieu en substances nutritivesetc (Sasson, 1970).

Les résultats des dénombrements des germes totaux (GT), coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) et les anaérobies sulfitoréducteurs (ASR) sont représentés.

I.2.1.1. Germes totaux

De point de vue bactériologie des eaux, nos analyses nous montrent que le nombre des germes totaux est très élevé soit pendant la période hivernale allant de mois décembre jusqu'au mois d'avril autrement dit pendant la période de hautes eaux. Ces taux augmentent progressivement pendant la période estivale. Cela se traduit par l'influence saisonnière sur la croissance des micro-organismes, tel que la température de l'eau.

D'une façon générale tous les taux mesurés pendant toute la période d'étude sont supérieures aux normes admissibles (Figure 3.20).

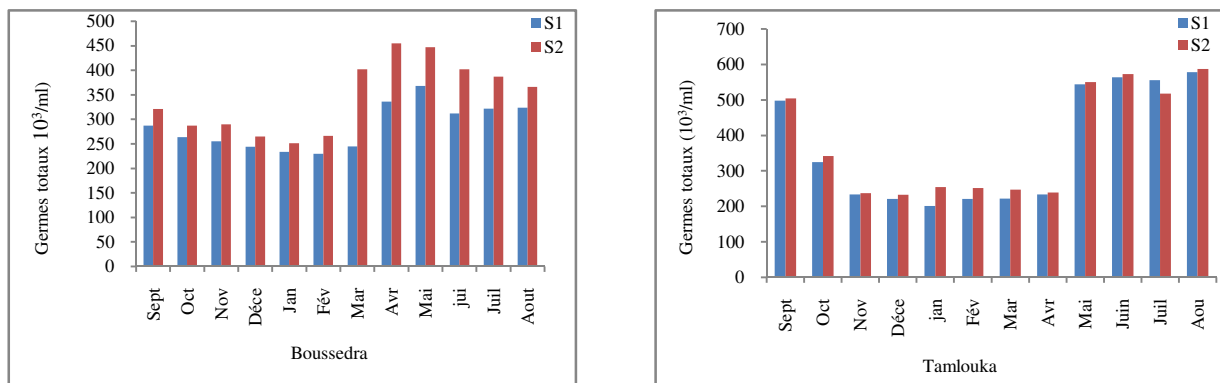


Figure 3.20. Evolution du nombre des germes totaux au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.2.1.2. Coliformes totaux

L'évolution temporelle de la charge en coliformes totaux (CT) pendant un cycle annuel (Figure 3.21), montre des fluctuations pendant la période d'étude; les charges élevées sont observées en été (ou le niveau d'eau est bas) où tous les stations présentent des valeurs qui sont supérieures aux normes admissibles avec des valeurs maximales enregistrées pendant le mois d'aout au niveau de la station S2 à Tamlouka ($4,95 \cdot 10^5$ CT/ml), et les valeurs minimales

ont été enregistrées pendant le mois d'avril au niveau de la station S1 à Tamlouka ($1,83.10^5$ CT/ml) due à l'augmentation du niveau d'eau de la mare, favorisant ainsi une dilution.

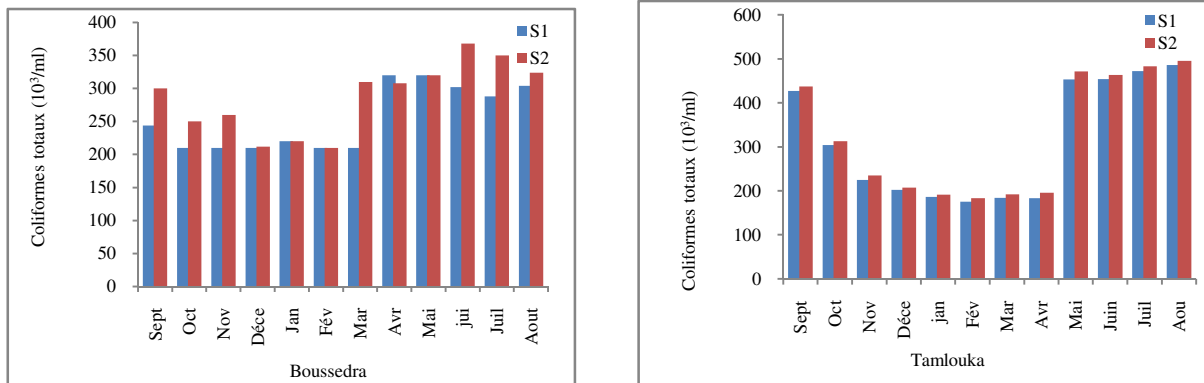


Figure 3.21. Evolution du nombre des coliformes totaux au niveau de l'eau du marais Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.2.1.3. Coliformes fécaux

Escherichia coli est le type de coliformes d'habitat fécal exclusif; sa recherche est donc extrêmement importante. Sa présence dans l'eau indique non seulement une contamination récente par des matières fécales, mais aussi la présence possible de bactéries, virus et protozoaires pathogènes.

L'examen des graphes illustrés par la figure 3.22, Nous montre que le nombre de coliformes fécaux est important dès le premier prélèvement jusqu'à la fin d'étude, dont le maximum est enregistré dans le prélèvement du mois d'aout au niveau de S2 à Tamlouka ($4,43.10^5$ CF/ml), tandis qu'une concentration minimale a été obtenue dans le prélèvement de mois de février ($1,78.10^5$ CF/ml) au niveau de S1 à Tamlouka.

Les coliformes fécaux indiquent une contamination plus ou moins récente du principalement à l'élevage, au pâturage, les rejets domestiques et à la présence d'un effectif élevé d'oiseaux au niveau de ces zones humides.

Les deux résultats exposent des graphes (Figure 3.21) et (Figure 3.22) plus au moins similaires. Le nombre de coliformes totaux est naturellement plus important que celui des coliformes fécaux.

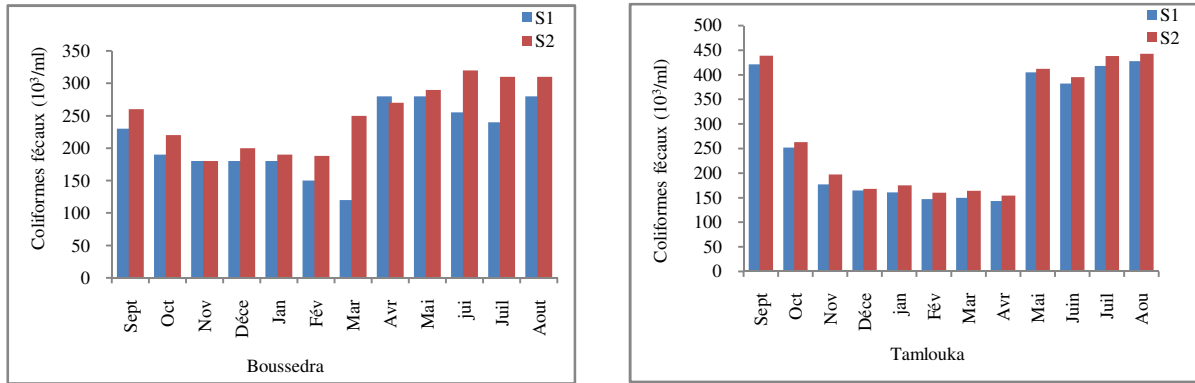


Figure 3.22. Evolution du nombre des coliformes fécaux au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.2.1.4. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux ou les entérocoques, sont des germes très sensibles aux variations physico-chimiques du milieu et ne résistent pas dans l'eau (ils s'adaptent difficilement en dehors de leur milieu habituel qui est l'intestin). Leur présence est directement liée à la qualité et la concentration de la matière fécale se trouvant dans l'eau.

L'examen de la (figure 3.23), nous montre que les concentrations de ces bactéries fécales sont extrêmement variables durant le cycle annuel étudié et qui dans l'ensemble, sont supérieures à la valeur guide des eaux superficielles.

Cependant, la station S2 à Boussedra, présente des quantités en SF très importante au cours de toute l'année principalement pendant le mois de novembre ($7,6.10^3$ SF/ml). Cet enrichissement du principalement au lessivage des terres agricoles avoisinantes chargées d'énormes quantités de fumier, aux rejets domestiques des agglomérations rurales (fosses septiques qui déchargent à l'air libre), à la présence des déjections animales (d'énormes quantités d'oiseaux d'eau, et des animaux domestiques...etc.). De plus, ces zones humides constituent des zones de pâturage intensif (plus de 49 000 bovins et ovins en pâturage extensif) (Boudraa, 2014).

De façon générale, tous les résultats obtenus indiquent une très mauvaise qualité bactériologique de l'eau de ces zones humides du au envahissement des rejets domestiques et agricoles ainsi que l'hivernage des oiseaux au niveau de ces dernières.

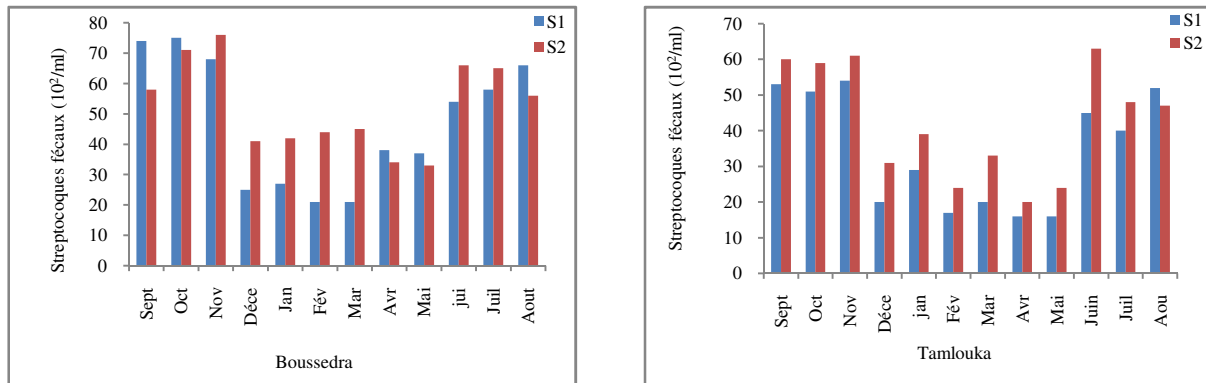


Figure 3.23. Evolution du nombre des streptocoques fécaux au niveau de l'eau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

I.2.1.5. Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne. Les résultats négatifs déduisent l'absence de genres sulfito-réducteurs *Clostridium sp* responsables de botulisme et de tétanos.

I.2.2. Identification des souches bactériennes

I.2.2.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram

Le repiquage successif utilisé dans le seul but de purifier les souches nous a permis de distinguer les caractères de toutes les colonies sur leurs milieux préférentiels d'isolement. Ces données sont résumées dans le tableau 3.2.

Du point de vue microscopique, l'examen cytologique nous a révélé que les Bâtonnets Gram (-) sont plus représentés par rapport aux cocci Gram (+) qui demeurent faiblement représentés.

Tableau 3.2. Caractères macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes.

Culture	Observation macroscopique des colonies	Observation microscopique des colonies
Gélose nutritive (GN)	- Circulaire, lisse, plate, brillante transparente, 2 mm de diamètre. - Irrégulière, lisse, plate, jaune, 1 mm de diamètre. - Bambée, lisse, brillante, à contour régulier, de couleur jaune.	- Bacilles isolées ou en chaînettes, Gram négatif. - Bacilles isolés, Gram négatif.
Gélose Hektoen	- Vertes ou bleuâtre, bossue, circulaire, ondulés, rigoureuse. - Transparente légèrement blanchâtre. - Jaune saumon, bambée, lisse, 1mm de diamètre.	- Bacilles isolés, Gram négative. - Bacilles isolés, Gram négative.
Milieu	- Petite, opaque, lisse, bombée, à contour régulier, de couleur blanche.	- Cocci groupées en amas, Gram positif.

Chapman	- Bombée, lisse, à contour régulier, jaunâtre avec virage de couleur du milieu entourant les colonies au jaune brillant.	- Cocci, groupés en amas, en paires, Gram positif.
Gélose SS	(-)	(-)
Milieu VF	(-)	(-)

I.2.2.2. Résultats d'identification biochimique

L'étude biochimique nous a permis d'identifier (19) espèces bactériennes, avec une présence majoritaire de : *E.coli*, *Enterobacter cloacae*, *Klebseilla oxytoca*, *Pseudomonas auruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, dans la majorité des prélèvements. Les résultats de l'identification par l'API 20E et la galerie classique sont représentés dans le tableau 3.3.

La recherche des salmonelles sur milieu sélénite ensemencer sur milieu solide d'Hectoen, montre l'absence de ces bactéries.

Tableau.3.3. Résultats de l'identification biochimique.

Espèces bactériennes identifiées	
Le marais de Boussedra	La mare de Tamlouka
<i>Escherichia coli</i> , <i>Serratia marcesans</i> , <i>Pseudomona fluoresence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Hydrogenomonas sp</i> , <i>Klebseilla pneumoniae</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Providencia sp</i> , <i>Staphylococcus saprofiticus</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>E. aglomerans</i> ,	<i>Escherichia coli</i> , <i>Erwinia sp</i> , <i>Klebseilla oxytoca</i> , <i>Klebseilla Pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas auruginosa</i> , <i>Pseudomonas fluoresence</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Morganella morgani</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Enterococcus sp</i> , <i>Serratia marcesans</i> , <i>Providencia sp</i> , <i>Hydrogenomonas sp</i> , <i>Vibrio sp</i> , <i>Erwinia edwardsi</i>

Partie II :
Evolution et phénologie de la
structure avienne

II. Evolution de la structure avienne et modalités d'occupation temporelle des sites

La gestion d'une zone humide fréquentée par l'avifaune aquatique ne peut être envisagée qu'après étude du fonctionnement global du site vis-à-vis des diverses espèces présentes au cours d'un cycle annuel. Cette étude fonctionnelle repose sur la connaissance de statut phénologique des différentes espèces fréquentant cette zone, qui provient des dénombrements effectués au cours d'un cycle annuel, puis la phénologie de chaque espèce est comparée dans les deux zones humides (le marais de Boussedra et la mare de Tamlouka), par l'analyse de ces résultats de recensements nous essayerons de répondre à l'un des objectifs de cette pratique notamment, l'évolution et la structure des effectifs fréquentant ces zones humides urbaines. Cependant, la distribution spatio-temporelle des oiseaux d'eau au niveau des zones humides est souvent gérée par de nombreux facteurs écologiques très déterminants (Pirot *et al.* 1984 ; Houhamdi et Samraoui ; 2003). Les principaux sont le dérangement, la quiétude, la qualité de l'eau du milieu, la densité de la couverture végétale, la recherche de la nourriture et la présence d'une autre espèce présentant la même niche trophique et écologique (Tamisier et Tamisier ; 1981 ; Pirot, 1981, Tamisier et Dehorter ; 1999, Houhamdi et Samraoui ; 2003).

II.1. Famille des Podicipedidés

II.1.1. Grèbe à cou noir *Podiceps nigricollis*

C'est une espèce qui se montre occasionnellement pendant les passages (migratrice de passage). Elle est observée avec un effectif très faible ne dépasse pas deux individus pendant les mois de décembre, janvier et novembre au niveau de Boussedra, et absente au niveau de Tamlouka (Figure 3.24).

Ces oiseaux ont été surtout observés dans les zones profondes et dégagées (Mettalaoui, 2010). Elle est citée comme rare dans toutes les zones humides algériennes (Ledant *et al.*, 1981, Isenmann et Moali ; 2000, Houhamdi, 2002) et fréquente les zones humides des hauts plateaux de l'Est algérien que pendant la période estivale (Baaziz, 2006). Il a niché dans la Sebkhet de Bazer-Sakra et dans le Chott El-Beida pendant les années 2007, 2008. Le Grèbe à cou noir est le spécimen aviaire qui forme les plus grandes concentrations pendant la migration de mue. Les concentrations de ce grèbe en mue sont beaucoup moins importantes qu'en Amérique du Nord. Étant donné que les plus importantes populations reproductrices de Grèbes à cou noir de la région paléarctique se trouvent dans le centre-sud de la Russie et au Kazakhstan (Fjeldså, 2004), de nombreux sites de mue se trouvent dans le sud et le sud-ouest de l'Europe (Amat *et al.*, 2014).



A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka

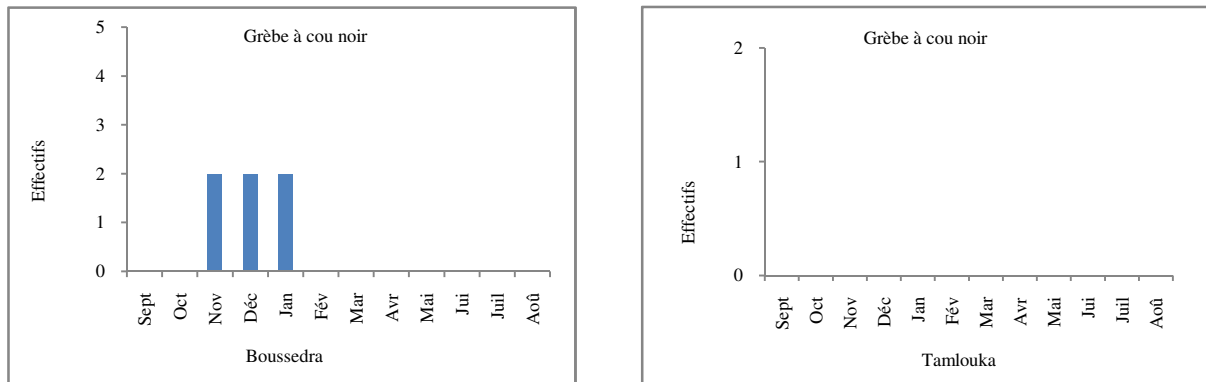


Figure 3.24. Structure et phénologie du Grèbe à cou noir au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.1.2. Grèbe huppé *Podiceps cristatus*

Le Grèbe huppé affectionne particulièrement, les grandes étendues d'eau douce, il est présent dans tous nos relevés, c'est-à-dire c'est une espèce sédentaire nicheuse au niveau du marais de Boussedra (figure 3.25). L'effectif maximal (30 individus) a été enregistré durant le mois de juillet, le minimal est noté pendant le mois de janvier (9 individus), selon Keller et Korner ; 2019, ses résultats indiquent que les conditions mésotrophes à eutrophes ont permis une population nombreuse et un succès de reproduction élevé. Au niveau de la mare de Tamlouka leur effectif ne dépasse pas 2 individus et il est absent durant les mois de juillet et aout probablement à cause de bas niveau d'eau car les zones de pleine eau, en milieu suffisamment ouvert, sont des lieux d'accueil favorables, notamment en période de mue. En période de nidification, la présence d'îles et de végétation aquatique et riveraine sont aussi des éléments très favorables. Un dérangement humain trop important est toujours préjudiciable (Santoul et Touren ; 2000).



Ces oiseaux se distribuent sur tous le plan d'eau manifestant des plongerais régulier de quelques secondes (20-30 minutes). Le Grèbe huppé affectionne particulièrement, les grandes étendues d'eau douce. Ils sont observés durant toute l'année et nichent régulièrement dans la majorité des zones humides de la région de Sétif (Baaziz et *al.*, 2011).

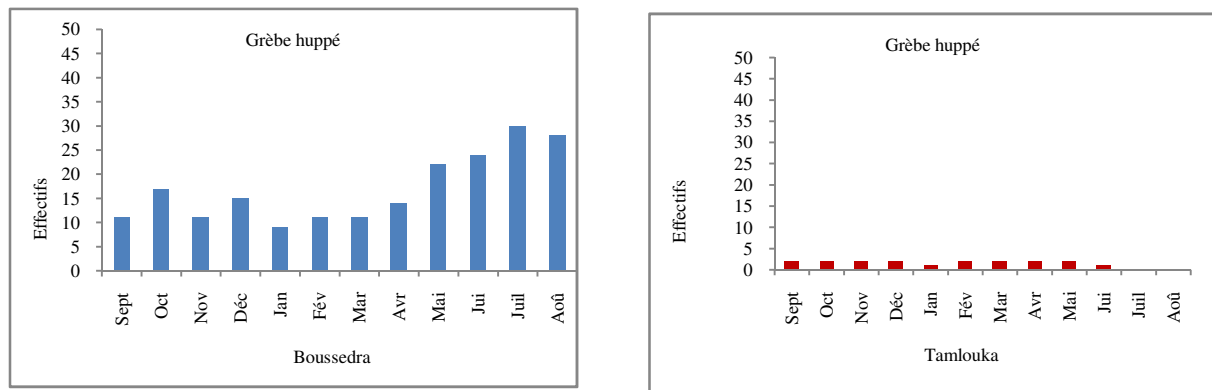


Figure 3.25. Structure et phénologie du Grèbe huppé au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.1.3. Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis*

Idem que le Grèbe huppé, Le Grèbe castagneux est une espèce sédentaire nicheuse, présente dans tous nos relevés. Au niveau de marais de Boussedra leur effectif augmente progressivement pour atteindre un maximum de 122 individus durant le mois de juillet. Les effectifs les plus bas sont observés durant les mois de septembre, octobre et novembre (33-54 individus), où la mare de Tamlouka abrite un maximum d'effectif qui ne dépasse pas 8 individus durant ces mois (Figure 3.26).

Les Grèbes se nourrissent d'invertébrés, de substances végétales, de larves, d'insectes, de petits poissons, de crustacées, de vers et de petits têtards (Felix, 1975). Ces petits oiseaux occupent tous le plan d'eau, et on peut les observer dans les endroits dégagés de toute végétation de façon homogène sur l'ensemble de la région.

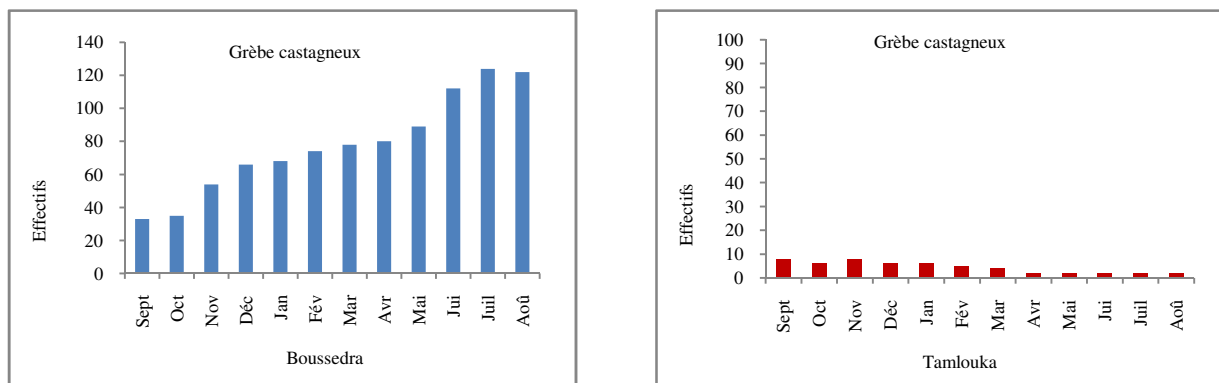


Figure 3.26. Structure et phénologie du Grèbe castagneux au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.2. Famille des Phalacrocoracidae

Cette famille est représentée par une seule espèce.

II.2.1. Grand cormoran *Phalacrocorax carbo*

Cet oiseau piscivore fréquente toutes les eaux douces ou salées d'une certaine étendue pourvu qu'il puisse s'y nourrir et s'y reposer (Mayache, 2008). Il a été observé uniquement, au niveau de marais de Boussedra, pendant la saison d'hivernage. Cet effectif est tributaire à des fluctuations, avec un maximum de 21 individus ont été observés pendant le mois de mars sur les petits ilots (Figure 3.27).

Selon Paque et *al.*, 2005, l'hivernage du Grand cormoran se stabilise en Wallonie et à Bruxelles, et malgré sa progression, la population nicheuse française demeure marginale en Europe (moins de 4% des 235 800 couples européens recensés en 2013), population européenne qui s'est pratiquement stabilisée depuis 2006 (1% de progression annuelle) avec même une nette diminution des effectifs en Europe du Nord (-13 000 couples) et en Europe centrale (-36 000 couples) selon Bregnballe et *al.*, 2014. Le nouveau recensement européen de 2012 (projet Corman de la Communauté Européenne) montre un fort ralentissement de la croissance de l'espèce en Europe (235800 couples soit 1% de croissance annuelle, (Bregnballe et *al.*, 2014)), et même une chute dans les pays traditionnels (Pays-Bas, Danemark, Allemagne, Europe Centrale) (Marion, 2018). Outre les phénomènes de régulation inhérent à tout prédateur en fonction de la compétition interspécifique au fur et à mesure que l'effectif s'approche de la capacité limite d'accueil du milieu, la lutte contre l'eutrophisation entraînant un retour à une qualité des eaux comparable à celle des années 1970 dans une partie de ces pays, qui a entraîné une chute des densités de poissons et augmenté la difficulté de les capturer en pêches collectives en raison d'un retour à des eaux moins turbides, pourrait expliquer cette diminution des effectifs nicheurs de Grands cormorans (Van Eerden, 2015).



A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka

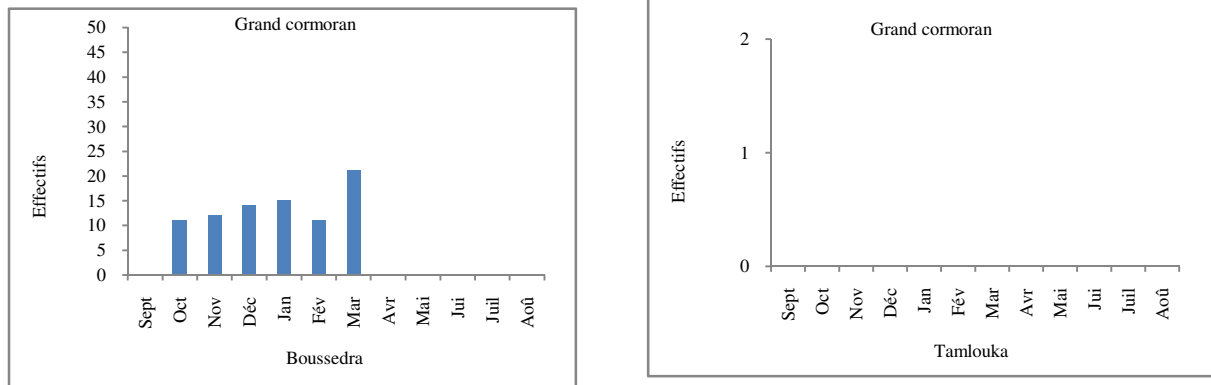


Figure 3.27. Structure et phénologie du Grand cormoran au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.3. Famille des Ardéidés

II.3.1. Héron crabier (Crabier chevelu) *Ardeola ralloides*

Préfère les endroits à végétation luxuriante, cette espèce estivante nicheuse est observée uniquement au niveau de marais de Boussedra à partir de mars jusqu'au mois d'août dont les effectifs maximaux sont enregistrés durant le mois de juillet (250 individus). Elle occupe les endroits plus hauts du *Tamarix galica* qui sera utilisé comme héronnière mixte (Figure 3.28). C'est une preuve de nidification dans les zones humides péri-urbaine d'Algérie (Boudraa, 2016). La population française est estimée à 127 couples nicheurs. La quasi-totalité des effectifs se concentre dans trois zones du bassin Méditerranéen : la Camargue, la Petite Camargue fluvio-lacustre et les marais entre Crau et Grand Rhône (Kayser et Hafner ; 1999).



A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka

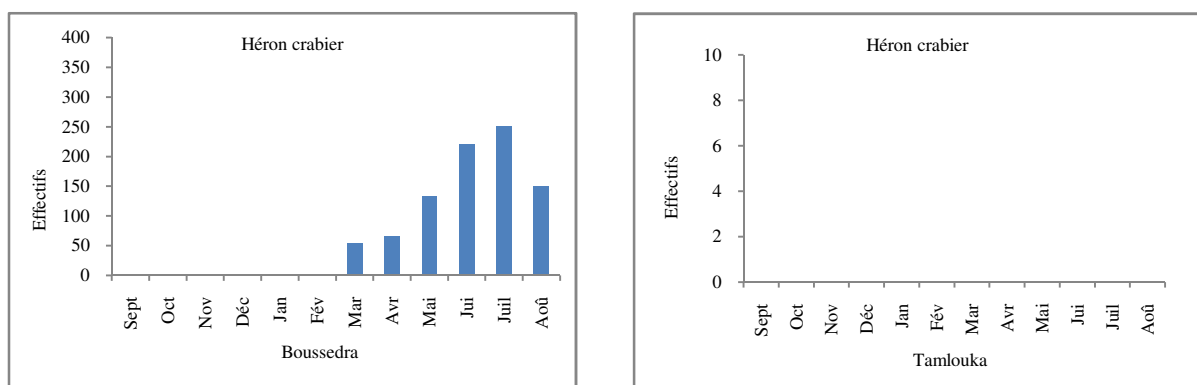


Figure 3.28. Structure et phénologie du Héron crabier au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.3.2. Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax*

Il semble que l'élévation du niveau d'eau du site est d'un grand secours pour cette espèce (Siblet, 1992, Fustec et Lefeuvre ; 2000) estivante nicheuse qui occupe uniquement le

marais de Boussedra avec une abondance importante, leur effectif augmente progressivement pour atteindre un maximum de 280 individus durant le mois de juillet. Elle occupe les secteurs Nord du plan d'eau et se nourrit principalement de poissons et batraciens (Brugier et *al.*, 1979), mais aussi de vers de terre, et d'insectes aquatiques et terrestres puis pendant la période de reproduction, elle occupe le *Tamarix* (Figure 3.29).



Le Héron bihoreau ou Bihoreau gris, ce petit héron connu sous le nom « butor » (Brugier et *al.*, 1979) affectionne tout particulièrement les fosses, étangs, des marécages et des rivières bordés de végétation dense (Site 1). Cette espèce arboricole (Brugier et *al.*, 1979) niche et dorme dans les arbres. Il est largement répandu excepté dans les zones polaires, les zones tempérées fraîches et l'Australie (Site 1).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka

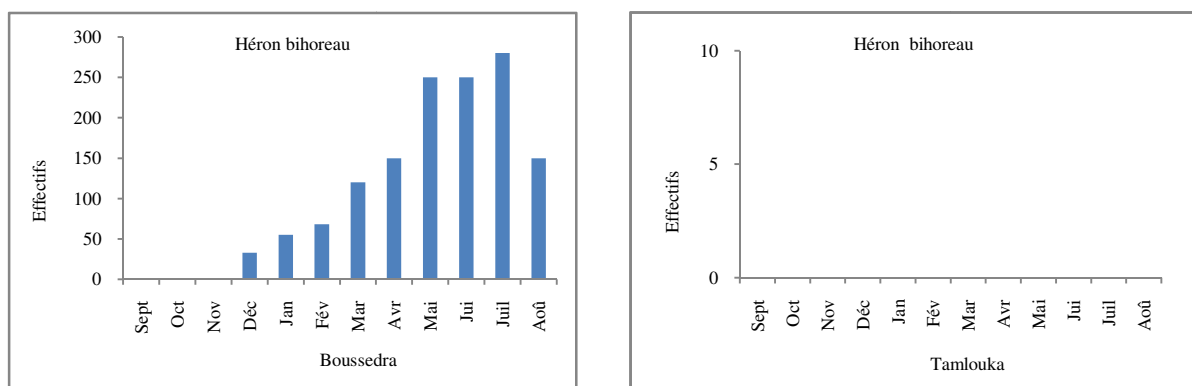


Figure 3.29. Structure et phénologie du Héron bihoreau au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.3.3. Héron garde bœuf *Bubulicus ibis*

Espèce sédentaire nicheuse qui niche durant toute l'année dans les deux sites, est ainsi capable d'exploiter des habitats variés, à différents moments de la journée et de l'année (Doctrinal et *al.*, 2005). Le Héron garde-bœuf est observé avec une bonne représentativité, atteignant ainsi des maximums de 2300 individus durant le mois de juin au niveau de marais de Boussedra et 1250 individus durant le mois de septembre au niveau de la mare de Tamlouka, leur effectif à s'élever dès le début d'étude. Aussitôt après, nous assistons à des départs consécutifs qui durent jusqu'au mois de décembre et janvier. (Figure 3.30). l'Héron garde bœuf fréquente essentiellement les milieux agricoles et les aires sub-urbaines (Voisin, 1991; Setbel, 2008 in Guergueb, 2016) pour s'y reposer et s'alimenter (Si Bachir et *al.*, 2011). À la suite de l'émancipation des poussins, à partir de la mi-juillet, les Hérons



garde- bœufs se regroupent le soir en dortoir, pour y passer la nuit. Durant la journée, ils continuent de s'alimenter dans les mêmes habitats (Doctrinal *et al.*, 2005). Cet échassier originaire de l'Afrique, très courant au Kenya ou en Tanzanie, on le rencontre actuellement sur tous les continents excepté à proximité des cercles polaires. Il est courant dans la péninsule ibérique et le sud de la France et on peut l'apercevoir occasionnellement dans le reste de l'Europe (Site 2).

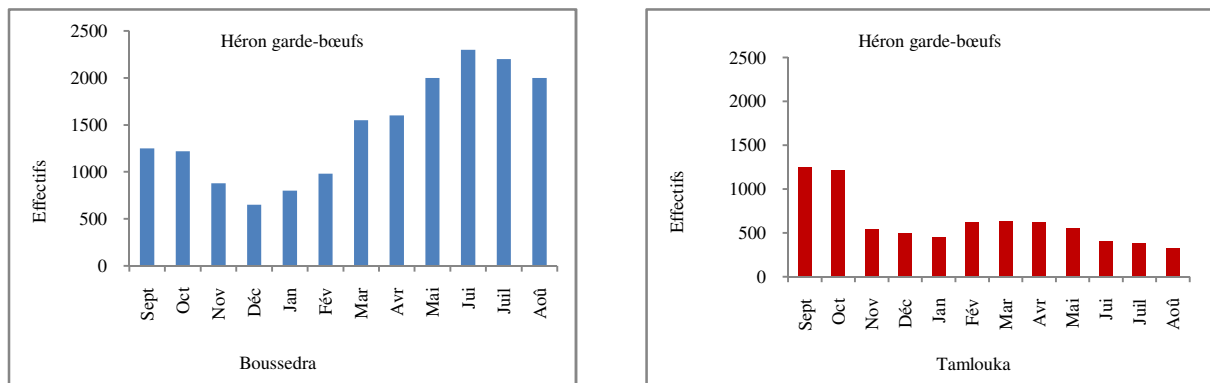


Figure 3.30. Structure et phénologie du Héron garde bœuf au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.3.4. Grande aigrette *Egretta alba*

Un seul individu est observé durant deux mois (mois de décembre et novembre) au niveau de maris de Boussedra uniquement (Figure 3.31). Cette espèce est néarctique; sa répartition couvre une vaste zone s'étendant du sud du Canada jusqu'à l'Argentine (Thevenot et Bergier ; 2008), elle est présente de l'Europe centrale à l'Asie centrale, au sud jusqu'en Iran, et hiverne au sud jusqu'en Afrique du Nord et Centrale, autour du Golfe persique et jusqu'au sud de la Chine et de la Corée (Del Hoyo *et al.*, 1992).

La Grande aigrette peut être assez souple dans le choix de son site de nidification. Dans la majorité des cas, elle niche en colonie dans des roselières épaisses, mais parfois aussi par couples isolés. Elle peut aussi se reproduire occasionnellement dans des arbres ou arbustes, en s'associant aux colonies mixtes de hérons arboricoles (Cramp 1977 ; Del Hoyo *et al.*, 1992 ; Dubois *et al.*, 2008 ; Géroutet 2009 ; Feige et Müller ; 2012 in Jeanmondo et Rapin ; 2014).

Selon Báldi et Kisbenedek ; 1998, l'isolement et les caractéristiques de la végétation ont été intégrés aux modèles de la grande aigrette expliquant sa rareté dans nos sites.

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.



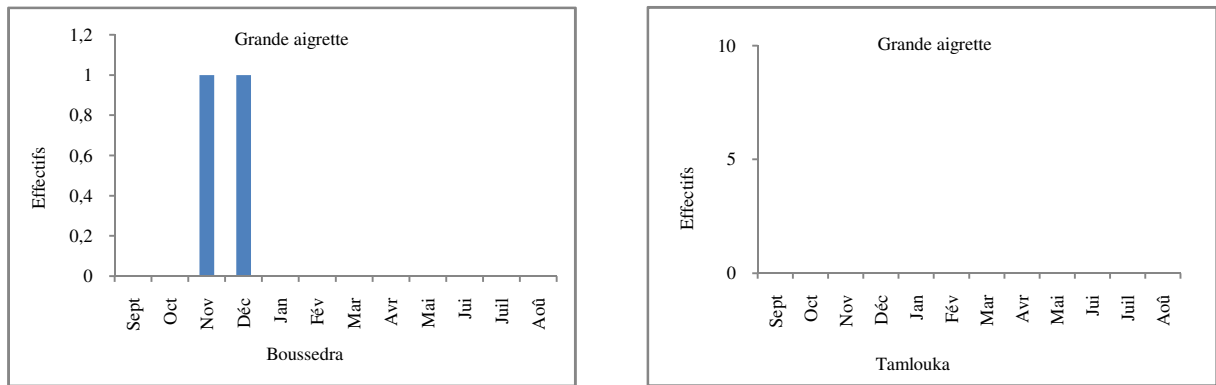


Figure 3.31. Structure et phénologie de la Grande aigrette au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.3.5. Aigrette garzette *Egretta garzetta*

Espèce sédentaire nicheuse, à reproduction tardive observée durant toute l'année sauf le mois de septembre dans les deux zones humides avec un effectif limité à quelques individus au niveau de la mare de Tamlouka dont le maximum ne dépasse pas 6 individus, par contre au niveau de marais de Boussedra, son effectif commence à augmenter considérablement pour atteindre un plateau de 300 individus a été observé durant le mois de juillet (Figure3. 32).

« L'effet colonie » indispensable pour la réussite de la nidification chez nombreux ardéidés est encore plus poussé chez l'aigrette qui recherche la présence d'autres espèces de hérons pour se reproduire. Bien qu'elle s'établisse parfois avec le héron cendré (Brugier et *al.*, 1979). Qninba et *al.*, 2009, mentionnait que l'espèce jusqu'à présent n'a été trouvée nicheuse qu'au sein de héronnières mixtes en compagnie de Hérons garde-bœufs *Bubulcus ibis* et de Hérons Bihoreaux *Nycticorax nycticorax* et que, la nidification de Layoune représente également le seul cas marocain connu de colonie monospécifique d'Aigrettes garzettes. Sans doute parce que ses délections d'habitats rejoignent celle de ces ardéidés (arbre moyennement hauts à feuillage dense, avec dans bien des cas présence d'eau au pied) (Brugier et *al.*, 1979).



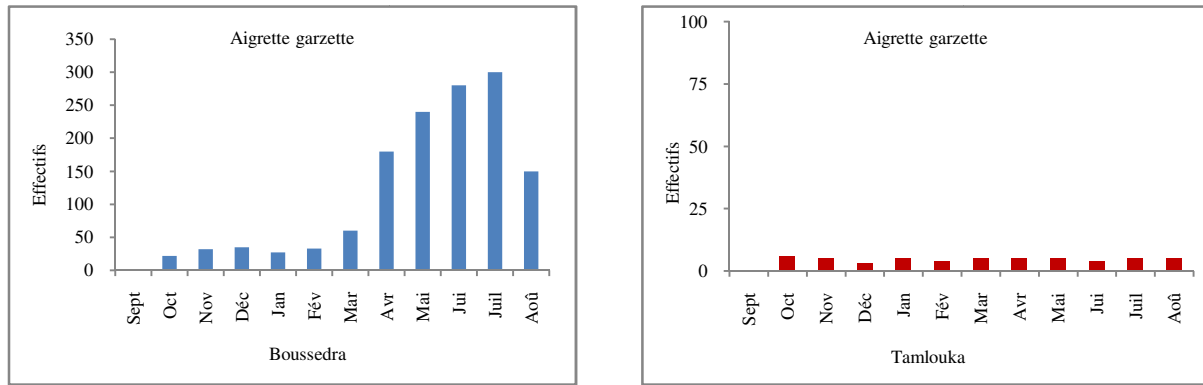


Figure 3.32. Structure et phénologie d'Aigrette garzette au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.3.6. Héron cendré *Ardea cinerea*

Pendant longtemps, le Héron cendré était un oiseau farouche qui évitait le voisinage de l'homme (Schmid et al., 2004), cette espèce arboricole observée pratiquement pendant toute la période hivernale avec quelques individus (4 à 6) au niveau de marais de Boussedra. Au niveau de la mare de Tamlouka, elle est beaucoup plus rare puisqu'un seul oiseau migrateur de passage a été noté dans cette dernière (Figure 3.33).



L'espèce est répandue au nord des Alpes à basse altitude, principalement à proximité des grands lacs et des cours d'eau.

Le Héron cendré fait face à plusieurs difficultés, qui occasionnent des déménagements fréquents (Schmid et al., 2004) : le réseau hydrographique, les perturbations liées à l'homme et la structure du paysage sont des facteurs influençant la distribution de cette espèce qui devrait localiser leurs colonies généralement au centre (Boitseau et Marion ; 2005) des rivières, des étangs et fossés de drainage (Brugier et al., 1979) où elle recherche essentiellement en dehors de la période de nidification des micromammifères (Brugier et al., 1979).

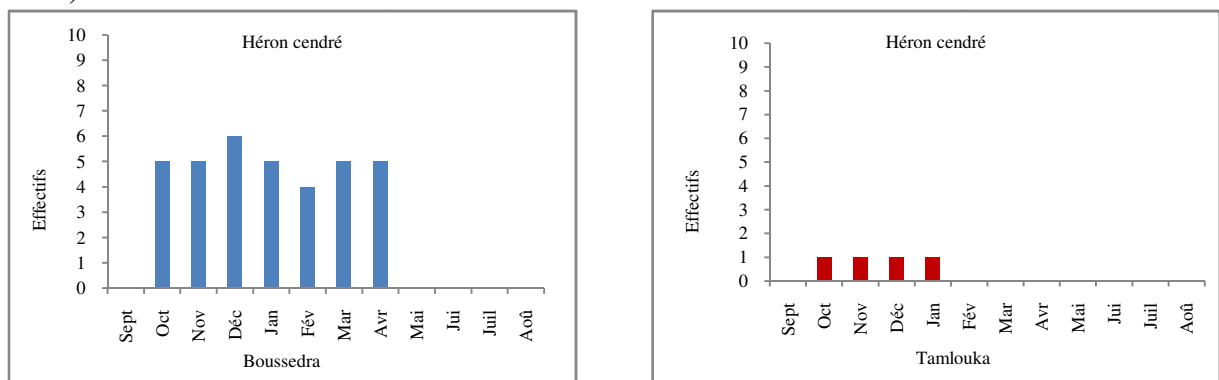


Figure 3.33. Structure et phénologie du Héron cendré au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.3.7. Blongios nain *Isobrychus minutus*

Le Blongios nain est le plus petit des ardéidés, difficile à voir du fait de ses mœurs discrètes au sein des roselières, mais assez facile à identifier.

Le Blongios est un nicheur assez tardif, il arrive au marais de Boussedra en février avec 12 individus, nous avons assisté à des augmentations du nombre. Ceci dure jusqu'au début du mois de mai et juin où nous avons noté un maximum de 32 individus. Aussitôt après, nous avons assisté à des diminutions de ce nombre, ce qui correspondrait à une migration post-nuptiale (Figure 3.34).



L'aire de répartition du Blongios nain couvre quasiment toute l'Europe, sauf les pays du nord, îles britanniques, Scandinavie et nord de la Russie, mais il est évidemment très localisé dans les zones humides présentant des sites de nidification favorables (Rollet, 2011). Cet ardéidé des marais s'installe dans les lieux variés : étangs riche en typha ou phragmites et rivières à végétation importante (Brugier et *al.*, 1979), et démontre ici encore leurs facultés d'adaptation en s'installant dans les rares milieux que leur laissent les activités humaine (Rollet, 2011).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.

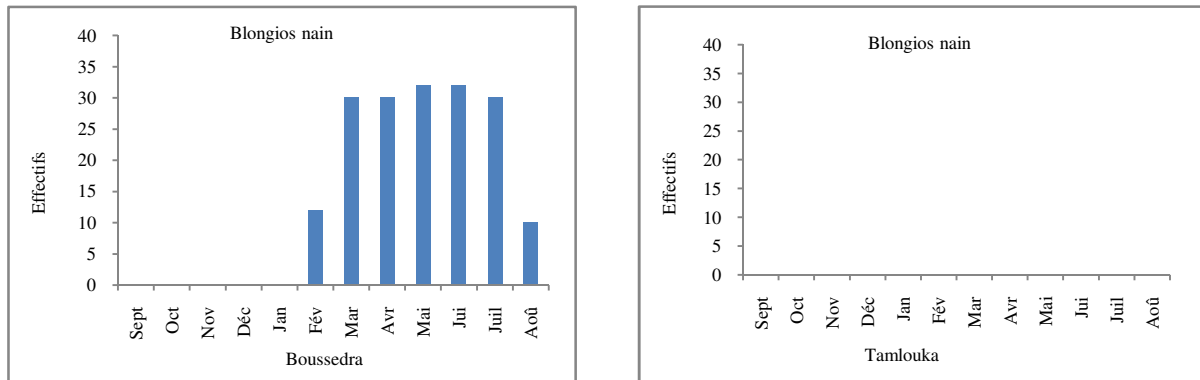


Figure 3.34. Structure et phénologie de Blongios nain au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.4. Famille des Ciconiidés

II.4.1. Cigogne blanche *Ciconia ciconia*

C'est la seule espèce qui représente cette famille, y est présente toute l'année sauf septembre et octobre avec un faible nombre d'individus. La Cigogne blanche est une espèce facilement observable en période de nidification (Tricot, 1973), place ses nids sur les arbres et les poteaux électriques limitrophes, s'expliquant par le fait que les oiseaux s'y sentent très en sécurité, ce qui favorise la constitution de colonies (Boukhemza et *al.*, 2007).

Espèce estivante nicheuse, observée avec un effectif restreint (4 à 6 individus) sur les berges à la recherche de nourriture (notons que nous avons observé une centaine d'individus à la décharge de Tamlouka). La reconstitution des réserves corporelles constitue une étape importante dans la vie des Cigognes (Pennycwick, 1975 ; Thauront et Duquet ; 1991 ; Lindström et Piersma ; 1993 ; Tsachalidis et Papageorgiou ; 1996). Au-delà du mois de mai et suite à la chute du niveau d'eau, le nombre de Cigognes blanches se diminue (Figure 3.35).



Dans les pays du Maghreb, comme en Europe occidentale, la Cigogne blanche a connu un fort déclin pendant la seconde moitié du XXème siècle (Boukhemza et *al.*, 2007). En Afrique tropicale sont mis en cause les effets des sécheresses au Sahel et l'augmentation de la pression de chasse : oiseaux de grande taille et peu farouches, les cigognes sont chassées pour leur chair dans tout l'ouest africain (Tricot, 1973).

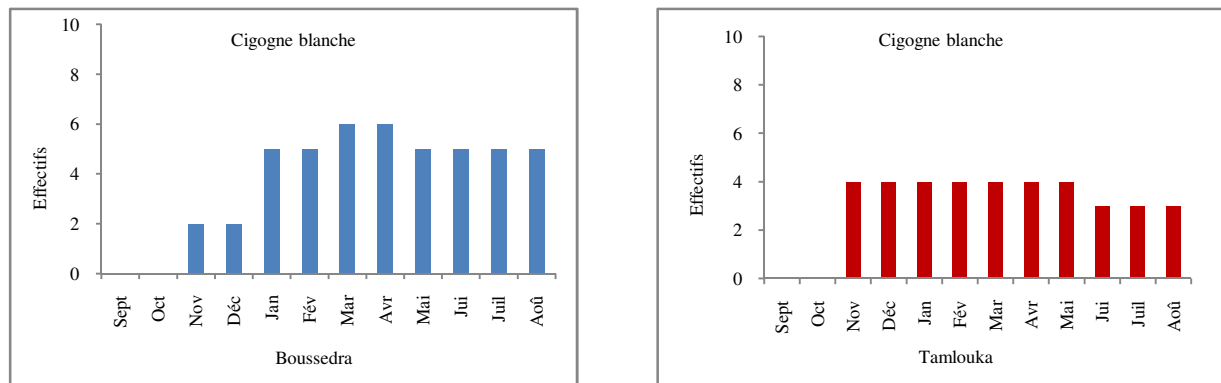


Figure 3.35. Structure et phénologie de Cigogne blanche au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.5. famille des Threskiornithidés

I.5.1. Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*

Dans le bassin méditerranéen l'Ibis falcinelle est rare et vulnérable (Schogolev, 1996). Moins de 2000 couples se reproduisent dans les zones humides des pays qui bordent la Méditerranée. Depuis 1998, l'Ibis falcinelle a retrouvé son statut de reproducteur en Algérie après 140 ans d'absence. L'espèce est également désormais présente la majorité de l'année (Belhadj et *al.*, 2007). Après l'Espagne et la France, l'Algérie représente donc une nouvelle zone de reproduction pour cette espèce (Kayser et *al.*, 1996) supposent que la réduction des habitats de l'espèce en Europe de l'Est pourrait être l'origine de la colonisation de l'ouest du bassin méditerranéen (Belhadj et *al.*, 2007).



Les Ibis falcinelles ont commencé à coloniser le marais de Boussedra dès le mois janvier et son effectif augmente progressivement jusqu'au mois de mai, juin et juillet (120 individus), au delà de ce dernier, aucun individu n'a été observé (Figure 3.36).

Toutes les espèces de hérons de la colonie ont été notées voisines de l'ibis. Cette espèce estivante nicheuse construit en effet ses nids à des hauteurs très faibles. Les espèces voisines des ibis n'ont pas toutes la même fréquence, le Héron Garde-bœufs étant le plus fréquent (Belhadj et *al.*, 2007).

La perte et la dégradation de l'habitat ainsi que le manque de plans de gestion sont identifiés comme des menaces majeures pour l'avenir de l'Ibis falcinelle en Algérie (Bouchecker et *al.*, 2009).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.

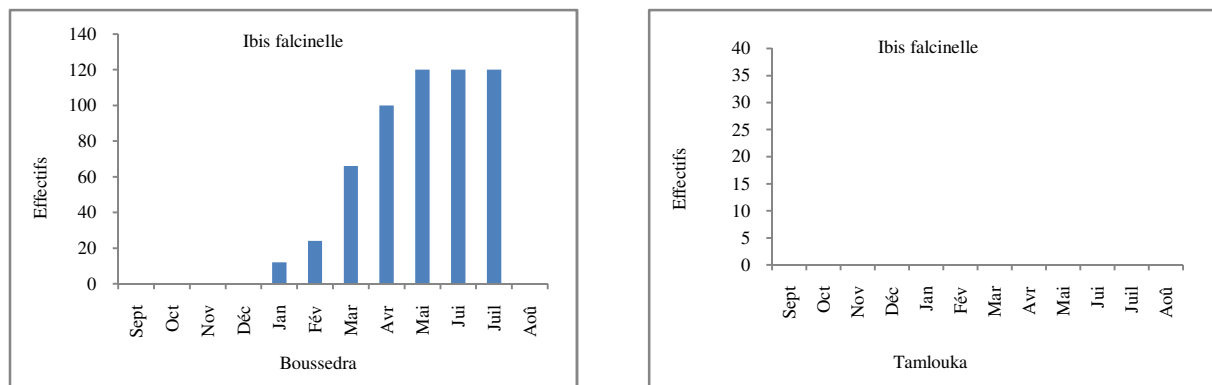


Figure 3.36. Structure et phénologie d'Ibis falcinelle au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.5.2. Spatule blanche *Platalea leucorodia*

La Spatule blanche hiverne régulièrement en petit nombre au Maroc (Rihane et El Hamoumi ; 2017). Ce magnifique échassier s'installe au niveau de marais de Boussedra dès le mois de décembre pendant quatre mois consécutifs avec deux individus migrants de passage (Figure 3.37), sans doute en raison du manque relatif de tranquillité et de secteurs favorables à l'alimentation. À la différence des hérons et aigrettes, la spatule blanche vole cou tendu.



A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.

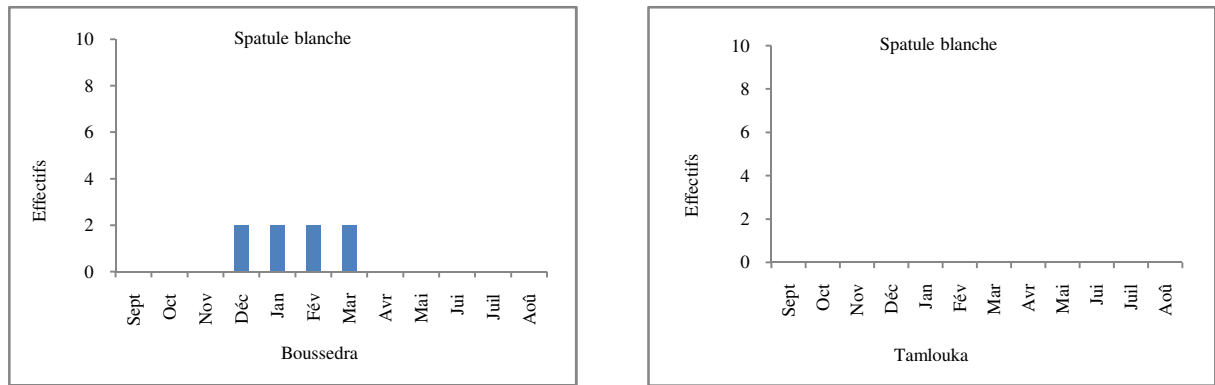


Figure 3.37. Structure et phénologie de Spatule blanche au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.6. Famille des Phoenicoptéridés

II.6.1. Flamant rose *Phoenicopterus roseus*

Le Flamant rose est une espèce grégaire, très répandue dans la région méditerranéenne et en Afrique occidentale où les populations subissent une évolution progressive. Fréquente régulièrement les plans d'eau salée, spacieuses et peu profonds du Maghreb (Houhamdi et *al.*, 2008).

La présence de cette espèce en Algérie est très variable, dépend essentiellement des conditions climatiques, du niveau d'eau des lacs sales et du degré de salinité. Ainsi, cet échassier fréquente régulièrement les plans d'eau salée, spacieuses et peu profonds du Maghreb (Houhamdi et *al.*, 2008) riches en crustacés «Artemidae et Anostraca», mais fréquente aussi les eaux dulçaquicoles et douces (Ledant et *al.*, 1981 ; Isenmann et Moali ; 2000).



Ces oiseaux d'eau caractéristiques par leurs aspects farouches sont sensibles aux dérangements (Guergueb, 2016) présentent un statut de migrateurs de passage avec un effectif limité et semblable dans les deux sites (Figure 3.38).

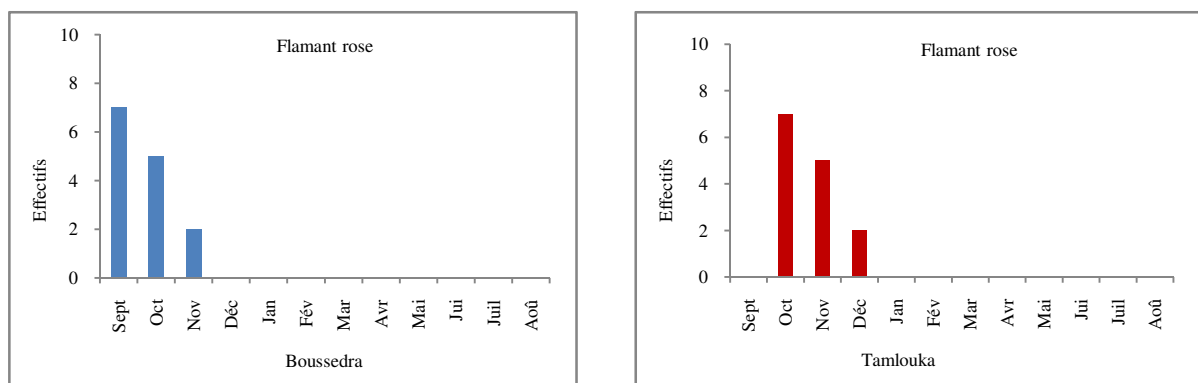


Figure 3.38. Structure et phénologie du Flamant rose au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7. Famille des Anatidés

II.7.1. Canard colvert *Anas platyrhynchos*

C'est le plus gros et le plus abondant des canards de surface dans le Paléarctique occidental (Dziri, 2015). De tous les Anatidés, il est le plus ubiquiste ; il est présent dans l'ensemble de l'Amérique du nord, de l'Europe, de l'Asie et de l'Afrique du nord (Guillemain et Fritz ; 2002 ; Dejaifve, 2004 ; Lever, 2005 ; Seymour et Mitchell ; 2006 ; Metallaoui et Houhamdi ; 2010 ; Curco et Bigas ; 2013 ; Gauthier-Clerc, 2013 ; Touati et Samraoui ; 2013).

Le Canard colvert est noté dans différents éco-complexes de zones humides côtières et dans le centre du pays (Maazi, 2009 ; Metallaoui et Haouhamdi ; 2010 ; Baaziz, 2011). Il a un statut phénologique d'espèce sédentaire-nicheuse dans tous les plans d'eau continentaux (Isenmann et Moali ; 2000 ; Isenmann et *al.*, 2005).

Au niveau de marais Boussedra ce canard est sédentaire nicheur, dès le début de l'hiver et forme les couples aux premiers jours de janvier avec un effectif de 24 individus atteignant les 26 individus durant les périodes de hautes eaux. Cet effectif a commencé de réduire pendant la période de reproduction (Figure 3. 39).



Tandis qu'au niveau de la mare de Tamlouka, le canard colvert s'installe en septembre avec un effectif important (45 individus), puis s'effondre à 11 individus expliquant le passage de populations migratrices. Le nombre de cet hivernant est stable pendant quatre mois consécutifs dès janvier et atteint 6 individus qui disparaissent pendant la période des basses eaux (Figure 3.38). Le canard colvert est peu sensibles aux dérangements (Hunter et *al.*, 1984) et présente un régime alimentaire très varié.

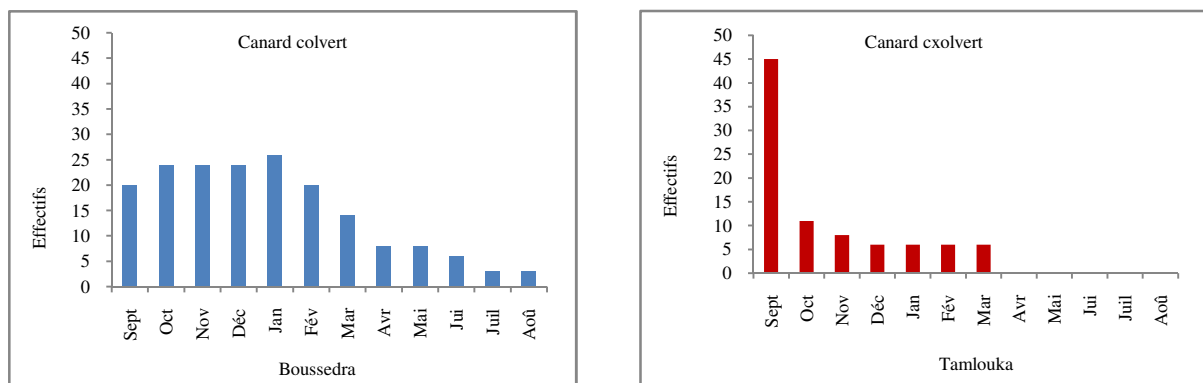


Figure 3.39. Structure et phénologie du Canard colvert au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.2. Canard chipeau *Anas strepera*

Espèce hivernante au niveau de marais de Boussedra, présente pendant toute la période d'hivernage avec un effectif important atteignant 140 individus recensés en décembre, suivi

des chutes progressives montrant des plateaux de 32 individus durant le mois de mars (Figure 3.40).

Cette espèce très sensible aux dérangements, préfère fréquenter les zones humides à végétation aquatique dense telles que les lacs, les étangs, les marais d'eau douce, les cours d'eau et les retenues collinaires et même les barrages (Brickell, 1988), expliquant son absence au niveau de la mare de Tamlouka.

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.

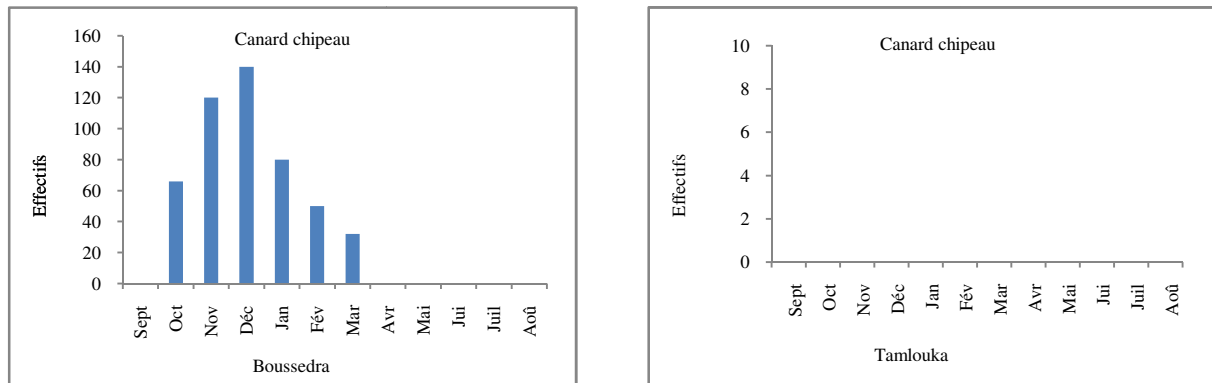


Figure 3.40. Structure et phénologie du Canard chipeau au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.3. Canard siffleur *Anas Penelope*

Le Canard siffleur a colonisé les deux sites pendant une période hivernale allant de six mois avec des effectifs très variés ; où nous avons noté un effectif important atteignant 540 individus en janvier et février au niveau de marais de Boussedra et un effectif minimal est enregistré pendant le mois de mars (200 individus) traduisant le passage d'individus transitant. Au niveau de la mare de Tamlouka nous avons enregistré les mêmes variations avec un effectif réduit atteignant son maximum pendant novembre (65 individus) (Figure 3.41).

Le Canard siffleur s'est caractérisé par sa colonisation très tardive (Houhamdi, 2002), on peut l'observer dans les secteurs lacustres, les marais d'eau douce, les fleuves, les lacs et les régions agricoles bordant le littoral. Sur les côtes proprement dites, il peuple les lagunes, les baies et les estuaires, les plages dans l'espace compris entre le niveau le plus élevé et le plus bas des marais.



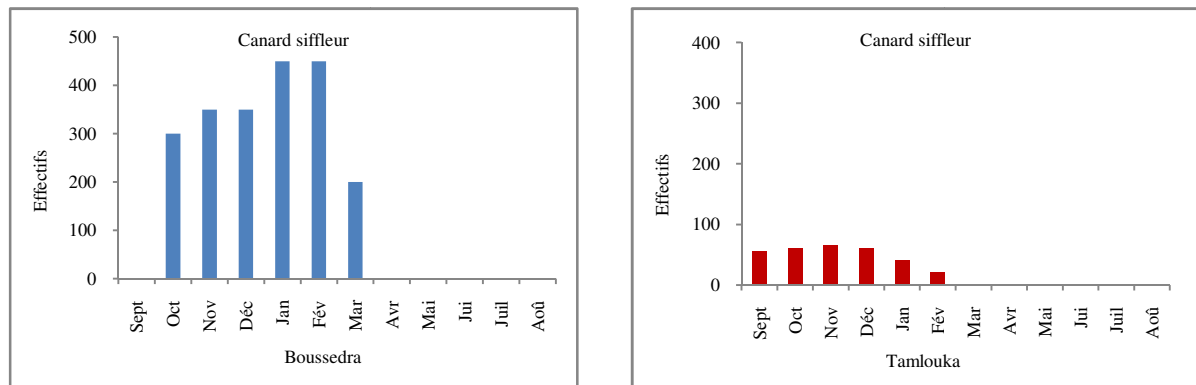


Figure 3.41. Structure et phénologie du Canard siffleur au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.4. Canard pilet *Anas acuta*

Le Canard pilet représente environ 20% des canards paléarctiques (Trolliet et al ; 2003). Il occupe en hiver une vaste zone géographique qui s'étend de l'Europe à l'Afrique tropicale. En Algérie, il vient sur tous les plans d'eau disponibles (Boukrouma et *al.*, 2011), et préfère les zones humides (chott, sebkhet et garaet) les plus vastes et les plus éloignés des dérangements (Maazi, 2009), où il se regroupe aux centres des plans d'eau pour dormir, le Canard pilet présent dans le marais de Boussedra avec des effectifs faibles par rapport à ce qui colonise la mare de Tamlouka qui est resté plus ou moins stable durant six mois. La valeur minimale de la présence de cette espèce est enregistrée au mois de février avec 65 individus tandis que le maximum est de 22 individus dans le mois de mars (Figure 3.42).



Durant leur bref séjour, les populations de Canards pilets, côtoyant habituellement les profondeurs n'excédant pas les 40 cm, ont été surtout observés dans le plan d'eau manifestant un déplacement courant, une toilette et un entretien du plumage très fréquent (Houhamdi, 2002). Ainsi, par leurs caractères très farouches, ces oiseaux ne se montrent jamais en solitaires mais toujours rassemblés en petits groupes plus ou moins compacts (Boukrouma et *al.*, 2011).

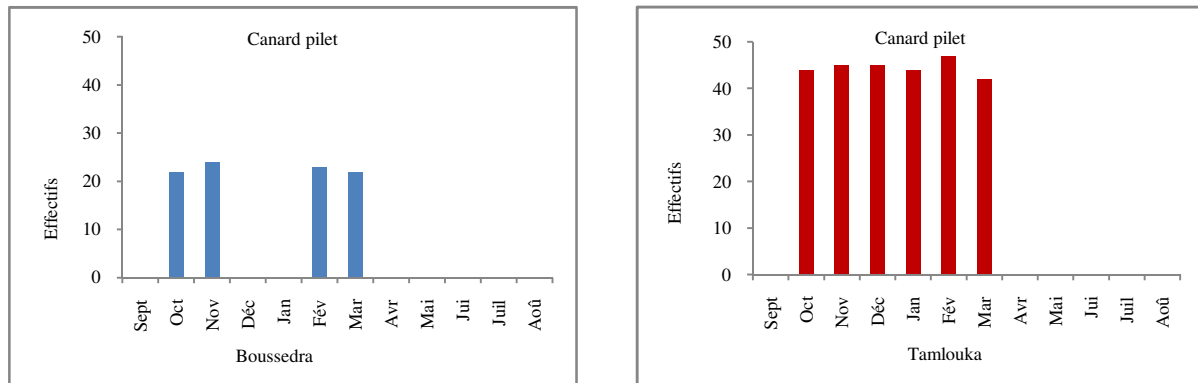


Figure 3.42. Structure et phénologie du Canard pilet au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.5. Canard souchet *Anas clypeata*

Le Canard souchet, comme la majorité des Anatidés présente un statut d'hivernant migrateur. Il hiverne pratiquement dans toutes les zones humides algériennes du Nord-Est (Ledant et *al.*, 1981; Isenmann et Moali ; 2000). Cette espèce zoo-planctophage, très sensible à la profondeur des eaux est présente régulièrement dans tout le littoral du Sud méditerranéen, dans le Delta du Sénégal, dans l'Est africain et dans l'ensemble du Paléarctique occidental. (Thomas, 1976 ; Pirot, 1981 ; Pirot et *al.*, 1984).

Grâce à la forme de son bec, long et aplati à son extrémité, adapté à la filtration de l'eau, son alimentation se caractérise donc par l'ingestion de macrofaune d'août à septembre, mais le zooplancton constitue l'essentiel des proies ingérées au cours de l'hiver, la stratégie alimentaire hivernale du souchet faisant suite à un engraissement automnal (Pirot et Pont ; 1987).



Considéré le plus abondant des canards en termes de nombre durant la période d'hivernage en Algérie (Mettalaoui et Houhamdi ; 2010), nous assistons à des arrivées progressives de petits groupes d'oiseaux dès le mois de septembre pour atteindre 500 individus en janvier au niveau de marais de Boussedra et un maximum de 42 individus recensés en octobre au niveau de la mare de Tamlouka. Cet effectif s'effondre progressivement avant leur disparition complète pendant la période allant de mois d'avril jusqu'au mois d'aout (Figure 3.43).

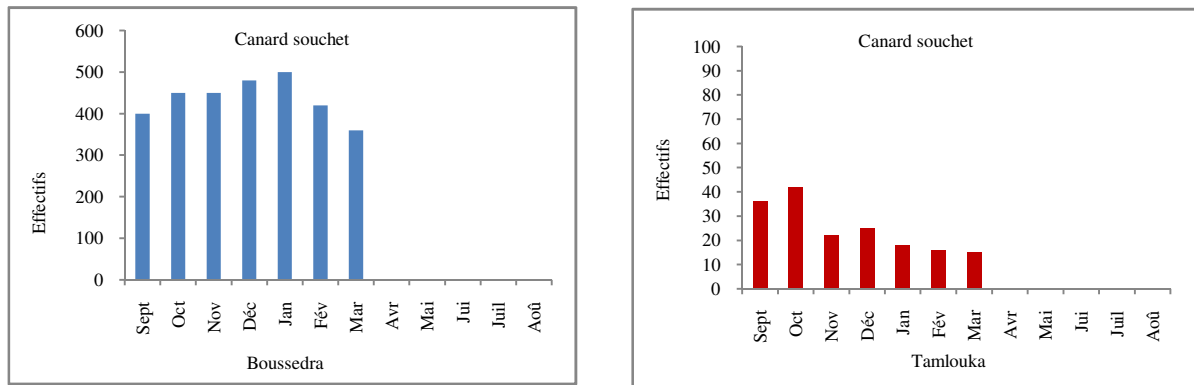
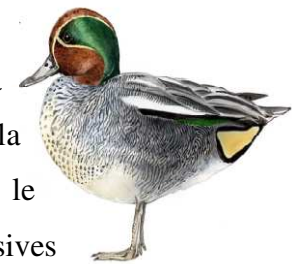


Figure 3.43. Structure et phénologie du Canard souchet au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.6. Sarcelle d'hiver *Anas crecca crecca*

les Sarcelles d'hiver se présentent, pendant leur période d'hivernage, comme une espèce remarquablement grégaire pendant la journée formant des concentrations sur des marais ouverts, généralement peu profonds et pourvus de peu ou pas de végétation émergente, cette profondeur leur offre une grande quantité de nourriture qui constitue au même temps un moyen d'engraissement (Pirot et *al.*, 1984 ; Tamisier, 1972).

L'hivernage de cette espèce au niveau de marais de Boussedra est noté dès le mois de septembre avec un effectif considérable, la valeur maximale du présence de cette espèce est enregistré pendant le mois de décembre avec 450 individus, suivi des chutes progressives montrant des plateaux de 240 individus durant les mois de février et mars. A partir du mois de mars, l'effectif de Sarcelle d'hiver s'effondre progressivement avant leur disparition complète pendant le mois d'avril au niveau des deux sites (Figure 3.44).



Le grégarisme diurne et l'alimentation essentiellement nocturne des Sarcelles d'hiver pendant leur période d'hivernage sont considérés totalement indépendants des activités de l'homme ou des dérangements (Pirot et *al.*, 1984 ; Tamisier, 1972 ; Tamisier et *al.*, 1995).

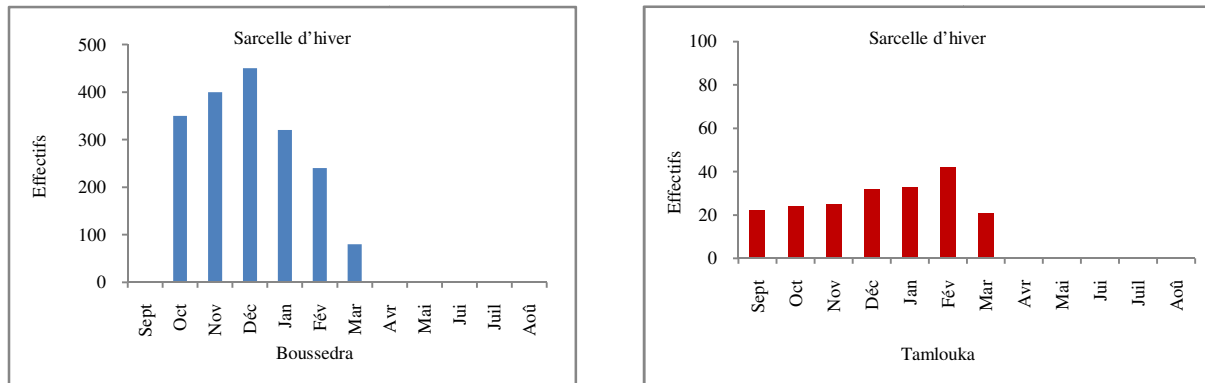


Figure 3.44. Structure et phénologie du Sarcelle d'hiver au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.7. Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris*

La Sarcelle marbrée est une espèce vulnérable, ce statut est lié à de nombreuses et importantes destructions de son habitat et à la réduction des aires de gagnage qui lui sont propices après les mois chauds et secs de l'été (Bouzegag et *al.*, 2013). Elle est nicheuse et partiellement sédentaire dans la majorité des zones humides de la rive sud du bassin méditerranéen (El-Agbani et *al.*, 1996 ; Thévenot et *al.*, 2003).

L'espèce est observée durant toute l'année dans les zones humides des hautes plaines de l'est Algérien et dans les chotts sahariens (Maazi, 2009).



Sédentaire nicheuse, la sarcelle marbrée est régulièrement observée dans le marais de Boussedra avec un effectif n'excédant pas 10 individus. Une diminution du nombre estimé de 4 individus qui ont été observés durant les mois de mars, avril et mai.

Nous signalons la présence d'un couple hivernant de sarcelle marbrée, dans la mare de Tamlouka (Figure 3.45).

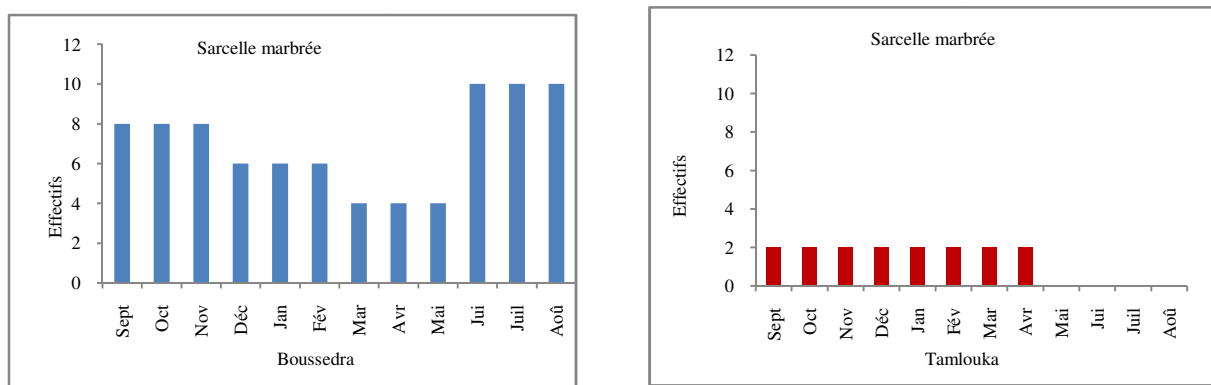


Figure 3.45. Structure et phénologie du Sarcelle marbrée au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.8. Sarcelle d'été *Anas querquedula*

La sarcelle d'été est une espèce à statut de conservation défavorable en Europe, son effectif est en déclin dans la France (Schricke, 2011), peu commun en Europe occidentale, Les grosses populations se situent surtout dans les pays du nord-est de l'Europe et en Russie (Boudraa, 2016).

Au niveau du marais de Boussedra, les Sarcelles d'été se sont montrées migratrices de passage, et notées pendant deux mois, les premiers 6 individus ont été observés dans le plan d'eau durant le mois d'avril, puis cet effectif réduit à 4 individus pendant le mois de Mai (Figure 3.46).

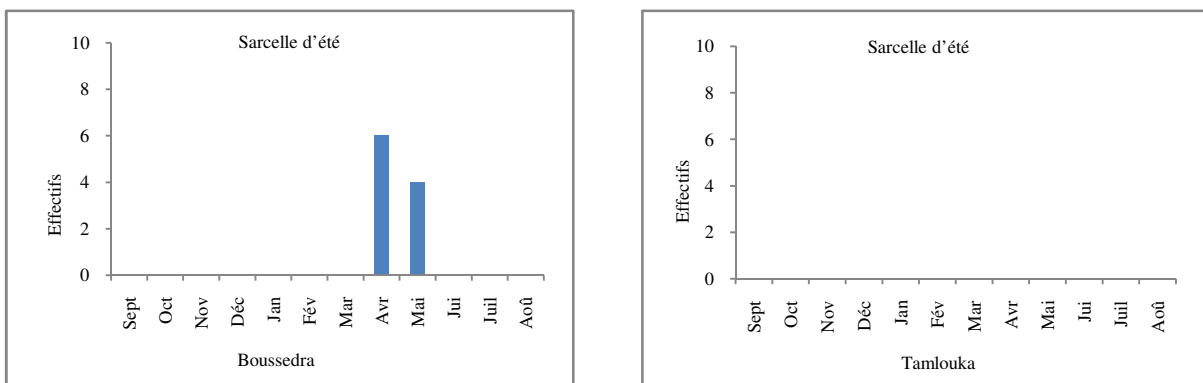


Figure 3.46. Structure et phénologie du Sarcelle d'été au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.9. Fuligule milouin *Aythya ferina*

Préfère généralement les eaux riches en nutriments et peu profondes, le Fuligule milouin est une espèce très grégaire, et son hivernage s'effectue en grands groupes (Abdi, 2017). L'aire de reproduction de cette espèce est très large, elle va de l'Eurasie jusqu'au nord de la Chine ce qui fait du Fuligule milouin un oiseau typique de la région des steppes asiatiques (Attoussi, 2014).

Avec un effectif faible (14-24 individus), ce plongeur hiverne à la mare de Tamlouka pendant 7 mois et particulièrement dans le marais de Boussedra, il présente un statut de sédentaire nicheur, où il est présent durant toute l'année avec un effectif sujet à des fluctuations interannuelles (10- 250) à cause des escales de groupes de transit (Figure 3.47) : la migration d'automne atteint des pics à la fin de septembre et en début d'octobre, et la migration de printemps peut commencer dès février, mais la principale migration a lieu en mars et début avril (Attoussi, 2014).



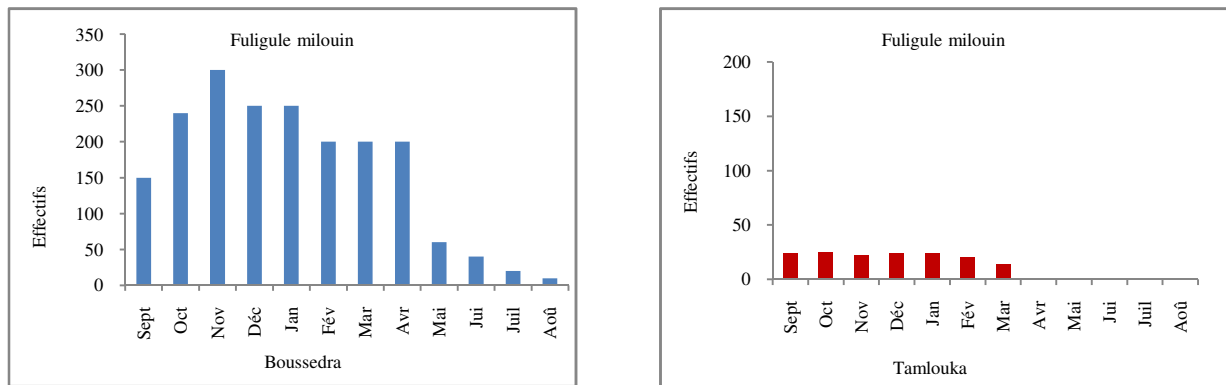


Figure 3.47. Structure et phénologie du Fuligule milouin au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.10. Fuligule nyroca *Aythya nyroca*

Le Fuligule nyroca occupe toujours le statut d'espèce peu menacée suite à la destruction des zones humides causant ainsi un déclin dramatique de ces effectifs (Aissaoui, 2009). Cette espèce est hivernante, rare, mais régulière en Tunisie (Hamdi et *al.*, 2005). Durant la période hivernale, les Fuligules nyroca cohabitent avec de nombreuses espèces d'oiseaux dont les principales sont les Fuligules milouins, les Canards souchet, Sarcelles d'hiver et les Foulques macroules (Aissaoui, 2009).



Présente un statut identique au milouin dans les deux sites, le Fuligule nyroca est observé toute l'année dans le marais de Boussedra avec des effectifs variés. A partir de septembre, nous remarquons des escales de groupes de transit (La migration automnale a lieu principalement entre le début septembre, et la mi-octobre (Attoussi, 2014). Ces groupes augmentent l'effectif total durant les trois mois qui suivent pour parvenir à un maximum pendant le mois de novembre (450 individus), cet effectif diminue par la suite durant les mois de janvier, février et mars. Au-delà de ce mois, un effondrement considérable est enregistré jusqu'à la fin du mois d'août. Au niveau de la mare de Tamlouka, ce plongeur présente un statut d'hivernant avec un effectif faible fluctuant entre 12 et 20 individus (Figure 3.48).

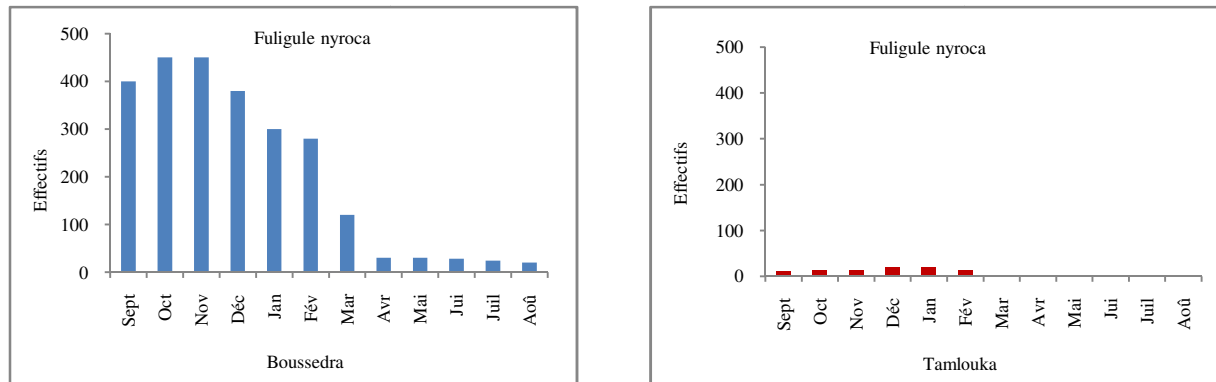


Figure 3.48. Structure et phénologie du *Fuligule nyroca* au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.7.11. Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*

L'Érismature à tête blanche est une espèce classée dans la liste rouge de l'UICN comme menacée, elle est également protégée par la législation algérienne en tant qu'espèce menacée de disparition (Birdlife international, 2004).

L'Algérie compte parmi les sept pays qui renferment un effectif significatif de l'Érismature à tête blanche durant toute l'année. Si l'on devait procéder à un bilan démographique de l'espèce, l'effectif de la population mondiale étant d'environ 15 000 individus, la population algérienne en représenterait plus de 3 % (Lazli et *al.*, 2011), et en 2012, le marais de Boussedra abritait une population estimée de 380 individus (mois de janvier), correspond à environ 5% de l'effectif mondial (Chettibi, 2014).

Pendant l'hiver, l'espèce préfère les grands plans d'eau profonds, alcalins ou salins, avec les autres canards plongeurs hivernants (*Fuligule nyroca* *Aythya nyroca* et *Fuligule milouin* *Aythya ferina* surtout) qui ont souvent moins de végétation émergente que pendant la saison de reproduction (Johnsgard et Carbonell ; 1996 *in* Abdi, 2017 ; Chettibi, 2014).

L'Erismature à tête blanche commence à coloniser le marais de Boussedra dès le mois de septembre avec un effectif atteignant 60 individus. Pendant le mois de décembre un effectif maximal atteignant 120 individus a été recensé, traduisant des passages de populations migratrices. Aussitôt après, l'effectif connaît une légère stabilité (80- 86 individus) jusqu'à la fin de la période d'hivernage (avril), où nous avons noté une migration massive caractérisée par des diminutions progressives montrant des plateaux de 22 individus durant le mois d'août (Figure 3.49).

Le régime alimentaire des Érismatures à tête blanche est très dépendant des chironomes benthiques tout au long de l'année. Les chironomes benthiques sont relativement tolérants à



l'eutrophisation (Batzer et Wissinger ; 1996). Cela rend l'Érismature à tête blanche plus tolérante à des zones humides eutrophes que de nombreux autres oiseaux d'eau (Chettibi, 2014).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.

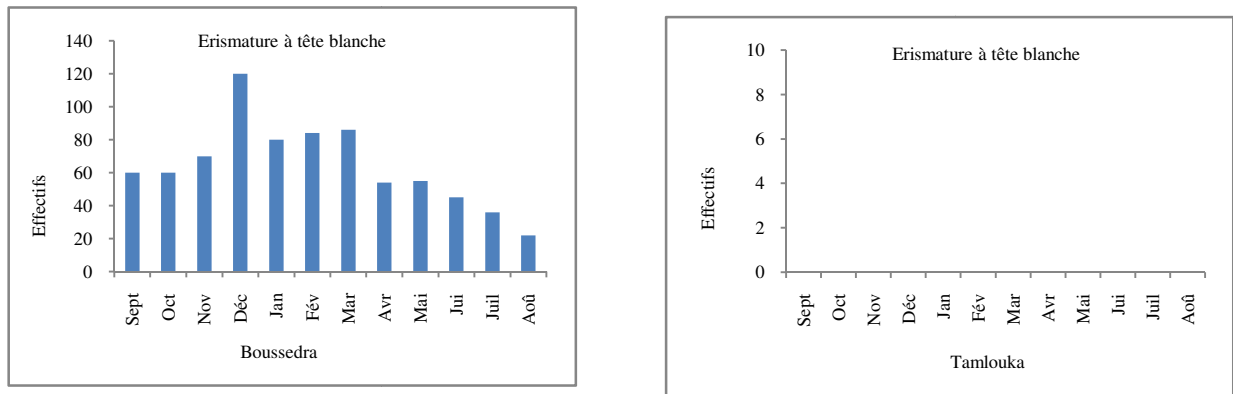


Figure 3.49. Structure et phénologie d'Erismature à tête blanche au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.8. Famille des Accipitridés

II.8.1. Busard des roseaux *Circus aeruginosus*

Pendant les années 1990-2000, 93.000 à 140.000 couples du Busard des roseaux (que ce soit 80% de la population européenne) abritent les plaines européennes parsemées de marais, marécages et lacs, souvent bords de roselières denses et autre végétation herbacée : Pays-Bas, le nord et l'ouest de la France, la plaine du nord de l'Allemagne, la Pologne, les Pays baltes, la Biélorussie et une bonne partie de la Russie (Birdlife international, 2004). le Busard des roseaux est le seul représentant de la famille dans les zones humides des hauts plateaux de l'Est algérien (Seddik, 2005 ; Baaziz, 2006), il niche aussi dans les zones humides du nord Algérien (Ledant et *al.*, 1981).



Observée toute l'année dans les deux sites, ce rapace présente un statut phénologique d'espèce sédentaire nicheuse avec un effectif assez restreint varie d'un à deux individus (Figure 3.50), un busard sédentaire à chaque site, il s'ajoute un estivant dans la marais de Boussedra, et un hivernant au niveau de la mare de Tamlouka.

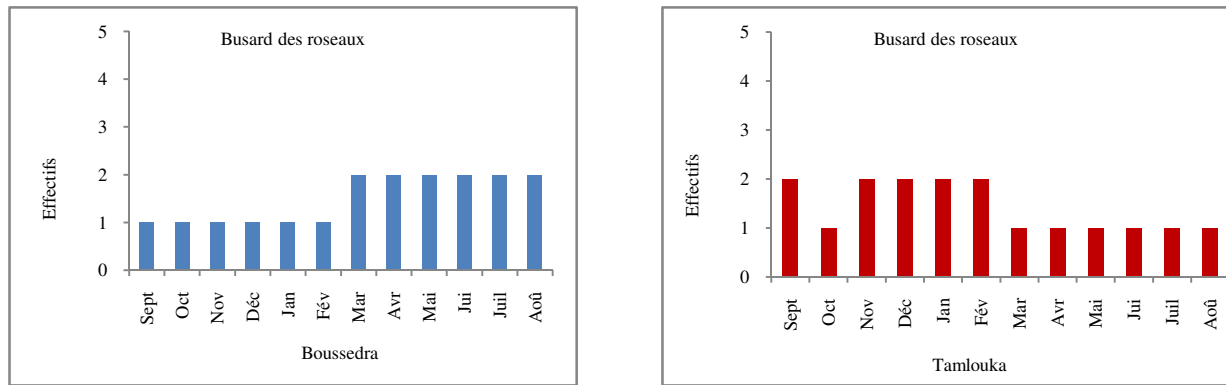


Figure 3.50. Structure et phénologie du Busard des roseaux au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.9. Famille des Rallidés

II.9.1. Poule d'eau *Rallus aquaticus*

En Algérie, ce Rallidés fréquente toutes les zones humides du littoral jusqu'au Sahara en passant par les hauts plateaux. Les effectifs les plus importants sont souvent observés dans les plans d'eau du littoral (Houhamdi, 2002 ; Mayache, 2008 ; Maazi, 2009 ; Metallaoui, 2010 ; Baaziz *et al.*, 2011 ; Atoussi 2014 ; Bara, 2015). La Poule d'eau est caractérisée par un comportement craintif qui au moindre dérangement fuit et se cache dans les touffes de *Typha angustifolia* et de *Phragmites australis* (Ritter et Savidge ; 1999). Elle ne sort que pour se nourrir principalement d'herbier aquatique (*Scirpus lacustris*, *S. maritimus*, *Typha angustifolia* et *Carex divisa*) (Bara, 2015)

Pendant toute l'année, ce Rallidés discret et farouche a été observé dans les deux sites avec un effectif très restreint ne dépassant pas les 36 individus dans le marais de Boussedra et une dizaine à Tamlouka (Figure 3.51). L'évolution de leur effectif présente des fluctuations inter annuelles a cause des grandes variations météorologiques.

La poule d'eau n'ayant pas besoin de grandes zones humides pour nicher, (Isenmann et Moali ; 2000). Elle est caractéristique des petites zones humides pauvres en végétation émergente (Ritter et Savidge ; 1999), fréquente occasionnellement les eaux saumâtres et préfère les systèmes hydriques ouverts (Ritter et Sweet ; 1993 ; Taylor, 1994).



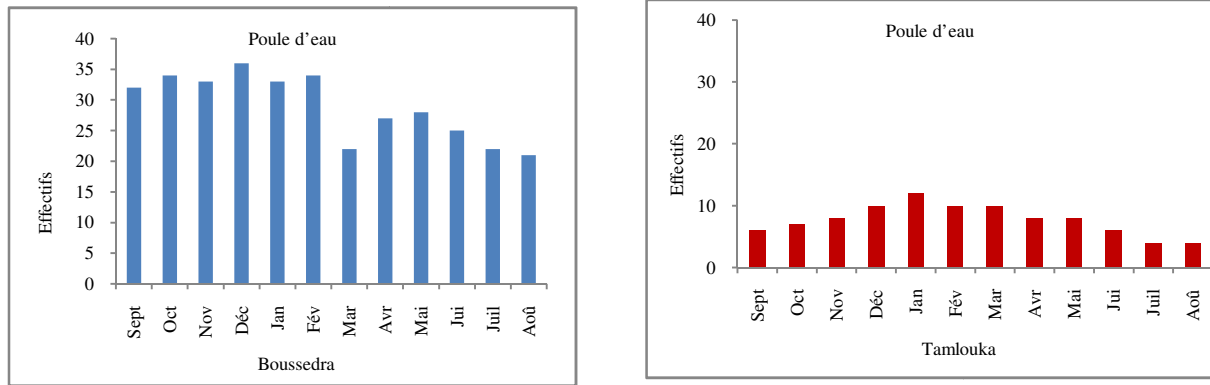


Figure 3.51. Structure et phénologie du Poule d'eau au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.9.2. Talève sultane *Porphyrio porphyrio*

En Europe, elle est uniquement présente en Espagne et en Sardaigne au départ et niche dans les grandes étendues de roseaux (Cyril, 2013 in Boudraa, 2016).

Espèce à caractères très discret et très farouche (Aleman, 1996 ; Bara, 2015), son activité est quasi crépusculaire et elle passe généralement ses journées à se cacher rendant ainsi son observation très difficile (Mocci, 1972 ; Mathevet, 1997 in Houhamdi, 2002).



Au niveau du marais de Boussedra, le suivi de l'abondance de ce Rallidés discret et farouche a montré que la Talève sultane a été notée dans tous nos relevés (espèce nicheuse sédentaire) avec des effectifs faibles et stables (8-12), dont le maximum est enregistré pendant le mois d'août (Figure 3.52).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.

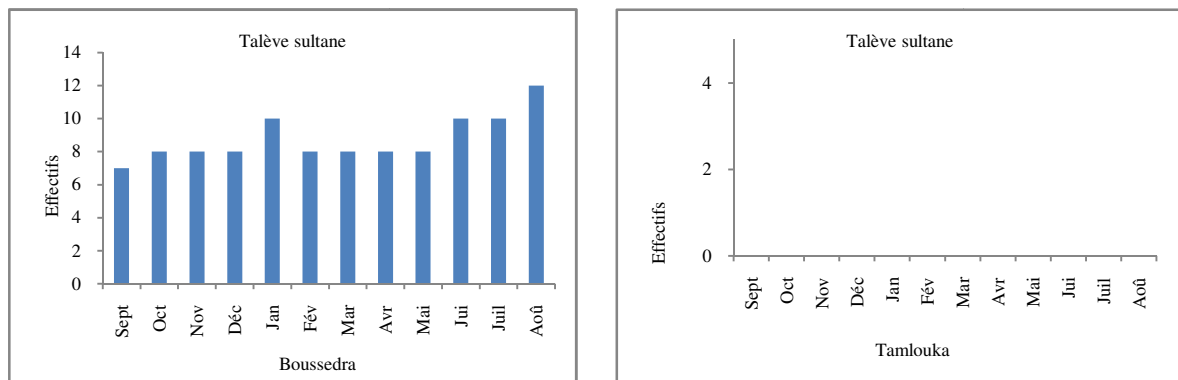


Figure 3.52. Structure et phénologie du Talève sultane au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.9.3. Foulque macroule *Fulica atra*

C'est une espèce sédentaire nicheuse dans la majorité des zones humides algériennes (Ledant et *al.*, 1981 ; Isenmann et Moali ; 2000 ; Bara, 2015) et dans tous le bassin méditerranéen (Allouche et Tamisier ; 1984).

La Foulque macroule est présente durant toute l'année avec un effectif plus ou moins élevé en comparant aux autres espèces. Leur évolution dans les deux zones humides est identique avec une faible représentativité à Tamlouka . Les effectifs sont à leurs maximum pendant le mois de mai avec 740 spécimens à Boussedra et 140 en octobre à Tamlouka (Figure 3.53).

La Foulque macroule est une espèce omnivore. Dans la plus part des cas son alimentation est essentiellement végétale, surtout les Characées, les Myriophylles, les zostères, les Typhacées et les Scirpes. Les mollusques, les poissons et les insectes (larves) entre aussi dans le régime alimentaire de la Foulque macroule mais avec des proportions faibles par rapport aux végétaux (Bara, 2015).

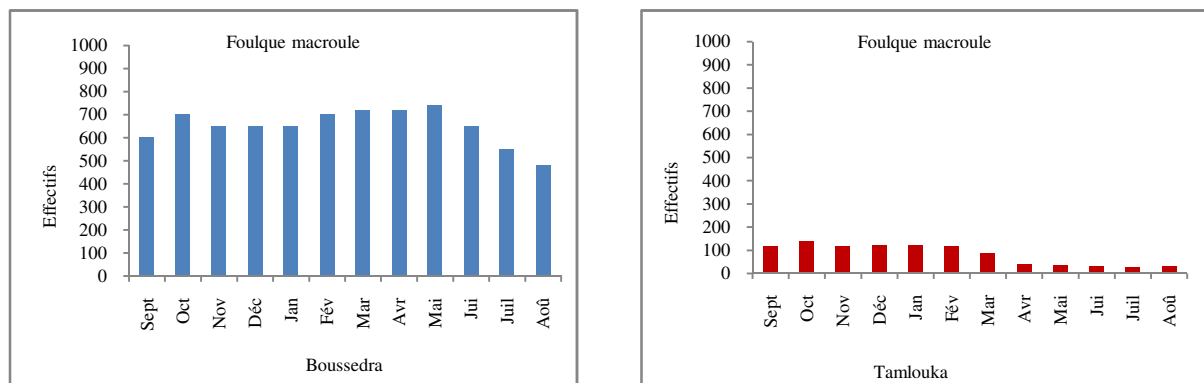


Figure 3.53. Structure et phénologie du Foulque macroule au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.10. Famille des Récurvirostridés

II.10.1. Echasse blanche *Himantopus himantopus*

L'Echasse blanche se trouve à travers les continents et les océans de l'Ouest paléarctique. L'aire de répartition de l'espèce en Europe s'étend du littoral atlantique, bassin méditerranéen (Espagne, Italie, Lybie, Balkans, Moyen-Orient), jusqu'à la Mer Noire et la Mer Caspienne, ainsi que dans la vallée orientale du Danube (Tissier et *al.*, 2011). Elle

fréquente les régions à climat tempéré, méditerranéen, steppique et désertique. Normalement, elle évite le froid, l'intense pluviométrie et les brumes mais elle tolère les vents forts et les intenses luminosités (Saheb, 2009).

L'Echasse blanche est une espèce nicheuse régulière, observée dans les deux zones d'étude avec un effectif fluctue entre (11 et 24 individus), marquant une absence totale pendant le mois de septembre à Boussedra et les mois de septembre, octobre, novembre et décembre, à Tamlouka. L'échasse est très peu représentée en hiver et c'est uniquement en passages migratoires que des effectifs conséquents sont consignés (Qninba et *al.*, 2001). (Figure 3.54). Elles se nourrissent d'insectes adultes et de larves, particulièrement des coléoptères, des trichoptères, des araignées, des vers, des têtards, des amphibiens et des oeufs des petits poissons (Cramp et Simmons ; 1983). Elle saisit sa nourriture par picorage (*quick peck*) dans la surface ou dans la profondeur de l'eau, sur les plantes (par flexion des pattes), ou sur terre (Saheb, 2009). L'espèce est assez exigeante dans le choix de ses habitats, en eau douce ou salée, lagunes, marais et étangs littoraux, bassins de décantation ou de lagunage, mais avec un niveau d'eau assez bas et surtout des îlots ou bancs de sable ou de gravier suffisamment tranquilles pour y déposer une ponte en évitant les dérangements et la prédation.

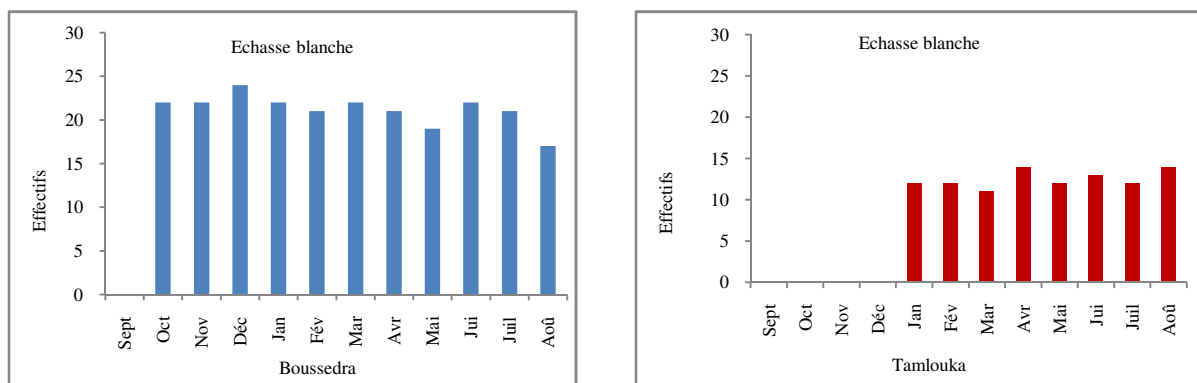


Figure 3.54. Structure et phénologie d'Echasse blanche au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.10.2. Avocette élégante *Recurvirostra avocetta*

Dans la partie Nord de l'Europe, l'Avocette niche au Sud de la Suède, de l'Estonie et du Danemark jusqu'au littoral atlantique en France, ainsi qu'en Belgique, Hollande, Allemagne de l'Ouest et en petits nombres en Grande-Bretagne. Dans le bassin méditerranéen, l'espèce niche en Espagne, sur le littoral Français, en Italie ainsi qu'en Grèce et en Turquie. Les populations semblent, pour partie erratiques, mais des concentrations notables sont observées

en hiver en Afrique du Nord (Tunisie en particulier) (Saheb, 2009). C'est aussi une espèce qui niche régulièrement dans les zones humides du Constantinois (Saheb et *al.*, 2009 ; Seddik, 2011) où elle édifie ses nids à ras du sol et forme des colonies mixtes avec l'Echasse blanche.

Espèce estivante nicheuse (Figure 3.55) contrairement aux autres espèce l'avocette est mieux représentée à Tamlouka que Boussedra. Cette espèce qui commence à fréquenter les zones d'étude dès le mois de février, s'y installe jusqu'au mois d'août, avec une représentativité faible à Boussedra ne dépassant pas 4 individus et atteignant son maximum à Tamlouka en mois de février avec 36 individus. Les Avocettes se nourrissent de préférence sur des vasières nues couvertes d'une nappe d'eau de faible profondeur (Saheb, 2003), leur bec fragile n'est efficace que sur un sédiment fin et meuble qui n'oppose pas de résistance (Glutz et *al.*, 1977).

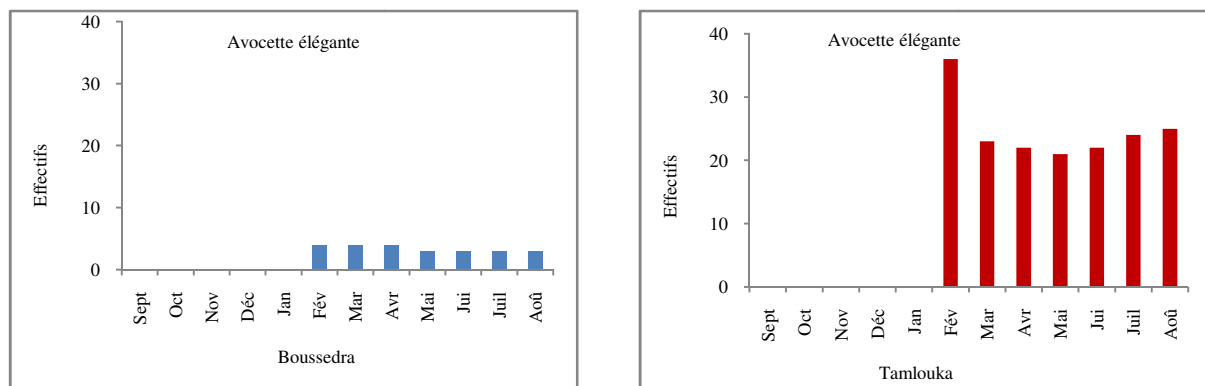


Figure 3.55. Structure et phénologie d'Avocette élégante au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.11. Famille des Glaréolidés

II.11.1. Glaréole à collier *Glareola pratincola*

Espèce très occasionnelle hors du littoral méditerranéen, elle est répartie, en général en petits effectifs, sur tout le pourtour méditerranéen, sur les bords de la Mer Noire, ainsi qu'au Moyen-Orient et sur les bords de la Mer Caspienne, jusqu'au Kazakhstan et au Pakistan (Gaudet, 2011).

L'observation de cet estivant se fait uniquement au niveau du marais de Boussedra dès le mois de février avec 3 individus sur les berges du marais et s'étale jusqu'au mois de juillet où nous avons noté un seul individu (Figure 3.56).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.



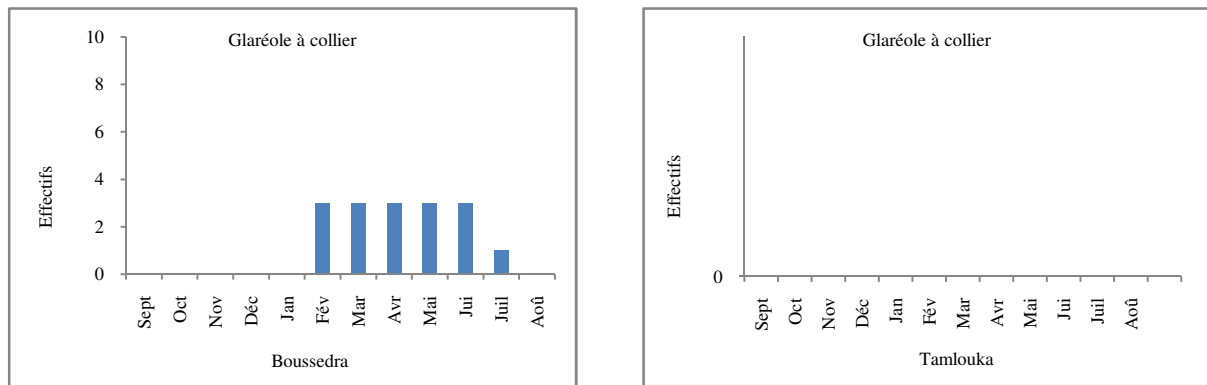


Figure 3. 56. Structure et phénologie du Glaréole à collier au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.12. Famille des Charadriidés

II.12.1. Grand gravelot *Charadrius hiaticula*

Préfère les vasières saturées ou très légèrement submergées (Qninba et *al.*, 2006), le Grand gravelot niche à terre, dans le nord de l'Europe et hiverne en Espagne et en Afrique du nord (quelques individus passent la mauvaise saison dans le sud de la France (Qninba et *al.*, 2006, Cyril, 2013 in Boudraa, 2016). Espèce observée lors des périodes de migration (notamment post-nuptiaux), donc c'est un migrateur de passage, un effectif de 20 à 24 spicimens a été noté pendant la période de mois d'octobre à janvier. Dans la mare de Tamlouka, deux observations seulement ont été enregistrées, pendant les mois d'octobre et novembre avec un effectif de 7-8 individus, utilisant la mare comme site d'escale (Figure 3.57). Le mouvement migratoire a été important jusqu'à la fin du mois d'octobre et peut se prolonger jusqu'au mois de novembre (Joulami et *al.*, 2013).

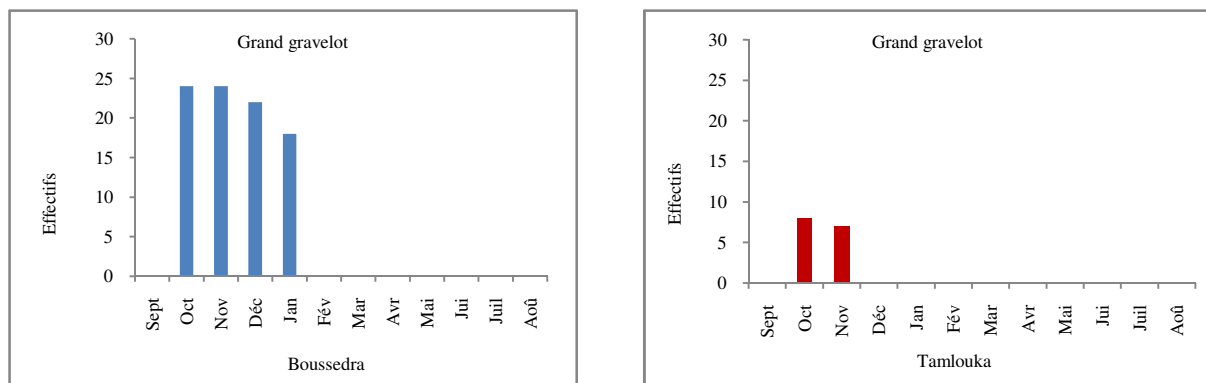


Figure 3. 57. Structure et phénologie du Grand gravelot au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.12.2. Petit gravelot *Charadrius dubius*

Le Petit gravelot hiverne en Afrique tropicale (Isenmann et Moali ; 2000), il est très répandu en Algérie, de la côte à la marge saharienne (Boudraa, 2016), un effectif de 1926 individus, a été noté en janvier 2012 dans le Chott El-Hodna (Guergub, 2016).

Cette espèce est peu représentée en périodes hors estivales dans les deux sites, mais dès la fin du mois d'octobre des arrivées progressives accroissent leur effectif dans la mare de Tamlouka et un maximum de 24 individus a été enregistré, marquant le passage d'une population, suivi d'une chute traduisant le départ groupé de ce migrateur de passage (Figure 3.58). Ces populations de Petits gravelots se sont manifestées de la même manière que les Grands gravelots. Ils ont occupé les mêmes endroits et manifestent les mêmes réactions (Houhamdi, 2002).

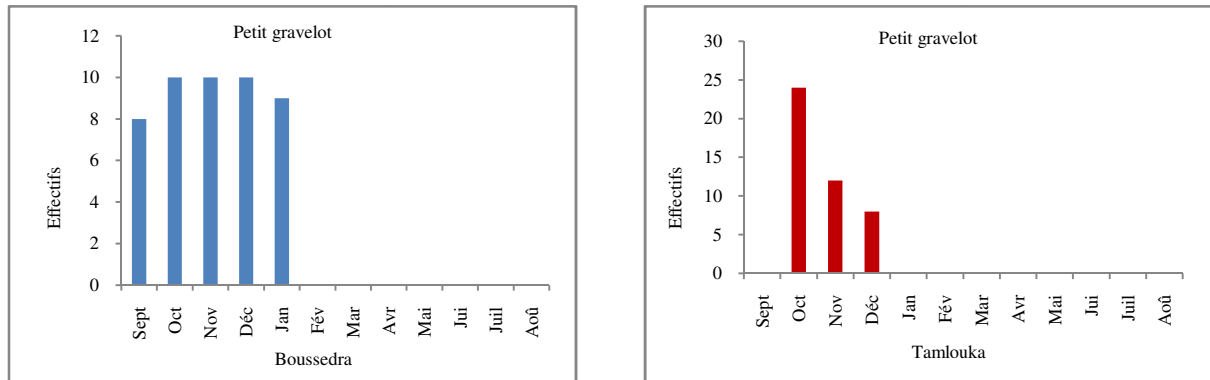


Figure 3.58. Structure et phénologie du Petit gravelot au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.12.3. Gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus*

Niche régulièrement dans les autres zones humides des hauts plateaux (Seddik et *al.*, 2010), le Gravelot à collier interrompu se reproduit régulièrement dans les deux mares où il peut être observé toute l'année; ses populations sont très probablement sédentaires. A ces populations locales s'ajoutent des migrateurs de passage et des hivernants. Une différence significative a été notée entre les effectifs printaniers très élevés et ceux enregistrés durant la période estivale. L'apparition de ce sédentaire nicheur est identique dans les deux sites avec un effectif triplet dans le marais de Boussedra (Figure 3.59).



Au niveau des hautes plaines de l'Est algérien et principalement dans la sebkha de Bazer-Sakra, l'espèce niche régulièrement et avec des effectifs assez importants (Baaziz, 2012).

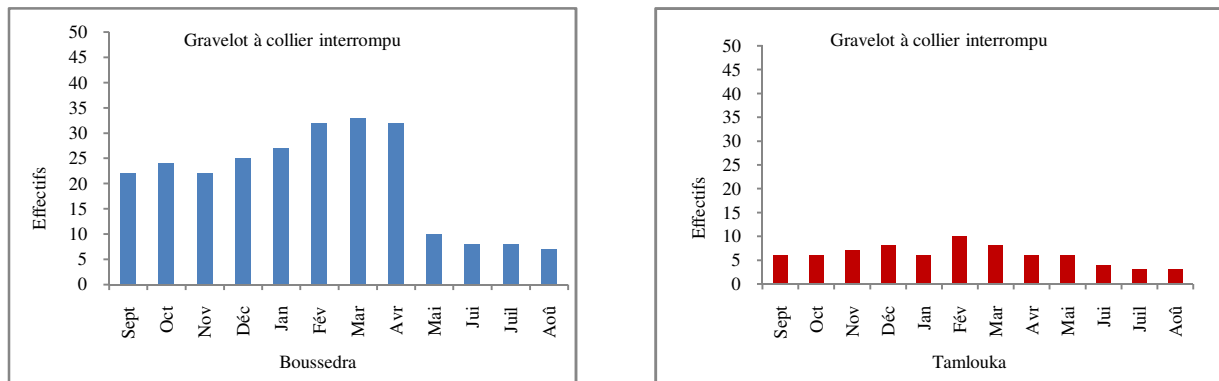


Figure 3.59. Structure et phénologie du Gravelot à collier interrompu au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.12.4. Vanneau huppé *Vanellus vanellus*

La région du Gharb (au Maroc) constitue la seule zone de reproduction du Vanneau huppé dans le Nord de l'Afrique (Qninba et *al.*, 2006). Cette espèce est bien représentée et affiche le statut d'hivernant dans l'éco-complexe de zones humides de Sétif (Baaziz et *al.*, 2011) et au niveau de nos sites. Les effectifs maximaux recensés dans la mare de Tamlouka pendant le mois de novembre (250 individus) sont supérieurs à ceux recensés à Boussedra (18 individus). Ce peuplement rechute lentement à partir du mois de janvier au mois de mars, indiquant la fin de la saison d'hivernage. Selon Triplet et *al.*, 1997 : les principales zones d'occupation du vanneau huppé sont les prairies humides, les zones agricoles, où l'eau est présente ou afflue sur plus de 50% de la surface, les prairies sèches qui conservent un sol humide non saturé en eau ainsi que les jonchaies, où les joncs notamment recouvrent plus de 30% de surface (Figure 3.60).



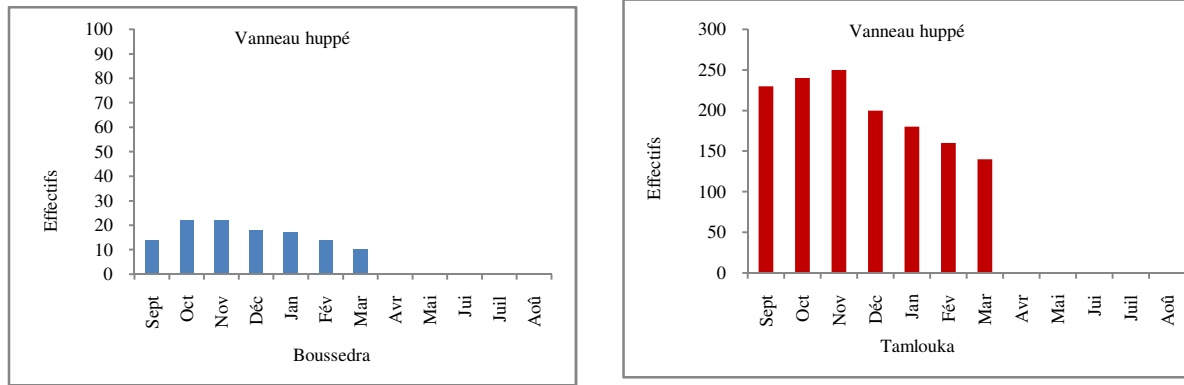


Figure 3.60. Structure et phénologie du Vanneau huppé au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13. Famille des Scolopacidés

II. 13.1. Bécasseau cocorli *Calidris ferruginea*

Ce petit limicole sociable, niche dans la toundra nord-sibérienne humide, alors qu'il hiverne au sud du Sahara ou dans le sud de l'Asie/Australasie, il fréquente le reste de l'année les vasières littorales, les marais salants et les lagunes, mais aussi les lacs d'eau douce (Site 3). Espèce absente à Tamlouka, hivernante à Boussedra avec un effectif fluctue entre 11 et 41 individus (Figure 3.61). La période septembre-novembre montrait une stabilité ou une légère augmentation des effectifs de cette espèce. Par ailleurs, une régression des effectifs est notée dès le mois de février et continue en mars marquant le départ des hivernants.



Dans les hauts plateaux, cette espèce est observée plutôt en été qu'en hiver, où nous assistons à des regroupements de populations de passage (Ledant et *al.*, 1981 ; Baaziz, 2012).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.

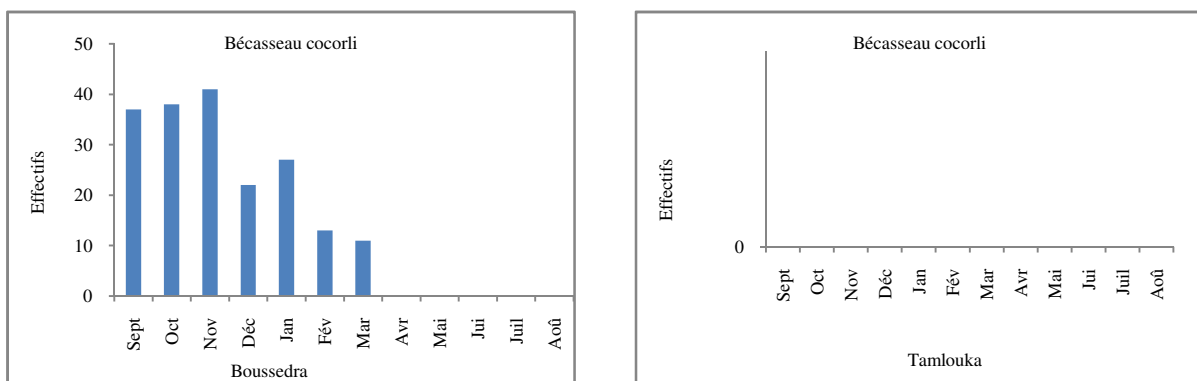


Figure 3.61. Structure et phénologie du Bécasseau cocorli au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.2. Bécasseau variable *Calidris alpina*

Le Bécasseau variable hiverne dans la partie sud des îles Britanniques et sur l'ensemble du littoral ouest-européen (Méditerranée comprise) et nord-africain (Boudraa, 2016), il constitue 85% d'effectif global des limicoles hivernant au Maroc (Qninba et *al.*, 2006) et parmi les oiseaux nicheurs de l'Arctique, de la Scandinavie et de la partie nord des îles Britanniques (Boudraa, 2016).

Observation similaire de cette espèce hivernante dans les deux sites avec un effectif approximativement identique sauf pendant le mois de septembre où nous avons noté une progression importante d'effectif à Boussedra (45 individus) indiquant les arrivages postnuptiaux de cette espèce (Figure 3.62). Le Bécasseau variable consomme principalement des insectes adultes et larvaires, ainsi que des araignées, acariens, vers de terre, escargots et plantes (Site 4).

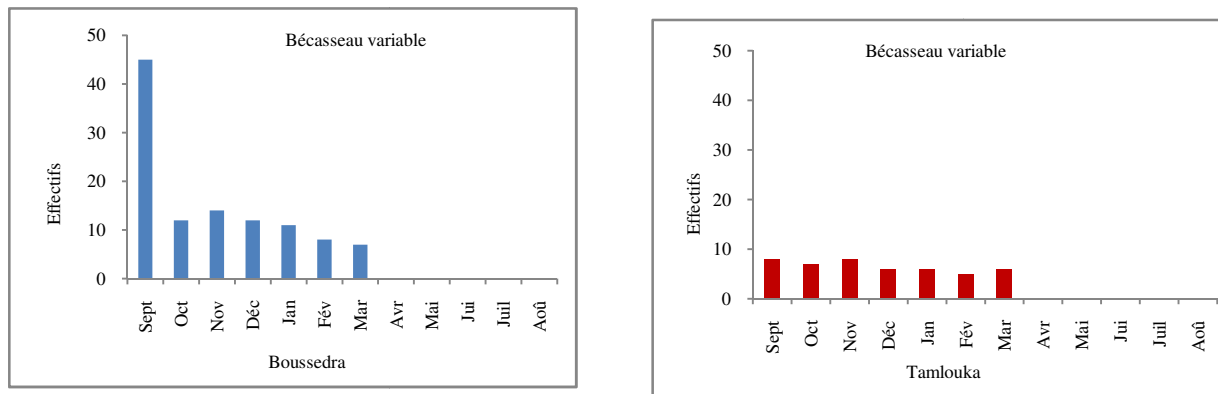


Figure 3.62. Structure et phénologie de Bécasseau variable au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.3. Bécasseau minute *Calidris minuta*

Le Bécasseau minute aime les terrains marécageux de la toundra, du littoral, des bords des lacs et des fleuves tranquilles. Les aires de reproduction se trouvent près des pôles, sur les hautes-terres ou près des côtes (Gill et Donsker ; 2019). Cette espèce hiverne dans les deux zones humides, mais elle y est plus abondante lors des périodes de migration. Le flux postnuptiale est amorcé dès le mois de septembre et atteint son maximum en novembre avec 45 individus à Boussedra et en septembre avec 22 individus à Tamlouka (Figure 3.63).



Ces oiseaux, très sensibles aux dérangements (Holmes, 1966 ; Fuchs 1973 ; Yesou, 1992 ; Larouse, 1998) se sont surtout concentrés dans les zones de balancement des eaux qui

leur offre un grand choix d'insectes (Bengston et Svensson ; 1968 ; Fuchs 1975 ; Schekkerman et *al.*, 1998).

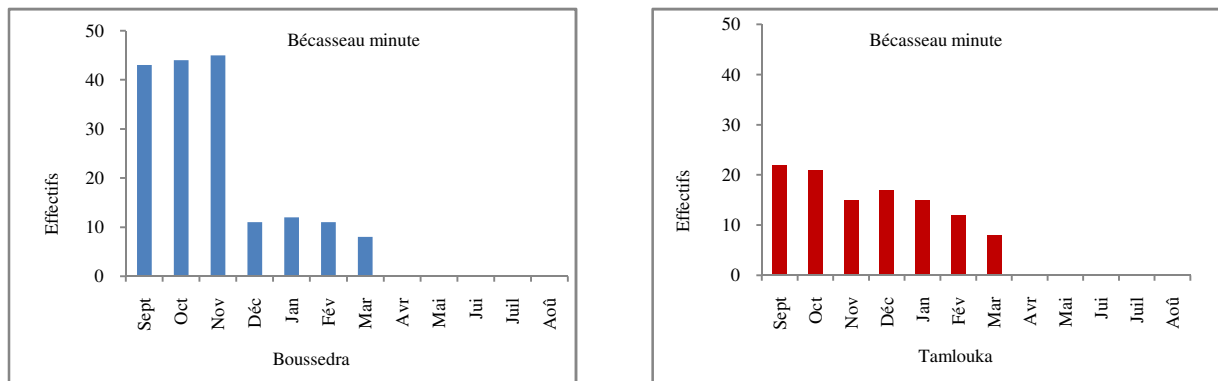


Figure 3.63. Structure et phénologie de Bécasseau minute au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.4. Bécassine des marais *Gallinago gallinago*

La Bécassine des marais est une espèce qui fréquente régulièrement les hauts plateaux algériens durant la période estivale (Beaman et Madge ; 1999 ; Macikumas et *al.*, 2000 ; Baaziz, 2012) et les zones humides sahariennes en période hivernale (Bensaci et *al.*, 2013). Noté par Bergier et Thévenot ; 2008, au Sahara Atlantique marocain. Et en avril 2012, Guergueb a été observé 221 individus au niveau de Chott El Hodhna. Espèce hivernante uniquement à Boussedra avec un seul spicimen (Figure 3.64).

C'est la Bécassine la plus répandue dans le Paléarctique occidental. Cette espèce est très sensible aux modifications climatiques et utilise la partie nord de cette aire durant sa reproduction ou l'on note qu'environ 60% de la population mondiale niche en Lituanie avec 20 000 couples (Macikumas et *al.*, 2000) et fréquente la région méditerranéenne pendant son hivernage (Beaman et Madge ; 1999 ; Seddik, 2011).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.



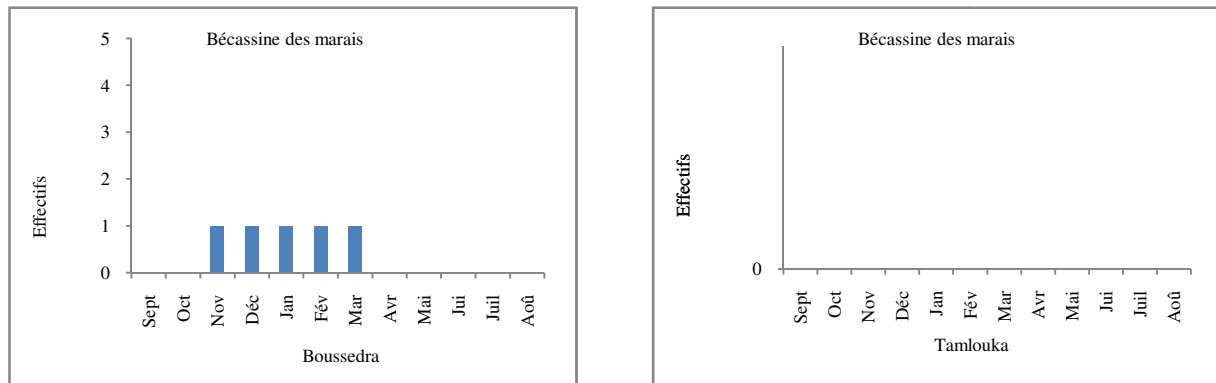


Figure 3.64. Structure et phénologie du Bécassine des marais au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.5. Barge à queue noire *Limosa limosa*

La Barge à queue noire, avec son très long bec adapté à rechercher sa nourriture profondément dans la vase (Tréca, 1992), niche en Hollande, en Belgique, dans le nord de l'Allemagne et de la Russie, aussi bien que dans l'ouest de l'Asie (Bannerman, 1953). Espèce très farouche, très sensibles aux dérangements, hiverne autour de la Méditerranée ou en Afrique, fréquente généralement les plans d'eau peu profonds et très spacieux (Fournier et Spitz ; 1965). les populations auraient augmenté au cours du XX^{me} siècle dans le nord-ouest de l'Europe à cause des capacités d'adaptation de ces oiseaux aux modifications du milieu dues à l'homme, surtout la création de prairies, mais elles seraient devenues vulnérables aux aménagements agricoles actuels (Cramp et Simmons ; 1983). Observée pendant les cinq mois d'hivernage à Boussedra (17-18 individus) et en octobre et novembre à Tamlouka pendant la migration poste-nuptiale avec des effectifs légèrement stables (10 -11 individus). Notons une diminution des effectifs de cette espèce en février à Boussedra à 11 individus, peut être assimilée à la fin de la période d'hivernage. (Figure 3.65).

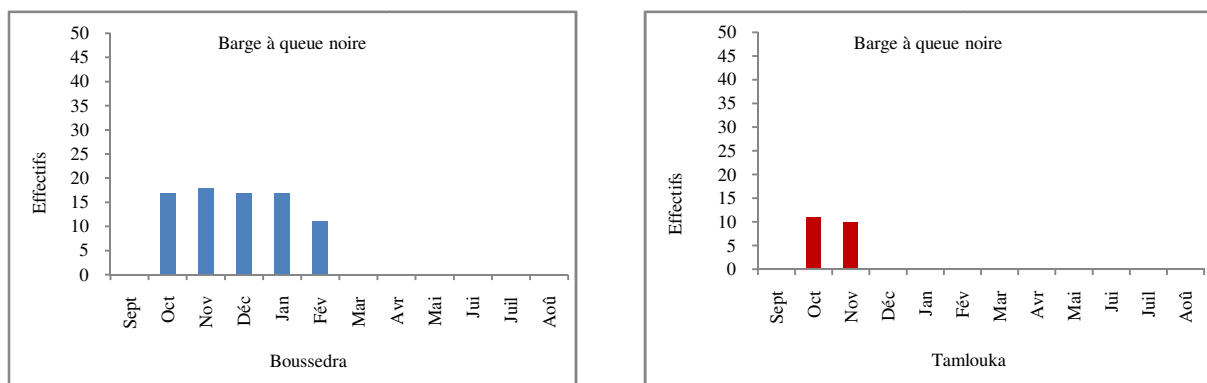


Figure 3.65. Structure et phénologie de barge à queue noire au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.6. Chevalier combattant *Philomachus Pugnax*

Les Chevaliers combattants sont connus pour s'adapter facilement et particulièrement aux milieux modifiés par l'homme (Tréca, 1992), niche du nord de la France à la Laponie et, à l'est, jusqu'à la Russie et la Sibérie. En hiver, son aire de répartition est immense. Il atteint alors la Chine et le Japon et l'Afrique du Sud.

Deux individus hivernant sont observés à Boussedra et en novembre 2 individus sont ajoutés à ce couple. A Tamlouka un à deux migrateurs de passage sont observés en octobre et novembre (Figure 3.66)

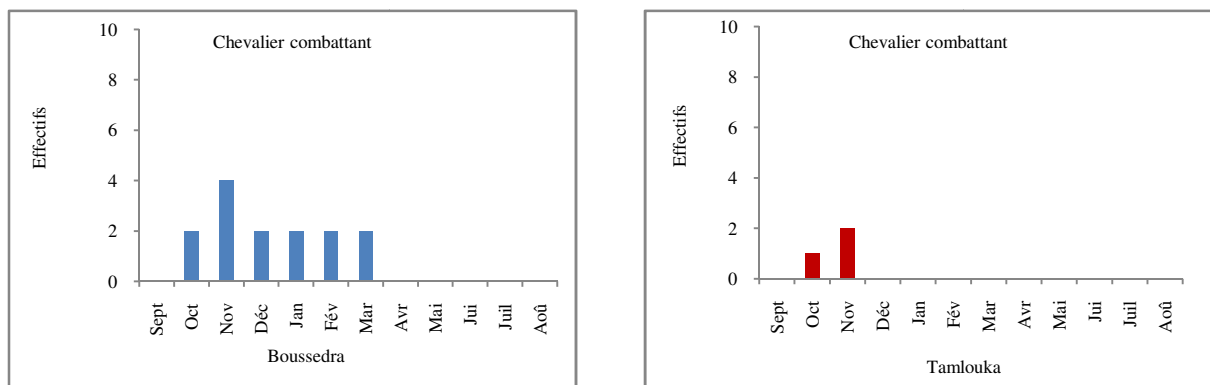


Figure 3.66. Structure et phénologie du Chevalier combattant au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.7. Chevalier arlequin *Tringa erythropus*

Le Chevalier arlequin est une espèce rare en hiver en France (Deceuninck et Maheo ; 2000). Selon Guergueb, 2014, 335 individus ont été observés durant le mois de décembre au niveau de Chott El Hodhna en 2010. Un couple de cette espèce hiverne à Boussedra où 1-3 migrateurs de passage ont été enregistrés à Tamlouka (Figure 3.67).



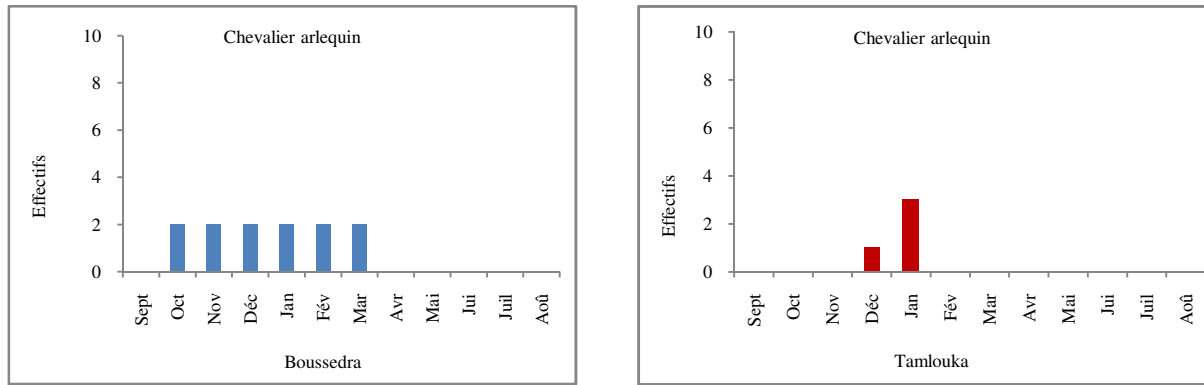


Figure 3.67. Structure et phénologie du Chevalier arlequin au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.8. Chevalier guignette *Actitis hypoleucos*

Dans notre pays, le Chevalier Guignette fréquente régulièrement les zones humides des hautes plaines de l'Est algérien, les régions côtières et même le Sahara (Guergueb, 2016; Boudraa, 2016 ; Seddik, 2011; Seddik et *al.*, 2010 ; Ledant et *al.*, 1981)

Au niveau de marais de Boussedra, 2 à 3 individus hivernant ont été notés et un seul individu loge sur les berges de la mare de Tamlouka durant les mois de décembre, janvier et février (Figure 3.68)

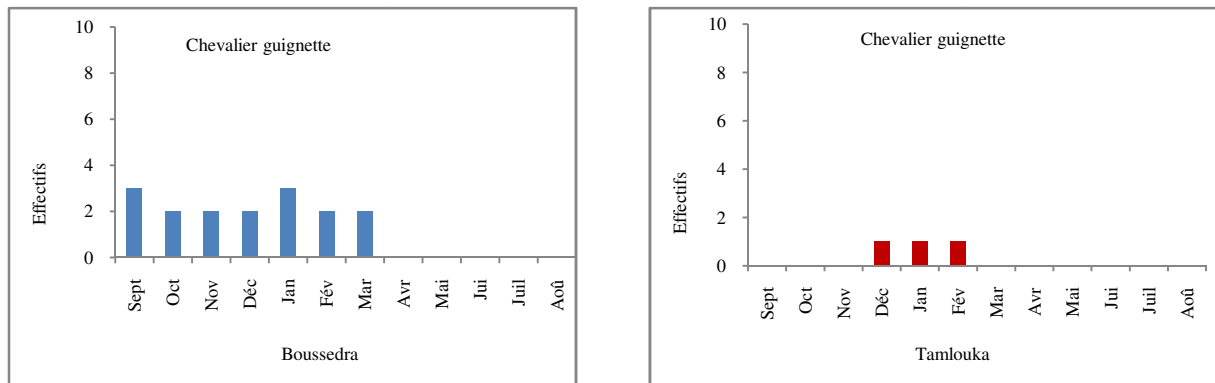


Figure 3.68. Structure et phénologie du Chevalier guignette au niveau de marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.9. Chevalier gambette *Tringa totanus*

Un faible nombre de Chevalier gambette hiverne sur les sites méditerranéens (Deceuninck et Maheo ; 2000), son aire de reproduction s'étend sur les régions tempérées et steppiques depuis l'Islande et l'Europe continentale jusqu'à l'Est de l'Asie. Elle toucherait aussi l'Afrique du Nord notamment la Tunisie (Cramp et Simmons ; 1974 ; Moreira, 1996 *in* Guergueb, 2016).

Au niveau du marais de Boussedra, le chevalier gambette a été observé durant la période d'hivernage, nous l'avons observé dès le mois de septembre où 2 individus ont été surtout notés sur les berges du marais. Une observation d'un seul individu a été noté durant le mois de février. Signalant sa présence pendant l'observation de juillet. Et seulement en octobre-novembre à Tamlouka, où 3 individus migrateurs de passage sont dénombrés (Figure 3.69). Cette espèce dont le régime alimentaire s'adapte harmonieusement aux milieux qu'ils côtoient (Houhamdi, 2002).

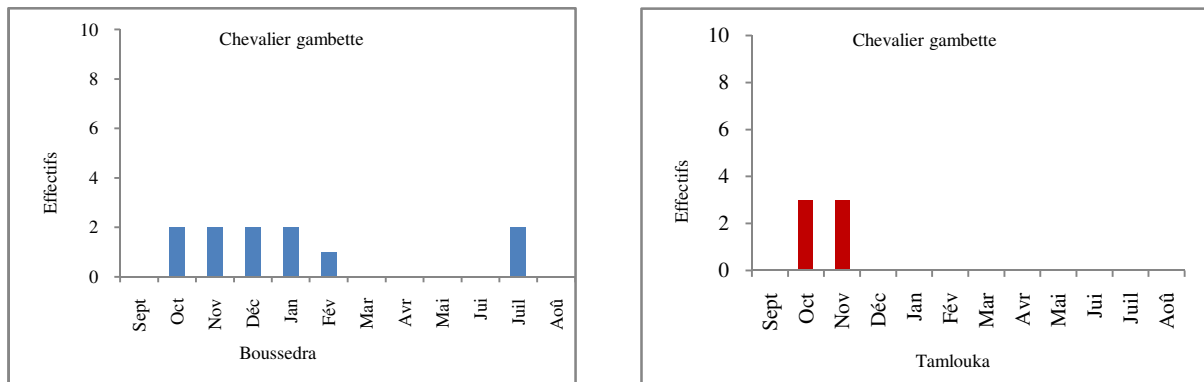


Figure 3.69. Structure et phénologie du Chevalier gambette au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.10. Chevalier culblanc *Tringa ochropus*

Un seul individu hiverne régulièrement à Boussedra (Figure 3.70). Le Chevalier culblanc niche au nord de l'Europe (Boudraa, 2016), largement distribué en hiver sur toutes les régions de comptage en France (Deceuninck et Maheo ; 2000), il tire ses ressources de son environnement forestier humide en printemps. Son alimentation est presque exclusivement composée d'invertébrés. En hiver, on le trouve surtout dans les vasières des étangs et des marais en eau peu profonde, sans jamais s'aventurer loin des rives. On l'observe en bordure de marais salants, les lacs et les petites mares, fouillant les rigoles ou les vasières à la recherche d'annélides, de mollusques ou de crustacés. Son régime est alors principalement constitué d'insectes et d'araignées (Metallaoui, 2012 ; Site 5).



A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamlouka.

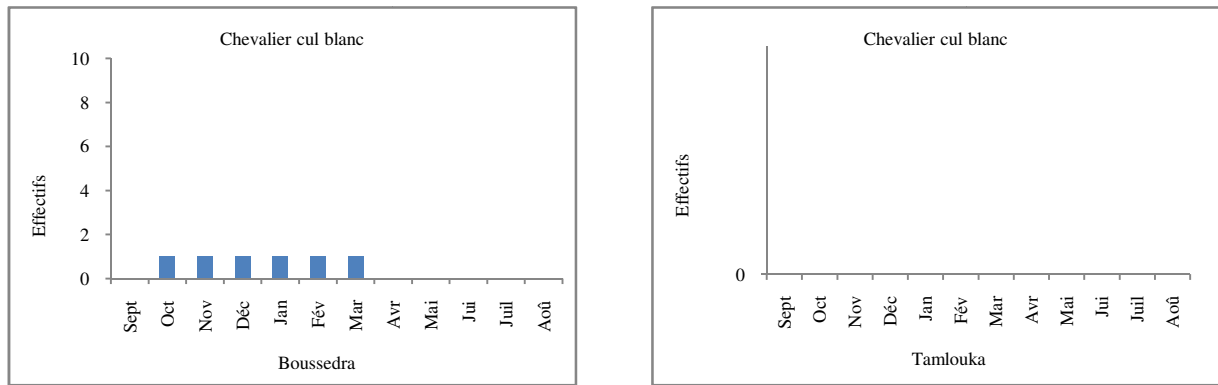


Figure 3.70. Structure et phénologie du Chevalier cul blanc au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.11. Chevalier stagnatile *Tringa stagnatilis*

Le chevalier stagnatile préfère les endroits dégagés (Maumary et *al.*, 1997), il est particulièrement menacé par l'usage intensif des pesticides et des herbicides, lorsqu'il se nourrit sur les zones cultivées ou dans les rizières (Site 6). Il a été signalé de passage dans le Chott El-Hodna, avec un maximum de 93 individus en décembre 2010 (Guergueb , 2016) et hivernant dans l'éco-complexe de zones humides de Sétif avec un faible effectif (Baaziz et *al.*, 2011). Toujours observé en solitaire (Probst, 1995), cette espèce a fréquenté le marais de Boussedra, pendant cinq mois, de novembre à mars, avec des fluctuations inter mensuels d'un à 4 individus. Et au niveau de la mare de Tamlouka, deux à 4 individus migrateurs de passage ont été notés en novembre, décembre et janvier (Figure 3.71).

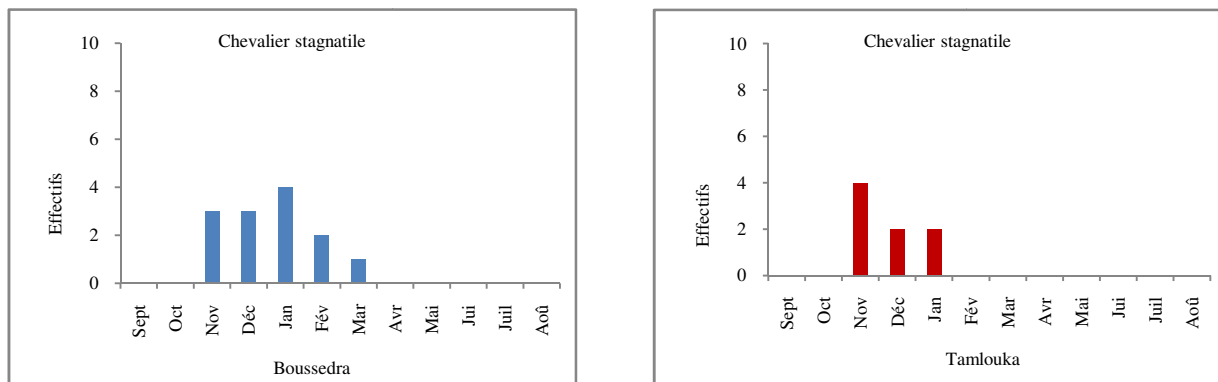


Figure 3.71. Structure et phénologie du Chevalier stagnatile au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.12. Chevalier aboyeur *Tringa nebularia*

Le Chevalier aboyeur est une espèce peu abondante mais régulière en hiver en France (Deceuninck et Maheo ; 2000). Un couple hivernant a occupé le marais de Boussedra d'octobre à mars, et 3 individus ont été observés en novembre, et un seul individu à Tamlouka pendant les mois d'octobre à janvier (Figure 3.72).

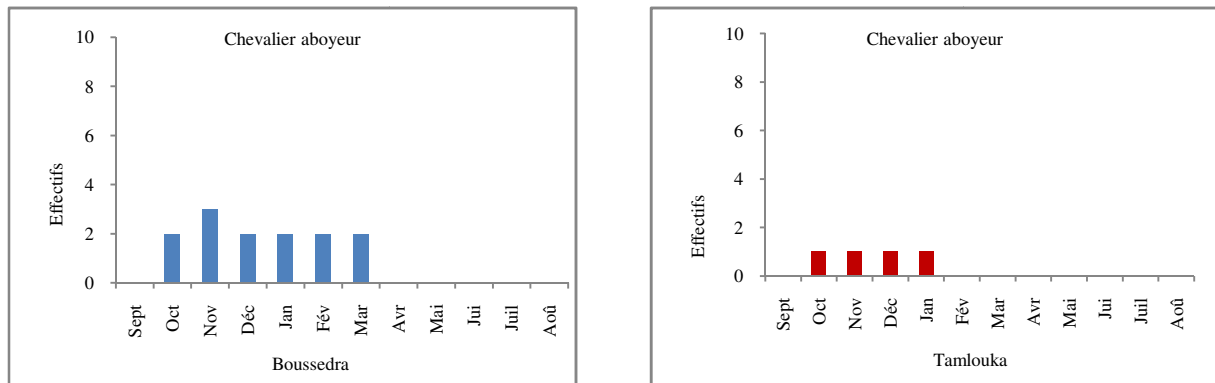


Figure 3.72. Structure et phénologie du Chevalier aboyeur au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.13.13. Chevalier sylvain *Tringa glareola*

Le Chevalier sylvain est répandu dans toute la Scandinavie, la Finlande, l'Ecosse, le nord de la Russie et en Europe Centrale, le long des côtes de la Pologne et de l'Allemagne (Metallaoui, 2012). Il est cité rare en Algérie (Boudraa, 2016). Espèce en forte régression au cours des dernières décennies, principalement par suite de la régression des zones humides, elle est menacée notamment par l'assèchement des tourbières et leur reboisement (Site 7)

Au niveau du marais de Boussedra, l'espèce a été observée pendant la période hivernale avec 2 individus constatées sur les berges du secteur nord-occidentale du marais. A Tamlouka 1-2 individus sont enregistrés pendant les mois de décembre-janvier et février présentant le statut de visiteurs de passage (Figure 3.73).



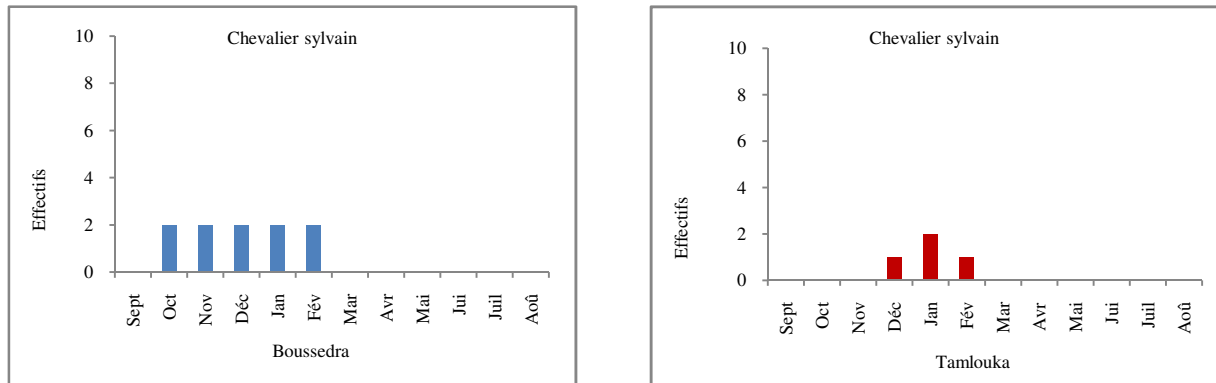


Figure 3.73. Structure et phénologie du Chevalier sylvain au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

II.14. Famille des Laridés

II.14.1. Goéland leucophé *Larus cachinnans*

Le Goéland leucophée, est une espèce anthropophile qui connaît depuis une quarantaine d'années une explosion démographique en Méditerranée nord occidentale (Perennou et *al.*, 1996 ; Thibault et *al.*, 1996 in Molai, 2005). Ailleurs en Méditerranée, la colonisation des zones d'habitations humaines par les Goélands leucophées est plus ancienne. En Algérie, des recensements récents montrent une forte croissance de ses effectifs (Molai, 2005), mais elle est rarement observée au niveau des écosystèmes aquatiques continentaux des milieux semi-arides et arides de l'Algérie (Baaziz et *al.*, 2011).

Son alimentation semble dominée par les aliments d'origine anthropique (déchets carnés, déchets de végétaux et aliments divers) provenant de la décharge municipale ou encore des rebuts demarché (Molai, 2005).



Au niveau du marais de Boussedra, l'effectif de ce hivernant augmente dès le mois de d'octobre, atteignant 32 individus pendant le mois de janvier puis rechute lentement jusqu'au mois d'avril, indiquant la fin de la saison d'hivernage.

Son effectif est plus important à Tamlouka (54 individus en décembre) et présente un status d'un migrateur de passage, trouve une part importante de leur nourriture sur les dépôts d'ordures du voisinage (Salathla, 1983) (Figure 3.74).

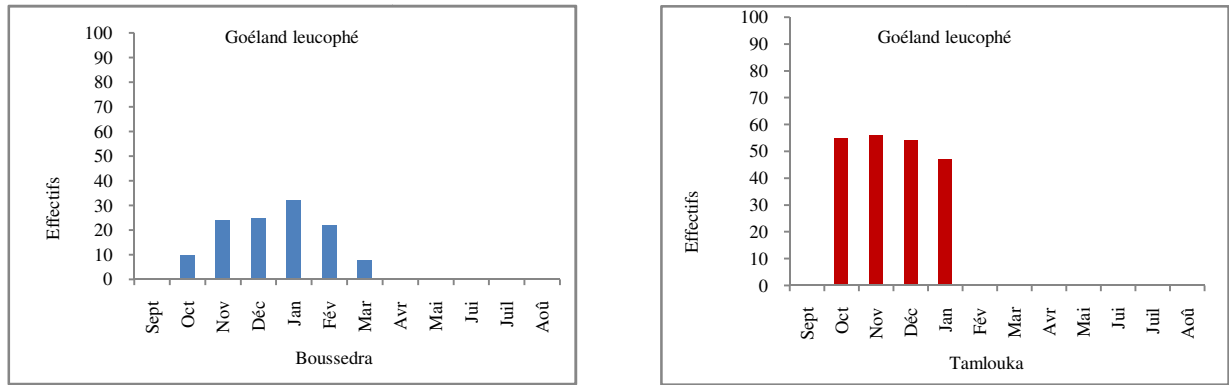


Figure 3.74. Structure et phénologie du Goéland leucophaé au niveau du marais de Bouskedra et la mare de Tamoulka.

II.15. Famille des Sternidés

II.15.1. Sterne naine *Sternula albifrons*

Rare dans les hauts plateaux de l'est Algérien, peu répandue sur le littoral algérien, la Sterne naine est surtout observée pendant la période estivale (Jacob et Jacob, 1980 ; Baaziz et *al.*, 2011).

Au niveau du marais de Bouskedra, la Sterne naine est une espèce estivante non nicheuse, six individus ont été observés sur les petits îlots pendant quatre mois consécutifs d'avril à juillet (Figure 3.75).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans la mare de Tamoulka.

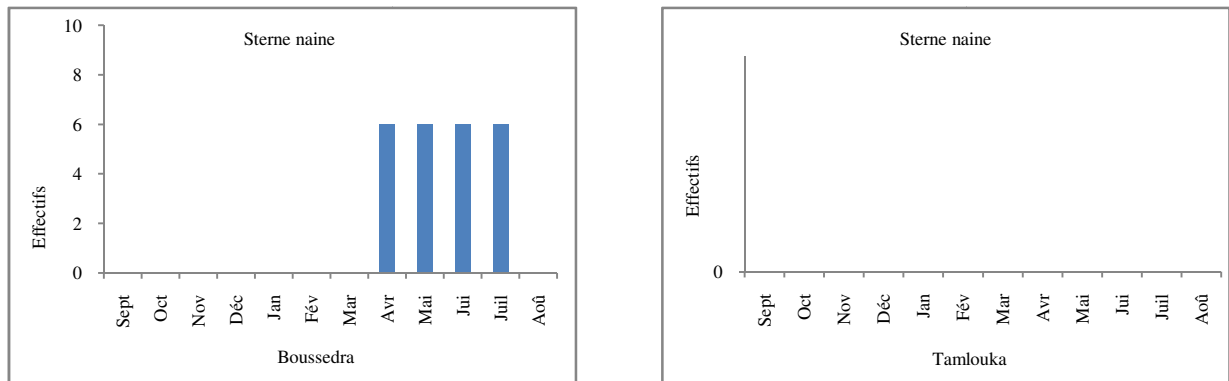


Figure 3.75. Structure et phénologie de Sterne naine au niveau du marais de Bouskedra et la mare de Tamoulka.

II.15.2. Sterne Hansel *Sterna nilotica*

Espèce en forte régression en Europe, actuellement classée comme rare. Les causes principales de cette régression sont la disparition des habitats des zones de nidification et d'alimentation à cause de la mise en culture, les pesticides et la prédation des colonies de nidification par les



renards, les rats et les chiens (Mettalaoui, 2010). La sterne Hansel se reproduit au voisinage de l'Echasse blanche et de l'Avocette élégante (Saheb, 2009).

Uniquement, au niveau de la mare de Tamlouka, les arrivages pré-nuptiaux de cette espèce estivante non nicheuse commencent en mois de mars avec un maximum de 23 individus, ce nombre chute et atteint 8 individus en juin (Figure 3.76).

A noter que l'espèce n'a jamais été observée (du moins pendant l'année d'étude) dans le marais de Boussedra.

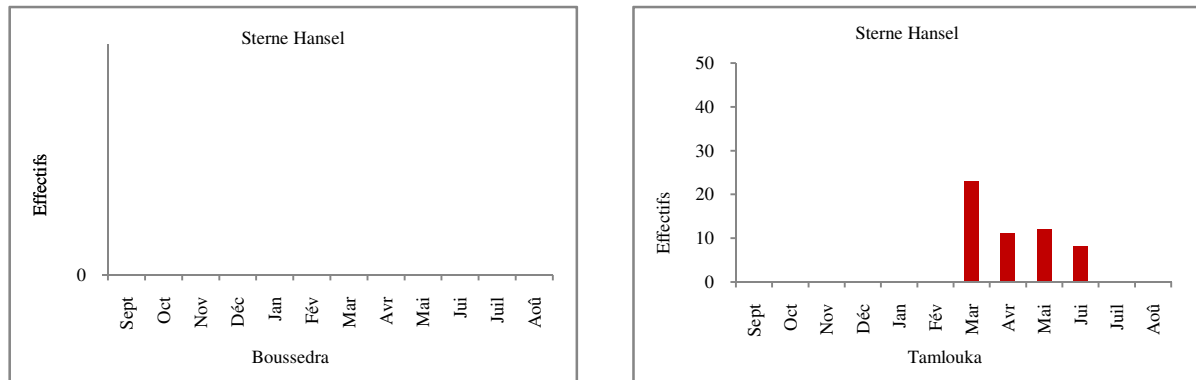


Figure 3.76. Structure et phénologie de Sterne Hansel au niveau du marais de Boussedra et la mare de Tamlouka.

III. Evolution des indices écologiques

Au niveau de marais de Boussedra, cinquante-trois espèces appartenant à 15 familles ont été recensées tout au long de la période de l'étude (Tableau 3.4), comprenant des migrateurs de passage, hivernants, sédentaires nicheurs, sédentaires non nicheurs, estivants nicheurs et estivants non nicheurs. Parmi ce peuplement d'oiseau, les Scolopacidés et les Anatidés constituent les familles les mieux représentées avec, respectivement, 13 et 12 espèces. La représentativité individuelle revient à la famille des Ardéidés (3394 individus observés durant le mois de juin) suivie de la famille des Anatidés avec un pic de 2212 individus recensés pendant le mois janvier. Sept espèces citées sur la liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) ont nichés dans ce plan d'eau ; l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris*, la Poule sultane *Porphyrio porphyrio*, le Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax*, le Héron crabier *Ardeola ralloides* et le Blongios nais *Ixobrychus minitus*. Les Scolopacidés et les Charadriidés sont représentés, en grande majorité, par des migrateurs de passage.

La reproduction réussie de l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* est cependant considérée comme une deuxième nidification dans le site (la première en 2014 (Boudraa, 2016) et dans toutes les zones humides urbaines de l'Afrique du nord.

Au niveau de la mare de Tamlouka, trente six espèces appartenant à 12 familles ont été recensées tout au long de la période de l'étude (Tableau 3.5), comprenant des migrateurs de passage, hivernants, sédentaires nicheurs, sédentaires non nicheurs, estivants nicheurs et estivants non nicheurs. Parmi ce peuplement d'oiseau, les Scolopacidés et les Anatidés constituent les familles les mieux représentées avec, respectivement, 11 et 8 espèces. La représentativité individuelle revient à la famille des Ardeidés (1220 individus observés durant le mois d'octobre) suivie de la famille des Anatidés.

III.1 Abondance

L'effectif du peuplement d'oiseaux d'eau ayant fréquenté le marais de Boussedra durant la période de l'étude fluctue entre 4299 individus notés pendant le mois d'octobre et 3144 individus observés pendant le mois d'aout (Tableau 3. 4) (Figure 3. 77). Tandis qu'au niveau de la mare de Tamlouka l'effectif du peuplement d'oiseaux fluctue entre 409 individus observés pendant le mois d'aout et 1989 individus pendant le mois d'octobre (Tableau 3. 5) (Figure 3. 78).

Pendant les premiers mois d'étude le marais de Boussedra a hébergé un peuplement d'oiseaux d'eau plus ou moins stable et fluctue entre 3894 et 4266 individus avec une richesse spécifique de 38 à 44 espèces constituée principalement d'Anatidés hivernants (Canard Siffleur, Fuligule nyroca, Fuligule miloin, Sarcelle d'hiver, Canard Souchet, Canard Chipeau, ...), de Rallidés (Foulque macroule, Poule d'eau ...) où ils se distribuent au centre du plan d'eau. Cet effectif a chuté progressivement pour atteindre les 3356 individus en mars et 3872 individus en avril suivi d'une chute brutale de la richesse spécifique qui atteint 25 et 24 en mars et avril respectivement indiquant la migration pré-nuptiale et le départ des hivernants (les Anatidés, Canard Souchet, Canard Siffleur...et les Scolopacidés...) et juste après, durant les mois de mai et juin, et malgré la légère stabilité des valeurs de la richesse spécifique (23-24), le graphique de l'abondance totale des oiseaux d'eau a commencé à reprendre de l'ampleur pour atteindre les 4057 individus pendant le mois de juin mais rechute brutalement en juillet et aout pour atteindre les 3144 individus et la richesse spécifique atteint 20 espèces. D'une manière générale le marais de Boussedra était plus peuplé pendant la période hivernale que durant la période de reproduction.

Au niveau de la mare de Tamlouka, 1851 à 1989 individus ont été enregistrés pendant les deux premiers mois (septembre et novembre) avec une richesse spécifique qui fluctue

entre 17 à 28, ce peuplement s'effondre progressivement pendant les mois suivants atteignant les 1063 individus pendant le mois de mars, et 409 individus pendant le mois d'août avec 10 espèces, où nous avons noté que cette dernière était plus peuplée pendant la période hivernale, ceci due aux facteurs climatiques influençant le niveau d'eau de cette mare alimentée par les précipitations et les eaux usées évacuées par le bassin versant durant cette période.

Tableau 3.4. Check-list et statuts phénologiques de l'avifaune aquatique recensé au marais de Boussedra.

	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Statut phénologique
Les Podicipedidés													
Grèbe à cou noir													MP
Grèbe huppé													SN
Grèbe castagneux													SN
Les Phalacrocoracidés													
Grand Cormoran													H
Les Ardéidés													
Héron crabier													EN
Héron bihoreau													EN
Héron garde-bœufs													SN
Grande aigrette													MP
Aigrette garzette													SN
Héron cendré													H
Blongios nain													EN
Les Ciconiidés													
Cigogne blanche													EN
Les Threskiornithidés													
Ibis falcinelle													EN
Spatule blanche													MP
Les Phœnicoptéridés													
Flamant rose													MP
Les Anatidés													

Canard colvert													SN
Canard chipeau													H
Canard Siffleur													H
Canard pilet													MP
Canard souchet													H
Sarcelle d'hiver													H
Sarcelle marbrée													SN
Sarcelle d'été													MP
Fuligule milouin													SN
Fuligule nyroca													SN
Erismature à tête blanche													SN
Les Accipitridés													
Busard des roseaux													SN
Les Rallidés													
Poule d'eau													SN
Talève sultane													SN
Foulque macroule													SN
Les Récurvirostridés													
Echasse blanche													EN
Avocette élégante													EN
Les Glaréolidés													
Glaréole à collier													ENN
Les Charadriidés													
Grand gravelot													MP
Petit gravelot													MP
Gravelot à collier interrompu													SN
Vanneau huppé													H
Les Scolopacidés													
Bécasseau cocorli													H
Bécasseau variable													H

Bécasseau minute														H
Bécassine des marais														H
Barge à queue noire														H
Chevalier combattant														H
Chevalier arlequin														H
Chevalier guignette														H
Chevalier gambette														H
Chevalier cul blanc														H
Chevalier stagnatile														H
Chevalier aboyeur														H
Chevalier sylvain														H
Les Laridés														
Goéland leucophé														H
Les Sternidés														
Sterne naine														ENN

MP: Migrateur de passage, **H:** Hivernant, **SN:** Sédentaire nicheur, **SNN:** Sédentaire non nicheur, **EN:** Estivant nicheur, **ENN:** Estivant non nicheur.

Tableau 3.5. Check-list et statuts phénologiques de l'avifaune aquatique recensé à la mare Tamlouka.

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Statut phénologique
Les Podicipédidés													
Grèbe à cou noir													
Grèbe huppé													SN
Grèbe castagneux													SN
Les Phalacrocoracidés													
Grand cormoran													
Les Ardéidés													
Héron crabier													
Héron bihoreau													
Héron garde-bœufs													SN
Grande aigrette													

Aigrette garzette													SN
Héron cendré													MP
Blongios nain													
Les Ciconiides													
Cigogne blanche													EN
Les Threskiornithides													
Ibis falcinelle													
Spatule blanche													
Les Phœnicoptéridés													
Flamant rose													MP
Les Anatidés													
Canard colvert													H
Canard chipeau													
Canard siffleur													H
Canard pilet													H
Canard souchet													H
Sarcelle d'hiver													H
Sarcelle marbrée													H
Sarcelle d'été													
Fuligule milouin													H
Fuligule nyroca													H
Erismature à tête blanche													
Les Accipitridés													
Busard des roseaux													SN
Les Rallidés													
Poule d'eau													SN
Talève sultane													
Foulque macroule													SN
Les Récurvirostridés													
Echasse blanche													EN
Avocette élégante													EN
Les Glaréolidés													
Glaréole à collier													ENN
Les Charadriidés													

Grand gravelot													MP
Petit gravelot													MP
Gravelot à collier interrompu													SN
Vanneau huppé													H
Les Scolopacidés													
Bécasseau cocorli													
Bécasseau variable													H
Bécasseau minute													H
Bécassine des marais													
Barge à queue noire													MP
Chevalier combattant													MP
Chevalier arlequin													MP
Chevalier guignette													MP
Chevalier gambette													MP
Chevalier cul blanc													MP
Chevalier stagnatile													MP
Chevalier aboyeur													MP
Chevalier sylvain													MP
Les Laridés													
Goéland leucophe													MP
Les Sternidés													
Sterne Hensel													ENN

MP: Migrateur de passage, **H:** Hivernant, **SN:** Sédentaire nicheur, **SNN:** Sédentaire non nicheur, **EN:** Estivant nicheur, **ENN:** Estivant non nicheur.

III.2 Richesse spécifique

Les graphiques de la richesse spécifique présentent la même allure dans les deux sites où ils sont subdivisés en trios sous-périodes :

- La première débute dès le mois de septembre et s'étale jusqu'au mois de février où la richesse spécifique varie entre 38 et 44 espèces au marais de Boussedra et entre 17 et 30 espèces à la mare de Tamlouka.

- La seconde se déroule pendant les mois de février et mars, au niveau du marais de Boussedra et s'étale jusqu'au mois d'avril au niveau de la mare de Tamlouka, présente un

effondrement des valeurs de richesse spécifique (de 42 à 25 espèces à Boussedra et de 24 à 13 espèces à Tamlouka).

- la troisième période s'allonge dès le mois d'avril jusqu'au mois d'août, et montre une allure plus ou moins stable composée souvent des nicheurs et des estivants nicheurs (Les Ardéidés, les Ralidés, les Récurvirostridés...).

III.3. Indices de diversité de Shannon

Le calcul de cet indice nous permet de mesurer le niveau de complexité de peuplement d'oiseaux d'eau fréquentant nos sites. Les valeurs les plus élevées de l'indice de diversité de Shannon sont observées pendant le mois de novembre ($H' = 3.62$ à Boussedra) et ($H' = 2,966$ à Tamlouka) pendant le mois de janvier (Figure 3. 77) et (Figure 3. 78) ; où nous avons enregistré des valeurs élevées de richesse spécifique. Pendant cette période, le peuplement est plus équilibré du fait que les plans d'eau ont été fréquentés par un maximum d'espèces. Au cours de la période de reproduction nous avons notés des valeurs faibles et le peuplement a été dominé par les Ardéidés (Héron garde-bœufs, Héron crabier, Héron bihoreau et Aigrette garzette), les échassiers et par l'Ibis falcinelle au niveau de marais de Boussedra et par les échassiers (Echasse blanche, Avocette élégante), Héron garde-bœufs et Foulque macroule au niveau de la mare de Tamlouka. Les autres espèces nicheuses sont peu représentées dans les deux sites.

III. 4. Indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité présente la même allure que celui de l'indice de diversité dans les deux sites, où nous avons enregistré le maximum durant le mois de novembre ($E = 0.666$) au niveau de marais de Boussedra, et ($E = 0,617$) pendant le mois de janvier au niveau de la mare de Tamlouka (Figure 3. 77) et (Figure 3. 78) traduisant que ce peuplement est plus équilibré durant la saison hivernale au cours de laquelle les sites sont fréquentés par un maximum d'espèces présentant des effectifs globalement équivalents. Les valeurs minimums de cet indice sont enregistrées durant le mois de juillet au niveau du marais de Boussedra caractérisées par le départ des populations estivantes et pendant le mois d'avril à Tamlouka caractérisées par le départ des populations hivernantes (canards plongeurs, poule d'eau, foulque macroule....) due au bas niveau d'eau de ce site influencé par les conditions climatiques.

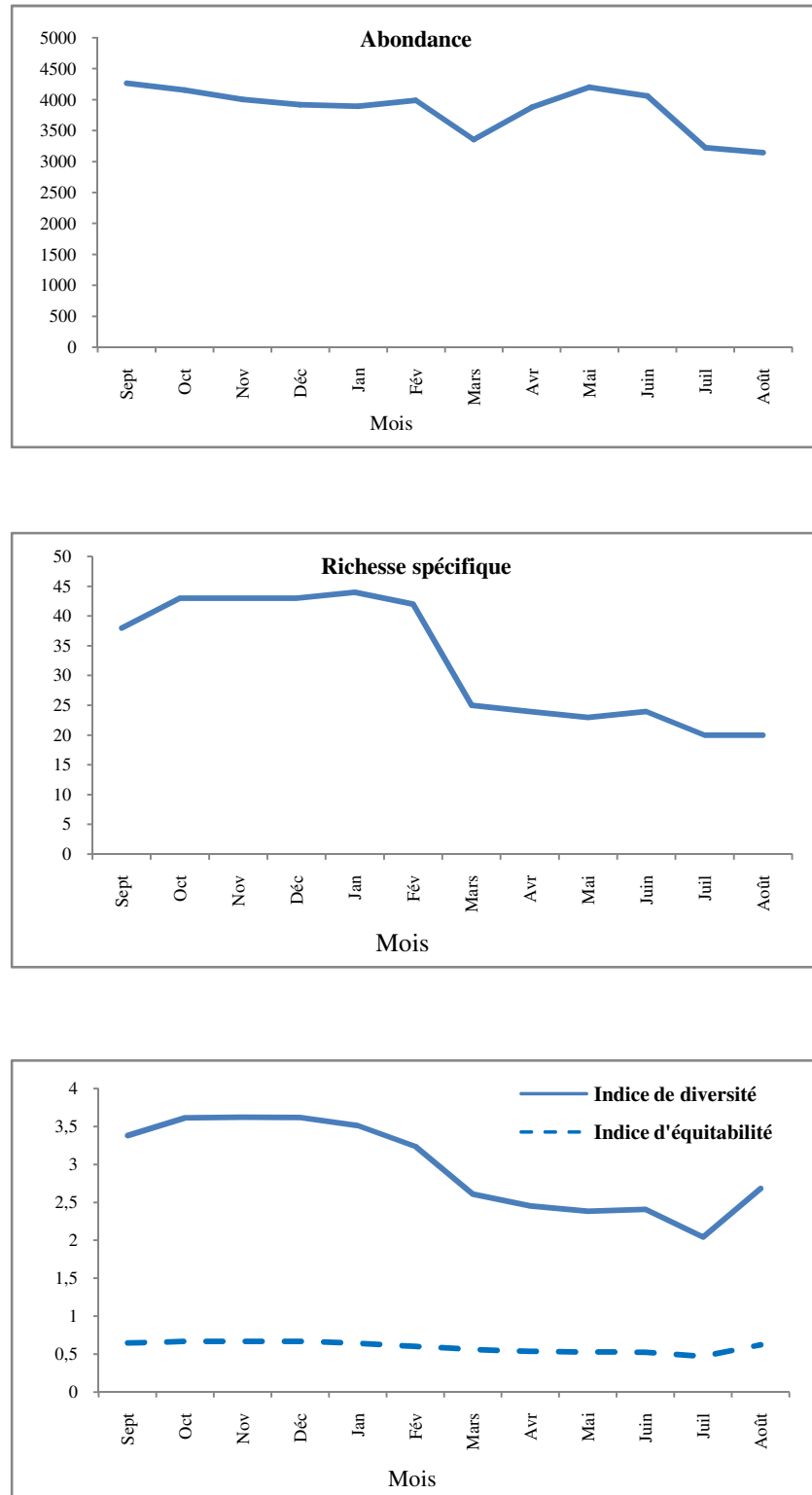


Figure 3.77. Evolution des indices écologiques. Abondance totale, Richesse spécifique, Indice de diversité de Shannon et Weaver et Indice d'équitabilité au niveau du marais de Boussestra.

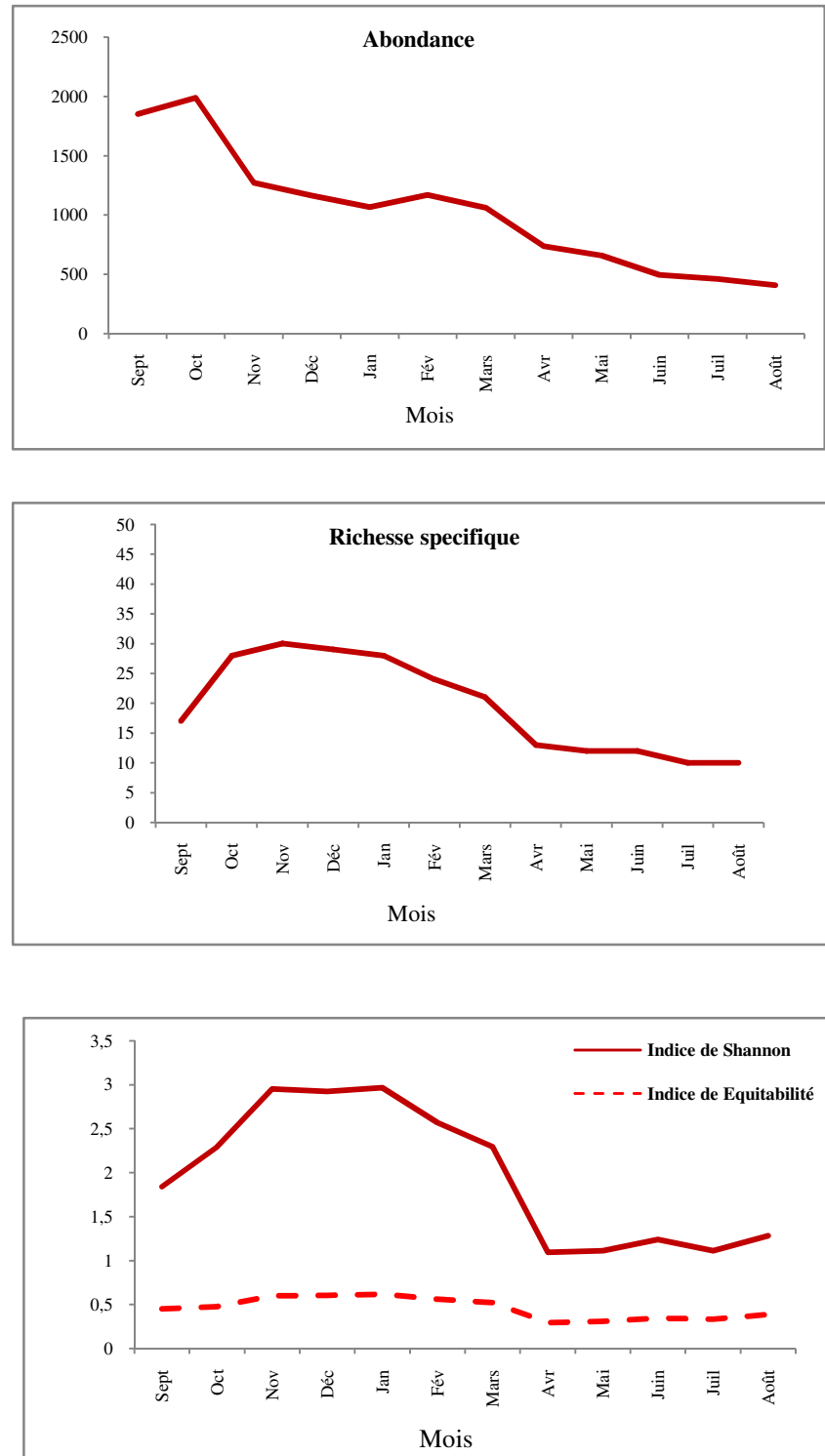


Figure 3.78. Evolution des indices écologiques. Abondance totale, Richesse spécifique, Indice de diversité de Shannon et Weaver et Indice d'équitabilité au niveau de la mare de Tamlouka.

III.5. Analyse multivariée des données

L'analyse statistique multivariée réalisée à l'aide du logiciel ADE-4 (Chessel et Doledec ; 1992) affichée sous forme de plan factoriel 1 x 2 de l'AFC rassemblant 80% de l'information, permet d'une part d'observer une véritable distribution temporelle de l'occupation des deux mares par les oiseaux d'eau et d'autre part nous montre, que l'axe des ordonnées (facteur 1) sépare la saison hivernale et la saison estivale (Figure 3.79 et Figure 3.80), au cours du cycle annuel étudiés. Pour cela, la saison hivernale est subdivisée en deux sous périodes :

- la première s'étale de mois de septembre au mois de novembre, nous observons les regroupements des populations migratrices des Scolopacidés (Bécasseau variable, Bécasseau minute, Bécasseau cocorli, Chevalier guignette) au niveau du marais de Boussedra et Chevalier aboyeur, Chevalier arlequin et Chevalier guignette au niveau de la mare de Tamlouka) et des Charadriidés (Vanneau huppé au niveau de marais de Boussedra, et Vanneau huppé, Gravelot à collier interrompu à Tamlouka et le Canard pilet.

Pendant le mois d'octobre, nous observons surtout l'arrivage des canards hivernants tels que le Fuligule nyroca et le Canard souchet au niveau du marais de Boussedra et au niveau de la mare de Tamlouka nous observons, le Canard souchet et la Sarcelle marbrée, où s'ajoute à cette population la Barge à queue noire.

- la deuxième sous période caractérise les mois de décembre, janvier et février, le marais de Boussedra est dominé par la présence du Canards chipeau, l'Héron garde-bœuf et le passage de Grébe à cou noire, Grande aigrette, Spatule blanche, Goeland leucophé et des limicoles (Chevalier stagnatile, Barge à queue noire, Bécassine des marais). Et au niveau de la mare de Tamlouka, pendant cette période des hautes eaux nous observons les oiseaux à grand effectif, tels les Anatidés (le Fuligule milouin, le Fuligule nyroca, la Sarcelle marbrée et la sarcelle d'hiver), l'Héron Garde bœuf et surtout les espèces migratrices de passage qui sont souvent faiblement représentés tels le des limicoles (Chevalier combattant, Chevalier sylvain), Busard des roseaux, Poule d'eau, Cigogne blanche, Goéland leucophé et l'installation des nicheurs précoces tels Récurvirostridés (l'Avocette élégante).

La saison de reproduction est subdivisée aussi en deux périodes. La première rassemble les mois de mars et avril au niveau de marais de Boussedra, où nous observons la Foulque macroule, les canards tels Canard pilet, Sarcelle marbrée, Canard colvert, l'Erismature à tête blanche et le Fuligule milouin et les nicheurs tels l'Héron Garde-bœuf et le Grébe huppé et le passage de Flamant rose. Et caractérise les mois d'avril et mai au niveau de la mare de Tamlouka, nous observons l'Aigrette garzette. La deuxième période rassemble les mois de

mai, juin, juillet et aout au niveau du marais de Boussedra, elle est dominée par des nicheurs tels le Grèbe castagneux, le Blangios nain, l'Avocette élégante, l'Echasse blanche, la Cigogne blanche, l'Héron crabier, l'Aigrette garzette, et les estivants non nicheurs tels Glaréole à collier, la Sterne naine et le passage des migrateurs tardifs de la Sarcelle d'été. Cette période rassemble les mois de juin, juillet, aout et mars au niveau de la mare de Tamlouka, voit les nicheurs tels la Foulque macroule, l'Echasse blanche et le Bécasseau minute.

Les mêmes constatations sont à noter au niveau de la mare se Tamlouka (Figure 3.80), où il en ressort que la Sarcelle d'hiver, la Poule d'eau, le Fuligule milouin sont enregistrés durant la période d'hivernage. La Foulque macroule, le Canard colvert et les autres espèces nicheuses sont notés durant le mois de mars.

Au début de la saison d'hivernage, et suite au niveau d'eau très bas, seuls les limicoles et les oiseaux d'eau de passage sont observés, la majorité sont les Anatidés préférant les zones humides spacieuses et salées situées au sud de la mare dans les Hauts plateaux et au Sahara.

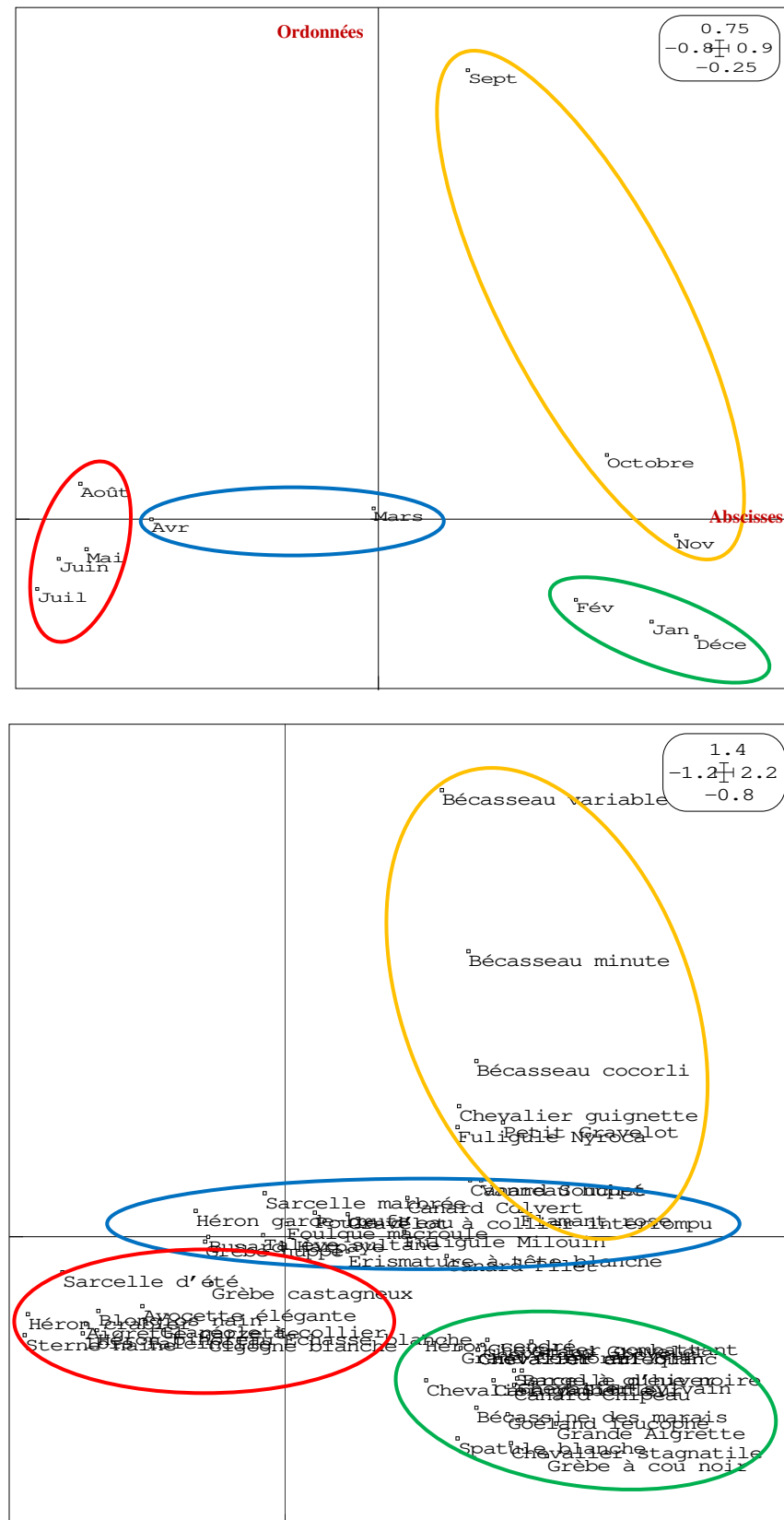


Figure.3.79. Plan factoriel 1 x 2 de l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) de marais de Bousshedra (Matrice: 12 mois x 53 espèces). Axes d'inertie: 0.44, 0.36, 0.13 et 0.04.

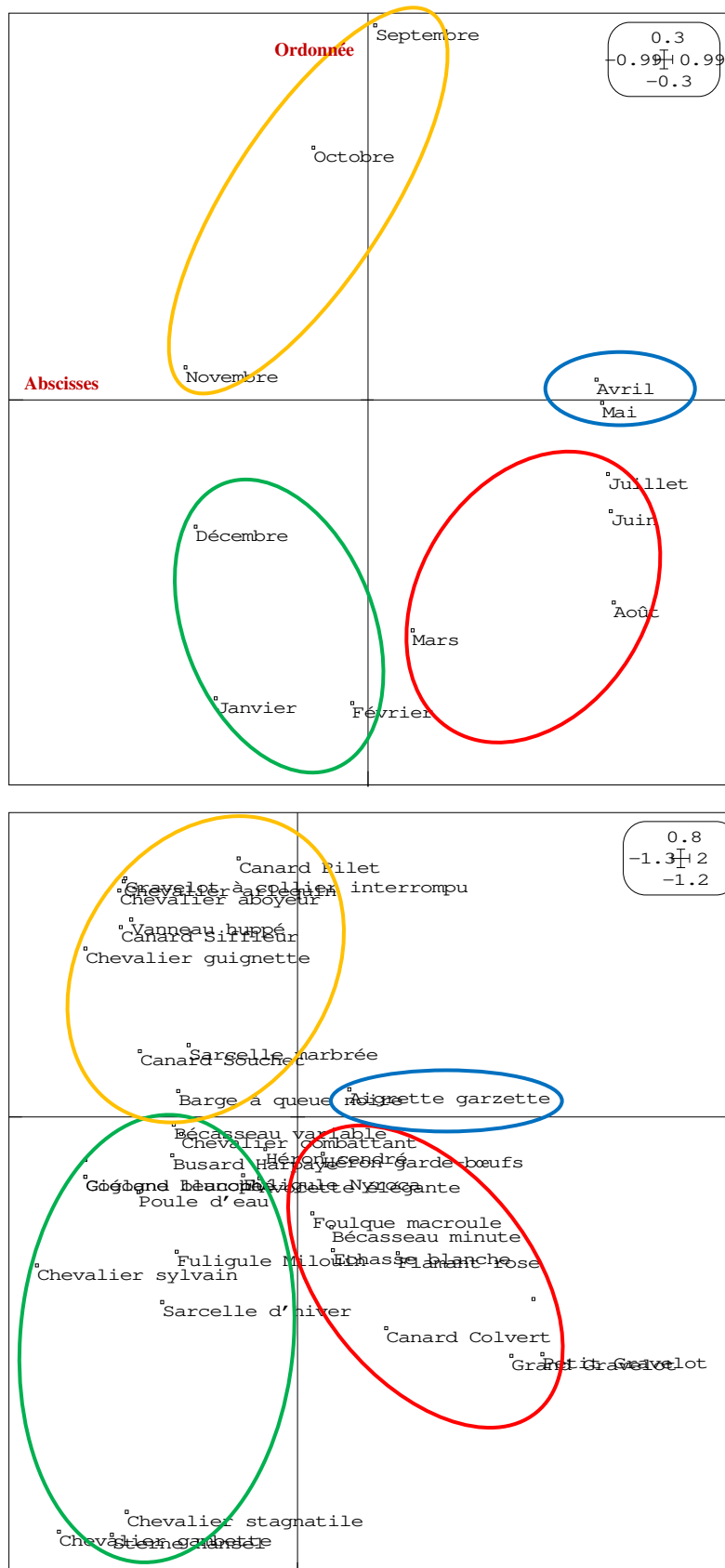


Figure.3.80. Plan factoriel 1 x 2 de l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) de la mare Tamlouka (Matrice: 12 mois x 36 espèces). Axes d'inertie: 0.43, 0.32, 0.21, 0.02.

Conclusion

Les zones humides sont d'une grande productivité biologique et constituent des écosystèmes d'un intérêt inestimable pour l'homme sur les plans, socio-économique, culturel et scientifique. Le Nord-est de l'Algérie représente la région la plus importante et la plus riche en zones humides. Cette région représente aussi le quartier d'hivernage le plus important pour l'avifaune aquatique dans notre pays, ce type d'habitat, est fortement impacté par les activités humaines. Le développement de l'urbanisation et les aménagements divers (lotissements, zones d'activités, parkings, décharges, campings...) se réalisent parfois aux dépens des zones humides par des opérations de remblaiement dans le cadre de politiques de planification de l'espace. De plus, cela entraîne un mitage et un cloisonnement de l'espace préjudiciables au bon fonctionnement des zones humides.

Le marais de Boussedra et la mare de Tamlouka sont témoins de ces plans d'eau urbains, dont la source principale d'alimentation en eau demeure les eaux des égouts des communes avoisinantes. Les résultats des analyses bactériologiques (dénombrement des germes test de contamination fécale : coliformes totaux et coliformes fécaux et streptocoques fécaux et recherche bactériennes) obtenus, ont montré d'une part des taux assez élevés de microorganismes et d'autre part la présence de nombreuses espèces bactériennes montrant que les eaux de ces hydrosystèmes sont insalubres, très polluées, ce qui nous a amené à les classer impropres à la consommation et à l'irrigation et peuvent constituer un problème de santé publique et un véritable problème environnemental. Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques ont montré que les valeurs limites sont dépassées pour certains paramètres. Ainsi, les teneurs en éléments minéraux (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, calcium et magnésium). Les fluctuations de ces paramètres peuvent être aussi expliquées par l'effet de développement urbain, qui est allé de pair avec ceux de l'agriculture et de l'industrie, et que des circonstances récentes ont accéléré, a lui aussi contribué à la pollution des ces plans d'eau. Il a entraîné également l'apparition de dépôts d'ordures qui favoriseront probablement l'installation d'un peuplement avien caractéristique et diversifié (Cigogne blanche *Ciconia ciconia*, Héron garde-bœuf *Bubulicus ibis*, Goéland leucophé *Larus cachinnans* ...) capables de tirer profit de ces nouvelles sources de nourriture.

Ce peuplement composé de cinquante-trois espèces appartenant à 15 familles au niveau du marais de Boussedra, et de trente six espèces appartenant à 12 familles au niveau de la mare de Tamlouka, comprenant des nicheurs sédentaires (nicheurs et non nicheurs), des nicheurs migrateurs (estivants migrateurs), des hivernants et des migrateurs de passage où les Scolopacidés et les Anatidés constituent les familles les mieux représentées avec,

respectivement, 13 et 12 espèces au niveau du marais de Boussedra, 11 et 8 espèces au niveau de la mare de Tamlouka.

D'une manière générale le marais de Boussedra et la mare de Tamlouka ont été plus peuplées pendant la période hivernale, due aux facteurs climatiques influençant le niveau d'eau de ces hydro-systèmes alimentés par les précipitations et les eaux usées évacuées durant cette période. L'occupation des plans d'eau par cette avifaune aquatique souvent gérée par de nombreux facteurs écologiques très déterminants (Pirrot et *al.* 1984, Houhamdi et Samraoui ; 2001 ; 2003), les principaux sont la quiétude, le dérangement, la densité de la couverture végétale, la qualité de l'eau du milieu, la recherche de la nourriture et la présence d'une autre espèce présentant la même niche trophique et écologique (Tamisier et Tamisier ; 1981 ; Pirrot 1981, Tamisier et Dehorter ; 1999 ; Houhamdi et Samraoui ; 2003). Aussi au cours de cette période nous avons enregistré des valeurs élevées de l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité, sont observées pendant le mois de novembre ($H' = 3.62$, $E = 0.666$ à Boussedra) et ($H' = 2.951$, $E = 0.601$ à Tamlouka) où le peuplement est plus équilibré du fait que les plans d'eau ont été fréquentés par un maximum d'espèces. Ensuite, et pendant la période de reproduction dont une part importante des populations hivernales a quitté les sites, nous avons notés des valeurs faibles de l'indice de diversité de Shannon et le peuplement a été dominé par les Ardéidés (Héron garde-bœufs *Bubulicus ibis*, Héron crabier *Ardeola ralloides*, Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax* et Aigrette garzette *Egretta garzetta*), les échassiers et par l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* au niveau du marais de Boussedra et par les échassiers (Echasse blanche *Himantopus himantopus*, Avocette élégante *Recurvirostra avocetta*), Héron garde-bœufs *Bubulicus ibis* et Foulque macroule *Fulica atra* au niveau de la mare de Tamlouka.

Actuellement, les populations de certaines espèces sont menacées par le simple fait que seul un nombre très restreint de zones humides du bassin méditerranéen en répondent à leurs exigences écologiques pour la reproduction, en effet le déclin de nombreuses espèces d'oiseaux nichant en Europe s'explique par le jeu de facteurs défavorables d'origine humaine agissant dans leurs zone d'hivernage afro-tropicale (Roux, 1990)

Cependant la prolifération industrielle et l'extension de l'agriculture intensive se sont développées, dans la majorité des cas, au détriment des zones humides par l'assèchement de grandes superficies (Pearce et Crivelli ; 1994). Parmi les différents modes de gestion hydraulique, nous recommandons celui incluant un assec estival car il est le plus approprié au développement des organismes aquatiques. Ce qui semble frapper le plus d'espèces sont

l'altération et la disparition d'habitats liées à la désertisation et aux travaux hydrauliques dans ces zones humides, ainsi que l'utilisation de pesticides affectant particulièrement les consommateurs de gros insectes.

En Algérie, il reste encore à sensibiliser tous les utilisateurs de l'eau et des zones humides aussi à réfléchir sur la gestion des écosystèmes aquatiques, car leur devenir à long terme dépend de leur gestion.

*Perspectives et proposition de
conservation*

Perspectives et proposition de conservation

L'importance de la richesse globale avienne de ces milieux anthropisés, le nombre élevé des espèces rares et la présence de certaines espèces menacées (l'Eristature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris*), devraient inciter les gestionnaires des ressources naturelles à prendre rapidement des mesures adéquates et des aménagements écologiques adaptés, afin de lui fournir des milieux favorables.

Cependant, des actions de développement et de sensibilisation des populations riveraines dans le but de la conservation devraient être entreprises. La restauration de ces écosystèmes urbains étant difficile; seuls le maintien et la surveillance constitueraient alors une stratégie intelligente en terme de conservation. A cette fin, il importera de soutenir les mesures suivantes :

- Traiter les eaux usées déversées dans ces zones humides.
- Diminuer l'utilisation des fertilisants et des engrais dans les terres entourées ces hydrosystèmes.
- Planter des végétations adaptées sur les rives pour créer un bouclier anti polluant.
- Installer des périmètres de protection autour ces zones humides pour empêcher les riverains de jeter leurs déchets et ordures.
- Aménager les bassins versants.
- Et surtout sensibiliser les gens sur les enjeux environnementaux des zones humides.

Résumés

Dans le but d'évaluer la richesse avienne et la connaissance de statut phénologique des différentes espèces aviennes fréquentant les zones humides urbaines de Nord-est algérien, et caractériser la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux, leurs niveau de dégradation et les causes de ces perturbations, nous avons effectué des visites mensuels du terrain d'étude (le marais de Boussedra (wilaya d'Annaba) et la mare de Tamlouka (wilaya de Guelma)), pendant un cycle annuel allant du mois de septembre 2015 jusqu'au mois d'aout 2016.

Les résultats des analyses bactériologiques nous exposent une contamination fécale des eaux notée par une forte pollution bactériologique signalée par la présence d'un degré élevé en germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux et en streptocoques fécaux. Les résultats des analyses physico-chimiques exhibent aussi que certains paramètres dépassent les normes en vigueur.

Du point de vue richesse avienne, 53 espèces appartenant à 15 familles ont été recensées à Boussedra et 36 espèces appartenant à 12 familles, à la mare de Tamlouka où la période hivernale est plus diversifiée que la période de nidification. Les valeurs les plus élevées des indices écologiques indicateurs de l'équilibre des populations (indice de Shannon et Weaver et indice d'équitabilité) ont été enregistrées durant la période hivernale ($H' = 3,62$ et $E = 0.666$) au niveau de marais de Boussedra et ($H' = 2,951$ et $E = 0.601$) au niveau de la mare de Tamlouka. Pendant cette période, le peuplement est plus équilibré du fait que le plan d'eau a été fréquenté par un maximum d'espèces présentant des effectifs globalement équivalents.

Mots clés : zone humide urbaine, qualité de l'eau, avifaune aquatique, statut phénologique, indices écologiques.

In order to evaluate the avian wealth and the knowledge of the phenological status of the different avian species frequenting the urban wetlands of northeastern Algeria, and to characterize the bacteriological and physico-chemical quality of the water, its level of degradation and the causes of these disturbances, we made monthly visits to the study area (Boussedra lack (Annaba) & Tamlouka pond (Guelma)) during an annual cycle from September 2015 to August 2016.

The results of the bacteriological analyzes expose us to a fecal contamination of the waters noted by a strong bacteriological pollution reported by the presence of a high degree in total germs, total coliforms, fecal coliforms and fecal streptococci. The result of physico-chemical analyzes also show that some parameters exceed the standards.

From the avian wealth point of view, 53 species belonging to 15 families have been recorded in Boussedra, and 36 species belonging to 12 families at the Tamlouka pond where the winter period is more diversified than the nesting period. The highest values of ecological indices indicating population equilibrium (Shannon and Weaver index and equitability index) were recorded during the winter period, ($H = 3.62$ and $E = 0.666$) at marsh level. Boussedra and ($H = 2.951$ and $E = 0.601$) at the Tamlouka pond. During this period, the stand is more balanced because the body of water has been frequented by a maximum number of species with an overall equivalent population.

Key words: Urban wetland, water quality, aquatic birds, phenological status, ecological indices.

من أجل تقييم ثروة الطيور ومعرفة الوضع الفينولوجي لأنواع الطيور المختلفة التي تنتشر في المناطق الرطبة الحضرية في شمال شرق الجزائر، ولفحص النوعية البكتيرية و الفيزيوكيميائية للمياه، ومستوى تدهورها وأسباب هذه الاضطرابات، قمنا بزيارات شهرية إلى منطقة الدراسة (بركة بوسيدرا (ولاية عنابة) و بركة تاملوكة (ولاية قالمة)) خلال دورة سنوية منذ سبتمبر 2015 إلى غاية أوت 2016. أظهرت نتائج التحاليل البكتيرية تلوث المياه بالبراز الذي يبينه تلوث جرثومي عالي تم الإبلاغ عنه بوجود درجة عالية في الجراثيم الكلية، القولونيات الكلية ، القولونيات البرازية والمكورات العقدية البرازية و الجراثيم الممرضة.

أظهرت نتائج التحليلات الفيزيوكيميائية أيضاً أن بعض المؤشرات تتجاوز المعايير السارية. من وجهة نظر ثروة الطيور، تم تسجيل 53 نوعاً ينتمون إلى 15 عائلة في بوسدرا وهناك 36 نوعاً ينتمون إلى 12 عائلة في بركة تاملوكة، حيث تكون فترة الشتاء أكثر تنوعاً من فترة التعشيش. تم تسجيل أعلى قيم للمؤشرات البيئية التي تشير إلى توازن السكان (مؤشر شانون-ويفر ومؤشر المساواة) خلال فترة الشتاء، ($H' = 3.62$ ، و $E = 0.666$) على مستوى بوسيدرا ($H' = 2.951$ و $E = 0.601$) عند بركة تاملوكة، خلال هذه الفترة، تكون هذه المناطق الرطبة أكثر توازناً بسبب توافد عدد هائل من أنواع الطيور.

الكلمات المفتاحية : الأراضي الرطبة الحضرية، نوعية المياه، الطيور المائية، الوضع الفينولوجي، المؤشرات البيئية.

Références bibliographiques

- **Abba E., Nassali H., Benabid M., El Ayadi R. et El Ibaoui H. (2008).** Contribution a l'étude physicochimique de l'écosystème lacustre Dayet Aoua au Maroc. *Afrique SCIENCE*.04. (2) p. 306 – 317.
- **Abbadie L., René B., Robert B., Pierre-H G., Francois R. et Jacques W. (2006).** La biodiversité. *CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique*. Paris.
- **Abdi S. (2017).** *Structure et écologie des canards plongeurs (Anatidés) dans les zones humides de Guerbes- Sanhadja (wilaya de Skikda, Nord-est de l'Algérie)*. Thèse de Doctorat, Université de Souk-ahras. 119 p.
- **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.
- **Afdhal B. et Hamdi N. (2008).** Importance écologique et rôle des zones humides artificielles du nord de la Tunisie dans la conservation des oiseaux d'eau en hivernage. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 133 (1-3) : 253-265.
- **Agrigon A. (2000).** *Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments*. Dunod. 206p
- **Aissaoui R., Houhamdi M., Samraoui B. (2009).** Eco-éthologie des fuligules nyroca *aythya nyroca* dans le lac Tonga (site Ramsar, parc national d'El-Kala, Nord-est de l'Algérie). *European journal of scientific research* ISSN 1450-216X VOL.28 NO.1, PP.47-59
- **Aleman Y. (1996).** La Talève sultane *Porphyrio porphyrio*. Une nouvelle espèce nicheuse pour la France. *Ornithos* 3: 176-177.
- **Allouche L. et Tamsier A. (1984).** Feeding convergence of Gadwall, Coots and the other herbivorous waterfowl wintering in the Camargue. *Wildfowl* 35: 135-142
- **Allouche L., Dervieux A., Lespinasse P et Tamsier A. (1989).** Sélection de l'habitat diurne par 3 espèces d'oiseaux d'eau herbivores hivernant en Camargue. *Acta Oecol.* , Oecol. Appl.
- **Amat J.A., Varo N., Sánchez M.I., Green A.J. et Ramo C. (2014).** Female-biased sex ratio in moulting Black-necked Grebes (*Podiceps nigricollis*) southern Spain. *Ardea* 102: 207–212. doi:10.5253/arde.v102i2.a10
- **Aminot A. et Chaussepied M. (1983).** *Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin*. 993 p.

- **Angermeier P.L. et Karr J.R. (1994).** Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience*, 44: 690-697.
- **Anonyme (1994).** Qualité des eaux superficielles et sources de pollution cartes régionales de qualité des cours d'eau. Synthèse des données acquises de 1988 à courant 1994.
- **Anonyme (2007).** *L'eau. Observatoire régional de la santé Rhône-Alpes*. Tableau de bord santé-environnement, région Rhône-Alpes
- **Anonyme (2011).** Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement. *Sources des données et méthodes*. Mars 2011. ISBN: 978-1-100-96717-2.
- **Aouissi A. (2010).** *Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie)*. Mémoire de magister, Guelma, Université du 08 Mai 1945, 101p.
- **Atoussi S. (2014).** *Etude des rythmes d'activités diurnes des fuligules hivernants dans Garaet Hadj Tahar (Skikda, Nord-est Algérien)*. Thèse de Doctorat. Univ. 08 Mai 1945, Guelma (Algérie). 67p.
- **Aucouturier T. (2008).** *Indicateurs biologiques et qualité du milieu aquatique dulçaquicole français*. Thèse présentée à l'université Claude-Bernard – Lyon I (Médecine - Pharmacie) et soutenue publiquement le 09 Janvier 2008 pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire. 114p.
- **Baaziz N. (2012).** *Statut et écologie de l'avifaune aquatique de la Sebkha de Bazer-Sakra (El-Eulma, Sétif): Phénologie et distribution spatio-temporelle*. Thèse de Doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba. 159 p.
- **Baaziz N., Mayache B., Saheb M., Bensaci E., Ounissi M., Metallaoui S. et Houhamdi M. (2011).** Statut phénologique et reproduction des peuplements d'oiseaux dans l'écocomplexe de zones humides de Sétif (Haut plateau, Est de l'Algérie). *Bull. Inst. Scien.* Rabat. Sect. Scien. Vie. 33 (2) : 77-87.
- **Bagnouls F. et Gaussen H. (1953).** *Saison sèche et indice xérothermique*, Université de Toulouse, Faculté des Sciences.
- **Báldi A. et Kisbenedek T. (1998).** Factors influencing the occurrence of great white egret (*Egretta alba*), mallard (*Anas platyrhynchos*), Marsh Harrier (*Circus*

aeruginosus), and Coot (*Fulica atra*) in the reed archipelago of Lake Velence, Hungary. *Ekologia Bratislava*, 17(4), 384-390.

- **Balmford A. et Bond W. (2005).** Trends in the state of nature and their implications for human well-being. *Ecology Letters* 8, pp. 1218-1234
- **Bannerman D A. (1953).** *The birds of west and equatorial Africa*, Vol. 1. Edinburgh, London, Oliver and Boyd, 195 p.
- **Bara M. (2015).** *Structure et écologie des Rallidés dans les zones humides de Guerbes- Sanhadja (wilaya de Skikda)*. Thèse de Doctorat, Université d’Annaba, 93 p.
- **Barry G.S. (1989).** *Sodium sulphate*. Canadian minerals yearbook – 1988. Mineral Resport, n° 37. Division des ressources minérales, énergie, mines et ressources. Ottawa.
- **Batzer D.P. et Wissinger S.A. (1996).** Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Ann. Rev.Entom* 41: 75–100.
- **Baudry J. (1982).** *Contribution à la connaissance écologique du bassin versant de la Rance*. Thèse 3ème cycle. Université de Rennes. France.
- **Beaman M. et Madge S. (1999).** *Guide encyclopedique des oiseaux du Palearctique occidental*. Nathan, Paris, 871p.
- **Belhadj G., Chalabi B., Chabi Y., Kayser Y., Gauthier-Clerc M. (2007).** Le retour de l’îlbis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) nicheur en Algérie. *Aves*, 44/1.
- **Bellagoune S. (2015).** *Hivernage du Tadorne de Belon Tadorna tadorna (Anatidés) dans la sebkha de Djendli (Batna, Est algérien)*. Thèse de doctorat en sciences. Université Badji Mokhtar. Annaba. 73p.
- **Bengston S. A. et Svensson B. (1968).** Feeding habitats of *Calidris alpina L.* and *Calidris minuta Leisl.* (Aves) in relation to the distribution of marine shore invertebrates. *Oikos* 19: 152-157.
- **Bensaci T., Bouzgag A., Bounab C., Brahmia H., Noudjem Y., Zeraoula, A., Bouaguel L. Saheb M., Metallaoui S., Mayache B., Bouslama Z. et Houhamdi M. (2011).** Chott Merouane (Algérie) : un nouveau site de reproduction du Flamant rose *Phoenicopiterus roseus*. *Flamingo* 18. 40-47.

- **Bensaci E., Saheb M., Cherief-B N., Cherief A., Qninba A. et Houhamdi M. (2012).** Un second cas de nidification de la Mouette rieuse *Chroicocephalus ridibundus* en Algérie. *Alauda*, 80 (2), 153-154.
- **Bensaci E., 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-Géo*, Volume 7 -1, 211-22
- **Berche P., Gaillard J-L. et Simouet M. (1988).** *Bactériologie, les bactéries des infections Humaines*. Flammarion, 660p
- **Bergier P. et Thévenot M. (2008).** Notes naturalists au Sahara Atlantique marocain. *Go-South Bull*, 5, 78 – 97.
- **Bibby C., Jones M. et Marsden S. (1998).** *Expedition field techniques: bird surveys*. Royal Geographical Society, London, 134 p.
- **Birdlife International (2004).** Threatened birds of the world 2004. *Birdlife International*, Cambridge, U.K.
- **Blondel J. (1975).** Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Élément d'un diagnostic écologique. I : La méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P). *Terre et Vie*, 29, 533-589
- **Boitseau B. et Marion L. (2005).** Définition des habitats potentiels du Héron Cendré *Ardea cinera* par l'analyse du paysage et de sa niche écologique. *Alauda* 73 (4). 2005 : 431- 440.
- **Bouaguel L. Saheb M., Metallaoui S., Mayache B., Bouslama Z. et Houhamdi M. (2011).** Chott Merouane (Algérie) : un nouveau site de reproduction du Flamant rose *Phoenicopterus roseus*. *Flamingo* 18. 40-47.
- **Bouchecker A., Nedjah R., Samraoui F., Menai R. et Samraoui B. (2009).** Aspects of the Breeding Ecology and Conservation of the Glossy Ibis in Algeria, *Waterbirds* 32(2), 345-351.
- **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 en vue de l'obtention du diplôme de doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba. 202 p.
- **Boudraa W., Bouslama Z. et Houhamd M. (2014).** Inventaire et écologie des

oiseaux d'eau dans le marais de Boussedra (Annaba, Nord-est de l'Algérie). *Bull. Soc. zool. Fr.*, 2014, 139(1-4) : 279-293.

- **Boukhemza M., Boukhemza-Z N. et Voisin J-F. (2007).** Biologie et écologie de la reproduction de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) dans la vallée du Sébaou (Kabylie, Algérie). *Aves*, 44/4.
- **Boukrouma N., Maazi M-C., Saheb M., Metallaoui S. et Houhamdi M. (2011).** Hivernage du Canard Pilet *Anas acuta* sur les hauts plateaux de l'Est de l'Algérie. *Alauda*, 79 (4), 285-293.
- **Boulekhssaim M., Houhamdi M. et Samraoui B. (2006).** Status and diurnal behaviour of the Shelduck *Tadorna tadorna* in the Hauts Plateaux, northeast Algeria. *Wildfowl*, 56, 65-78.
- **Bouzegag A., Saheb M, Bensaci E., Nouidjem Y. et Houhamdi M. (2013).** Ecologie de la Sarcelle Marbrée *Marmaronetta angustirostris* (Ménétries, 1832) dans l'éco-complexe de zones humides de la vallée de l'oued Righ (Sahara Algérien). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, Section Sciences de la Vie, 2013, n° 35, 141-149.
- **Bouziani M. (2000).** *L'eau De La Pénurie Aux Maladies*. Editions Ibn-Khaldoun Alger. 247 p
- **Branciforti J. (1998).** La Grande Aigrette *Egretta alba* en Lorraine. *Ciconia* 22: 55-64. Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study I First*, 1–8.
- **Bregnballe T., Lynch J., Parz-G R., Marion L., Volponi S., Paquet Jy., Carss D. et Van Eerden M.R. (2014).** Breeding numbers of Great Cormorants (*Phalacrocorax carbo*) in the Western Palearctic. IUCN-Wetlands International Cormorant Research Group Report. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy n°99: 224 p.
- **Bremond R. et Vuichard R. (1973).** *Paramètres de la qualité des eaux*. OSPEPE, Paris.
- **Brickell N. et Shirley R.M. (1988).** Ducks Geese and Swans of Africa and its outlying islands. *fransen publishers*. 211p.

- **Brugier D., Roche D. et P. (1979).** Statut des ardéidés du bassin de l'Allier, du bassin de la Loire (en amont de Nevers et hormis la plaine de Forez) et du haut Val de Cher. *Le grand duc*, 15 : 1 - 49 (119)
- **Campbell N. et Reece J. (2004).** *Biologie*. 2^{ème} édition. ERPI, Canada, 1364p.
- **Carbonnelle D., Kouyoumdjian S. (1988).** *Bactériologie médicale techniques usuelles*. Méd. Mal. Inf. 251 p.
- **Chaoui W. (2007).** *Impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'Oued Seybouse et de l'Oued Mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de Bouchegouf (Guelma)*. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 101p.
- **Chapman D. et Kimstach V. (1996).** *Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2 ed. E & FN Spon. London pp: 59-126.
- **Cherrah Y. Bouklouze A., Zellou A. Serragui S. (2007).** Travaux pratiques toxicologie analytique II. Laboratoire de Pharmacologie et de Toxicologie. Université Mohammed V Faculté de médecine et de pharmacie. Rabat. 28p.
- **Chessel D. et Doledec S. (1992).** ADE software: Multivariate analysis and graphical display for environmental data (version 4). Université de Lyon.
- **Chettibi F. (2014).** *Ecologie de l'Erismature à tête blanche Oxyura leucocephala dans les zones humides de la Numidie Algérienne (du Littoral Est de l'Algérie)*. Thèse de Doctorat .Univ. Badji Moukhtar, Annaba 126p.
- **Chevalier P.** et le membre de groupe scientifique sur l'eau de l'institut national de santé de Québec **(2003)**. Coliformes fécaux, fiches synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national de santé de Québec .1-4.
- **Cody M-L. (1985).** Habitat selection in birds: the roles of vegetation structure, competitor, and productivity. *Bioscience* 31: 107-113.
- **Cohen J.E. (2003).** Human population: The Next Half Century. *Science* 302, pp. 1172-1175
- **Coulibaly K. (2005).** *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako*. Thèse de Doctorat, Université de Bamako. 69p.

- **Cramp S. et Simmons K.E.L. (1983).** *Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic.* Vol. III : Waders and Gulls. Oxford. University Press, Oxford, London, New-York.
- **Curco A. et Bigas D. (2013).** Summary of international waterbird census in the Ebro Delta (Spain). *Bulletin of the Mediterranean, waterbirds network*, N°1: 32-35.
- **Dajoz R. (1971).** *Précis d'écologie.* Edition. Dunod, paris 434p.
- **David T. (2000).** Ecologiste, chercheur à l'Université St-Paul (USA), *Nature* n°405, 2000.
- **De Groot R., Stuip M., Finlayson M. et Davidson N. (2007).** Évaluation des zones humides : Orientations sur l'estimation des avantages issus des services écosystémiques des zones. Rapport technique Ramsar n° 3. *Série des publications techniques de la CDB* n°27. Suisse.
- **Deceuninck B. et Maheo R. (2000).** Synthèse des dénombrements et analyse des tendances des limicoles hivernants en France 1978 – 1999. Direction de la nature et des paysages Sous-Direction de la Chasse, de la Faune et de la Flore sauvages Contrat n° 183/00 du 27 juillet 2000. Ligue pour la Protection des Oiseaux. *Wetlands International*.
- **Dejaifve P. A. (2004).** Les anatidés hivernants de la réserve naturelle du Val d'Allier dans le contexte de la région Auvergne (1995-2004). *LPO, ONF, DIREN*. 15 p.
- **Del Hoyo J., Elliott A. et Sargatal J. (1992).** *Handbook of the Birds of the World.* Vol. 1. Lynx. Editions, Barcelona
- **Delarras C. et Trebaol B. (2003).** *Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux: Réglementation - Prélèvements - Analyses.* Tec & doc. 269p.
- **Dervieux A., Lebreton J.D. et Tamisier A. (1980).** Technique et fiabilité des dénombrements aériens de canards et de foulques hivernant en Camargue. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 34: 69- 99.
- **Derwich E., Benaabidate L., Zian A., Sadki O. et Belghity D. (2010).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fes. *Larhyss Journal* 8: 101-112
- **D.G.F. (2004).** *Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale.* 4^{ème}, Edition. Ed. direction générale des forêts, Alger, 107p.

- **Doctrinal D., Bicout D, Gauthier-C., Artois M., Alain-S A., Sabatier P. (2005).** Rôle des oiseaux dans l'écologie de la fièvre du Nil occidental : exemple du Héron garde bœuf en Camargue. *Environnement, Risques & Santé* –Vol. 4, n° 2.
- **Dovonou F., Aina M., Boukari M. et Alassane A. (2011).** Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques: cas du lac Nokoué au Sud Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5. (4) p. 1590-1602.
- **Drickmer L.C., Vessey S.H. et Meikle D. (1996).** Animal behavior: mechanisms, ecology, evolution. Dubuque IA: Wm. C. Brown Publishers.
- **Dziri H. (2015).** *Hivernage du canard colvert (Anas platyrhynchos) dans les zones humides du Nord-est algérien.* Thèse de Doctorat .Univ. Badji Moukhtar, Annaba 100 p.
- **El-Agbani M. A., Dakki M., Thévenot M. et Beaubrun P.-C. (1996).** Statut actuel au Maroc d'une espèce globalement menacée, la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris*. *Bull. Inst. Sci.* Rabat20, 63-80.
- **Emberger L. (1963).** *Contribution complémentaires au sujet des recherches climatiques, phytogéographie et écologique.* In : travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson & CIE. Paris, VLI. 520p.
- **Eric Marcon. (2014).** *Mesures de la biodiversité.* Unite mixte de recherche écologie des forets de Guyane. Agro Paris tech. p82.
- **Eybert M.C., Geslin T., Questiau S. et Feunteun E. (2003).** Shorebird community variation indicative of general perturbation in the Mont-Saint-Michel bay (France). *Comptes Rendus Biologies*, 326, 140-147.
- **Felix J. (1975).** *Les oiseaux aquatiques.* Atra, Prague et marabout S.A., Verviers. 178 p.
- **Fjeldså J. (2004).** *Grebes.* Oxford University Press, Oxford.
- **Fournier O. et Spitz F. (1965).** Etude biométrique des limicoles. I. Ecologie et bionature des barges à queue noire *Limosa limosa* hivernant sur le littoral du sud de la Vendée. *L'Oiseau et R.F.O.* 39: 15-20.
- **Franck C. (2009).** *La biodiversité : Comprendre pour mieux agir.* Livret de CNRS. Riou Aurélien.80p

- **Fritz H. (2004).** Suivi des oies cendrées *Anser anser* et des bernaches cravants *Branta bernicla* sur les mizottes de la Réserve Naturelle de la Baie de l'Aiguillon. Rapport de Centre d'Etudes Biologiques de Chizé-69.
- **Fuchs E. (1973).** Durchzug und Ueberwinterung des Alpentränfläufers *Calidris alpina* in der Camargue. *Orn. Beob.* 70: 113-134.
- **Fuchs E. (1975).** Observation sur les ressources alimentaires et l'alimentation des bécasseaux variables, minutes et cocorli: *Calidris alpina*, *minuta* et *ferruginea* en Méditerranée, au passage et pendant l'hivernage. *Alauda* 43: 55-69.
- **Fustec E. et Lefeuvre J-C. (2000).** *Fonctions et valeurs des zones humides*. Dunod 426p.
- **Gaudet J. (2011).** Première observation d'une Glaréole à collier dans le département du Rhône. L'Effraie N°31. LPO. Rhône.
- **Gauthier-Clerc M. (2013).** Results of the aerial counts of the Camargue (Rhône-Delta, France) during the winter 2012-2013. *Bulletin of the Mediterranean waterbirds network*, N°1: 36-40.
- **Ghazali D. et Zaid A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès –Maroc). *Larhyss Journal*, 12, 25-36.
- **Gill F. et Donsker D. (Eds). (2019).** *IOC World Bird List* (v 9.2). Doi : 10.14344/IOC.ML.9.2.
- **Gilles C. (2008).** *Les oiseaux reflets de la qualité des zones humides*. ENRX 2008.40p.
- **Glutz V-B., Bauer U.N., K.M. et Bezzel E. (1977).** *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*, Band 6. À Kad. Verlag. Wiesbaden.
- **Grill P., Gauthier V., Yaverrovski N. et Perennou C. (2004).** *Les mares temporaires méditerranéennes*. Volume I: Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion.
- **Guergueb E. (2012).** *Diversité microbiologique et étude physicochimique de l'eau de la zone humide Garat Timerganine (wilaya d'Oum El Bouaghi, hauts plateaux Constantinois)*. Mémoire de magistère, Guelma ; université du 08 Mai 1945.

- **Guergueb E. (2016).** *Importance des zones humides des hauts plateaux centraux de l'Algérie pour l'avifaune aquatique : cas du Chott El-Hodna (wilaya de M'sila).* Thèse de doctorat en sciences. Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès. 153p.
- **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.
- **Guillemain M., et Fritz H. (2002).** Temporal variation in feeding tactics: exploring the role of competition and predators in wintering dabbling ducks. *Wildl. Biol.* (8): 81-90
- **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.
- **Halassi I. (2010).** *Degré de contamination du Lac des Oiseaux et contribution à l'étude du pouvoir auto-épurateur de l'eau : Isolement et étude de Bdellovibrio Bacteriovorus.* Mémoire de Magister .Université 08 mai 1945, Guelma 148 p.
- **Hamdi N ., Charfi C-F. et Moali A. (2008).** La peuplement des oiseaux aquatiques hivernant de golfe de Guabes (Tunisie). *Bull. Soc. Zoo. Fr.*, 2008. 133(1-3) : 267-271.
- **Hamdi N. et Charfi F. (2006).** Richesse et typologie aviaire de la Région Nord-Ouest de la Tunisie. *Medcore* 165-179.
- **Hamdi W., Yousfi M., Touil Y., Bougrinat R., Ferhi N. et Oueled El Hadi M D. (2012) :** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques physico-chimiques et hygiéniques des eaux usées issues de rejets de certaines localité de la cuvette de Ouergla (Sahara septentrionale Est algérien) : impact sur le milieu récepteur. *Algerian journal of aride environnement.* vol, 2 n° 1 juin 2012 : 56-63.
- **Hamli A. (2015).** *Contribution à l'étude bactériologique et physico-chimique de l'eau d'une zone humide urbaine de l'est Algérien : cas de la mare de Tamlouka.* Mémoire de magister. Université Chadli Ben djedid. El Taref. 120p.
- **Hammed M., Guettach A., Bouamer L. (2012).** *Etude des propriétés physico-chimiques de l'eau de barrage Djorf-Torba Bechar.* Mémoire d'ingénieur d'état en biologie, université de Bechar, 66p.

- **Harrat N. et Achour S. (2010).** Pollution physico-chimique des eaux de barrage de la region d'El Taref. Impact sur la chloration. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, pp. 47-54.
- **Heinzel H., Pitter R. et Parslow J. (2014).** *Oiseaux d'Europe d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Edition delachaux et niestlé. 384 p.
- **Holmes R.T. (1966)** Breeding ecology and annual cycle adaptations of the Red-backed Sandpipers (*Calidris alpina*) in northern Alaska. *Condor* 68: 3-46.
- **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. (2001).** Diurnal time budget of wintering Teal *Anas crecca crecca* L. at Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Wildfowl*, 52, 87-96.
- **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. et Samraoui B. (2003).** Diurnal behaviour of wintering Wigeon *Anas penelope* in Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Wildfowl*, 54, 51-62. *Bulletin de la Société zoologique de France* 139 (1-4) 29.
- **Houhamdi M. et Samraoui B. (2008).** Diurnal and nocturnal behaviour of Ferruginous Duck *Aythya nyroca* at Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Ardeola*, 55 (1), 59-69.
- **Houhamdi M., Hafid H., Seddik S., Bouzegag A., Nouidjem Y., Bensaci, E., Maazi M-C. et Saheb M. (2008).** Hivernage des Grues cendrées *Grus grus* dans le complexe des zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. *Aves*, 45 (2), 93-103.
- **Houhamdi M., Maazi M-C., Seddik S., Bouaguel L., Bougoudjil, S. et Saheb M. (2009).** Statut et écologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* dans les zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. *Aves*, 46 (1), 129-148.
- **Hunter M.L., Witham J.W. et Dow H. (1984).** Effect of a calbaryl induced depression in invertebrate abundance on the growth and behaviour of American black and mallard duckling. *Con. J. Zool* 62: 452-456.
- **Isenmann P. et Moali A. (2000).** Oiseaux d'Algérie- Birds of Algeria. *Société d'Etudes Ornithologiques de France (SEOF)*. Paris, 336p.

- **Isenman P., Gautier T., El Hili A., Azafzaf H., Dlensi H. et Smart M. (2005).** Oiseaux de Tunisie. *SEOF*. Paris. 432p.
- **Jeanmondo J. et Rapin P. (2014).** Première nidification de la grande aigrette *egretta alba* en suisse. *Nos oiseaux* 61 : 1-11 – 2014.
- **Jenkins M. (2003).** *Prospects for Biodiversity*. Science 302, pp. 1175-1177
- **Joulami L., Idrissi H., Bazairi H., Lopes R J. et El Hamoumi R. (2013).** Etude de la phénologie migratoire des limicoles dans la lagune et les salines de Sidi Moussa (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, section Sciences de la Vie, 2013, n° 3.
- **Kayser A. et Hafner H. (1999).** Crabier chevelu. in Oiseaux menacés et à surveiller en France (Rocamora G. et Yeatman-Berthelot D., coord.). p.108-109. *SEOF / LPO*, Paris.
- **Keller V. et Korner –N P. (2019).** Effect of trophic status of a deep-water lake on breeding Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* during a phase of recovery from eutrophication: a long-term study. *Bird Study*, 66:1, 1-10.
- **Labres E., Azizi D., Hamza A., Taleb F. et Touachichet B. (2008).** *Cours d'hygiène et de microbiologie des aliments. unité : microbiologie des eaux, des boissons, et des produits de la mère*. Manuel des travaux pratiques. Institut Pasteur d'Algérie. 34p.
- **Laffitte V., Mougey M., Lemaire L., Robilliard J. et Levisse. (2009).** *Guide technique des mares*. PNR des Caps et Marais d'Opale. Edition 2009.
- **Lamotte M. et Bourlière F. (1969).** *Problèmes d'écologie: l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*. Paris, Éditions Masson, 151 p.
- **Larouse A. (1998).** Afflux de Bécasseaux minutes *Calidris minuta* en France à l'automne 1996. *Ornithos* 5: 49-53
- **Lavauden L. (1924).** Voyage de M. Guy Babault en Tunisie. Résultats scientifiques (*oiseaux*). Paris.
- **Lazli A., Boumezbeur A., Pérennou C. et Moali A. (2011).** Biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche *oxyura Leucocephala* au lac Tonga (Algérie). *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 66.
- **Leclerc H. (1994).** *Microbiologie des eaux d'alimentation*. Tec & Doc. 495p.

- **Ledant J. P., Jacob J. P., Jacob P., Malher, F., Ochando B. Et Roche J. (1981).** Mise à jour de l'avifaune Algérienne. *Le Gerfaut* 71 ; 295 – 398.
- **Legendre L. et Legendre P. (1979).** *Écologie numérique: la structure des données écologiques*. Tome 2, Paris, Éditions Masson, 255 p.
- **Lever C. (2005).** *Naturalised birds of the world*. Edition: Cromwell press: 352p.
- **Leyral G. et Joffin J-N. (1998).** *Microbiologie technique. Centre régional de documentation pédagogique (CRPD) d'Aquitaine*, 2eme édition. 249-29.
- **Lindström A. et Piersma T. (1993).** Mass changes in migrating birds: the evidence for fat and protein storage re-examined. *Ibis* 135: 70-78.
- **Maazi M-C. (2009).** *Eco-éthologie des Anatidés hivernants dans l'étang de Timerganine (Ain Zitoune, Wilayad'OumEl-Bouaghi)*. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba.132p.
- **Macikumas A., Savazas, S. et Jusys V. (2000).** Taille de la population, choix de l'habitat migration et écologie de la reproduction de la Becassine des marais (*Gallinago gallinago*) et de la Bécassine sourd (*Lymnocyptes minimus*) en Lituanie. *OMPO. Bulletin* 21: 51-60.
- **Marion L. (2018).** *Recensement national des grands cormorans nicheurs en France en 2018. Rapport de fin de contrat rédigé à la demande du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire*, Direction de l'Aménagement, du Logement et de la Nature. SESLG Université de Rennes1, Campus Beaulieu, cedex. 27p.
- **Martin G. (1985).** *Bactériologie des milieux aquatiques*. Tec & Doc. France. 354P
- **Mathevet R. (1997).** La Talève sultane *Porphyrio porphyrio* en France méditerranéenne. *Ornithos*. 4: 28-34.
- **Maumary L., Bandraz M. et Guillaume T. (1997).** La migration pré-nuptiale des Laro-Limicoles (Charadriiformes) à l'embouchure de la Venoge (rive nord du Lac Léman). *Nos Oiseaux* 44: 125-155.
- **Mayache B. (2008).** *Inventaire et étude écologique de l'avifaune aquatique de l'éco-complexe de zones humides de Jijel*. Thèse de Doctorat d'état. 162p.
- **Metallaoui S. (2010).** *Écologie de l'avifaune aquatique de Garaet Hadj- Tahar (Numidie occidentale)*. Thèse de Doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba Algérie).120p

- **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 Houhamdi M. (2010).** Biodiversité et écologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est de l'Algérie). *Hydroécologie Appliquée*, 17, 1-16.
- **Metallaoui S., Maazi M-C., Saheb M., Houhamdi M. et Barbraud C. (2014).** A comparative study of the diurnal behaviour of the Northern Shoveller (*Anas clypeata*) during the wintering season at Garaet Hadj-Tahar (North-East Algeria) and Garaet Timerganine (Algerian highlands). *Turkish J. Zool.*, 38 (2), 158-167.
- **Meybeck M., Friedrich G., Thomas R. et Chapman D. (1996).** *Rivers. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2 ed. E & FN Spon, London
- **Mocci A. (1972).** Le statut de la Poule sultane (*Porphyrio porphyrio*) en Sardaigne. *Aves* 9: 187-197.
- **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
- **Mrezoug S-E. (2009).** *Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda).* Mémoire de magistère, Guelma ; université du 08 Mai 1945, 115p.
- **Myers J. P., Morrison R. G., Antas P. Z., Harrington B. A., Lovejoy T. E., Sallaberry M., Senner S. E. et Tarak A. (1987).** Conservation strategies for migratory species. *American Scientist* 75, 18–26.
- **Myers J. P., Williams S. L. et Pitelka F. A. (1980).** An experimental analysis of prey availability for Sanderlings. (Aves: Scolopacidae) feeding on sandy beach crustaceans. *Canadian Journal of Zoology*. 58, 1564–74.
- **Olivier J.E. (2006).** *Encyclopedia of world climatology*, 89 p.

- **Ouldjaoui A. (2010).** *Contribution à l'étude de l'écologie du Flamant rose *Phoenicopiterus roseus* dans les zones humides des hautes plaines de l'Est Algérien.* Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, 133p.
- **Paque J-Y., et la Centrale Ornithologique AVES. (2005).** L'hivernage du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) se stabilise-t-il en Wallonie et à Bruxelles ? *Aves*, 42 (3) : 245 – 251.
- **Pearce F. et Crivelli J. (1994).** *Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes.* Publication Medwet. Tour du Valat. Arles, France : 88 p.
- **Pechère J. C., Acar J., Grenier B. et Nihoul E. (1982).** *Reconnaitre, comprendre et traité les infections.* 4^{ème} édition. Edisem ST-Hyacinthe. Québec. 509p.
- **Peck H.D. (1970).** Sulphur requirements and metabolism of microorganisms. Proceedings of a symposium on sulphur in nutrium. D.H. muth et J.E. oldfields. *Ari Publishing Co.*, Westport, CT.
- **Pennycwick C. J. (1975).** Mechanics of flight avian biology. Farner (D.S.) et King (J.R.). *New York academic press*. Vol. V. 1-75.
- **Pescod M.B. (1985).** Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. *Ed Pescod and Arar*, 93-114.
- **Pirot J.Y. (1981).** Partage alimentaire et spatial des zones humides camarguaises par cinq espèces de canards de surface en hivernage et en transit. Thèse de doctorat. Univ. Pierre et Marie Curie. 135p.
- **Pirot J.Y. (1982).** *Exploitation alimentaire nocturne des grands types de milieux camarguais par cinq espèces de canards de surface en hivernage et en transit.* Rapp. CNRS/ONC. , 137 pp.
- **Pirot J.Y., Chessel D. et Tamisier A. (1984).** Exploitation alimentaire des zones humides de Camargue par cinq espèces de canards de surface en hivernage et en transit: modélisation spatio-temporelle. *Rev. Ecol.(Terre et Vie)* 39:167-192.
- **Pirot J.Y. et Pont D. (1987).** Le canard Souchet (*Anas clypeata*.) hivernant en Camargue: alimentation, comportement et dispersion nocturne. *Rev. Eco. (Terre Vie)*, vol. 42, 1987.

- **Pourriot R. et Meybeck M. (1995).** *Limnologie générale*. Masson collection écologie. France, 956 p.
- **Probst J-M. (1995).** Recensement des limicoles et des oiseaux d'eau à l'île Maurice avec une mention particulière de deux espèces peu ordinaires : le Chevalier gris *Heteroscellus brevipes*, et le Bécasseau tacheté *Calidris melanotos*. *Bulletin Phaethon*, 2 : 68-72.
- **Qninba A., Dakki M., El Agbani M.A. et Benhoussa A. (2001).** Etude phénologique de l'Echasse blanche *Himantopus himantopus* et de l'Avocette *Recurvirosta avosetta* (Charadrii, Recurvirostridae) à Merja Zerga (Gharb, Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat*, 23, 9-15.
- **Qninba A., Dakki M., Benhoussa A. et El Agbani M. (2006).** Rôle de la côte Atlantique marocaine dans l'hivernage des limicoles (Aves, Charadrii) *Ostrich* 78(2): 489-493.
- **Qninba A., Essougrati A E I., Bensouiba H., Irizi M Et Bergier P. (2009).** Nidification de l'Aigrette garzette *Egretta garzetta* dans la retenue de barrage d'Al Massira-Layoune en 2009. *Go-South Bull.* (2009), 6, 104-106
- **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. (2016).** *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'oued Seybouse*. Thèse de doctorat. Université de 08 mai 1945. Guelma. 170p.
- **Reggam A., Bouchelaghem H et Houhamdi M. (2015).** Qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales). *JMES*. 6. (5) p. 1417-1425.
- **Rejsek F. (2002).** *Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Série Sciences et technique de l'environnement*. 360p.
- **Rihane A. et El Hamoumi R. (2017).** Reproduction de la Spatule blanche *Platalea leucorodia* au barrage de l'Oued El Maleh (Mohammedia) *Go-South Bull.* 14, 29-36.

- **Ritter M.W., et Savidge J.A. (1999).** A predictive model of wetland habitat use on guam by endangered Mariana common moorhens. *The Condor* 101: 282-287.
- **Rodier J. (1984).** *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.* Edition. Dunod. Paris.
- **Rodier J. (1996).** *L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer.* 8ème édition. Dunod. 1383 p.
- **Rodier. J. (2009).** *L'analyse de l'eau*, 9^{ème} Edition. Dunod , 1525 P
- **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, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats.* Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- **Rollet O. (2011).** Note sur la reproduction du Blongios nain à Saint-Priest (69) en 2011. *L'Effraie* N°31. Lpo Rhône.
- **Roux F. (1990).** *Risques et périls pour les oiseaux d'Europe hivernant en Afrique Tropicale.* In: Cahiers d'outre-mer. N° 172 - 43e.
- **Roux M. (1987).** *Office international de l'eau: l'analyse biologique de l'eau.* Tec & Doc. Paris. 229 p
- **Roux M. (2003).** *TP de microbiologie : Analyses de l'eau.* Novello Célia. IUP SIAL, Université Paris 12 p.
- **Saadali B. (2007).** *Etude de la qualité des eaux des sources issues du massif dunaire de Bouteldja (Algérie Extrême Nord Orientale).* Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 83p.
- **Saheb M. (2009).** *Ecologie de la reproduction de l'Echasse blanche Himantopus himantopus et de l'Avocette élégante Recurvirostra avosetta dans les hautes plaines de l'Est algérien.* Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, 147 p.
- **Saheb M., Boulekhssaim M., Ouldjaoui A., Houhamdi M. et Samraoui B. (2006).** Sur la nidification du Flamant rose *Phoenicopterus roseus* en 2003 et 2004 en Algérie. *Alauda*, 74 (2), 368-371.
- **Saheb M, Nouidjem Y, Bouzegag A, Bensaci E, Samraoui B. et Houhamdi M. (2009).** Ecologie de la Reproduction de l'Avocette Élégante *Recurvirostra Avosetta*

dans la Garaet de Guellif (Hautes Plaines de l'Est Algérien). *European Journal of Scientific Research*. Vol.25 No.4 (2009), pp.513-525.

- **Saïfouni A. et Bellatreche M. (2014).** Cartographie numérique des habitats de reproduction de l'avifaune nicheuse du lac Tonga, parc national d'El-Kala (Nord Est Algérien). *Mediterranea serie de estudios biológicos, Epoca II* (25), 52p.
- **Salathla T. (1983).** Prédation du Flamant rose *phoenicopterus roseus* par le Goeland leucophee *larus cachinnans* en Camargue. *Rév. Eco/. (Terre & vie)*, vol. 37.
- **Samraoui B. et De Belair G. (1997).** The Guerbes-Sanhadja wetlands: Part I. Overview. *Ecologie*, 28, 233-250.
- **Samraoui B. et Houhamdi M. (2002).** L'hivernage de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie. *Alauda*, 70, 221-223.
- **Samraoui F., Nadjah R., Bouchecker A., Alfarhan A. H. et Samraoui B. (2012).** Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study I.First*, 1–8.
- **Santoul F. et Tourenq J. N. (2000).** Capacité d'accueil des gravières de la plaine alluviale de la Garonne vis-à-vis du Grèbe huppé (*Podiceps cristatus* L) DOI: <https://doi.org/10.1051/limn/2000018>. 36 (3) pp. 203-212.
- **Sasson A. (1970).** le rôle des micro-organismes dans la biosphère et l'avenir de la microbiologie appliquée. *Bull Soc. Sci., Nat. Phy .Maroc*. p8.
- **Sayad L. (2008).** *Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de surface de l'écosystème lacustre lac des oiseaux (Wilaya d'El-Taref)*. Mémoire de magistère, Annaba, université Badji-Mokhtar, 100 p.
- **Schekkerman H., Nehls G., Hötter H., Tomkovich P.S., Kania W., Chylarecki P., Soloviev M. et Van-R M. (1998).** Growth of Little Stint *Calidris minuta* chicks on the Taimyr Peninsula, Siberia. *Bird Study* 45: 77-84
- **Schmid H., Volet B. et Thoma M. (2004).** Situation actuelle du Héron cendré *Ardea cinerea* en Suisse et évolution des effectifs depuis 1980. *Nos Oiseaux* 51: 85-93 – 2004.
- **Schogolev I. V. (1996).** Migration and wintering grounds of Glossy Ibises (*Plegadis falcinellus*) ringed at the colonies of Dnestr Delta, Ukraine, Black Sea. *Colonial Waterbirds*, 19 (Special publication1): 152- 158

- **Schricke V. (1985).** Modalités d'utilisation de l'espace par les canards de surface en période d'hivernage et de migration dans la baie du Mont Saint -Michel. *B.M O.N.C.* n° 152.
- **Schricke V. (2011).** Elements for a garganey (*Anas querquedula*) management plan. *Game and Wildlife Science* (France). 18 (1). P 9 -41
- **Schricke V. (2012).** Canards, oies et bernaches, Principales caractéristiques biologiques en zone côtière (Chapitre IV) In: Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zones côtières. *Aesturia culture et développement durable* : 235-249.
- **Seddik S. (2011).** *Inventaire et écologie des peuplements de Laro-limicoles et d'Echassiers dans les zones humides des hautes plaines de l'Est algérien.* Thèse de Doctorat, Université d'Annaba. 73p.
- **Seddik S., Maazi M-C., Hafid H., Saheb M., Mayache B., Mettalaoui S. et Houhamdi M. (2010).** Statut et écologie des peuplements de Laro-limicoles et d'Echassiers dans le Lac de Timerganine (Oum El-Bouaghi, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, n°32 (2), 111-118.
- **Seymour N.R. et Mitchell S.C. (2006).** American Black Duck (*Anas rubripes*) and Mallard (*Anas platyrhynchos*) abundance, occurrence of heterospecific pairing and wetland use between 1976 and 2003 in Northeastern Nova Scotia, Canada. *Wildfowl* 56: 79-93. Dominique Tissier, Olivier Rollet & Gilles Corsand
- **Si Bachir A., Ferrah F., Barbraud C., Céréghino R. et Santoul F. (2011).** The recent expansion of an avian invasive species (the Cattle Egret *Ardea ibis*) in Algeria. *Journal of Arid Environments* .1e 5.
- **Siblet J. Ph. (1992).** Premier cas de nidification du Grand Cormoran *Phalacrocorax carbo* et du héron Bihoreau *Nycticorax nycticorax* en Ile de France. *L'Oiseaux et RFO*. 62: 28-36.
- **Singleton P. (1999).** *Bactériologie*. 4^{ième} éditions. Dunod. 542p
- **Soltner D. (1999).** *Les bases de la production végétale*. Edition. Sciences & Techniques Agricoles, Tome 2. 396 p.
- **Tamisier A. (1972).** *Etho-écologie des Sarcelles d'hiver Anas c. crecca L. pendant son hivernage en Camargue*. Thèse de doctorat. Univ. Montpellier. 157p.

- **Tamisier A. (1974).** Etho-ecological studies of Teal wintering in the Camargue (Rhône delta, France). *Wildfowl* 25: 107-117.
- **Tamisier A. et Tamisier M.C. (1981).** L'existence d'unité fonctionnelle démontrée chez les Sarcelles d'Hiver en Camargue par la biotelemetry, *Terre et Vie* 35: 563-579.
- **Tamisier A. et Grillas P. (1994).** A review of habitat changes in the Camargue. An assessment of the effects of the loss of biological diversity on the wintering waterfowl community. *Biol. Conservation* 70: 39-47.
- **Tamisier A., Allouche L., Aubry F. et Dehorter O. (1995).** Wintering strategies and breeding success: hypothesis for a trade-off in some waterfowl. *Wildfowl* 46: 76-88.
- **Tamisier A. et Dehorter O. (1999).** Camargue, Canards et Foulques : Fonctionnement et devenir d'un prestigieux quartier d'hiver. *Centre Ornithologique du Gard*. Nîmes, 369p.
- **Taylor V. et Rose P. (1994).** Les Dénombrements Internationaux d'Oiseaux d'Eau en Afrique 1994. *African Waterfowl Census 1994*. IWRB, Slimbridge, U.K., 184 pp.
- **Telali Yaqota. (2016).** Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Mémoire de master académique. Spécialité : Hydrogéologie. Université Kasdi Merbah Ouargla. 82p.
- **Thauront M. et Duquet M. (1991).** Distribution et conditions d'hivernage de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* au Mali. *Alauda* 59: 101-110.
- **Thévenot M., Vernon R. et Bergier P. (2003).** *The Birds of Morocco*. B.O.U. / B.O.C., Tring, UK. 594p.
- **Thevenot M. et Bergier P. (2008).** La Grande Aigrette *Casmerodius albus* au Maroc. *Go-South Bull*, 5, 30-45.
- **Thomas G. (1976).** Habitat usage of wintering ducks at de Ouse Washes England. *Wildfowl* 27: 148-152.
- **Tissier D., Rollet O. et Corsand G. (2011).** Première nidification de l'Echasse blanche dans le département du Rhône. *L'Effraie* N°31 Lpo Rhône.
- **Touati L. et Samraoui B. (2013).** Between sea and land: the waterbird population of Oued Boukhmira. *Bull. Mediterranean waterbirds network*, N°1: 18-22.

- **Toumi A. (2012).** *Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau de l'agrosystème lacustre « Lac des Oiseaux », Wilaya d'El-Tarf.* Mémoire de magistère, université d'El Taref, 136 p.
- **Toumi A., Reggam A., Alayat H. et Houhamdi M. (2016).** Caractérisation physico-chimique des eaux de l'écosystème lacustre : cas du Lac des Oiseaux (Extrême NE Algérien). *JMES*. 7. (1) p. 139-147.
- **Tréca B. (1992).** Quelques exemples de possibilités d'adaptation aux aménagements hydro-agricoles chez les oiseaux d'eau, et leurs limites. *L'Oiseau et R.F.O.*, V. 62, no 4.
- **Tricot J. (1973).** Dynamique de la population de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Europe occidentale et centrale. *AVES* 10 (1973) : 122- 151.
- **Triplet P. (2017).** Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature. (troisième édition) 2-9552171-2-2. P 1056
- **Triplet P., Clairefond P., Tesson J. (1991).** Avifaune migratrice. Office national de la chasse *C.E.R.A.B.M O.N.C* N° 154.
- **Triplet P., Durant J. et Baquet S. (1997).** Reproduction du Vanneaux huppés *Vanellus vanellus* et pratiques agricoles: caractéristiques des sites utilisés en pleine maritime Picarde. *Alauda* 65: 121-130.
- **Trollet B., Girard O. et Fouquet M. (2003).** Evaluation des populations d'oiseaux d'eau en Afrique de l'Ouest. *Rapport scientifique* 2002. ONCFS.
- **Tsachalidis E. et Papageorgiou N. (1996).** Distribution status and breeding of White Stork *Ciconia ciconia* in Greece. *Avocetta* 20: 101-106.
- **Turnbul R.E. et Baldassare G.A. (1987).** Activity budgets of mallards and American wigeon wintering in east-central Alabama. *Wilson Bull.*, 99 (3): 457-464.
- **Van Eerden M. (2015).** A matter of time: from super abundant black nuisance the Great Cormorant turns into a useful indicator of habitat quality. *Cormorant Research Group News* 3:1-2.
- **Vilain M. (1987).** *La Production végétale*. Edition Tec Et Doc /La voisier.460p.
- **Vilain M. (1989).** *La production végétale : la maitrise de technique de la production*. ED. Lavoisier (ed. J. Baillié). Vol 2. Paris- France. voisines.

- **Wiens J.A. (1989).** *The ecology of bird communities. Foundation and patterns.* Volume 1. Cambridge University Press.
- **Williams G. et Forbes J.E. (1980).** *The habitat and dietary preferences of Darkbellied.* 116p.
- **Williams M. (1990).** Wetlands: a threatened landscape. *Blackwell*, Oxford.
- **Yesou P. (1992).** Importance de la baie de l'Aiguillon et de la pointe d'Arçay (Vendée, France) pour les Limicoles. *L'Oiseau et RFO*. 62: 213-233.
- **Ysebaert T., Meininger P.L., Meire P., Devos K., Berrevoets C.M., Strucker R.C.W. et Kuijken E. (2000).** Waterbird communities along the estuarine salinity gradient of the Schelde estuary, NW-Europe. *Biodiversity and Conservation* 9: 1275-1296.
- **Zaafour M-D. (2012).** *Impact des décharges sauvages sur les Zones humides de la région d'El-Tarf* ». Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme du Magister. Université Badji-Mokhtar Annaba. 166p.
- **Zeddouri A. (2003).** *Contribution à l'étude Hydrogéologique Et hydro-chimique de la plaine alluviale de Guelma (Essai de modélisation), Guelma, NE Algérien.* Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba.107p.
- **Zitouni A. (2014).** *Ecologie de la reproduction de la Foulque macroule (Fulica atra) dans le Lac Tonga (Parc national d'El-Kala).* Thèse Doctorat. Université Annaba, 79p.
- **Zouaidia H. (2006).** *Bilan des incendies des forêts dans l'Est algérien : cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk Ahras.* Mémoire de magistère, université Mahmoud Mentouri. Constantine, 126 p.
- Les Sites électroniques :
- Site 1: <http://www.oiseaux.net/oiseaux/bihoreau.gris.html>. Consulté le : 20/08/2019
- Site 2:<http://www.oiseaux.net/oiseaux/heron.garde-boeufs.html>. Consulté le: 01/08/2019
- Site 3: <http://www.oiseaux.net/oiseaux/becasseau.cocorli.html>. Consulté le:16/08/2019
- Site 4: <http://www.oiseaux.net/oiseaux/becasseau.variable.html>. Consulté le : 18/08/2019
- Site 5: <http://www.oiseaux.net/oiseaux/chevalier.culblanc.html>. Consulté le : 07/08/2019
- Site 6 :<http://www.oiseaux.net/oiseaux/chevalier.stagnatile.html>. Consulté le:01/08/2019
- Site 7 : <http://www.oiseaux.net/oiseaux/chevalier.sylvain.html>. Consulté le:02/08/2019.

Table de NPP

Flacon 1x50ml	Tube D/C 5x10ml	Tube S/C 5x1ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		