

FACULTÉ DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Numéro de série :.....

Numéro d'inscription :.....

Thèse

Présentée pour l'obtention du diplôme de
DOCTORAT 3ème cycle (LMD)

Spécialité: Sciences Biologiques
Option: Biodiversité et Ressources naturelles

THEME

**Effets des activités humaines sur les ressources en eaux
dans les régions semi-arides et arides d'Algérie.**

Présenté Par

M^{elle} Ferahtia Amel

Soutenue le :

Devant le jury composé de:

<u>Nom & Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Qualité</u>
REBBAS Khelaf	Professeur	Univ. de M'sila	Président
HALILAT Mohammed Taher	Professeur	Univ. de Ourgla	Directeur de thèse
BENSACI Ettayib	Professeur	Univ. de M'sila	Co- Directeur de thèse
NOUIDJEM Yassine	Professeur	Univ. de M'sila	Examineur
MASSMOUDI Ali	Professeur	Univ. de Biskra	Examineur

Année Universitaire: 2020/2021

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier avant tout Dieu qui m'a donné le courage, la force et la patience pour réaliser ce modeste travail.

La réalisation de cette thèse n'aurait pu être menée à terme sans le support constant de mon directeur et co-directeur de thèse Monsieur HALILAT Mohammed Taher , Professeur à l'Université de Ouargla et Monsieur Bensaci Ettayib , Professeur à l'Université de M'sila. Je désire les adresser un merci tout particulier, ses précieux commentaires et ses conseils pertinents m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes inhérentes au processus de recherche et à l'élaboration de cette thèse.

Je remercie très sincèrement Monsieur Khellaf Rebbas, Professeur au département des Sciences de la nature et de la vie à l'Université de M'sila pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance. Qu'il trouve ici le témoignage de ma très haute considération. .

Je tiens également à remercier Messieurs, Massmoudi Ali, Professeur au Département de Sciences Agronomiques à l'Université de Biskra , Nouïdjem Yassine, Professeur au département des Sciences de la nature et de la vie à Université de M'sila, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner ce travail.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Monsieur Mimeche Fateh, Professeur au département des Sciences Agronomiques à l'université de M'sila, pour ses précieux conseils et son esprit critique constructif, son aide, ses commentaires et ses discussions, à mieux comprendre certains problèmes rencontrés au cours de ce travail de recherche et surtout pour leur gentillesse et pour leurs qualités humaines.

J'adresse mes vifs remerciements à Monsieur ALIAT Toufik, Docteur au Département des Sciences de la nature et de la vie à l'université de Bordj Bou Arreridj, qui m'a donnée une occasion extraordinaire de

réaliser mon travail de terrain, ses orientations, ses encouragements, sa disponibilité constante m'ont été d'une précieuse aide.

J'adresse aussi mes remerciements à Mr SGHIRI Kamel. Responsable du laboratoire de Biologie, ainsi que les ingénieurs de laboratoires du département des Sciences Biologiques et Agronomiques, de nous avoir accueilli au sein des laboratoires.

Un remerciement spécial pour tout le personnel des stations d'épuration de Bazer-sakhra et du laboratoire des sciences biologiques et Génie de l'environnement de l'université de Bordj Bou Arreridj pour avoir contribué à la réalisation de la partie physico-chimique de ce travail.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie ma sœur Sara et mon frère Abdérahim, pour leurs encouragements et toute ma famille.

Je tiens particulièrement a adressé aussi mes remerciements aux Messieurs :Sarri Madani, Ameer Ouali, Bendif Hamdi, Boutéraa Walid , Laaloui Mounir, Bounar Rabeh , Anteur Djamel pour leurs aides et leurs soutiens inappréciable.

Mes remerciements vont aussi à tous les fonctionnaires de la conservation des forêts de M'sila et de Sétif.

Je remercie tous mes Ami(e)s que j'aime tant, Mlle Rahmouni Afaf, Mlle Hayaet , Docteur sahnouni razika, Mme Rima Lamari , Mme fatima Gharbaoui, Mme Hamza Asma, Mlle Chebli Hiba , Mlle Laibe Atika et Mlle Debabe Badiaa Pour leur sincère amitié et confiance, et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement. À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Je ne saurais finir sans remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Amel Ferahtia

Chapitre I : Généralités sur la pollution des milieux aquatiques.

Tableau (I.1) : types, nature et origine de pollution du milieu aquatique.....	6
---	---

Chapitre II : Présentation des zones d'études et matériel & méthodes.

Tableau (II.1): Répartition de la végétation et usage dans le bassin versant du hodna	24
Tableau (II.2) : Répartitions moyennes mensuelles des précipitations en mm pour la série (S.M.M ; 1989-2018).....	30
Tableau (II.3) : Températures moyennes annuelles (en°C) pour la série entre (1989-2018).....	31
Tableau (II.5) : L'étage bioclimatique pour la région de M'sila.....	32
Tableau (II.6) : Répartition des terres, production végétale et l'effectif animal de la Wilaya de M'sila	34
Tableau (II.7) : Répartitions moyennes mensuelles des précipitations en mm pour la série (CMSS ; 1989-2018).....	40
Tableau (II.8) : Températures moyennes annuelles (en °C) pour la série entre (1989-2018).....	41
Tableau (II.9) : L'étage bioclimatique pour la région de Sétif.....	42
Tableau (II.10) : Répartition des terres, production végétale et l'effectif animal de la commune Bazer-sakhra.....	43
Tableau (II.11) : Classes de l'Indice de pollution organique (IPO)	52
Tableau (II.12) : Moyenne des classes et caractérisation de la pollution organique.....	52
Tableau (II.13) : Classification et usage possible de l'eau selon l'IQE.....	53

Chapitre III : Résultats et discussion.

Tableu (III.1) : IQE et sa catégorisation dans les différents oueds du bassin du Hodna pour l'irrigation et la vie aquatique.....	89
Tableu (III.2) : IQE et sa catégorisation dans les différentes stations de la zone humide de Bazer – Sakhra pour l'irrigation et la vie aquatique.....	93
Tableau (III.3) : Variation de l'indice de pollution organique (IPO) des oueds du bassin du Hodna.....	95
Tableau (III.4) : Variation de l'indice de pollution organique (IPO) en période pluvieuse et sèche des eaux de la zone humide de Bazer-sakhra.....	97
Tableau (III.II .2.1) : la Corrélation de Pearson entre les différents paramètres physico-chimiques des oueds du bassin du Hodna	99
Tableau (III.5) : la Corrélation entre les différents paramètres physico-chimiques de la zone humide de Bazer sakhra en période pluvieuse.....	100
Tableau (III.6) : la Corrélation entre les différents paramètres physico-chimiques de la zone humide de Bazer sakhra en période sèche	101
Tableau (III.7): Valeurs propres des différents axes pour les oueds du basin du Hodna.....	104
Tableau(III.8): Valeurs propres des différents axes en période pluvieuse.....	106
Tableau (III.9): Valeurs propres des différents axes en période sèche.....	106

Chapitre II : Présentation des zones d'étude et matériel & méthodes.

Figure (II.1). Localisation et Situation Géographique du Bassin Hodna.....	18
Figure(II.2) : Principaux systèmes morphologiques du Hodna	20
Figure (II. 3): Carte géologique du Hodna	21
Figure : (II. 4) sous-bassin hydrographiques principales du Hodna.....	22
Figure (II. 5) : réseau hydrographique du Bassin du Hodna	22
Figure (II. 7) : Situation géographique du Chott El Hodna.....	25
Figure(II.8): Carte pédologique du Hodna..	26
Figure(II.9) : les principaux Oueds alimentent le Chott El hodna	27
Figure (II.10) : Localisation des aquifères à proximité du Chott el Hodna.....	28
Figure (II.11) : Précipitations moyennes mensuelles de la région de M'sila (période 1989-2018).....	30
Figure (II.12): Diagrammes ombrothermiques de Gaussen et Bagnouls de la région de M'sila.....	32
Figure (II.13) : Positionnement de la station de M'Sila dans le climagramme d'Emberger.....	33
Figure (II.14): Situation géographique de la sebkha de Bazer-Sakhra.....	35
Figure (II.15): Carte géologique de la région de Bazer Sakhra.....	36
Figure (II.16) : Carte pédologique de la sebkha de Bazer-sakra (BAZIZ,2012).....	37
Figure (II.17) : Réseaux hydrographique de la Sebket Bazer-Sakhra.....	38
Figure (II.18) : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Sétif (période 1988-2018).....	40
Figure (II.19) : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région Sétif	41
Figure (II.20) : Le Climagramme d'Emberger pour les régions de Sétif.....	42
Figure (II.21) : localisation des points de prélèvement des oueds du Hodna.....	45
Figure (II.22) : Carte des différentes sources de pollution des Oueds du Hodna.....	46
Figure (II.23) : localisation des points de Prélèvements de la Sebkhath Bazer	47
Figure (II.24): Carte des différentes sources de pollution à proximité de la Sebkhath Bazer.....	48

Chapitre III : Résultats et discussion

Figure (III.1) : Valeurs moyennes de la température des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna.	58
Figure(III.2) : Valeurs moyennes du PH température des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	59
Figure (III.3) : Valeurs moyennes de la Conductivité Electrique des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	60
Figure (III. 4) : Valeurs moyennes de la TDS et les résidus secs des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	61
Figure (III.5) : Valeurs moyennes de la salinité et des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	61
Figure (III. 6) : Valeurs moyenne de Bicarbonates des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	62
Figure (III. 7) : Teneurs moyenne de l'oxygène dissous des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	63
Figure (III. 8) : Teneurs moyennes de la turbidité des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	64
Figure (III.9) : Teneurs moyennes de la dureté Totale dans les eaux des Oueds du bassin du Hodna.....	65

Figure (III.10) : Valeurs moyennes de Calcium des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	66
Figure (III.11) : Valeurs moyennes de Magnésium des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	66
Figure (III.12) : Valeurs moyennes de chlorure des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	67
Figure (III.13) : Valeurs moyennes de Sulfates des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	68
Figure (III.14) : Valeurs moyennes des nitrates des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	69
Figure (III.15) : Valeurs moyennes des nitrites des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	69
Figure (III.16) : Valeurs moyennes d’ammonium des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	70
Figure(III.17) : Valeurs moyennes d’ortho phosphates des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	71
Figure (III. 18) : Valeurs moyennes de la demande biologique en des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna	72
Figure (III.19) : Variation Spatio-temporelle de la température dans la zone humide de Bazer Sakhra.....	73
Figure (III.20): Variation Spatio-temporelle de Potentiel hydrique dans la zone humide de Bazer Sakhra.....	74
Figure (III.21): Variation Spatio-temporelle des Totale des solides dissous dans la zone humide de Bazer Sakhr.....	75
Figure (III.22): Variation Spatio-temporelle de la conductivité électrique dans la zone humide de Bazer Sakhra.....	76
Figure (III.23): Variation Spatio-temporelle de la turbidité dans la zone humide de Bazer - Sakhra.....	77
Figure (III.24): Variation Spatio-temporelle de Chlorure dans la zone humide de Bazer - Sakhra.....	78
Figure (III.25): Variation Spatio-temporelle de la dureté totale dans la zone humide de Bazer - Sakhra.....	79
Figure (III.26): Variation Spatio-temporelle de calcium dans la zone humide de Bazer - Sakhra.....	80
Figure (III.27): Variation Spatio-temporelle de Magnésium dans la zone humide de Bazer - Sakhra.....	81
Figure (III.28): Variation Spatio-temporelle de bicarbonates dans la zone humide de Bazer - Sakhra.....	82
Figure (III.29): Variation Spatio-temporelle d’ammonium dans la zone humide de Bazer -Sakhra	83
Figure (III.30): Variation Spatio-temporelle des nitrites dans la zone humide de Bazer -Sakhra	84
Figure (III.31): Variation Spatio-temporelle des nitrates dans la zone humide de Bazer -Sakhra.....	85
Figure (III.32): Variation Spatio-temporelle ortho-phosphates dans la zone humide de Bazer - Sakhra.....	86
Figure (III.33) : Variation Spatio-temporelle de demande biochimique en oxygène dans la zone humide de Bazer -Sakhra	87
Figure (III.34): Variation Spatio-temporelle de demande chimique en oxygène dans la zone humide de Bazer -Sakhra.....	88
Figure (III.35) : Variation de L'IQE des eaux des oueds du Hodna pour la vie aquatique.....	90

Figure (III.36) : Variation de L'IQE des eaux des oueds du Hodna pour l'utilisation en irrigation.....	91
Figure (III.37) : Variation Spatio-temporelle de L'IQE pour l'utilisation en irrigation dans la zone humide de Bazer –Sakhra.....	94
Figure (III.38) : Variation de l'indice de la pollution organique des eaux des oueds du bassin du Hodna.....	96
Figure (III.39) : Variation Spatio-temporelle de L'IPO dans la zone humide de Bazer – Sakhra.....	98
Figure (III.40) : Cercle de corrélation des différentes variables selon le plan F1x F2	104
Figure (III.41) : Répartition des stations dans le plan factoriel F1 X F2.....	104
Figure (III.42) : Cercle de corrélation des différentes variables en période pluvieuse selon le plan F1x F2.....	106
Figure (III.43) : Répartition des stations en période Pluvieuse dans le plan factoriel F1 x F2.....	107
Figure (III.44) : Cercle de corrélation des différentes variables en période sèche selon le plan F1x F2.....	107
Figure (III.45) : Répartition des stations en période sèche dans le plan factoriel F1 x F2.....	108

Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur la pollution des milieux aquatiques	
Introduction	4
1. Les écosystèmes aquatiques	4
1.1. Les différents écosystèmes aquatiques.....	4
1.1.1. Écosystème lenticues	4
<i>Les zones humides</i>	5
1.1.2. Écosystème lotiques.....	5
<i>Les Oueds</i>	5
2. Les activités humaines et les sources de pollution des eaux	6
2. 1. Types de pollution.....	6
2. 1.1.Pollution physique.....	6
2. 1 .2. Pollution chimique	7
2. 1 .3. Pollution biologique.....	7
2.2. Origine de la pollution.....	8
2.2. 1. La pollution d'origine domestique et urbaine.....	8
2.2.2. La pollution d'origine industrielle.....	8
2.2.3. La pollution d'origine agricole.....	8
3. Paramètres physico-chimiques de la surveillance de la qualité de l'eau	9
3.1. Température	9
3.2. La Conductivité électrique	9
3.3. Potentiel d'Hydrogène.....	10
3.4. Total des solides dissous	10
3.5. Résidus secs	10
3.6. La salinité	10
3.7. L'oxygène dissous	11
3.8. Turbidité.....	11
3.9. Bicarbonates	12
3.10. La dureté totale.....	12
3.11. Calcium et Magnésium	12
3.12. Sulfates	13
3.13. Chlorure	13
3.14. Les nutriments	13
➤ 3.14.1. L'azote et ses dérivés	13
➤ L'ammonium.....	14
➤ Nitrite.....	14
➤ Nitrates.....	14
3.14.2. Les phosphates	15
<i>L'eutrophisation</i>	15
3.15 Demande biochimique en oxygène (DBO) et demande chimique en oxygène (DCO).....	15
Conclusion	17

Chapitre II : Présentation des zones d'étude et matériel & méthodes

Introduction	18
1. Présentation des zones d'études.....	18
1.1 La zone du bassin du Hodna.....	18
1.1.1 Situation géographique de la zone d'étude	18
1.1.2. Topographie.....	18
1.1.2.1. Relief	19
Les montagnes	19
Le piémont.....	19
Le Rmel	19
La sebkha	19
1.1.3. Géologie	19
1.1.4. Hydrologie	20
➤ Les eaux superficielles	21
➤ Les eaux souterraines.....	21
1.1.5. Climat.....	23
1.1.6. Le couvert végétal	23
1.1.7. La zone Humide « Chott El-Hodna »	23
1.1.7.1. Situation géographique.....	25
1.1.7.2. Pédologie.....	25
1.1.7.3. Hydrologie.....	26
1.1.7.3. La flore.....	27
1.1.7.4. La faune.....	28
1.1.8. Climat	29
➤ Précipitations	29
➤ Les températures	29
1.1.8.1. Les données climatiques de la station météorologique de M'sila	29
1.1.8.1.a les précipitations	29
1.1.8.1.b Les températures	30
1.1.9 Synthèse climatiques	30
1.1.9.1. Les indices climatiques	31
- Indice de MARTONNE (Ia) (1926)	31
1.1.9.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1957).....	31
1.1.9.3. Caractérisation Bioclimatique des régions d'étude	31
1.1.9.3.1. Quotient Pluviométrique d'Emberger.....	32
➤ Climagramme d'Emberger.....	32
➤ Le climagramme d'Emberger ou le diagramme des bioclimats.....	33
1.1.10. Données socio-économiques de la région d'étude M'sila	33
1.2. La Zone de La Sebkha de Bazer Sakhra (Sétif).....	34
1.2.1. Situation administrative	34
1.2.2. Description du site de sebkhet Bazer.....	34
1.2.3. Géologie-pédologie	35

1.2.4. Hydrologie.....	35
1.2.5. La flore	37
1.2.6. La faune	39
1.2.7. Climat	39
1.2.7.1. Les données climatiques de la station météorologique de Sétif	39
1.2. 7.1 .a. précipitations	39
1.2. 7.1 .b. Les températures	39
1.2.8. Synthèse climatiques.....	40
1.2.8.1. Indice de de Martonne (Ia) (1926)	40
1.2.8.2. Diagrammes Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls.....	41
1.2.9. Caractérisation Bioclimatique des régions d'étude.....	41
1.2.9.1. Quotient Pluviométrique d'Emberger.....	42
1.2.10. Donnée socio-économique.....	42
1.2.11. Menaces écologiques et environnementales	43
2. Echantillonnage	43
2.1. Prélèvements d'échantillons	44
• La zone des Oueds du Hodna	44
• La zone humide de Bazer Sakhra	44
2.2. Matériel de prélèvements.....	46
2.3. Conservation, transport et stockage des échantillons	48
3. Méthodes de mesures et analyses de l'eau	48
3. 1 Analyses physico-chimique de l'eau	49
3. 1 .1 Mesures sur terrain	49
3. 1 .2 Analyse et dosage au laboratoire	49
3. 1 .2 .1. Détermination de l'oxygène dissous	49
3. 1 .2. 3. Détermination des Résidu sec	49
➤ Principe	49
3. 1 .2. 4. Dosage des chlorures	49
➤ Principe.....	50
3. 1 .2. 5. Dosage La Dureté Totale.....	50
➤ Principe.....	50
3. 1 .2. 6. Dosage de calcium.....	50
➤ Principe	50
3. 1 .2. 7. Dosage de magnésium.....	50
➤ Principe.....	50
3. 1 .2. 8. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-).....	50
➤ Principe.....	50
3. 1 .2. 9. Dosage des nitrates.....	50
➤ Principe.....	51
3. 1 .2. 10. Dosage des Nitrites.....	51
➤ Principe.....	51
3. 1 .2. 11. Dosage des orthophosphates	51
➤ Principe	51
3. 1 .2. 12. Détermination des ions sulfates	51

➤ Principe.....	51
3. 1 .2. 13. Dosage de l'ammonium.....	51
➤ Principe.....	51
3. 1 .2. 14. Détermination de la demande biochimique en oxygène	51
3. 1 .2.15. Détermination de la demande chimique en oxygène	51
4. Evaluation de la qualité des eaux des zones étudiées.....	52
4.1. Indice de Pollution Organique (LECLERCQ et MAQUET, 1987)	52
4. 2. Indice de qualité de l'eau IQE (WQI).....	52
5. Traitement statistique des données.....	52
5. 1. Corrélation de Pearson	54
5. 2. Analyse en Composantes Principales (ACP)	54
5.3. Analyse des variances (ANOVA)	55
Conclusion	56

Chapitre III : Résultats et Discussion

Introduction	58
1. Analyses physico-chimiques.....	58
1.1.La région des Oueds du Hodna	58
1.1.1. Température de l'eau	58
1.1.2. Le potentiel hydrique (pH)	59
1.1.3. Conductivité Electrique (CE)	59
1.1.4. Total des solides dissous, résidus secs et salinité	60
1.1.5. Bicarbonates (HCO_3^-)	62
1.1.6. L'oxygène dissous	62
1.1.7. La turbidité.....	63
1.1.8. La dureté Totale (Titre hydrotimétrique)	64
1.1.9. Calcium (Ca^{+2})	65
1.1.10. Magnésium (Mg^{+2})	66
1.1.11. Chlorure.....	67
1.1.12. Le sulfates (SO_4^{2-})	68
1.1.13. L'azote ammoniacal NH_4^+ , Nitrates NO_3^- et Nitrites NO_2^-	68
1.1.14. les orthophosphates (PO_4^{-3})	70
1.1.15. La demande biologique en oxygène (DBO5)	71
1.2. La Zone Humide de Bazer Sakhra	72
1.2.1. Température de l'eau	72
1.2.2. Potentiel hydrique (pH)	73
1.2.3. Totale des solides dissous.....	74
1.2.4. Conductivité électrique.....	75
1.2.5. Turbidité.....	76
1.2.6. Chlorure	77
1.2.7. Dureté total	78
1.2.8. Calcium (Ca^{+2})	79
1.2.9. Magnésium (Mg^{+2})	80
1.2.10. Bicarbonates (HCO_3^-)	81

1.2.11. L'azote ammoniacal «NH ₄ ⁺ », Nitrates « NO ₃ ⁻ » et Nitrites « NO ₂ ⁻ »	82
• NH ₄ ⁺	82
• NO ₂ ⁻	83
• NO ₃ ⁻	84
1.2.12. Ortho-phosphates (Po ₄ ⁻³)	85
1.2.13. Demande biochimique en oxygène (DBO5) et demande chimique en oxygène (DCO)	86
2. Evaluation de la qualité des eaux des zones étudiées	89
2.1. Indice de qualité de l'eau (IQE)	89
2.1.1. Les Oueds du bassin du Hodna.....	89
2.1.2. La Zone humide de Bazer sakhra.....	93
2.2. L'indice de la pollution organique.....	95
2.2.1. Les oueds du bassin du Hodna.....	95
2.2.2. La zone Humide de bazer sakhra	97
3. Traitement statistique de la donnée	99
3.1. Matrice de corrélation	99
3.1.1. Les oueds du bassin du Hodna.....	99
3.1.2. La zone humide de bazer sakhra	100
3.2. Analyse en composante principale (ACP)	103
3.2.1. Les oueds du bassin du Hodna.....	103
3.2.2. La zone humide de bazer sakhra.....	105
3.3. L'analyse des variances (ANOVA)	109
3.3.1. Les oueds du bassin du Hodna	109
3.3.2. La Zone Humide de Bazer Sakhra.....	109
Conclusion	111
Conclusion Générale	112
Références bibliographiques.....	114
Annexes	
Résumé	
Abstract	
الملخص	

Introduction

L'eau est un élément constitutif fondamental de la vie. C'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, Il participe à toutes les activités humaines (Bhasin *et al.*, 2015). Pour cette raison, la plupart des agglomérations urbaines , des centres industriels et des activités agricoles ont été établis à proximité des cours d'eau, des lacs et d'autres ressources en eau de surface, dans le quelle la pression démographique croissante, le développement économique et le changement climatique sont parmi les principaux factures qui menacent grandement la disponibilité et la qualité de la ressource en eau (Grafton *et al.*, 2011 ; Adjagodo *et al.*, 2016) .

A l'heure actuelle et à l'échelle mondiale, les milieux aquatiques sont exposées à diverses pollutions d'origine multiples, industrielle, urbaine et agricole qui perturbe les conditions de vie et les équilibres aquatiques compromettant ainsi leurs utilisations multiples (Desai et Desai, 2018 ; Kpidi *et al.*,2017). Cependant, les eaux de surface sont soumises à une forte pression exercée par l'activité anthropique (agriculture, industrie, eaux usées domestique et industrielle, élevage, etc...),couplées à celles des processus naturels (la sécheresse et érosion des sols...) entraînent souvent la dégradation de la qualité de l'eau, de l'habitat physique et de l'intégrité biologique des hydrosystème (Bouaroudj , 2019; Belabed *et al.*, 2017; Touhari, 2015; Sadat *et al.*,2011) ,Cette menace a déclenché une prise de conscience dans le monde entier, et a poussé les chercheurs à s'intéresser à l'étude de l'état de contamination des milieux aquatiques.

En général, l'évaluation de la qualité des eaux de surface, implique l'analyse des paramètres physico-chimiques et biologiques qui reflètent l'état biotique et abiotique de l'écosystème aquatique (Smitha et Shivashankar, 2013). Par conséquent, l'un des principaux problèmes des études sur la qualité de l'eau est le nombre de paramètres qui pouvant être potentiellement contrôlés, ainsi que le temps et les coûts associés pour la collecte, l'analyse et l'interprétation de ces données (Hernández-Romero *et al.*, 2004; Boyacioglu, 2006). Pour remédier à ce problème, des indices de qualité d'eau spécifiques basés sur les valeurs de divers paramètres physico-chimiques et biologiques dans un échantillon d'eau ont été adoptés pour effectuer une classification efficace de la qualité de l'eau basée sur un ensemble de paramètres de qualité de l'eau qui ont été largement acceptés comme informatifs pour une utilisation finale souhaitée (Subramanian *et al.*,2018).

En Algérie comme dans la plupart des pays en voie de développement ou industrialisés, les activités anthropiques demeurent la cause principale de la dégradation de la qualité de l'eau aussi bien de surface que souterraine (Zaimeche, 2015 ; Bendjama, 2014 ; Bougherira *et al.*, 2017 ; Toumi *et al.*, 2016; Reggam *et al.*, 2015; Bengherbia *et al.*, 2014; Benrabah *et al.*, 2013). Tandis que, les ressources hydriques sont limitées et dépendent essentiellement de l'apport des précipitations (Ghenim *et al.*, 2010; Assaba *et al.*, 2014). Cette situation s'explique par la faible précipitation, surtout dans les régions arides et semi arides qui se caractérisent par des extrêmes climatiques saisonniers et des tendances pluviométriques imprévisibles. Il est certain que la croissance démographique, l'augmentation de la demande en eau pour les activités humaines (l'industrie, l'agriculture, les activités domestiques et commerciales) accentuera les contraintes sur cette ressource dans ces régions, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente (Masmoudi, 2009; Zereg, 2019). Il est donc essentiel de quantifier et d'analyser la quantité et la qualité des réserves en eau et de trouver le moyen de gérer les ressources en eau dans ces régions pour assurer leur durabilité.

A la lumière de ces constats, et dans le cadre de la valorisation et de la préservation des écosystèmes semi-arides et arides. Notre étude a pour objectif principal d'évaluer les sources de pollution des eaux de surface dans deux régions arides et semi-arides en Algérie à titre d'exemple en termes de caractérisation de la qualité physico-chimique de l'eau :

1. des principaux oueds du bassin versant d'El Hodna qui se jettent dans le Chott El Hodna (M'sila).
2. La Zone humide de Bazer sakhra (Sétif).

De plus, L'évaluation de la qualité des eaux des zones d'étude a été effectuée par deux types d'indices de la qualité (indices IPO, IQE), en intégrant l'outil SIG pour mieux maîtriser la gestion des données avec une étude statistique qui a été réalisée pour mettre en évidence la relation potentielle entre les différents indicateurs de pollution, l'origine de la pollution et leur distribution spatiale .

Ce travail est organisé en trois grands chapitres:

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique concernant la pollution des milieux aquatiques en exposant les points suivants:

- Les types de pollution de l'eau et leurs impacts sur l'environnement et les principaux paramètres physico-chimiques de la surveillance de la qualité de l'eau.

Le deuxième chapitre nous donne un aperçu sur le cadre général des deux régions d'études, nous avons insisté sur la géologie et la géomorphologie, l'hydrologie qui peut constituer un facteur aggravant de la pollution. La localisation des sites de prélèvement, les techniques d'échantillonnage, le matériel et les méthodes d'analyses utilisées dans le cadre de cette étude sont ensuite décrits.

La présentation et la discussion des résultats obtenus, ont fait l'objet de la dernière partie de ce manuscrit.

Enfin, nous tirons une conclusion et nous proposons quelques perspectives.

Chapitre I
Généralités sur la
pollution des milieux
aquatiques

Introduction

Un écosystème aquatique est un ensemble d'organismes interdépendants qui dépendent également de leur milieu aquatique pour les éléments nutritifs qui s'y trouvent (p. ex., l'azote et le phosphore) et l'abri qu'il leur procure. Les lacs et les cours d'eau mais aussi les zones inondables ou humides (marais, tourbière, lacs salés continentaux) constituent des exemples familiers d'écosystèmes aquatiques dans lequel l'eau est un élément clé. Ils sont caractérisés par leur habitats (berges, fonds, courants), leur populations végétales et animales et par leur qualité physico-chimique de l'eau, cet ensemble est fortement influencé par le climat, la géologie et les activités humaines (Euzen, 2013).

La qualité des milieux aquatiques est fragile, elle est dégradée par de nombreux polluants, suite aux rejets d'effluents liquides (Ghadbane, 2003), au ruissellement de l'eau de pluie sur des surfaces polluées, au lessivage de sols contaminés, et aux nombreuses autres activités anthropiques émettant des substances toxiques dans l'environnement et qui dégradent la qualité des eaux de ces écosystèmes d'importance cruciale.

Ce chapitre traite principalement les types de pollution des eaux superficielles, principales sources de pollution, en mettant l'accent en particulier sur les paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau et leurs impacts sur l'environnement.

1. Les écosystèmes aquatiques

L'eau est une ressource indispensable aux activités humaines mais elle constitue également un lieu de vie privilégié.

1.1. Les différents écosystèmes aquatiques

Les différents types d'écosystèmes aquatiques on peut les classer en deux grands groupes, selon qu'ils sont composés d'eau (salée ou d'eau douce, vive ou lente) : l'écosystème lentiques (eaux stagnantes) et les écosystèmes lotiques (eaux courantes).

1.1.1. Écosystème lentiques

Les écosystèmes lentiques sont des plans d'eau fermés qui restent dans un endroit sans grand écoulement, avec des eaux stagnantes ou presque. se distinguent les uns des autres selon leur taille et leur profondeur, (étangs, lacs, mares, fossés, rizières...) (Clement, 2006), et s'oppose à un milieu lotique caractérisé, lui, par une circulation rapide de l'eau. Ainsi les conditions de vie dans les eaux stagnantes sont surtout dépendantes de la topographie, de l'éclairage, de la température, de la teneur en substances nutritives et en oxygène.

Les zones humides, sont des milieux inondés par des eaux stagnantes et peu profondes de façon permanente ou temporaire, qui dépendent directement des écosystèmes aquatiques. La Convention de Ramsar donne une définition très large des zones humides - "zones de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau coule ou reste statique, qu'il s'agisse d'eau douce, saumâtre ou salée ,y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres"(RAMSAR, 1994). Tandis que Les zones humides les plus caractéristiques en Algérie sont endoréiques, constituées de lacs salés athalassiques secs en été et inondés à l'hiver, connus sous les noms de chotts et sebkhas (Medjani, 2016 ; Bouldjedri *et al.*, 2016).

1.1.2. Écosystème lotiques

Les écosystèmes lotiques forment des milieux ouverts, relatif à des eaux courantes, étroitement liés aux écosystèmes terrestres environnants, les caractéristiques principales des cours d'eau (largeur, quantité d'eau, courant) permettent de distinguer les ruisseaux, des rivières et des fleuves (Chouteau, 2004). Parmi les eaux lotiques on peut distinguer les oueds.

Les Oueds

C'est un cours d'eau temporaire dans les régions arides ou semi-arides. Son écoulement dépend des précipitations et il peut rester sec pendant de très longues périodes, chaque oued se compose d'un lit où viennent aboutir des affluents ou tributaires dont une partie de ses eaux s'infiltrer dans le sol par percolation ce qui explique la richesse effective ou potentielle de leur végétation (Kassas, 1953).

D'une manière plus spécifique, une rivière, un lac ou une zone humide est un système complexe qui abrite en son sein nombre d'espèces vivantes très diverses, qui interagissent entre elles de façons variées en établissant des relations de cohabitation, de compétition, de prédation ou de parasitisme. Ces espèces ne peuvent se suffire à elles-mêmes. Pour croître, elles ont besoin de l'énergie et des aliments qui leur sont fournis par le milieu extérieur constitué par l'eau, les sols et l'atmosphère.

La composition de ces populations dépend donc étroitement des conditions de vie qui leur sont offertes, à savoir du courant et de la profondeur de l'eau, du relief et de la végétation du bassin versant, des conditions atmosphériques et de la qualité physico-chimique de l'eau.

2. Les activités humaines et les sources de pollution des eaux

Les usages de l'eau et des sols par les êtres humains ont des impacts sur la qualité des ressources en eau en introduisant dans les systèmes aquatiques des éléments qui perturbent leur fonctionnement et qui réduisent les capacités d'usages de ces milieux (Assaad, 2014 ; Bouamrane, 2008).

2. 1. Types de pollution

On distingue traditionnellement différents types de pollution en fonction de l'agent polluant qui peut être d'origine physique, chimique ou biologique (Tableau I.1).

2. 1.1. Pollution physique

Elle résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels. On distingue :

- la pollution mécanique (effluents industriels solides, décharges de déchets à ciel ouvert)

Tableau I-1. Types, nature et origine de pollution du milieu aquatique (Henaut, 2011).

Type de pollution	nature	origine
Physique	Rejet d'eau chaude	Centrales thermiques nucléaires
	M.E.S (matière en suspension)	Rejet bains, érosion des sols.
Chimique	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires.
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives
	Métaux (Cd, Pb, Al, As...)	Industries, agriculture, déchets
	Pesticides (insecticides, herbicides, fongicides...)	Industries, agriculture.
	Organochlorés (PCB, Solvants)	Industries.
	Composés organiques de synthèse	Industries.
	Détergents	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports.
Biologique	Bactéries, virus, champignons.	Effluents urbains, agricoles

- la pollution thermique (réchauffement de l'eau causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines ce qui conduit à la prolifération des microorganismes et au développement des algues suite à l'élévation de la température

qui diminue la solubilité de l'oxygène et perturbe l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.

- la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires). Ce genre de pollution provoque des grandes perturbations dans la faune et la flore aquatiques (différentes modifications de l'ADN), c'est pourquoi tous les rejets doivent être interdits, sinon sévèrement réglementés et contrôlés

2. 1 .2. Pollution chimique

Les polluants chimiques des eaux sont regroupés en deux catégories :

- Organiques (les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényle (PCB), pesticides, détergents et phénols) ;
- Minérales : (cyanure, azote et phosphore, (métaux lourds (Zn, Pb, Cd,...)) Ces substances présentes habituellement dans les eaux à l'état de traces, sont souvent capable de s'accumuler dans les tissus végétaux et animaux et de se concentrer au niveau des différentes chaînes trophiques atteignant ainsi des concentrations dangereuses en fin de chaîne (animaux supérieurs et l'Homme) (Leclerc, 1997) .

2. 1 .3. Pollution biologique

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries des parasites). Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées domestique et certaines industries agroalimentaires (Benkaddour, 2018). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...) (Lounnas, 2009).

L'introduction des espèces exotiques qui capable d'adapté aux conditions de nouveaux milieux avec une efficacité d'accroissement cumulative permettra d'écarter les autres autochtones et par suite entrainer la pauvreté de la niche écologique.

Le déversement dans le milieu aquatique de substances ou d'effluents contaminés n'est pas la seule cause de pollution des eaux de surface ou souterraines. En absence d'activités humaines l'eau de pluie permet aux polluants rejets dans l'atmosphère de retomber sur les sols et lessive les zones polluée. Par ruissellement et/ou infiltration, ces xénobiotiques peuvent alors rejoindre le milieu aquatique qui peut modifier la composition physique et chimique de l'eau (Chouteau, 2004).

2.2. Origine de la pollution

Suivant l'origine des substances polluantes, on peut distinguer :

2.2.1. La pollution d'origine domestique et urbaine

Provenant des activités humaines de tous les jours (bains, excréments, préparation des aliments, lessive et vaisselle) jusqu'à la station d'épuration (si elle existe).

La pollution domestique se caractérise par la présence des germe fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des détergent, des résidus organiques, des solvants, des parfums, des agents de blanchissage et des adoucissants. Les produits nettoyants domestiques sont constitués de milliers de produits chimiques de formes variées (de petites molécules simples à de grosses molécules très complexes) et dont la persistance dans l'environnement varie de quelques heures à quelques années (Bouslah ,2018 ; Bedouh ,2014). En sortie de station d'épuration, on retrouve les mêmes éléments en quantités moindres (50 à 90% extraits) mais concentrés en un point de rejet.

2.2.2. La pollution d'origine industrielle

Elle constitue la deuxième source de pollution des eaux de surface et souterraines et peut avoir des causes variées. Provenant des usines, Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration (Boeglin, 2001).

Cette pollution est caractérisée par:

- des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...) ;
- des hydrocarbures (industries pétrolières, transports) ;
- des métaux (traitement de surface, métallurgie) ;
- des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...) ;
- des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets médicaux radioactifs) (Touhari, 2015).

2.2.3. La pollution d'origine agricole

Provenant de plusieurs types d'activités : agriculture, élevage, aquaculture et aviculture. En effet, ces pratiques influencent fortement le régime et la qualité des eaux .L'utilisation des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires

destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (Djabri, 1996). Ainsi, l'utilisation des pesticides en agriculture (Melghit, 2012). Les élevages intensifs de bovins et volailles produisent une grande quantité de déjections azotées qui doit être stockées en réservoirs étanches avant d'être utilisée comme engrais (Beaux, 2003).

3. Paramètres physico-chimiques de la surveillance de la qualité de l'eau

La qualité physico-chimique de l'eau est le socle du l'hydrosystème: elle sert de support à la vie aquatique, elle se reflète indirectement dans l'état ou le potentiel écologique des eaux de surface. Elle est évaluée en mesurant différents types de paramètres :

3.1. Température

La température de l'eau, un facteur écologique important pour les milieux aqueux, ses variations ont une grande influence sur la vie aquatique .en particulier sur les phénomènes respiratoires (les eaux froides étant plus riches en oxygène que les eaux chaudes). Elle est liée d'une part, aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante et d'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eaux de refroidissement).La température agit sur la densité, la dissociation des sels dissous (Zeghaba, 2018) . Ainsi, joue un rôle important sur la régulation les activités biogéochimiques dans le milieu aquatique (Pradeep *et al.*, 2012).

3.2. La Conductivité électrique

La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique (Chettibi, 2020). Elle varie en fonction de la présence d'ions, leur concentration, leur mobilité et de la température de l'eau (Nouayti *et al.*, 2015). Il s'agit d'une mesure indirecte de la présence de solides inorganiques dissous tels que le chlorure, le nitrate, le sulfate, le phosphate, le sodium, le magnésium, le calcium, le fer et l'aluminium les composés carbonatés, Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau (Haddad *et al.*, 2014 ; Acharya *et al.*, 2018). Des augmentations significatives de la conductivité peuvent être un indicateur de la présence des valeurs importante en sels dans l'eau, d'origine naturelle (géologie) et/ou anthropique (rejets industrielles, urbaines).

3.3. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide, basique ou neutre, Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable (Belghiti *et al.*, 2013). Aussi, Le pH des eaux de surface est déterminé, en partie, par la nature géologique du bassin de drainage (Agoune et Safer, 2007). De plus, Le pH contrôle la solubilité et la concentration des métaux (Gendronneau, 2006). Dont, des faibles valeurs de pH (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique.

3.4. Total des solides dissous

Les TDS représentent la concentration totale des substances inorganiques et organiques dissoutes dans l'eau (Shib, 2014). Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui existent tous sous forme des cations et d'autres sous forme d'anions comme les carbonates, les nitrates, les bicarbonates, les chlorures et les sulfates ainsi que quelques matières organiques. Ces minéraux peuvent provenir d'activités humaines (ruissellement des terres agricoles : NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} et des rejets urbains Na^+ , Cl^-). Les solides dissous totaux sont parfois utilisés comme test environnemental «de surveillance» dans le quelle, des concentrations élevées de TDS peuvent également exercer une pression osmotique qui affecte la vie aquatique (El shakour *et al.*, 2012).

3.5. Résidus secs

Le résidu secs est la quantité de la matière solide dans l'eau, autrement dit, la somme des matières en solution et en suspension. D'après Potelon et Zysman. (1998) Les résidus secs constituent un indice représentatif de la minéralisation de l'eau. Généralement, Il provient du ruissellement du sol (limon, argile), déchets industriels et eaux usées. L'excès de résidu sec donne une couleur parfois sombre, qui limite la pénétration de la lumière dans le milieu influençant ainsi la faune et la flore aquatique (Merzoug, 2009).

3.6. La salinité

la salinité est la mesure de la concentration totale des sels et se compose principalement par les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-) (Couture et Montérégie-Est,

2004),dans le quelle les chlorures sont un indice direct de la salinité (Kloppmann *et al.*, 2011).

Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante, Le mode de salinisation des eaux dépend des conditions climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques (Farid *et al.*,2012) et ainsi par les activité humaines des rejets domestique , des industries extractives (industries pétrolières, houillères) et surtout les industries de sel (saline) (El Morhit, 2009).

3.7. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous (O₂ dissous) constituent l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux de surface et la préservation de la vie aquatique où il joue un rôle essentielle dans l'auto-épuration ,sa valeur indique le degré de pollution (Zandagba *et al.*, 2017), il provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques leur solubilité est liée avec e la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau: la saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmente, . En effet, la forte présence de matières organiques dans un plan d'eau par exemple, permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

3.8. Turbidité

La turbidité d'une eau est une mesure globale qui prend en compte toutes les matières, soit colloïdales, soit insolubles, d'origine minérale ou organique (Thayer *et al.*.,2007), due à la présence particules en suspension dans l'eau de surface , comme le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en particules fines, le plancton et ou tout autre organisme microscopique mais aussi aux facteurs anthropiques (rejets d'eaux usées, pratiques aggravant l'érosion, navigation, curage...) qui la troublent le degré de la limpidité de l'eau et réduit par la suite la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse, prédation). Il est également un indicateur de risques environnementaux et sanitaires (Robert, 2014).

3.9. Bicarbonates

La présence des bicarbonates dans l'eau est due soit à la combinée du CO₂ de l'atmosphère et des eaux météorites sur les minéraux silicatés ou à la dissolution des formations carbonatées par les eaux chargées en gaz carbonique selon la réaction suivante,

$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{+2}$ (Touhari, 2015; Rodier, 2009). En peut ajouté une autre source de bicarbonates dans l'eau, qui est la présence du matière organique issue de différentes rejets urbain ou industrielle qui est favorise leur décomposition et augmenté la libération CO₂ dans l'eau, ou bien leur formation comme sous-produits de la biodégradation par les bactéries sulfato-réductrices en conditions d'anaérobiose (Canfield *et al.*, 1993).

3.10. La dureté totale

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na⁺, K⁺) et H⁺. Cependant, elle est le plus souvent causée par les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ (Qureshimatva *et al.*, 2015). On distingue, la dureté carbonatée ou dureté temporaire qui provient des carbonates et bicarbonates et la dureté non carbonatée ou dureté permanente qui provient des sulfates et chlorures. La dureté en eau naturelle dépend nature lithologique de la formation géologique des terrains traversés particulier à sa composition en magnésium et en calcium. Les organismes aquatiques sont plus ou moins tolérants vis à vis de la dureté de l'eau (Gouvernement du Québec, 2009).

3.11. Calcium et Magnésium

Le calcium est un élément (métal) alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature est le composant majeur de la dureté de l'eau, leur présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles: soit la dissolution des formations carbonatées ($\text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$), soit à la dissolution des formations gypseuses [$\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O}) = \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2(\text{H}_2\text{O})$] (Zeghaba, 2018), Il est aussi prédominant dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire. Les origines du magnésium sont comparables à celles du calcium, il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en magnésium (la magnésite: $\text{MgCO}_3 = \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ et la dolomite: $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2 = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_3^{2-}$), l'abondance géologique, la grande solubilité et leurs large utilisation industrielle (l'évacuation des eaux usées industriels) sont les source les plus importantes de ces éléments dans l'eau (Potellon, 1998; Verma *et al.*, 2012).

3.12. Sulfates

Le soufre est un élément non métallique qui existe à l'état naturel dans les sols et les roches sous forme organique (soufre protéique) et à l'état minéral (sulfures, sulfates et soufre élémentaire). Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate (Derwich *et al.*, 2010), issus naturellement de la dégradation de certains minéraux comme le gypse (CaSO_4), la pyrite (FeS) et par les précipitations chargées en dioxyde de soufre. Aussi de nombreuses activités humaines peuvent générer des apports de sulfates dans l'eau : application d'engrais sulfatés, rejets d'eaux usées et industrielles contenant de l'acide sulfurique (H_2SO_4) etc (Nouayti *et al.*, 2015). Les concentrations élevées des ions du sulfates dans les milieux aquatiques peuvent provoquer des effets néfastes chez les végétaux et les animaux, en particulier perturber l'osmorégulation des organismes (déséquilibre osmotique du sodium) et qui par la suite affecte la survie, la croissance et / ou la reproduction des individus et populations aquatique (INERIS, 2019).

3.13. Chlorure

Le chlorure (Cl^-) est l'un des principaux anions inorganiques de l'eau salée et douce, généralement présente sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Il provient de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains gypseux, marneux ou argileux (Nouayti *et al.*, 2015) ou bien par les activités humaines (rejets des eaux usées domestique et industrielles), le chlorure est utilisé comme un indicateur de pollution. Il a une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Makhoukh *et al.*, 2011 ; Alpha Sidiki, 2005).

3.14. Les nutriments

3.14.1. L'azote et ses dérivés

Naturellement, les eaux superficielles et les sols renferment de l'azote. Celui-ci provient de la fixation de l'azote atmosphérique par certaines espèces végétales (par exemple les légumineuses), par des cyanobactéries et des bactéries. Une fois incorporé par les organismes, l'azote devient matière organique.

Le « N » organique subira ultérieurement à une ammonification (NH_4^+) (par un nombre considérable de micro-organismes tels que, *Flavobacterium*, *Proteus*, *Serratia*, *Pseudomonas*, etc) qui sera transformé en nitrites (NO_2^-) (la nitrosation ou nitritation sous l'action de bactéries telle les *Nitrosomonas*) et après en nitrates (NO_3^-) (la

nitratation :oxydation de NO_2^- en NO_3^- par des bactéries telle les Nitrobacter) (Benkaddour, 2018)

- **L'ammonium**, l'ion d'ammonium n'est normalement présent qu'en faible quantité dans les eaux bien oxygénées, car il est rapidement absorbé ou transformé en nitrites (NO_2^-) puis en nitrate (NO_3^-), Leur concentration relative dépendent du pH des eaux : plus les eaux sont alcalines plus la concentration relative d'ammoniac est importante : ($\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$). En concentration trop élevée, l' NH_3 est toxique pour la vie aquatique, des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH_3/l (De Villers *et al.*, 2005) Dans le quelle l'ammonium (NH_4^+) est un bon traceur de la pollution domestique (rejets humains) (Mekaoussi, 2014).
- **Nitrite**, Les nitrites constituent une forme intermédiaire de l'azote, ils résultent soit de l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal, soit de la réduction des nitrates (Ayad, 2017).

Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques (Touhari, 2015). L'origine des nitrites peut être industrielle (traitement de surface, dosage chimique, colorants...), agricole et domestique, en général, une teneur importante de nitrite survient lorsque l'eau est surchargée en matières organiques et que les bactéries ne sont pas suffisantes pour les transformer en nitrates.

- **Nitrates**, Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique (Ayad, 2017). (leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d'autoépuration est déjà entamé). L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement en cet élément par les rejets urbains et, lessivage des produits azotés dans le sol, des engrais de synthèse ou naturels industrielles (Belghyti *et al.*, 2013). L'enrichissement généralisé des milieux par l'azote s'accompagne de nombreux problèmes environnementaux : contamination nitrique des eaux, eutrophisation des écosystèmes aquatiques, émission d'ammoniac et formation d'aérosols, aggravation de l'effet de serre.

3.14.2. Les phosphates

Les phosphates sont des composés phosphorés. Dans la nature, le phosphore (P) est généralement présent sous forme de molécules de phosphates. Parmi les phosphates présents dans l'eau, on distingue couramment : les orthophosphates (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), les polyphosphates (ou phosphates condensés) et les phosphates organiques (Banas et Lata, 2006). Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (Mimeche, 2014 ; Ben-Daoud *et al.*, 2011) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle, l'utilisation abusive des engrais phosphatés, les activités d'élevage intensives, ainsi que les rejets anthropiques (polyphosphates des formulations détergentes, eaux traitées aux phosphates), à des niveaux élevés cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (Makhoukh *et al.*, 2011 ; Billen *et al.*, 2007).

L'eutrophisation

L'eutrophisation des écosystèmes aquatiques est une succession de processus biologiques enclenchés en réponse à un apport excessif de nutriments en particulier le phosphore et l'azote - d'origine humaine. Elle se traduit par des réponses complexes de l'ensemble des écosystèmes aquatiques d'eau douce, saumâtre ou salée. Elle peut être progressive ou brutale. Les effets les plus notables sont des proliférations de producteurs primaires (plantes aquatiques, algues, cyanobactéries), des phénomènes de toxicité ou d'anoxie (absence d'oxygène), des pertes de biodiversité. Ce phénomène est accentué par les températures élevées, l'abondance de lumière et le faible renouvellement de l'eau (Pinay *et al.*, 2018).

3.15 Demande biochimique en oxygène (DBO) et demande chimique en oxygène (DCO)

La demande biochimique en oxygène (DBO), représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries, pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau (Kumar *et al.*, 2018), Les valeurs de la DBO_5 montrent la teneur des polluants biologiquement dégradables dans les milieux aquatiques. La demande biologique en oxygène est un indicateur historique très important qui reconnu dans le domaine de la qualité de l'eau (Recoules, 2015). Elle a pour but l'évaluation du degré de la pollution organique de l'eau (Zeghaba, 2018).

La demande chimique en oxygène (DCO) représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la majeure partie de la matière organique et de certains ions inorganiques oxydables (Fe^{+2} , Mn^{+2} , etc.) (Khettaf, 2018) y compris celles qui ne sont pas dégradables par les bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques (Savary, 2005), En général, les teneurs en DBO et en DCO élevées indiquent la présence d'une forte contamination par la matière organique issu des eaux urbaines et industrielles (Hazourli *et al.*, 2007 ; Andrianirina *et al.*, 2020).

Conclusion

Cette étude bibliographique sur la pollution des milieux aquatique, montre clairement que les ressources en eau sont fortement affectées par les activités anthropiques (industrielles, agricoles) ainsi que domestiques, par conséquent, une grande partie d'eau superficielles est contaminée par la présence de différents types de polluants, éléments organiques, métalliques et biologiques. Cette pollution est à l'origine de l'altération et la dégradation des paramètres globaux de la qualité de l'eau qui peut provoquer une perturbation générale (mortalités massives d'espèces, mais elles ont aussi des effets moins visibles : une eutrophisation des milieux, des effets toxiques à plus ou moins long terme...) de l'équilibre naturel des écosystèmes aquatiques.

Chapitre II
Présentation des zones
d'étude et matériel &
méthodes

Introduction

De nos jours, beaucoup d'eaux superficielles et/ou de bassins fluviaux en Algérie sont réellement menacée par les activités humaines (effluents industriels et urbains, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides) riches en polluants de natures différentes libérés dans le milieu aquatique. Par conséquent, une évaluation qualitative et quantitative de cette pollution est donc devenue nécessaire.

L'objectif principal de ce chapitre est de montrer les caractéristiques des zones d'étude et les différentes sources de pollution qui affectent ces milieux aquatique ainsi que stations de prélèvement, avant d'exposer les techniques d'analyse utilisées dans le présent travail.

1.1 La zone du bassin du Hodna

1.1.1 Situation géographique de la zone d'étude

Le bassin versant du Honda avec son grande superficie de 26000 km² est le cinquième grand bassin de l'Algérie (Figure, II.1), il est situé au centre de l'Algérie à 150 km à vol d'oiseau au sud de la côte méditerranéenne (Golf de Bejaia) (Bounab, 2018).

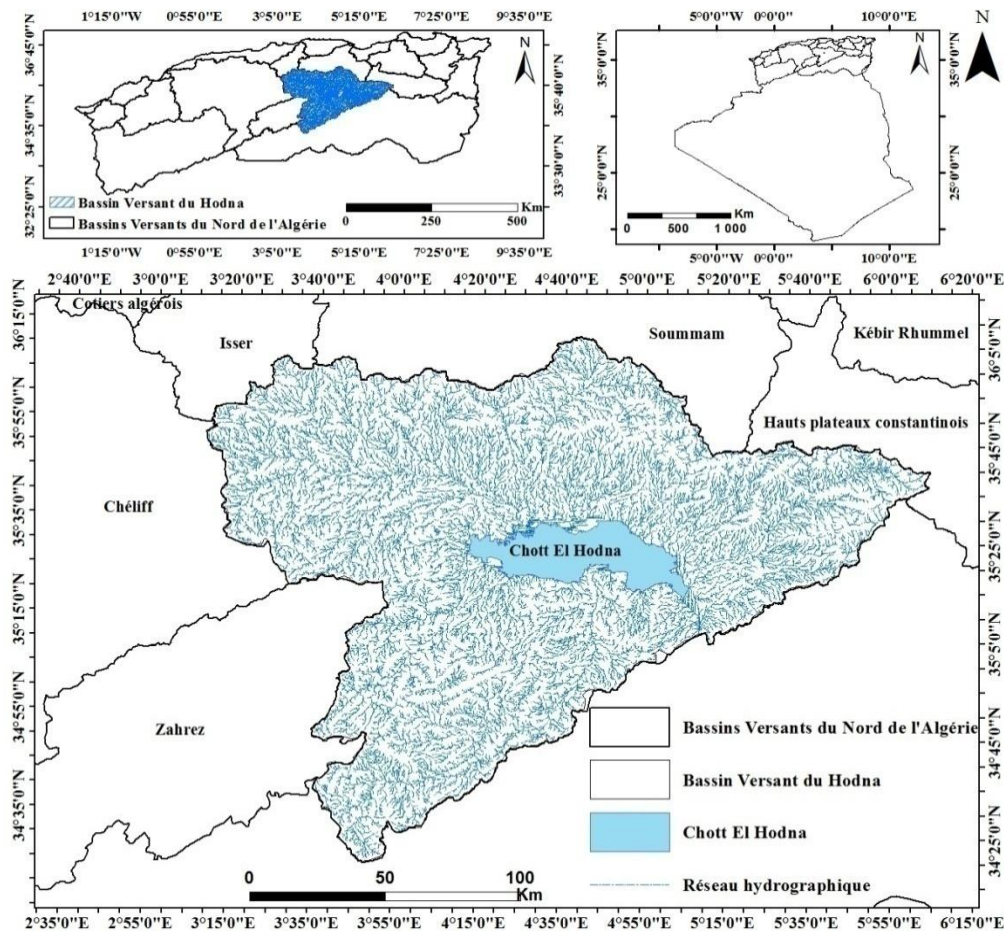


Figure II.1. Localisation et situation Géographique du Bassin Hodna.

Le bassin du Hodna soit 54% de la superficie total du bassin hydrographique Algérois Hodna Soummam, il couvre 07 wilaya en parties : Batna ; M'sila; Bordj Bouariridj ; Média; Sétif ; Bouira et El Djelfa (Sahnouni, 2020).

1.1.2. Topographie

1.1.2.1. Relief

Le bassin du Hodna est divisé en quatre unités géomorphologique :

Les montagnes : le bassin du Hodna constitue une zone de transition entre deux grandes chaînes de montagnes (Kebiche, 1994), l'Atlas Tellien, au Nord, formé essentiellement par les monts du Hodna qui sont constitués d'une chaîne montagneuse, dont l'altitude varie de 1400 à 1890 m, les monts de Belzem (2141m) limitent le bassin versant à

l'est. Au Sud et à l'Ouest, le cadre montagneux est nettement plus confus et d'altitude plus élevée et correspond à la retombée Nord de l'Atlas saharien il est représenté dans sa version Nord-Est et Nord Ouest par Djebel Fernane 1675 m Djebel Tsegna (Abdesselam, 2013).

Le piémont: appelé «**Djerr**» située entre 500 à 700 m, transition entre les monts et la cuvette du Hodna. Il est assez large et se constitue en forme de grands paliers correspondant à des niveaux de glacis qui sont profondément entaillés par une série d'Oueds qui descendent des montagnes (Camps, 2000).

Le Rmel : au sud de la cuvette, est différent de la plaine du Nord. Ici domine le sable qui accumule soit en masse informe, soit en de petits massifs allongés de véritables dunes vives appelées erg (Abdesselam, 2013; Cherif, 2018).

La sebkha : C'est une étendue argileuse, de forme elliptique fortement salée où toute végétation est absente, en raison des apports importants des oueds, elle se caractérise surtout par l'étalement total des eaux de ruissellement qui sont évaporisées presque totalement en début de l'été (Kaabache, 1990).

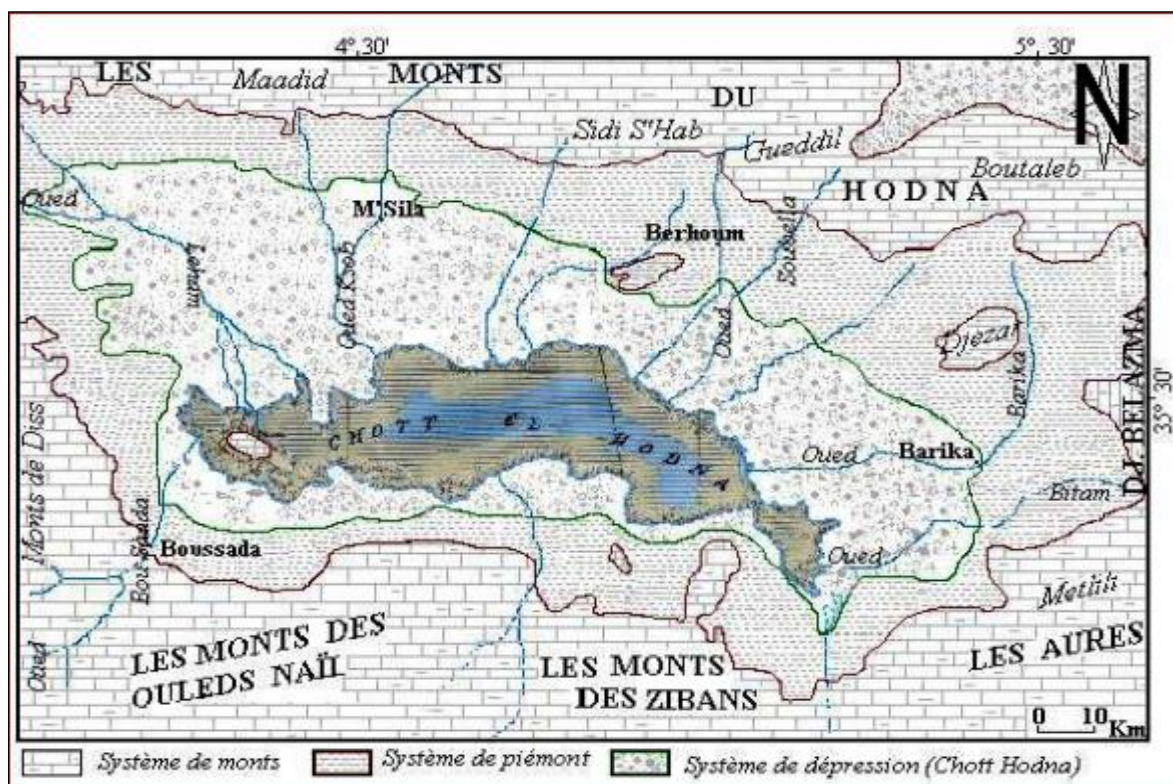


Figure II.2. Principaux systèmes morphologiques du Hodna (Guettouche, 2003).

1.1.3. Géologie Le bâti géologique du Hodna comporte des formations d'âge secondaire, tertiaire et quaternaire. On peut distinguer :

- **Le traï**, ils n'apparaissent qu'en certains points du bassin; principalement par des argiles, marnes et minéraux de néoformation, des lambeaux calcaro-dolomique, ainsi que des roches volcaniques.
- **Le jurassique**, occupants des surfaces réduites du bassin, il se trouve dans la partie centrale et orientale des montagnes du Hodna , essentiellement calcaire et dolmitique (Abdesselam, 2013).
- **Le crétacé**, le crétacé inférieur présente une alternance de faciès marno-gréseux et argilo-gréseux de fortes épaisseurs et le Crétacé supérieur constitué principalement de marnes, de marno-calcaires, de calcaires et de dolomies (Merdas, 2017).
- **Paléogène**, Il occupe le plan méridional des monts du Hodna d'âge, le paléocène (marne noire) ; l'éocène (calcaire marneuse, calcaire à selis, marne argileux) et l'oligocène (gréseux- argileuse).
- **Le néogène**, il occupe une grande superficie du Hodna d'âge miocène inférieur et moyenne (marnes gris) et pliocène (plaine de M'sila).
- **Le quaternaire**, c'est l'âge pendant lequel ont été formés les chotts salés des hauts plateaux et de Sahara (Messad, 2015).

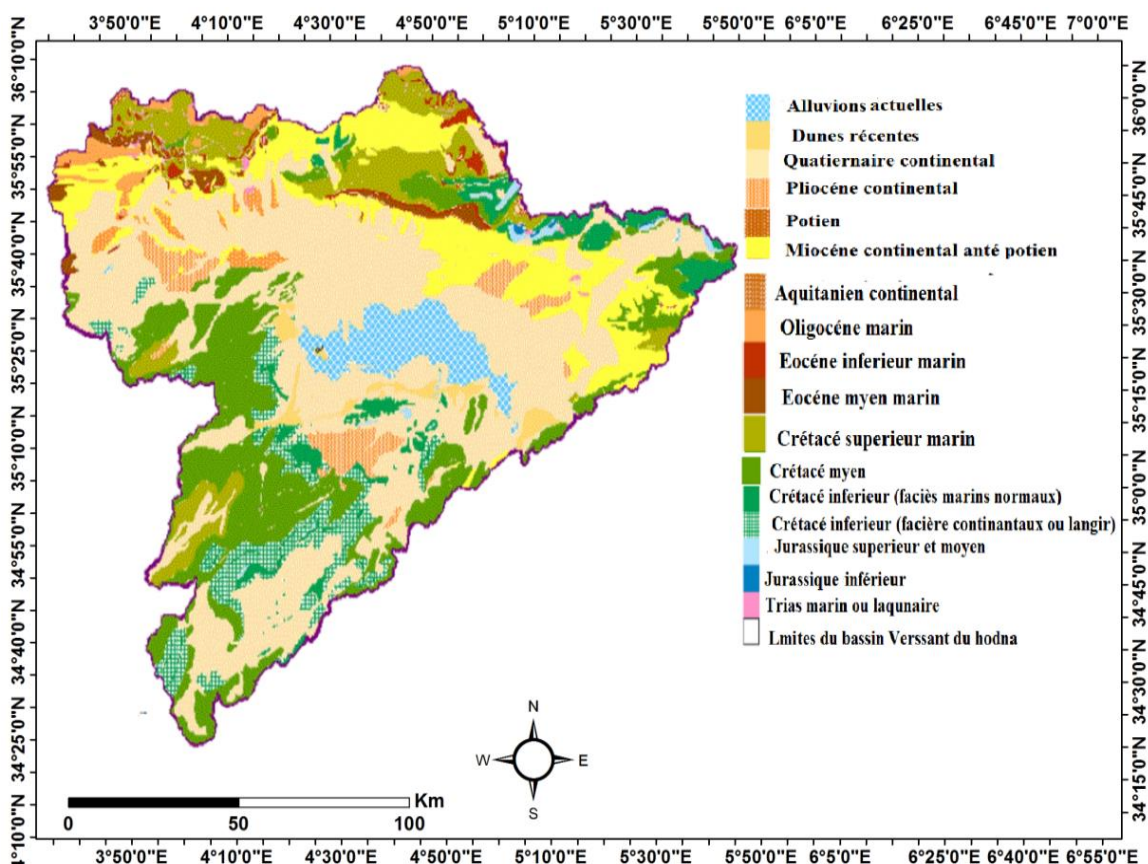


Figure II.3. Carte géologique du Honda. Source: propre élaboration (Extrait de la carte géologique d'Algérie Edition , 1951.

1.1.4. Hydrologie

Selon l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH), le bassin du Hodna peut être divisé en 24 sous bassins. Cependant ces sous-bassins peuvent être regroupés en 08 sous-bassins hydrographiques, ayant les mêmes exutoires (Charabi, 2011). (Figure II. 4).

➤ Les eaux superficielles

Le régime hydrologique du bassin du Hodna est lié au régime pluviométrique caractérisé par de fortes irrégularités. La pérennité des écoulements de surface (oueds) est très relative.

De l'ouest à l'Est, les principaux oueds du Hodna sont :

- Oued Lougmane (permanent) ;
- L'oued ksob sur lequel existe un important barrage (Barrage El k'sob) à 15 km en amont de m'sila, (permanent) ;
- Oued Barika ; Cet oued draine les monts du Belazema, (permanent) ;
- Oued Ennafida, (temporaire);
- Oued Nakrar , (temporaire);
- Oued Bitam , (temporaire);

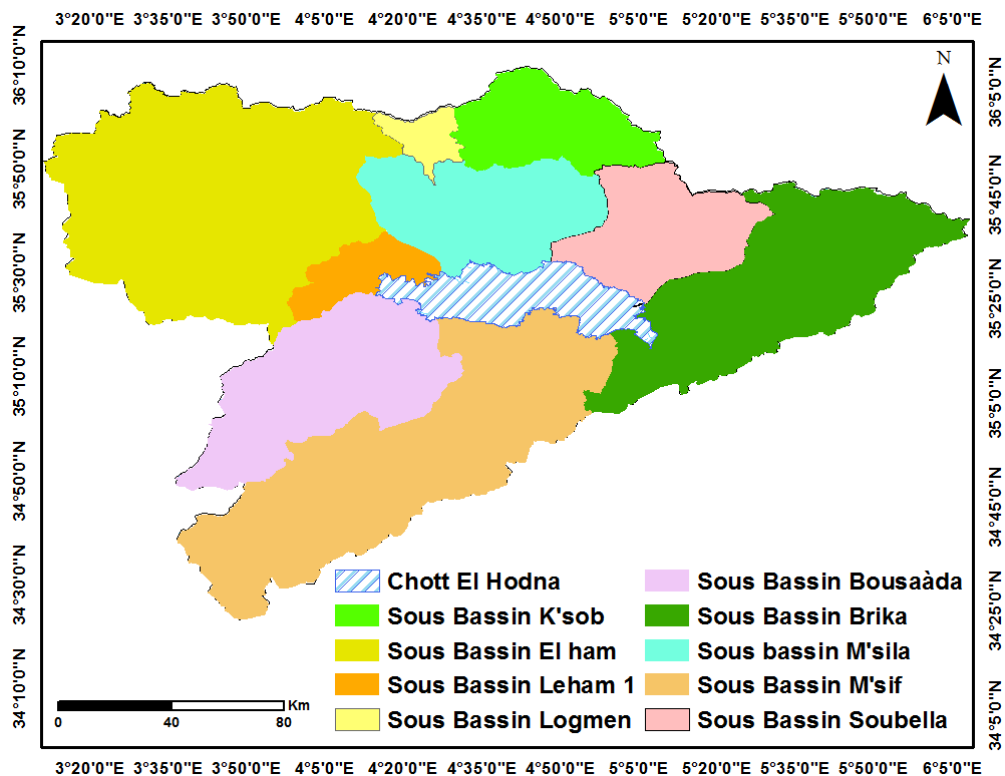


Figure II.4. Sous-bassin hydrographiques principales du Hodna. Source: propre élaboration.

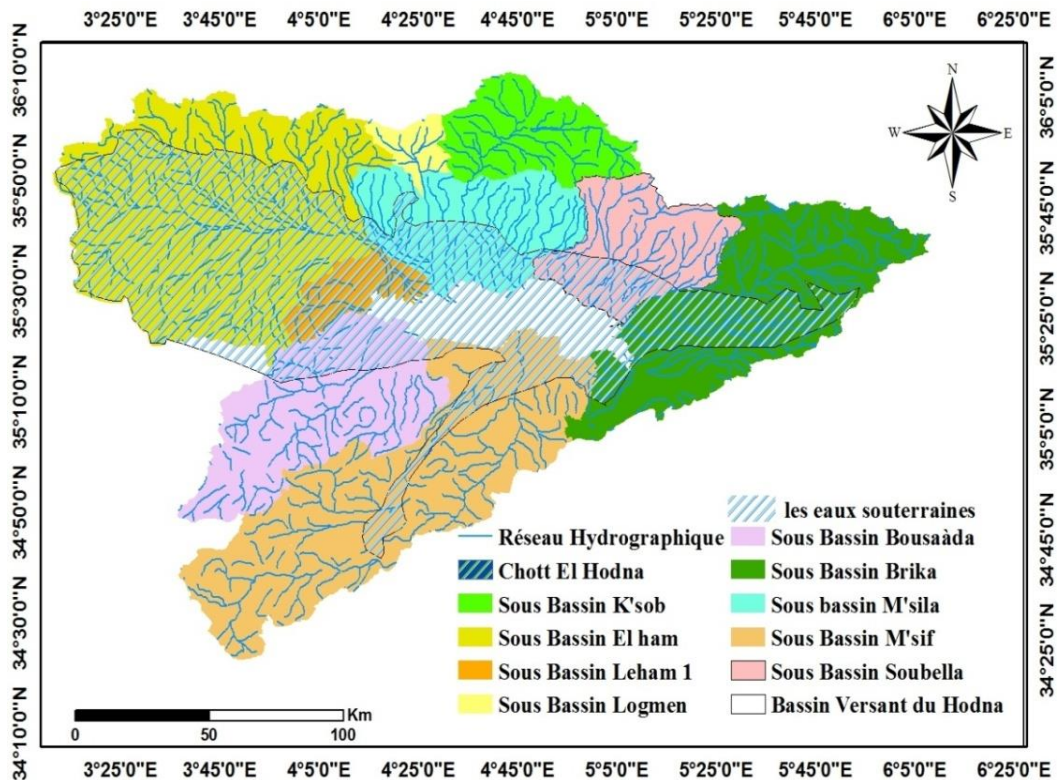


Figure II.5. Réseau hydrographique du Bassin du Hodna.

Source: propre élaboration.

Par contre, il n'existe que deux oueds importants dans la zone Sud du chott Hodna.

- Oued Boussaâda et son affluent Maitar. Son régime est temporaire ;
- Oued Mellah ou oued M'cif plus en aval, rejoint le chott à l'ouest de Guelalia .

Au Nord, les oueds prennent naissance au mont du Hodna et s'acheminent vers le Chott, sur les formations lithologiques des plaines et hautes plaines (Merdas, 2017).

➤ Les eaux souterraines

Les formations aquifères existantes affleurent plus ou moins largement sur les reliefs entourant le bassin du Hodna, elles se localisent autour du Chott (Figure, II. 5).

- **Nappe phréatique;** son aquifère est constitué par des alluvions quaternaires.

Elle est formée plusieurs nappes : nappe de M'sila, nappe de Selmane, nappe de Magra, nappe de Guelalia, nappe de Bousâada ;

- **Nappe captive;** son aquifère est constitué par des conglomérats du Mio-Pliocène situé au Sud du Chott, ses eaux sont moins salées (Sahnouni, 2020).

1.1.5. Climat

Par sa position de transition située au-delà du tell maritime et humide et en deçà du désert saharien, la région du Hodna est soumise a un climat de type méditerranéen; celui-ci

étant plus ou moins atténuée par l'influence desséchante saharienne, caractérisées par des cours d'eau non pérennes et à débit solide élevé avec l'extrême variabilité des précipitations dans l'espace et dans le temps (Kaabeche, 1996).

La région peut être subdivisée en trois zones climatiques différentes :

- Au sud, dans le désert de l'Atlas (800 à 900 mètres d'altitude), où les précipitations sont moindres par rapport aux températures qui sont plus douces et même plus froides l'hiver.
- la cuvette du Hodna à l'intérieur, formée de plaines (400 à 700 m d'altitude) Elle se caractérise par un climat rude (des hivers froids avec des périodes de gel et des étés très chauds) (Bounab, 2018).
- Au nord, dans l'Atlas Tellien (1800m) d'altitude, le climat est nettement plus arrosé, avec plus à l'intérieur (la région de Bordj Bou Arreridj), des entrées des vents marins. (Grine, 2009).

1.1.6. Le couvert végétal

Le couvert végétal se caractérise par une zonalité très nette de direction nord-sud constituant parfait révélateur des nuances bioclimatique et la variété morpho-pédologique.

Sur les régions montagneuses les groupements forestiers tels que le *Pinus halpensis* (pin d'alep), *Quercus ilex* (chêne vert) et rarement *Cedrus atlantica* (le cèdre) sur les sommets. La présence des groupements calcicoles à alfa (*Stipia tenacissima*), armoise (*Artemisia herba alba*), des groupements gypso-calciphiles (*Anabasis oropediorum* et *Salsola vermiculata*) dans les plaines.

La région de Rmel comporte une végétation psammophile telle que le drinn (*Aristida punens*) l'arta (*Calligonum comosum*) et le rtem (*Retema raetam*) en association avec d'autres groupements, où l'on retrouve l'alfa (*Stipa tenacissima*) l'armoise l'ousara (*Salsola vermiculata*) (Mimoune, 1995). On note que l'alfa ne forme dans le bassin du Hodna que très maigres peuplements puisque cette espèce craint la sécheresse et qui exige un hiver froid ou frais ce qui n'est pas le cas dans le Hodna qui reste un bassin surchauffé.

Dans le chott, des groupements argilo-halophiles (*Atriplex halimus*), des groupements hyperhalophiles (*Salicornia arabica*) qui disparaissent dans la Sebkhah (Bourenane et Mechri 2008) (Tableau II.1).

Tableau II.1. Répartition de la végétation et usage dans le bassin versant du Hodna (Makhloufi et Dehimi, 2007).

Unités	Types de Végétation	Nom vernaculaire	Nom local	Usage
Montagne	Forestière	<i>Pinus Halpensis</i> <i>Quercus Ilex</i>	Snouber Bellout	Forestière et parcours bovin
Piémont (700 à 500 m)	Steppique	<i>Stipa tenassissima</i> <i>Artemisia herba alba</i>	Alfa Chih	Parcours ovin et culture localisées
Plaine (500 à 430 m)	Steppique La salinité commence à se manifester	<i>Atriplex halimus</i> <i>Zizyphus lotus</i> <i>Lygeum spartum</i>	Gtaff Sedraya Snagh	Cultures et Parcours épisodiques
Chott (430 à 400 m)	Steppique Haliphile et Hydrophile	<i>Tamarix gallica</i> <i>Salsola tetrandra</i> <i>Salicornia arabica</i> <i>Arthrocnemum indicum</i>	Tarfa	Parcours pour chameau. – Cultures possibles sur zones bien drainées
Sebkha (400 à 390 m)	Dénudé, salinité excessive (280g/l)	Absence des plantes supérieure.	Absence des plantes supérieure.	Extraction traditionnelle de sels
R'mel (400 à 600 m)	Steppique Affinité saharienne	<i>Aristida pungens</i> <i>Retama raetam</i> <i>Calligonum sp</i>	Drinn Rtem Arta	Parcours mixte ovin et camelin Présence de cordon dunaire sur 100 km Actuellement mise en valeur excessive

1.1.7. La zone Humide « Chott El-Hodna »

Le Chott occupe le centre du bassin du Hodna à une superficie de 362 000 ha, (Boumezbear, 2002). Situé à l'extrême Est des hauts plateaux qui prend une forme elliptique constituant une zone humide salée de 77 Km de long et 19 Km de large, Son alimentation est assurée par au moins 22 cours d'eau principaux auxquels il faut ajouter des sources d'eau douce. (Makhloufi et Dehimi, 2007 ; Hasbaia *et al.*, 2012). Il se met en eau uniquement en hiver et sec en été avec des croûtes de sel couvrant toute son étendue (Bensaci *et al.*., 2014).

Le 2 février 2001, la zone humide du Chott El Hodna a reçu la désignation de site Ramsar car elle est un exemple rare ou unique d'un type de zone humide naturelle (critère 1). Le Chott est une zone humide qui abrite des espèces vulnérables menacées d'extinction ou gravement menacées d'extinction ou des communautés écologiques menacées (critère 2). Elle abrite des populations d'espèces animales et/ou végétales importantes pour le maintien de la diversité biologique de la région (critère 3) et abrite (dans les oueds permanents se jetant dans le Chott) une proportion importante d'espèces de poissons oindigènes contribuant ainsi à la diversité biologique mondiale (critère 7).

1.1.7.1. Situation géographique

Le Chott El Hodna chevauche deux wilaya, M'Sila, sur 1000 Km², et Batna sur 100 Km², situé au Sud-Est de l'Algérie et isolé de la Mer Méditerranéenne par 100 à 150 km de chaînes de montagnes (Guergueb *et al.*, 2014), il fait partie intégrante du grand bassin hydrologique du Hodna (Figure II. 7)

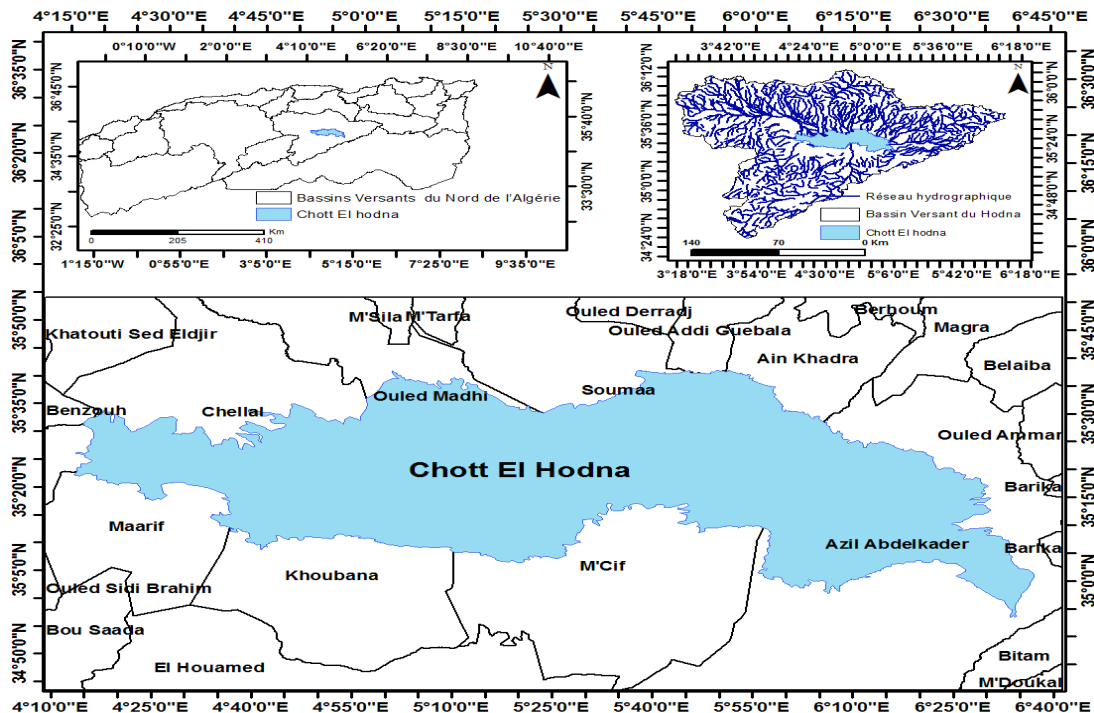


Figure (II. 7) : Situation géographique du Chott El Hodna. Source: propre élaboration.

1.1.7.2. Pédologie

Les sols du chott et particulier de la sebka sont fortement salins puisque ils accumulent des sels par les eaux de ruissellement qui s'accumulent grâce à l'évaporation (Zedam, 2018).

Dans le chott on observe la zonalité pédologique suivante : (Figure, II.8):

- Sol peu évolué d'apport alluvial affecté à différents degrés par des sels sur les glacis récents se trouvant également en plaine ;
- Sol halomorphe moyennement à très fortement salins dans le chott avec une couverture végétale clairsemée, localement avec des sols hydromorphes à redistribution de gypse et halomorphe excessivement salin, abiotique de la sebka ;
- Sol halomorphe et sol hydromorphe à redistribution de gypse ensablé en complexe avec des sols minéraux bruts, xériques et inorganiques issus d'apports de région du R'mel (Ladgham Chicouche et Zerguine, 2000; Bouneb, 2018).

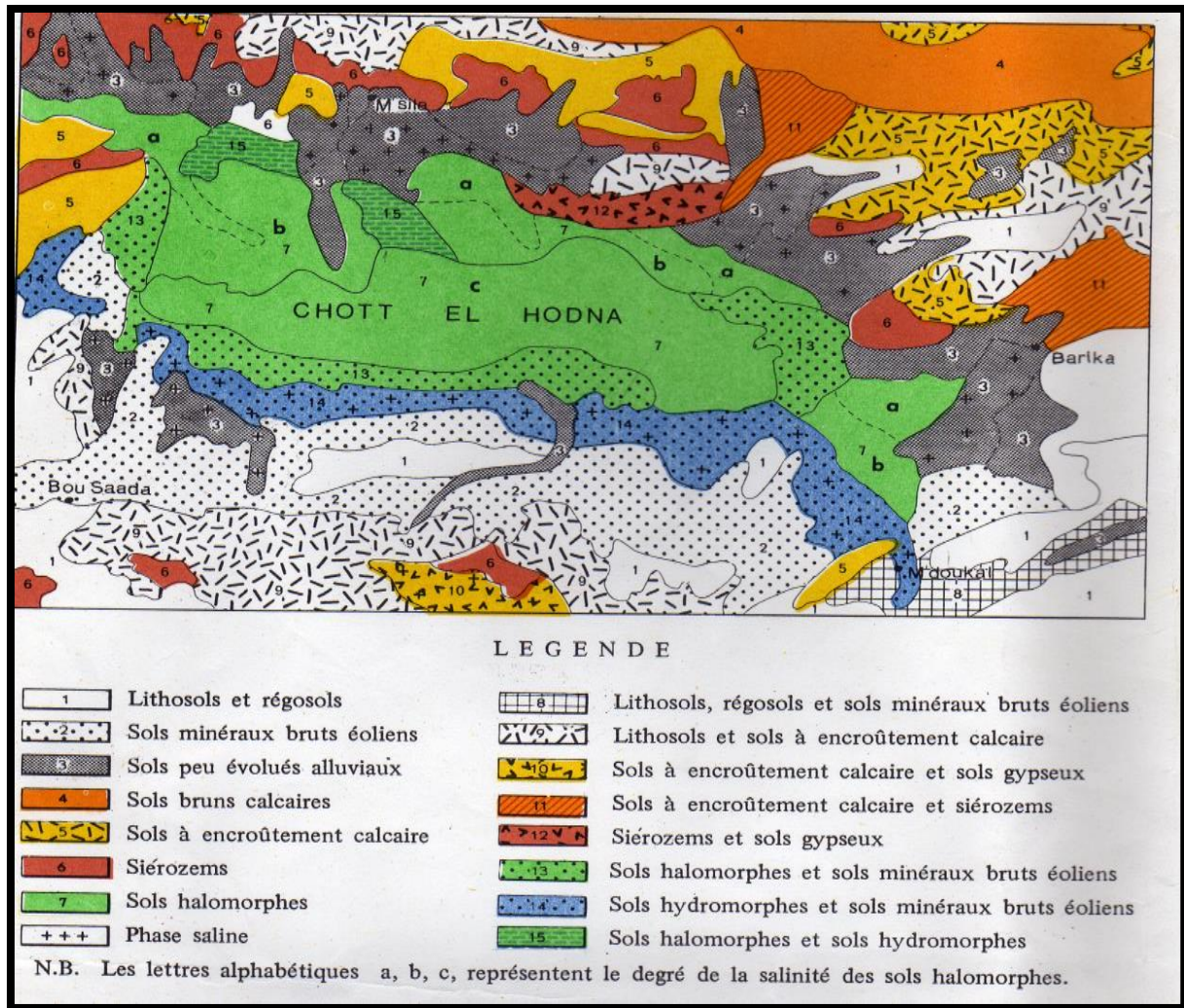


Figure II.8. Carte pédologique du Hodna hodna au 1/800.000 (Le Houérou *et al.*, 1975).

1.1.7 .3. Hydrologie

Le Chott El Hodna appartient au grand bassin versant du même nom (no 5), situé dans la région hydrographique Algérois-Soummam-Hodna (Figure II.9) (Bounab, 2018). Parmi les oueds qui alimentent le Chott, les principaux sont les suivants (Figure, II.9).

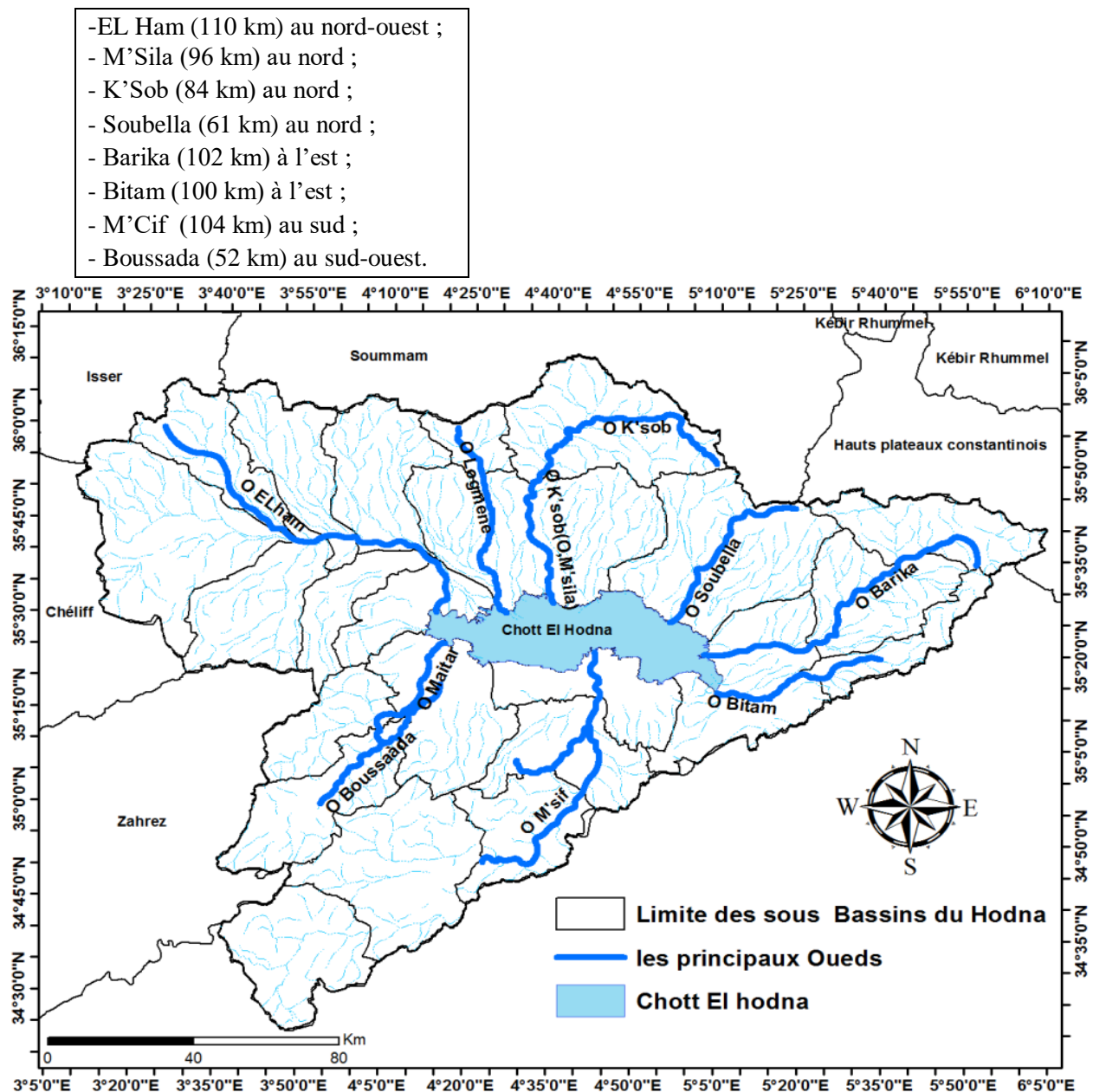


Figure II.9. Les principaux Oueds alimentent le Chott El hodna. Source: propre élaboration.

Les principaux aquifères du bassin versant sont situés dans les plaines du Hodna (110 hm³) (Figure, II.10), Belezma (6 hm³) et Aïn Rich (14 hm³) pour un volume total de 130 hm³ (Agence de bassin Algérois-Hodna-Soummam, 2002).

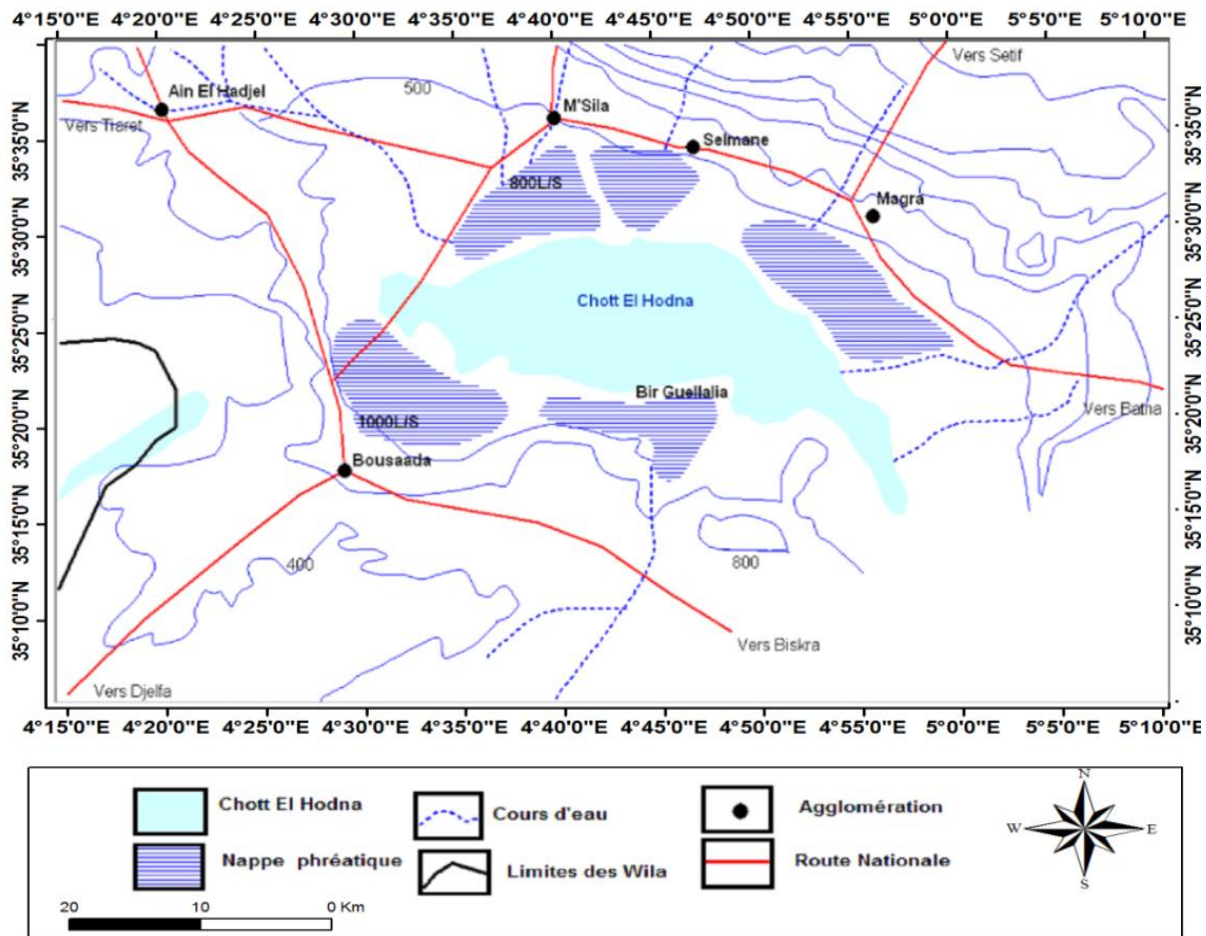


Figure II.10. Localisation des aquifères à proximité du Chott el Hodna.(ANAT,2009).

1.1.7.3. La flore

Le Chott EL Hodna, fait partie du paysage végétal naturel steppique qui font partie du paysage végétal des hautes plaines steppiques à l'exception des reliefs montagneux où prédominent des formations pré-forestières et des fonds d'oueds, lesquels sont colonisés par une végétation ripicole à structure arbustive à arborescente.

La répartition des communautés végétales du Nord au Sud de ce milieu a une relation avec deux principaux facteurs, facteur d'ordre climatique qui est favorable aux steppes graminéennes ou chamaephytiques et facteur d'ordre édaphique (salinité et sables) favorise l'apparition des plantes halophiles ou psamophiles et facteur d'ordre anthropique (Jean et Franco,1995 ; kaabeche,1995).

Chott El Hodna renferme une richesse floristique composée de 29 familles couvrants 101 genres et 130 espèces. Parmi ces espèces, nous avons recensées des espèces rares et endémiques (Zerouak *et al.*, 2009). La famille des Astéracées est la famille la plus représenté (Zobiri, 2018).

1.1.7.4. La faune

La zone humide de chott El Hodna caractérisé par leur richesse faunistique diversifiée. Néanmoins , contrairement à la flore, elle est encore très peu connu en raison d'un manque d'études spécifiques .Le Chott El Hodna rassembler principalement 123 espèces d'oiseaux, 20 espèces de mammifères, 10 espèces de reptiles ((Bensaci et al., 2010 ;Guergueb *et al*, 2014; Zoubiri, 2018 ;Ladgham-chikouche et Zerguine, 2000).

1.1.8. Climat

Le climat constitue un élément essentiel qui règle l'existence et la distribution des végétaux et des animaux, C'est un facteur clé de valorisation des milieux naturels, ce qui nécessite une investigation analytique de ses composantes (Merdas, 2007).

Pour étudier le climat; il est nécessaire de collecter et d'interpréter des données climatiques (pluie, température, vent, humidité, etc...), sur une longue période d'observations afin de déterminer les variations interannuelles qui sont importantes pour la répartition, le développement et le comportement des êtres vivants (Aliat, 2018).

➤ Précipitations

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance de la saison des pluies et saison sèche, qui joue un rôle essentiel pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres et aquatiques, aussi pour la distribution des êtres vivants (Ramdane, 1984; Ramade, 1982).Le climat méditerranéen se caractérise par des précipitations généralement faibles et mal réparties dans le temps.la précipitation est la totalité de la lame d'eau recueillie par la pluviométrie. Elle est de d'origines divers : pluie, neige, grêle...etc.

➤ Les températures

Le facteur thermique a une influence capitale sur les comportements des organismes par le contrôle qu'il exerce sur l'ensemble des processus vitaux.

La croissance des espèces ainsi que leur répartition géographique sont étroitement dépendantes de la température (Dajoz, 2006). Elle détermine les grandes régions climatiques terrestres, sa variation influe sur l'évaporation et l'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux.

1.1.8.1. Les données climatiques de la station météorologique de M'sila

Les données climatiques proviennent de la station météorologique de M'Sila (Cette station, située d'environ 20 km au Nord de notre zone d'étude, d'une latitude de 35° 40' N, et d'une longitude de 04° 30' E, avec une altitude de 441 m) et couvrent une période de 30 ans allant de 1989 à 2018.

1.1.8.1.a les précipitations

L'examen de la répartition mensuelle des précipitations montrée dans le tableau II.2, montre que la valeur maximale des précipitations est enregistrée dans le mois de décembre (25mm) alors que le mois le moins pluvieux est le mois de juillet avec (4 mm) avec une moyenne annuelle de 193 **mm**. Le régime pluviométrique est de type APHE.

Tableau II.2. Répartitions moyennes mensuelles des précipitations en mm pour la série (1989-2018).

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M'sila (1989-2018)	19	13	15	20	23	9	4	8	25	22	18	17
Précipitations Moyenne annuelles = 193 mm												

Source : Centre météorologique station de M'sila.

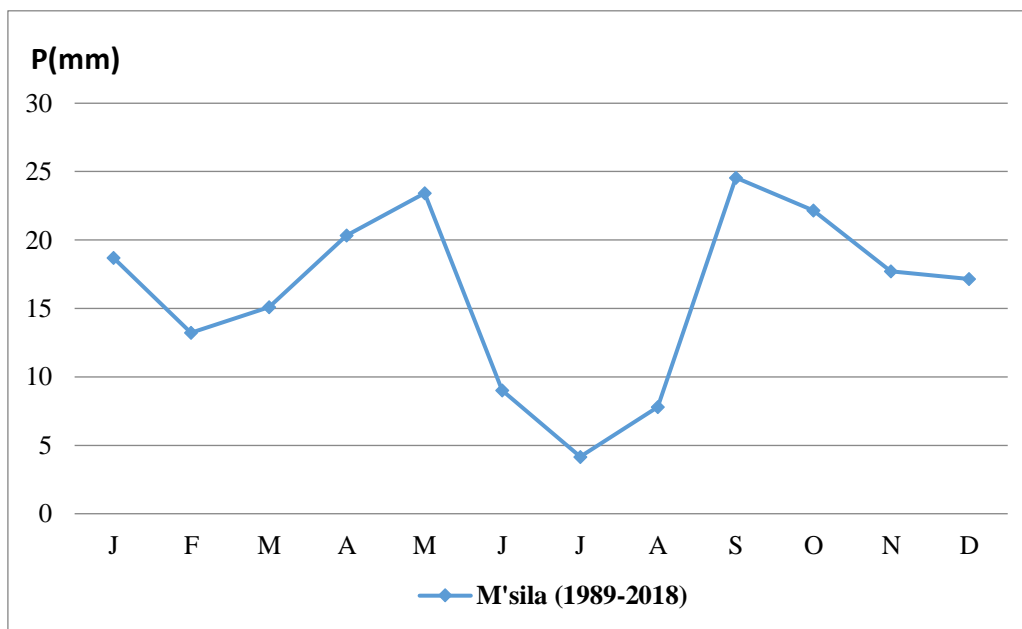


Figure II.11. Précipitations moyennes mensuelles de la région de M'sila (période 1988-2018).

1.1.8.1. b Les températures

L'évaluation des températures moyennes mensuelles (tableau II.3) montre que le mois le plus froid est le mois de Janvier 2(°C), et le mois le plus chaud est le mois de Juillet 40,4°C avec une température moyenne annuelle de 19.6 °C. L'amplitude thermique de la région d'étude est estimée à 21,19 (°C).

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{M: moyenne mensuelle des températures maximales} \\
 \text{m: moyenne mensuelle des températures minimales} \\
 \text{Moyenne: } M+m/2= \text{température moyenne mensuelle} \\
 \text{A: } M-m= \text{amplitude thermique.}
 \end{array} \right\}$$

Tableau II.3. Températures moyennes annuelles (en °C) pour la série entre (1989-2018)

M'sila (1989- 2018)	moins T(°C)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
	T max	16,1	18,2	23,2	26,3	31,2	36,9	40,4	39,8	34,5	28,8	21,1	16,3
T min	2,0	2,3	5,6	8,8	13,7	19,3	23,1	23,0	17,9	12,6	6,9	3,1	
T moy	9,1	10,3	14,4	17,6	22,4	28,1	31,7	31,4	26,2	20,7	14,0	9,7	

Source : Centre météorologique station de M'sila.

1.1.9 Synthèse climatiques

1.1.9.1. Les indices climatiques

Plusieurs indices de classification climatique ont été décrits, et les plus couramment utilisés sont calculés et retenus dans le cadre de cette étude.

- Indice de MARTONNE (Ia) (1926)

La formule de calcul de cet indice est la suivante, $I_{AM} = P / T + 10$

Où P : Pluviométrie annuelle moyenne (mm) ;

T : Température annuelle (°C).

Tableau II.4. Valeurs de l'indice d'aridité (Guyot, 1999).

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper-aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 50$	Humide

Pour la Zone d'étude de M'sila $I_a = 6.5$ sa valeur est comprise entre 5 et 10, le climat de la région d'étude est donc de type **Aride**.

1.1.9.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1957)

Le diagramme ombrothermique est établi selon la méthode de Bagnouls et Gaussen (1957), dont les températures sont reportées à l'échelle double des précipitations. Cela permet de déterminer la période sèche durant laquelle la moyenne mensuelle des précipitations du mois est inférieure ou égale au double de la température ($P \leq 2T$) (Gaussen, 1954).

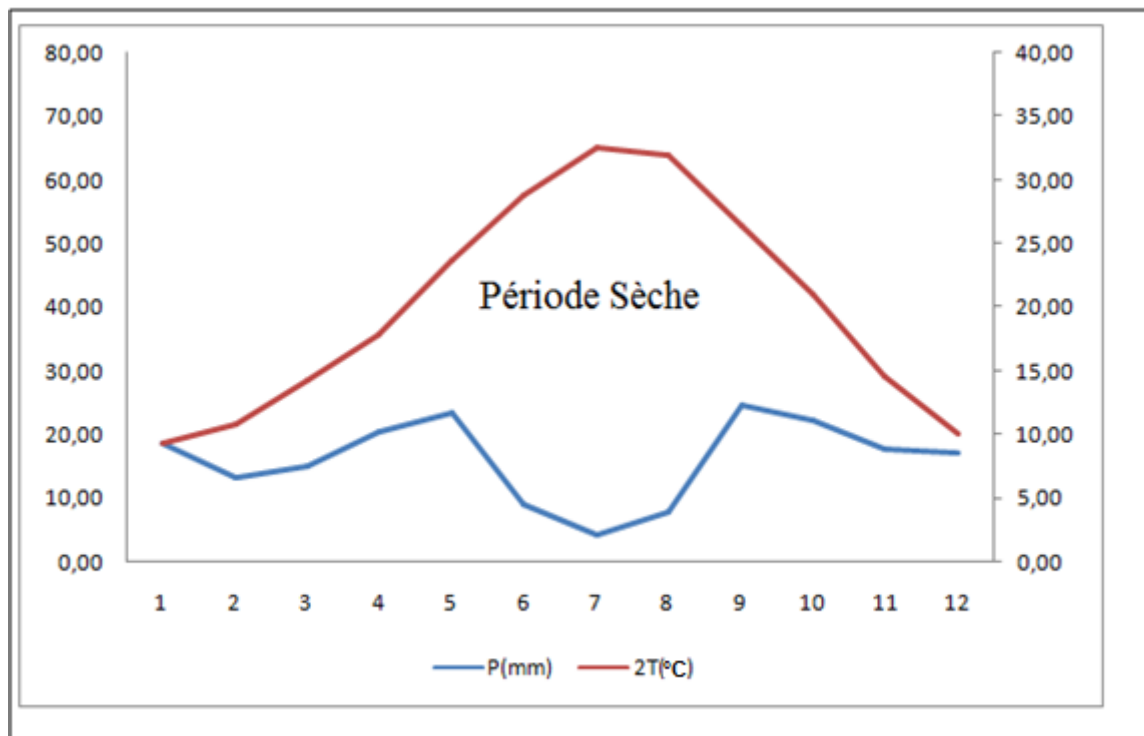


Figure II.12. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pour la région de M'sila.

D'après la figure II.12, la région de M'sila est caractérisée par une période sèche durant toute l'année.

1.1.9.3. Caractérisation Bioclimatique des régions d'étude

1.1.9.3.1. Quotient Pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique ou indice climatique sert à définir les cinq différents types de climat méditerranéen, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne.

$$Q_2 = 2000 \left[\frac{P}{(M^2 - m^2)} \right] \quad \text{Où}$$

P : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Kelvin (°K).

m : moyenne des minimum du mois le plus froid en degré Kelvin (°K), avec $T (^{\circ}K) = T (^{\circ}C) + 273,15$.

Tableau II.5. L'étage bioclimatique pour la région de M'sila.

Station	Caractéristiques bioclimatiques				
	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Bioclimat
M'sila (1989-2018)	193 mm	40,4	2	17,07	Aride

➤ Climagramme d'Emberger

Stewart (1986) a repris le quotient pluviométrique d'Emberger en le rendant plus pratique en vue d'une meilleure utilisation dans les conditions d'un pays comme l'Algérie.

$$Q2=3,43P.1/(M-m).$$

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud (°C).

m : Moyenne des maximums du mois le plus froid (°C).

Le climagramme d'Emberger ou le diagramme des bioclimats méditerranéens permet de déterminer le bioclimat auquel appartient la station d'étude ainsi que la variante de l'hiver.

Un diagramme des bioclimats méditerranéens est proposé avec :

- En abscisses, la moyenne des minima du mois le plus froid (°C).
- En ordonnées, le quotient pluviométrique d'Emberger,

- **Pour la station de M'Sila :**

P= 193 mm, M= 40,4 °C, m= 2°C.

La figure (II.13) montre que la région la région de M'sila , dans l'étage bioclimatique aride à hiver frais .

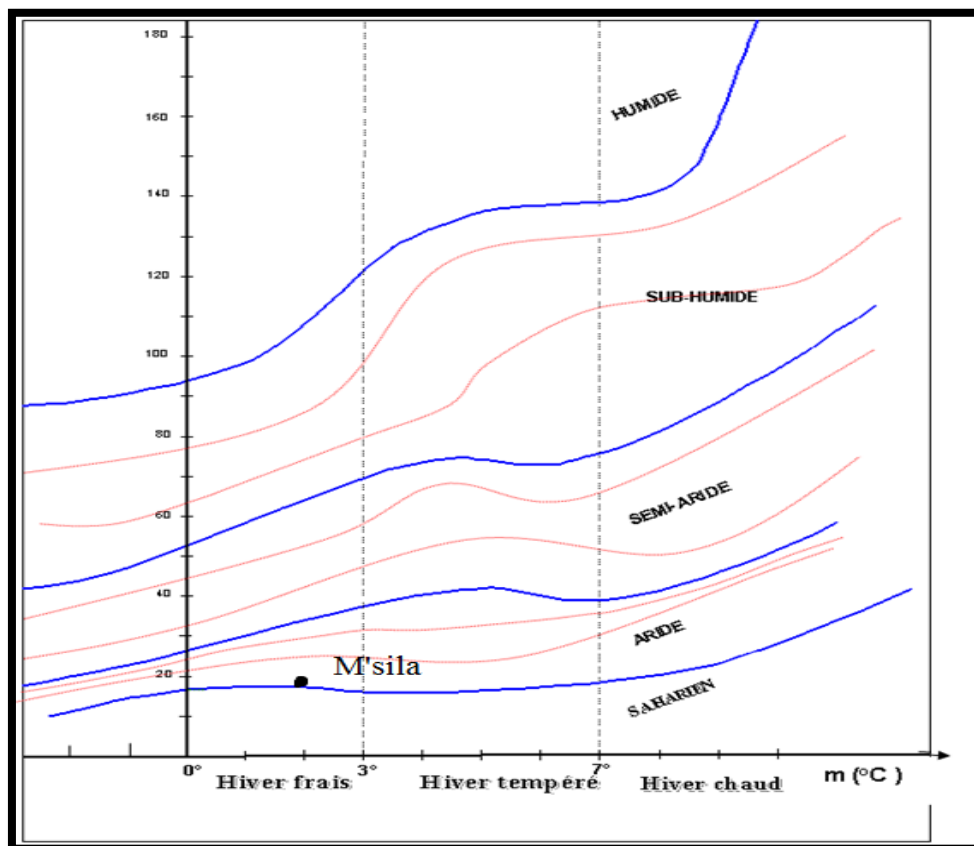


Figure II.13. Positionnement de la station de M'Sila dans le climagramme d'Emberger.

1.1.10. Données socio-économiques de la région d'étude M'sila

La Wilaya de M'sila est une Wilaya à vocation agro-pastorale et ce grâce à l'importance de ses parcours, Dans le domaine agricole, la wilaya était connue dans le passé par ses cultures extensives dont la bonne production était conditionnée par la pluviométrie. Cependant, en raison la période de sécheresse prolongé dans le pays, tous les agriculteurs ont opté principalement pour l'activité de l'élevage ovin en raison de la domination des parcours (Tableau II.6).

Tableau II.6. Répartition des terres, production végétale et l'effectif animal de la Wilaya de M'sila :

Données	Répartition générale de terre					
	S.A.T	S.A.U	Parcours.et Pacages	Forêts et Halfa	Terres Improductives	Superficie Irriguée
Wilaya de M'sila	1 817 500 ha	277 592 ha	1 029 564 ha	412 124 ha	170 610 ha	41 667 ha

Production végétale							
Arboriculture		Céréale		Maraîchage		Fourrages	
Superficie	Production	Superficie	Production	Superficie	Production	Superficie	Production
19 122 ha	630 465 qx	21 840 ha	460 870 qx	9 400 ha	2 512 000 qx	40 500 ha	1 430 000 qx

Production animale (Têtes)	Ovins	Bovins	Caprines	Camelins	Equins
Wilaya de M'sila	1 630 000	34 700	128 000	1 360	1 750

Source: DSA ; M'sila 2018.

1.2. La Zone de La Sebkhha de Bazer Sakhra (Sétif)

1.2.1. Situation administrative

La Sebkhha de Bazer-Sakhra est située dans le secteur méridional des hautes plaines sétifiennes (Figure, II.14) qui font partie des hautes plaines telliennes. Elle est située à 9 km au Sud de la ville d'El Eulma et à 3 km au sud du village d'El-Mellah (Bensaci, 2013).

- ✓ Géographiquement Sebkhhet Bazer occupe d'une superficie de 4 379 ha et dont l'altitude est la plus élevée de la région de Sétif : 910 à 917m et retrouve ente 36° 00' et 36° 05' de latitude Nord et entre 5° 37' et 5° 45' de longitude Est (Belbechouche et Sakhraoui, 2007).

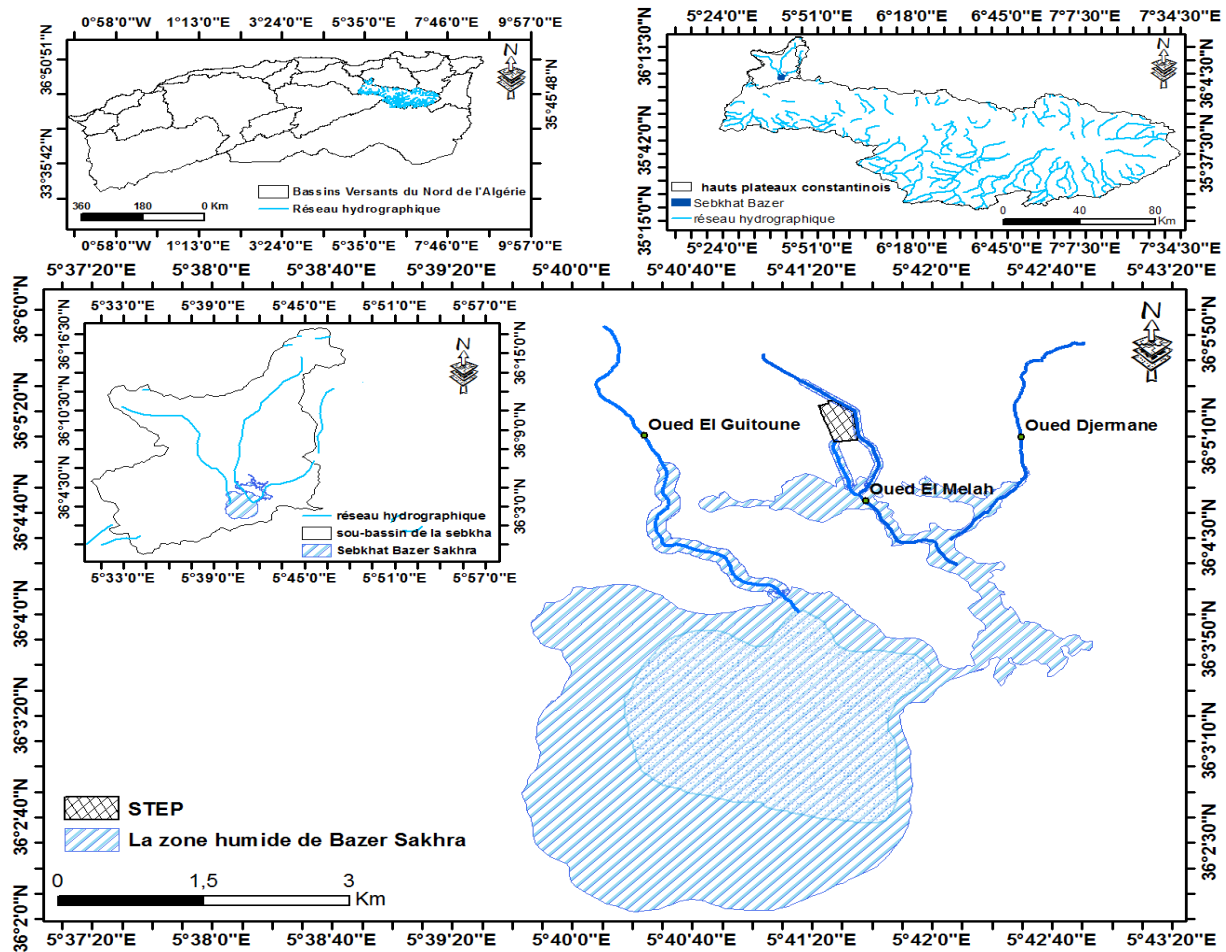


Figure II.14. Situation géographique de la sebkha de Bazer-Sakhra .

Source : Propre élaboration.

1.2.2. Description du site de sebkhet Bazer

Le site, d'origine naturelle, est une dépression naturelle salée, permanente et fermée dont l'altitude est la plus élevée de la région de Sétif. Il s'enfonce dans un relief généralement plat où l'Oued El Mellah qui alimenté par les eaux usés ménagère de la ville d'El Eulma traitées par la STEP de la commune de Bazer-Sakhra qui est située à quelque km au Nord de cette Sebkha, ainsi que par les effluents industriels de la zone d'Eulma et du village d'El Melah. C'est lui qui assure l'hydromorphie de la sebkha en saison estivale (Baaziz, 2012). En hiver et durant les années pluvieuses le niveau d'eau peut atteindre 1,5 m. Elle a été classée comme site Ramsar le 12.12.2004 par le Critère 2 et le Critère 6.

1.2.3. Géologie-pédologie

Le bassin de la sebkha est formé de vases salées souvent inondées surtout à l'hiver et recouvertes à l'été par des croutes de sel (Harrag, 1998), L'origine du sel est attribuée au voisinage du trias. Mais l'étude géophysique montre que celui-ci appartient à une lame peu

épaisse associée soit au front des nappes telliennes, soit au chevauchement de la série supérieure de l'ensemble allochtone Sud-Sétifien (Gouga, 2015). Les formations géologiques constituant la sebkha datant du Quaternaire sont peu ou pas tectonisés (Djerdali, 1994).

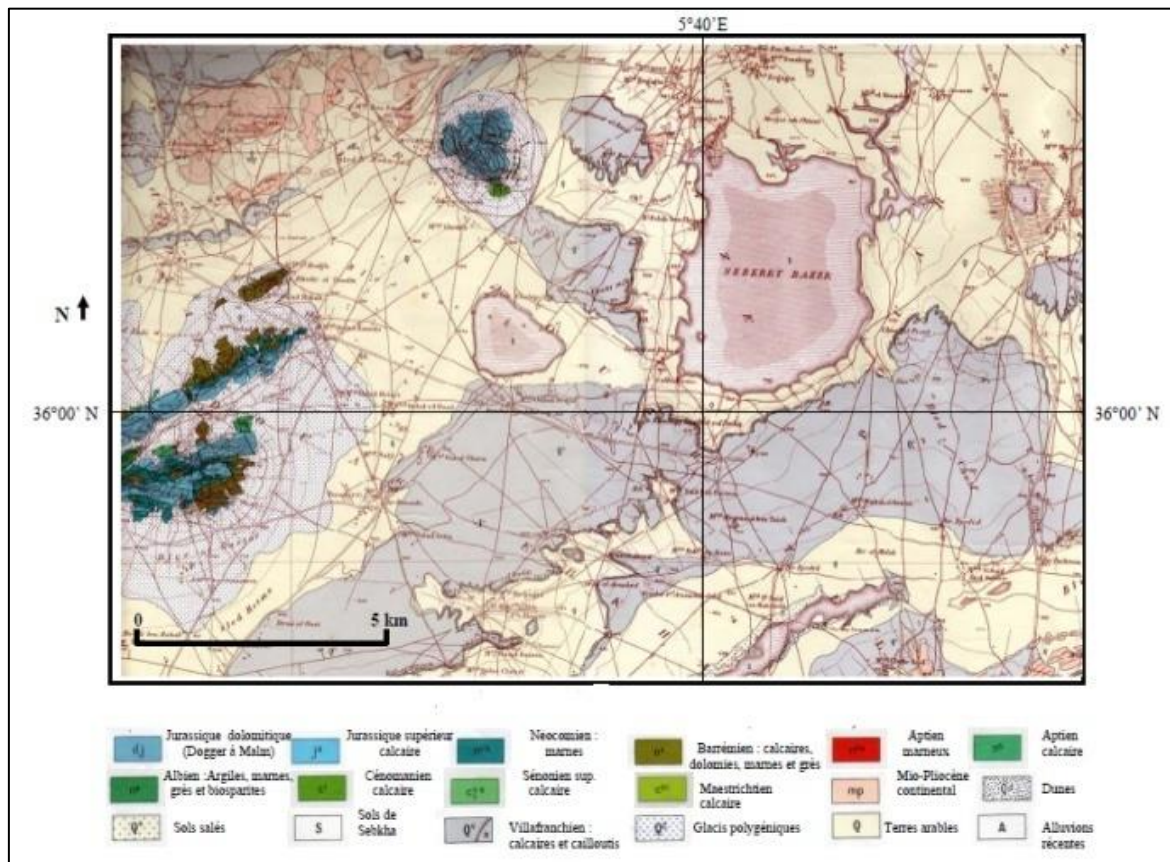


Figure II.15. Carte géologique de la région de Bazer Sakhra (Gouga, 2014).

D'après la carte pédologique (Figure, II.16), nous pouvons distinguer quatre types de sols :

- **Les saliorthides ou sols salés**, dominent avec 70%, ces sols résultent de la prédominance de migrations ascendantes d'eau salée provenant d'une nappe peu profonde (Djerdali, 1994), occupent les parties Nord-Est et Sud, leurs humidités ne dépassent généralement les 20% (Baaziz, 2012).
- **Les calciorthides ou sols bruns calcaires**, avec 20%, ils sont rencontrés dans l'Est de la sebkha. Ils possèdent un horizon supérieur peu organique reposant sur un horizon calcique. La plupart de ces sols ont une teneur en carbonates dépassant largement les 15%, leur humidité est de l'ordre de 42% (Djerdali, 1995).
- **Les Haploxerolles ou Scérorendzines**, ce sont des sols argileux en surface dans la majorité des cas .
- **Les Paléorthides**, ces sols occupent la région méridionale de la sebkha et délimitent tout son pourtour (Baaziz, 2012).

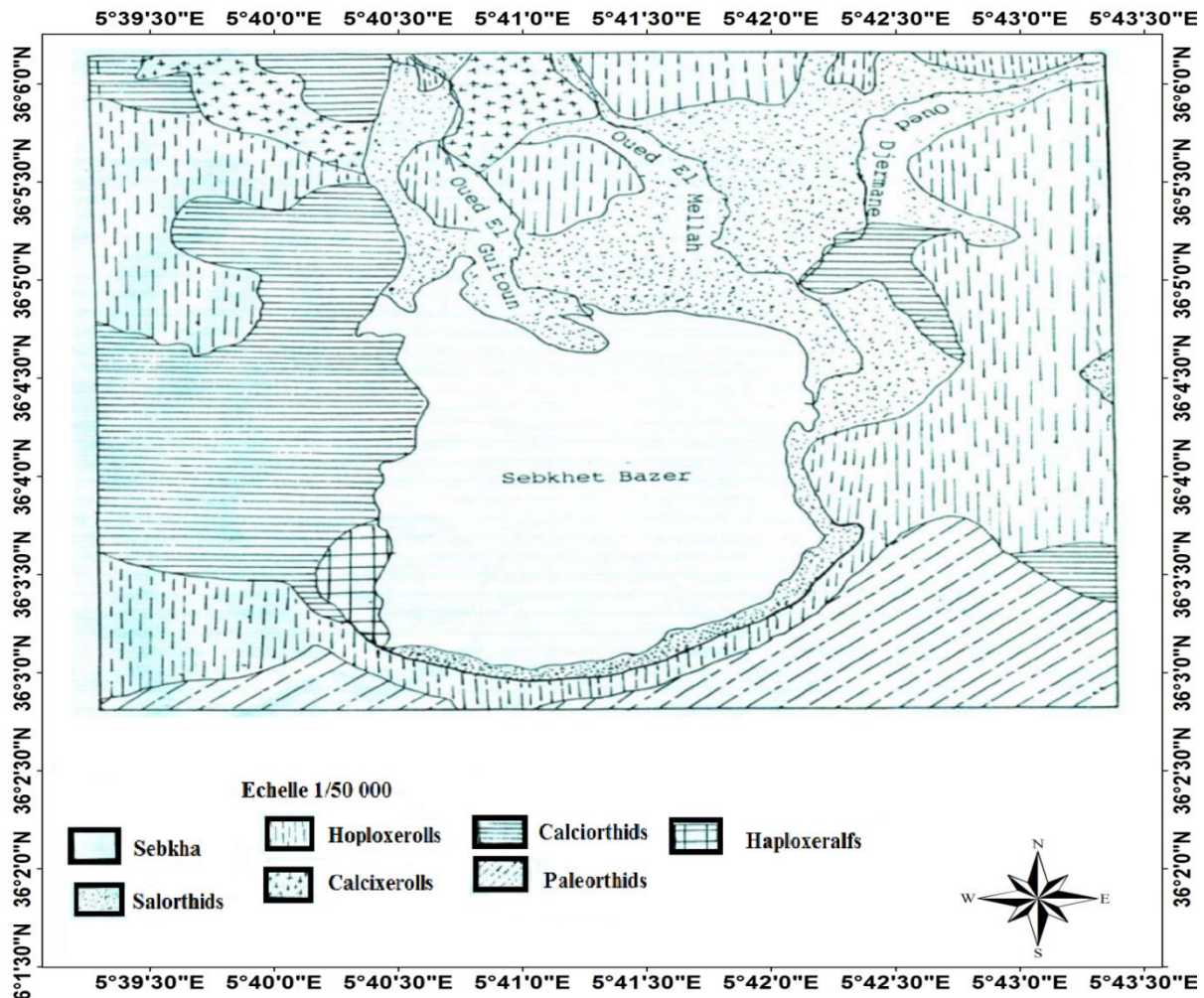


Figure II.16. Carte pédologique de la sebkha de Bazer-sakra (Baziz ,2012).

D'après Aliat .(2018) , le sol de la zone humide de Bazer -Sakhra est caractérisé par un pH neutre et une texture moyenne, très salé, modérément calcaire et gypseux sauf au nord de sebkha qui est non gypseux.

1.2.4. Hydrologie

La sebkha de Bazer-Sakra est une dépression endoréique qui représente un réservoir aquifère non négligeable des trois principaux oueds qui l'alimentent (Figure, II.17) :

- ❖ Oued Djermane, temporaire.
- ❖ Oued El-guitoun, temporaire.
- ❖ Oued El-Mellah, permanent.

Les oueds Djermane et El-Mellah se rejoignent pour se jeter dans la partie Nors-Est de la sebkha. Oued El-Guitoun aboutit dans la partie septentrionale de la sebkha.

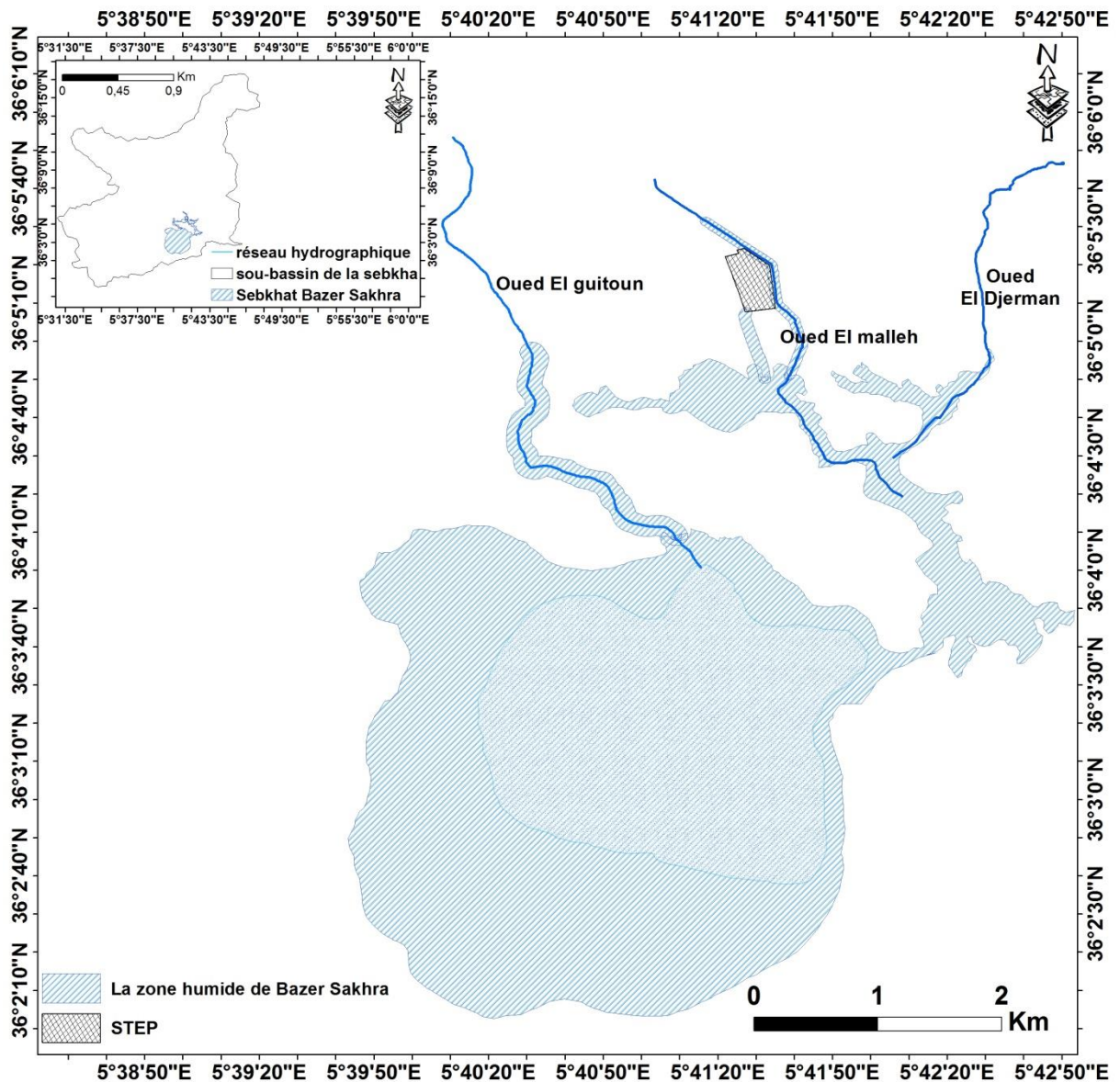


Figure II.17. Réseaux hydrographique de la Sebkhet Bazer-Sakhra. Source : Propre élaboration.

Il faut noter qu'en plus de ces cours d'eau naturels, il y a un apport hydrique par les biais des eaux usées traitées par la station d'épuration de la commune de Bazer Sakhra et les eaux usées industrielles de la ville d'El-Eulma, aussi par les eaux domestiques des agglomérations autour de la sebkha c'est lui qui assure l'hydromorphie de la sebkha en saison estivale, le niveau d'eau peut atteindre 1,5 m hivernales des années les plus pluvieuses. Le débit moyen annuel du bassin versant est d'environ 7,3 millions de m³ (Bechtel, 1975 ; Baziz, 2012). Cependant, ce niveau d'eau baisse remarquablement durant les saisons sèches dans la partie Nord-orientale de la sebkha sans qu'elle s'assèche et reprend progressivement son niveau habituel avec les chutes de pluies.

1.2.5. La flore

- La sebkha est entourée par une ceinture de végétation constituée principalement de plantes halophytes dont les principales sont *Suaeda fruticosa*, *Atriplex halimus*, *Atriplex glacica*, *Salsola fruticosa*, plantes caractéristiques des zones salées, présentes durant toute l'année (Djerdali, 1994).
- Sur les bords des régions occidentale, nous pouvons observés des touffes de joncs dominées par *Juncus maritimus* et dans les régions septentrionales, orientales et nord-orientales, nous pouvons observer la dominance de phragmites *Phragmites australis* et de typha *Typha angustifolia* avec une grande prairie à *Cyperus longus* et *Cynodon dactylon*. Le plan d'eau est riche en *Lemna minor* (Baaziz, 2012).
- Au printemps, des chlorophycées se développent sur toute la surface de l'eau. Il est important de signaler que les cultures céréalières (blé dur, blé tendre et orge) dominant de loin les champs entourant le plan d'eau de la sebkha (Bouaguel ,2014)

1.2.6. La faune

Malgré l'importance de la zone humide de bazer- Sakhra aucun suivi scientifique n'a été faite sur la faune présente dans la sebkha. Mis à part les dénombrements d'oiseaux d'eau hivernants réalisés par les services des forêts de la wilaya de Sétif, qui est recensée chaque année durant la première quinzaine du mois de janvier et ce depuis 1971 jusqu'à ce jour, exception faite pour les années allant de 1992 à 1997, qui par manque de personnels qualifiés et a cause des conditions sécuritaires les dénombrements n'ont pas pu être réalisés (Bouaguel ,2014). Sur la trentaine d'espèces observées, les deux tiers sont des oiseaux d'eau. Une moyenne annuelle de 2621 oiseaux est relevée. Le Tadorne de Belon (*Tadorna tadorna*) arrive en tête de liste (DGF, 2004).

1.2.7. Climat

D'une manière générale, les hautes plaines Sétifiennes se caractérisent par un climat méditerranéen, de type continental semi-aride, aux hivers rigoureux, humides et aux étés chauds et secs (Aliat, et Kaabeche, 2013).

1.2.7.1. Les données climatiques de la station météorologique de Sétif

Pour notre zone d'étude, nous avons utilisé des données les plus récentes de la station météorologique de (Sétif) observées sur une durée de 30 ans (1989-2018).

1.2. 7.1 .a. précipitations.

Les données pluviométriques regroupées dans le tableau (II.7) montrent que la distribution des précipitations dans l'année est très irrégulière d'un mois à un autre et d'une

année à une autre, avec une moyenne annuelle de **385,39 mm**, le régime pluviométrique est de type PHAE, le maximum de précipitation est observé durant le mois d'Avril (43,8mm) et le minimum durant le mois de Juillet (13,2 mm).

Tableau II.7. Répartitions moyennes mensuelles des précipitations en mm pour la série (CMSS ; 1989-2018).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Période												
p(mm)	37,1	31,2	38,3	43,8	40,5	22,5	13,2	20,4	36,2	31,1	32,8	38,3
Précipitations moyennes annuelle = 385,39 mm												

Source = Centre météorologique station de Sétif.

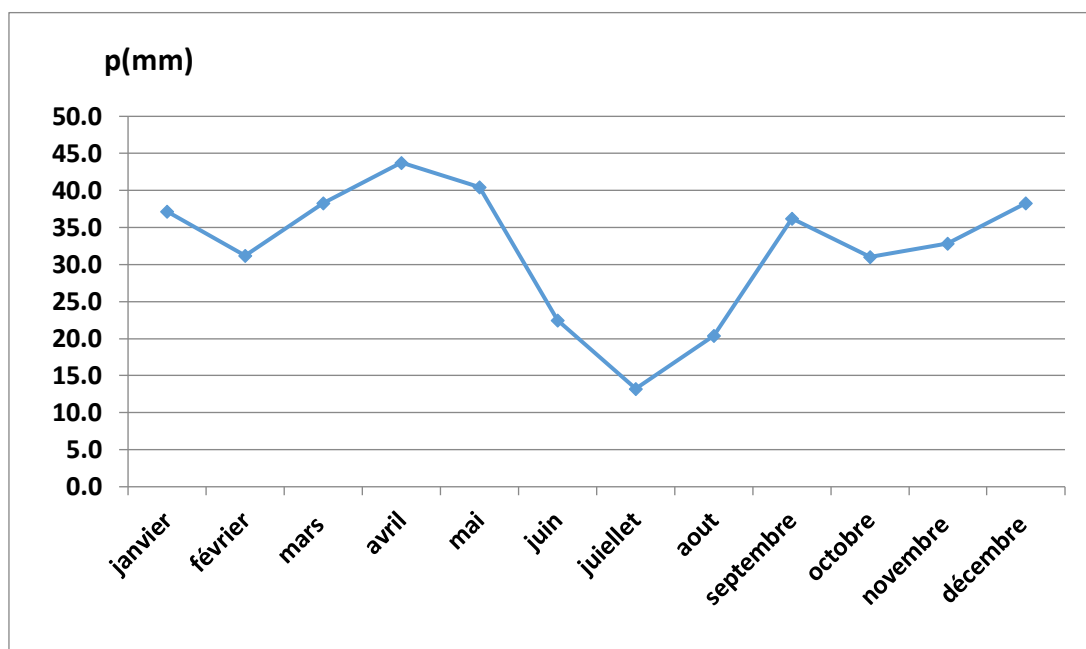


Figure II.18. Précipitations moyennes mensuelles de la région de Sétif (période 1988-2018).

1.2. 7.1 .b. Les températures

A partir du tableau (II.8), nous constatons que le mois de juillet est le mois le plus chaud avec une température maximale de l'ordre de **34,0 °C** et que le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température minimale de l'ordre de **0,9 °C**, avec une température annuelle moyenne de 14,8 °C. L'amplitude thermique (33,1°C).

Tableau II.8. Températures moyennes annuelles (en °c) pour la série entre (1989-2018)

Mois T (°C)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
	T max	10,2	11,4	14,9	17,9	23,6	29,5	34,0	33,2	27,5	22,1	15,2
T min	0,9	1,4	3,7	5,8	10,2	14,8	18,5	18,5	14,6	10,5	5,3	1,8
T moy	5,6	6,4	9,3	11,9	16,9	22,1	26,2	25,8	21,0	16,3	10,2	6,4

Source = Centre météorologique station de Sétif.

1.2.8. Synthèse climatiques

1.2.8.1. Indice de Martonne (Ia) (1926)

- La station du Sétif (1989-2018) : $I=15.73$.

- Pour la Zone d'étude de Bazer Sakhra. **I** étant compris entre 10 et 20, le climat de la région d'étude est donc de type **semi-aride**.

1.2.8.2. Diagrammes Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

La figure II.19 montre que la durée de la saison sèche au niveau de la région de Sétif s'étale de la mi-Mai jusqu'à la mi-Septembre. On peut déduire que la région d'étude est caractérisée par un climat **semi-aride** avec une saison sèche qui dure environ 5 mois.

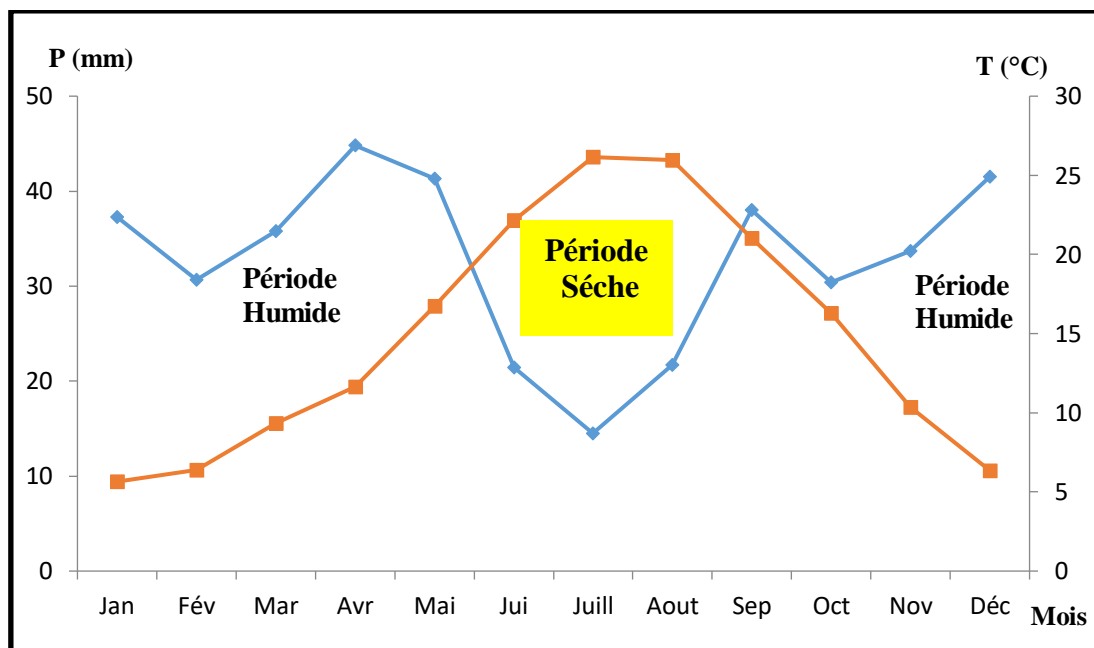


Figure II.19. Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région Sétif.

1.2.9. Caractérisation Bioclimatique des régions d'étude

1.2.9.1. Quotient Pluviométrique d'Emberger

Tableau II.9. L'étage bioclimatique pour la région de Sétif.

Stations	Caractéristiques bioclimatiques				Bioclimat
	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	
Sétif (1989-2018)	385,39	34	0,9	40,06	Semi-aride

1.2.9.2. Climagramme d'Emberger :

Pour la station de Sétif :

M=34 (°C) m= 3,352 (°C) P= 385,39 mm.

La figure (II.20) montre que la région la région de Sétif, dans l'étage bioclimatique semi aride à hiver frais.

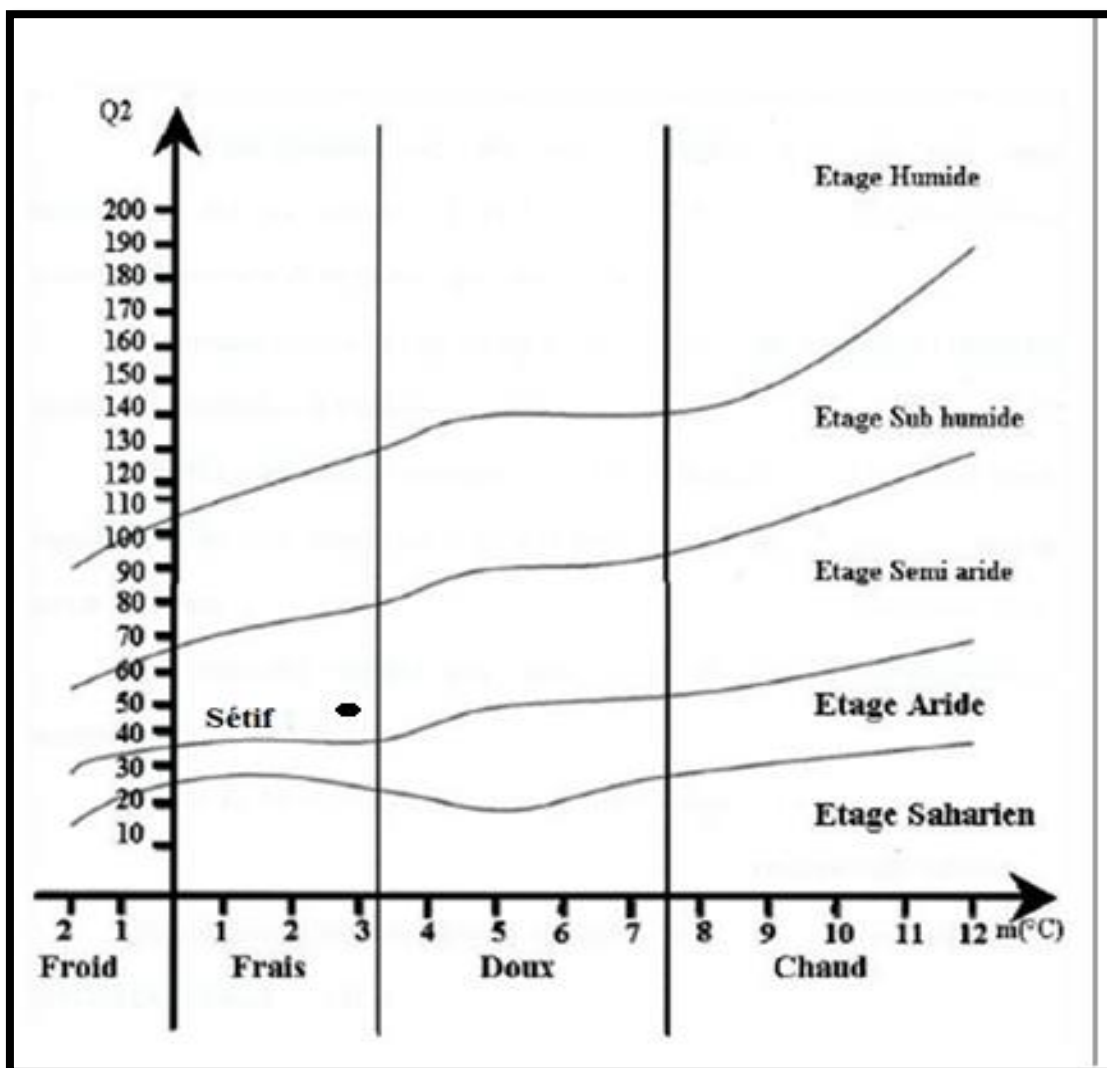


Figure II.20. Le Climagramme d'Emberger pour les régions de Sétif.

1.2.10. Donnée socio-économique

Sebkhet Bazer est caractérisé essentiellement par l'activité agriculture et l'élevage.

Tableau II.10. Répartition des terres, production végétale et l'effectif animal de la commune Bazer-sakhra.

Répartition générale de terre (ha)				
Données Commune	S.A.T	S.A.U	Parcours	Terres improductives
Bazer Sakhra	11700	10550	550	600

Répartition générale de terres agricoles (ha)		
maraîchère	arboricultures	céréale
465	120	8047

Production animal (Têtes)	Ovins	Bovin	Equins
	15980	9200 dont vache laitière 5144	144

Source : DSA (Sétif ;2018).

1.2.11. Menaces écologiques et environnementales

➤ **Le pâturage**, le **surpâturage** et le **piétinement** des plantes composant la ceinture de végétation de la sebkha provoquent également une destruction du tapis végétal et une réduction de la flore existante (Baaziz, 2012).

➤ **Le braconnage** : des actes de braconnage sont observés tout le long de l'année dans ce site, et même pendant la saison de reproduction. Exemple : la chasse du Flamant rose.

➤ **La pollution** : Les eaux usées domestique traité par la STEP de Bazer –Sakhra et les eaux usées industrielles de la ville d'El-Eulma sont directement déversées dans l'oued El maleh qui se rejoignent avec l'Oued Djermane qui a son tour chargé par les eaux usées domestique des zones qui la traverse (El Chorfa), pour se jeter dans la partie Nors-Est de la sebkha. Donc cette zone d'importance internationale est de plus en plus menacée par la pollution anthropique qui risque de diminuer ses potentialités écologiques et économiques.

2. Echantillonnage

2.1. Prélèvements d'échantillons

L'échantillonnage est la première étape de la chaîne de mesure et qui conditionne l'ensemble des résultats obtenus en aval, car il conditionne les résultats analytiques et leurs interprétations, qui en seront données. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (Rodier *et al.*, 2009).

Les sorties de prospection de terrain nous ont permis d'effectuer, une vue générale sur les sites d'échantillonnage pour chaque stations étudiées:

- **La zone des Oueds du Hodna**

Afin de choisir des stations les plus représentatives, tant du point de vue naturel que du point de vue pression anthropique (agglomération, eaux usées, domestiques, industrielles et agricoles), qui affectent la qualité physico-chimique et écologique d'un cours d'eau.

L'échantillonnage de l'eau a été réalisé dans plusieurs stations pendant les mois (avril-mai 2018), dont ils sont réparties le long des oueds qui déversent ces eaux dans la zone humide de chott El Hodna, de telle sorte qu'elles soient accessibles et reflètent les caractéristiques réelles des eaux de surface de la zone d'étude.

- ❖ Notre zone d'étude concerne neuf oueds du bassin versant du Hodna (oued Boussaâda, Oued M'sila, oued K'sob, oued Logmane, oued El Ham1, Oued Leham2, Oued khobana, Oued M'sif, Oud Djnen).

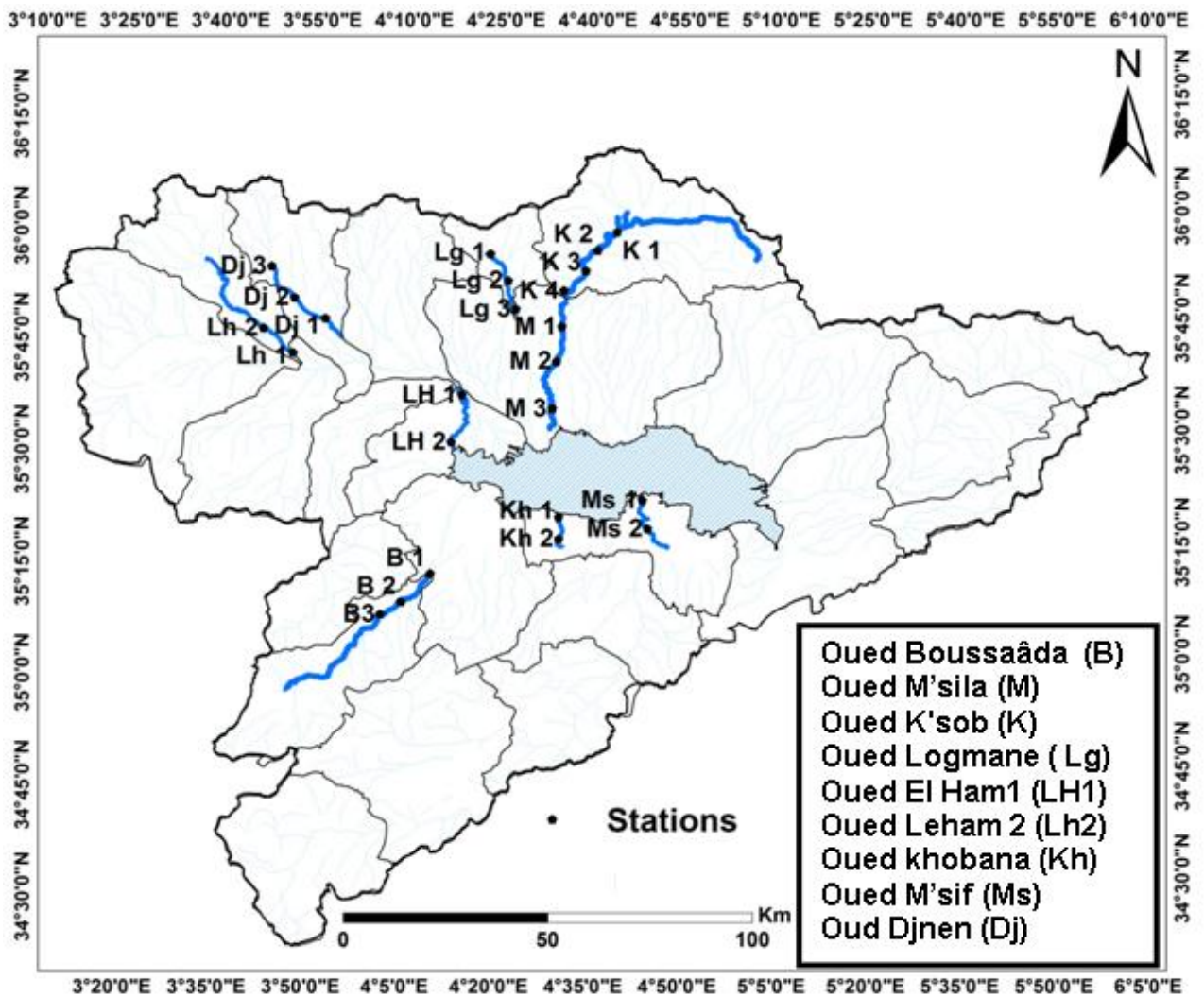


Figure II.21. Localisation des points de prélèvement des oueds du Hodna. Source : Propre élaboration.

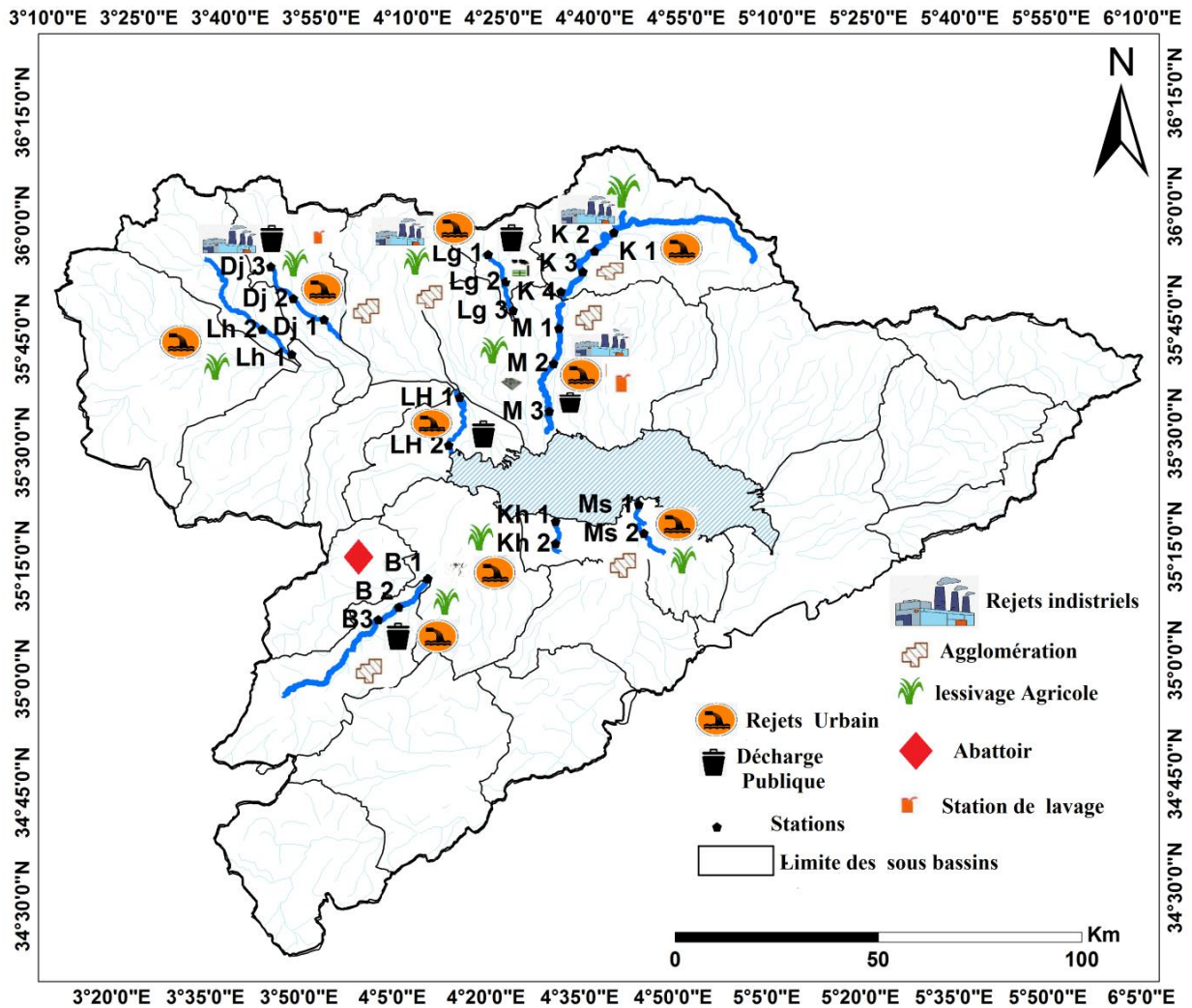


Figure II.22. Carte des différentes sources de pollution des Oueds du Hodna. Source : Propre élaboration.

- **La zone humide de Bazer Sakhra**

Afin d'évaluer la qualité de l'eau de surface des eaux de la zone humide de bazer sakhra, 16 stations d'échantillonnage différentes ont été sélectionnées pendant deux périodes pluvieuse et sèche (2018), en fonction de la position (entrée, centre et sortie du lac) et les oueds qui se jettent dans la sebkha, de l'emplacement des zones d'impact probables et des points de rejet des effluents sélectionnés.

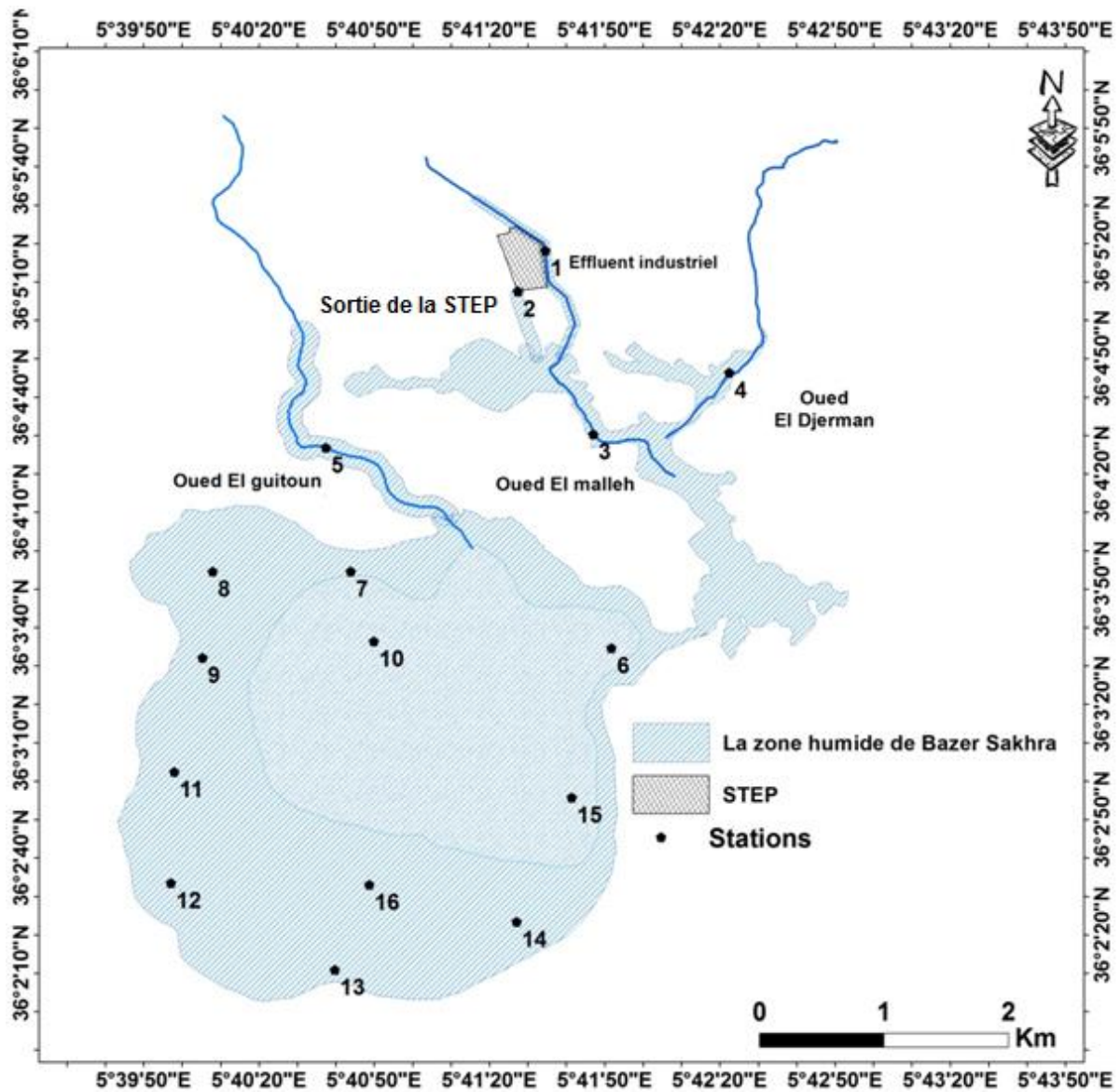


Figure II.23. Localisation des points de Prélèvements de la Sebkat Bazer. Source : Propre élaboration.

Sortie de la STEP

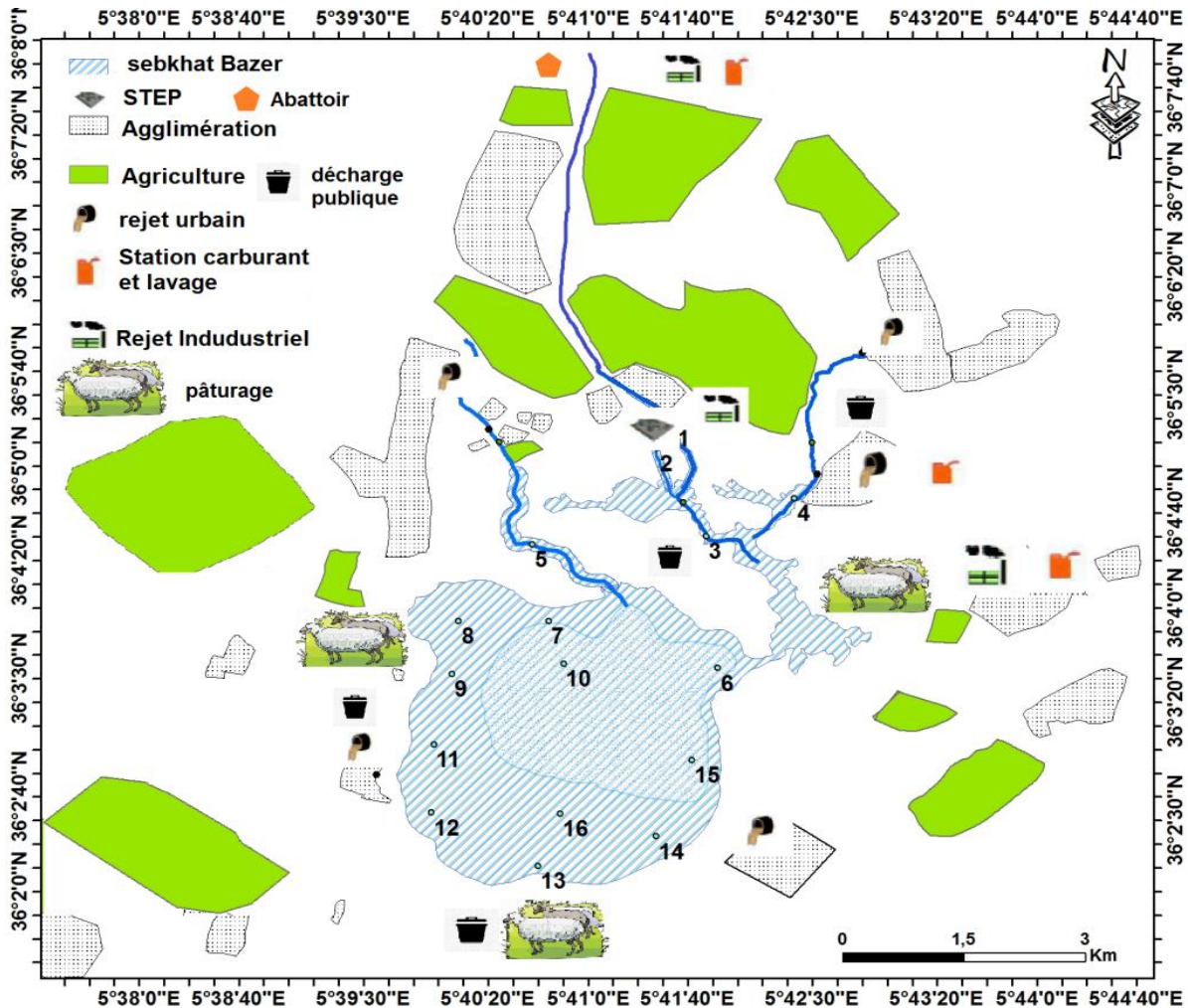


Figure (II.24) : Carte des différentes sources de pollution à proximité de la Sebkhath Bazer.
Source : Propre élaboration.

2.2. Matériel de prélèvements

- flacons jetables en matière plastique 1,5L (pour les analyses physico-chimiques).
- Etiquettes et feutre permanent.
- Glacière et glace ;
- 4 ou 5 m de corde fine ;
- multi paramètre.

Sur les sites de prélèvement, les flacons sont d'abord rincés trois fois avec l'eau à analyser puis ils sont remplis jusqu'au bord en les plongeant à une profondeur de 20 à 30 cm. Durant la période de prélèvement, on évite toute modifications des caractéristiques des échantillons (teneur en gaz, composés volatils dissous, contamination biologique, etc.).

2.3. Conservation, transport et stockage des échantillons

Toutes les eaux résiduaires sont susceptibles de se modifier plus au moins rapidement par suite de réaction physique, chimique ou biologique qui peut avoir lieu entre l'instant de prélèvement et celui de l'analyse. C'est pourquoi nos échantillons ont été mis dans une

glacière pendant le transport, qui, lui-même, a été organisé pour que l'acheminement des échantillons soit assuré dans les meilleurs délais (ne dépassent pas 12h). A leur arrivée au laboratoire, ils ont été conservés au réfrigérateur entre 0° et 4°C.

3. Méthodes de mesures et analyses de l'eau

3.1 Analyses physico-chimique de l'eau

3.1.1 Mesures sur terrain

La température (C°), le pH, la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), le Total des solides dissous (mg/l) et Salinité(‰) ont été mesurées directement in situ à l'aide d'un deux types de multi paramètre (WTW; 3420) (HANNA, 340i WTW). En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions de milieu et susceptible de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site.

3.1.2 Analyse et dosage au laboratoire

Les analyses chimiques de l'eau ont été réalisées au niveau des laboratoires pédagogiques de l'université de M'sila et l'université et de Bordj Bou Arreridj (département SNV et Génie de l'environnement).

- Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par (Rodier, 1996), (Rodier et al ,2009).
- Pour le mode opératoire et les réactifs utilisés de mesure des différents paramètres Chimiques conférer à l'Annexe I.

3.1.2.1. Détermination de l'oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous à été effectuée à laide d'un Oxymétrie au niveau de laboratoire, les résultats est exprimée en mg/l.

3.1.2.2. Détermination de Turbidité (NTU).

La turbidité est mesurée au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre « Hach » à cellule photo-électrique, par la méthode néphélométrique. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphélométrique (NTU).

3.1.2.3. Détermination des Résidu sec

➤ Principe

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

3.1.2.4. Dosage des chlorures

➤ Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

3. 1 .2. 5. Dosage La Dureté Totale

➤ Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'EDTA 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 magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

3. 1 .2. 6. Dosage de calcium

➤ Principe

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage en milieu très basique, pour les valeurs de pH > 10, le magnésium précipite sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas (Rodier et al., 2009). Par ailleurs, l'indicateur choisi, (le Murexide), ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

3. 1 .2. 7. Dosage de magnésium

➤ Principe

Le magnésium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA, ce dosage se fait en présence de noir ériochrome. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions du magnésium libre, puis avec les ions magnésium combiné avec d'indicateur qui vire alors la couleur violet à la couleur bleue.

3. 1 .2. 8. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

➤ Principe

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-). La détermination des volumes successifs d'acide chlorhydrique fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

3. 1 .2. 9. Dosage des nitrates

➤ Principe

En présence de salicylate de sodium, les ions nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, colore en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique.

3. 1 .2. 10. Dosage des Nitrites

➤ Principe

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence des ions ammonium et du phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

3. 1 .2. 11. Dosage des orthophosphates

➤ Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des ortho-phosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

3. 1 .2. 12. Détermination des ions sulfates

➤ Principe

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl_2 :

$$\text{Ba Cl}_2 + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{Ba SO}_4 + 2 \text{Cl}^-.$$

3. 1 .2. 13. Dosage de l'ammonium

➤ Principe

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

3. 1 .2. 14. Détermination de la demande biochimique en oxygène

➤ Méthode instrumentale (OXITOP)

• Description de l'appareil

L'OXITOP est un appareil qui permet de mesurer la DBO_5 à une température constante de 20°C , c'est une enceinte thermostatique avec un système d'agitation. Cette appareil est sous forme des flacons bruns de Winkler qui se ferment avec des têtes qui contiennent des microprocesseurs qui ont pour rôle convertir la valeur digit en DBO.

3. 1 .2.15. Détermination de la demande chimique en oxygène

➤ Méthode instrumentale (DCO mètre).

Le dosage est effectué par une oxydation à l'aide du bichromate sulfurique. Méthode normalisée par AFNOR 1969 (exprimée en $\text{mg d'O}_2/\text{l}$)

4. Evaluation de la Qualité des eaux des zones étudiées

4.1. Indice de Pollution Organique (LECLERCQ et MAQUET, 1987)

Cet indice est calculé en intégrant les concentrations de 4 paramètres chimiques liés à la pollution organique, demande biologique en oxygène (DBO₅), ions ammonium (NH₄⁺), nitrites (NO₂⁻) et phosphates (PO₄³⁻). Le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 5 classes de l'indice de pollution organique (Tableau II.11). Puis de déterminer à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre on fait ensuite une moyenne pour caractériser la pollution en se référant au Tableau(II.12) (Adje *et al.*, 2019).

Tableau II.11. Classes de l'Indice de pollution organique (IPO) (Mezbour *et al.*, 2018).

Paramètres classes	DBO5 mg-O ₂ /l	Ammonium mg-N/l	Nitrite µg-N/l	Phosphates µg-P/l
5	<2	<0.1	5	15
4	2-5	0.1-0.9	6-10	16-75
3	5.1-10	2.4	11-50	76-250
2	10.1-15	2.5-6	51-150	251-900
1	>15	>6	>150	>900

OPI = moyenne des numéros de classe des 04 paramètres.

Tableau II.12. Moyenne des classes et caractérisation de la pollution organique (Bahroun *et al.*, 2011).

Moyenne des classes	Caractérisation de la pollution organique	Cartographie des couleurs
5.0-4.6	Nulle	Bleu
4.5-4.0	Faible	vert
3.9-3.0	Modérée	Jaune
2.9-2.0	Forte	Orange
1.9-1.0	Très forte	rouge

4. 2. Indice de qualité de l'eau IQE (WQI)

IQE est l'un des outils les plus efficaces pour surveiller la pollution des eaux de surface et souterraines, il peut être utilisé efficacement dans la mise en œuvre de programmes d'amélioration de la qualité de l'eau (Singh et Hussian, 2016). Cet indice est l'un des moyens les plus efficaces de communiquer les informations sur les tendances de la qualité de l'eau à la générale publique ou aux décideurs et pour la gestion de la qualité de l'eau (Salcedo-Sánchez

et al., 2016). Cependant, l'importance relative de divers paramètres utilisés dans la formulation de l'indice de la qualité de l'eau est de l'exploitation prévue de l'eau (Rao et al., 2010).

L'indice de la qualité de l'eau utilisé pour évaluer la qualité de l'eau des oueds du bassin d'El Hodna est calculé en suivant la méthode de l'indice arithmétique pondéré fait à travers, plusieurs étapes qui sont données par (Brown et al., 1972):

$$WQI = \frac{\sum Q_i W_i}{\sum W_i} \quad V.1$$

- L'échelle de notation de la qualité (Q_i) pour chaque paramètre est calculée en utilisant cette expression :

$$Q_i = 100 [(V_i - V_o) / S_i - V_o] \quad V.2$$

Où,

V_i : On estime la concentration du paramètre i^{th} dans l'eau analysée.

V_o : est la valeur idéale de ce paramètre dans l'eau pure.

$V_o = 0$ (sauf pH=7 et DO=14.6 mg/l).

S_i : il est recommandé de valeur standard du paramètre i^{th} .

- Le poids unitaire (relatif) (W_i) pour chaque paramètre de qualité de l'eau est calculé en utilisant la formule suivante :

$$W_i = K / S_i \quad V.4$$

Où,

K : constante de proportionnalité et peut être calculée en utilisant l'équation suivante :

$$K = 1 / \sum (1/S_i)$$

L'IQE a été classé en 5 classes. Le Tableau V. 7 représente les cinq (05) classes de qualité de l'eau basée sur la méthode IQE Arithmétique Pondéré (tableau II.13).

Tableau II.13. Classification et usage possible de l'eau selon l'IQE (Brown et al., 1972).

Valeur IQE	Evaluation de la qualité de l'eau
0-25	Excellente qualité de l'eau
26-50	Bonne qualité de l'eau
51-75	mauvaise qualité de l'eau
76-100	Très mauvaise qualité de l'eau
>100	Inadaptée à des fins de consommation

5. Traitement statistique des données

Dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres étudiés et pour mieux évaluer la qualité des eaux des zones étudiées, nous avons utilisée le coefficient de corrélation de pour calculer la relation entre divers paramètres physico-chimiques. Un test ANOVA à un facteur a été utilisé pour trouver la différence significative pour chaque paramètre physique ou chimique analysé en ce qui concerne les sites (Oueds du Bssain du Hodna) et les saisons (la Zone humide de Bazer sakhra) . En outre, l'analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour montrer les tendances ou le modèle de regroupement.

Des logicielles tell que l' SPSS version 18.0, XLSTAT 2014 et Past, a été utilisé pour la réalisation de cette analyse statistique.

5. 1. Corrélation de Pearson

La corrélation de Pearson évalue la relation linéaire entre les différentes paires de paramètres physico-chimiques des eaux étudiée (49), pour développer la corrélation significative entre les paramètres (Joshi *et al.*, 2009). Une association linéaire implique que lorsqu'une variable augmente, l'autre augmente ou diminue linéairement.

Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre deux séries de données, il peut prendre les valeurs (- 1) à (+ 1):

- Une valeur du coefficient de corrélations proches de + 1 (corrélation positive) implique que lorsqu'une variable augmente, l'autre augmente presque linéairement. D'autre part, un coefficient de corrélation proche de -1 implique que comme une variable augmente, l'autre diminue presque linéairement.
- Les valeurs proches de 0 impliquent une faible corrélation linéaire entre les variables ou aucune corrélation (Mudgal *et al.*, 2009). Lorsque les données sont vraiment indépendantes, la corrélation entre les points de données est nulle.

5. 2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

l'analyse en composantes principales (ACP), est une méthode factorielle s'applique à des tableaux croisant des individus ou observations (en lignes) et des variables quantitatives (en colonnes), qui permettent des représentations graphiques de ces individus et de ces Variables (Khadri , 2018), En effet l'ACP constitue un outil puissant de compression et de synthèse de l'information, Elle est utilisée pour mieux visualiser les liaisons complexes qui existent entre les variables mesurées (Bendada, 2021) .Le principe de l'ACP réside dans la transformation des variables quantitatives initiales corrélées entre elles, en nouvelle variables quantitatives, non corrélées, appelées composantes principales (Mounjid et Cohen, 2014).

5.3. Analyse des variances (ANOVA)

L'analyse des variances (ANOVA), est une méthode qui s'applique indifféremment aux grands et aux petits échantillons (Scherrer, 1984). Elle est utilisée afin de comparer les moyennes de plusieurs éléments à partir de données d'échantillons aléatoires, simples et indépendants (Dagnélie, 2006). Le test ANOVA permet aussi de préciser les sources de variation donc de savoir, dans une étude à plusieurs variables comme la notre, laquelle de ces variables influe le plus sur les moyennes finales (Nakhle, 2003). Le niveau de signification retenu est de 5% ($p < 0,05$). La réalisation du test se fait, en comparant la valeur de la probabilité p avec les différentes valeurs $\alpha = 5\%$ ou 1% ou $0,1\%$.

Conclusion

Le Bassin versant d'El-Hodna avec une zone de drainage de 26 000 km² est le cinquième Bassin de l'Algérie. L'altitude des sommets d'El-Hodna diminuant de l'Est à l'Ouest. La disposition des reliefs montagneux du nord et du sud organisent le bassin versant du Hodna autour d'une cuvette fermée, située à 400 m d'altitude, et qui reçoit l'écoulement des eaux superficielles et souterraines de cette région. La zone humide « chott El Hodna ».

Le réseau hydrographique du Hodna est irrégulier lié à son régime pluviométrique, ses oueds les plus principaux sont : El Ham, K'sob, Barika, Soubella, Lougmane, bitame...». La végétation est présentée par des taches forestières (formation à base de pins d'Alp et de chênes verts) au niveau des montagnes, alfa et surtout l'armoise au niveau de la steppe.

Neuf Oueds, qui considérées parmi les cours d'eau essentielles du bassin d'El Hodna, et qui se jettent dans la zone humide de chott El Hodna ont été choisis comme sites d'échantillonnage de l'eau, ces stations est localisé au niveau de la Wilaya de M'sila. Dont, elle caractérisé à la base de notre étude sur 30 ans, par un climat Aride, avec des précipitations moyennes annuelles de $P = 193\text{mm}$ et des températures élevées en été et basses en hiver.

La zone humide de Bazer-Sakra fait partie des hautes plaines telliennes (Sétif - Algérie). Le site est une dépression naturelle endoréique salée, permanente et fermée d'une superficie de 4379 ha, dont l'altitude est la plus élevée de la région de Sétif.

La sebkha de Bazer est un réservoir aquifère non négligeable des 3 principaux oueds qui l'alimentent : El Mellah, Djermane, El Guitoune. Les 2 premiers sont temporaires et se rejoignent pour se jeter dans la partie Nors-Est de la sebkha. Oued El-Guitoun aboutit dans la partie septentrionale de la sebkha.

La zone d'étude par un climat méditerranéen continental, semi-aride, avec un hiver froid et humide et un été chaud et sec. La distribution des précipitations est très irrégulière dans le temps. Avec une moyenne annuelle (la période 1989-2018) de 385,39 mm. 16 stations d'échantillonnage ont été sélectionnées pendant deux périodes pluvieuse et sèche en fonction de la position (entrée, centre et sortie du lac) avec les oueds qui se jettent dans la sebkha.

les zones d'étude sont épinglé entre plusieurs sources de pollutions anthropiques (rejets urbaine, industrielles, et les activités agricoles) potentielles qui peuvent dégradé leur qualité d'eau.

la caractérisation de leur qualité est porté sur les principaux paramètres physico-chimiques « T, PH, CE, Turbidité, O₂, TDS, DCO, DBO₅, SO₄⁻², PO₄⁻³, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻

, RS , Ca⁺² , Mg⁺² , HCO₃⁻ ...» Les analyses ont été réalisées et effectuées au laboratoire selon les méthodes de Rodier et al.(2009) (1996) .Les résultats obtenus selon ces méthodes d'analyses et les traitements statistiques (Corrélation de Pearson , ACP,ANOVA) seront illustrés, interprétés et discutés au chapitre suivant.

Chapitre III
Résultats et
discussion

Introduction

Afin de caractériser la qualité physico-chimique des eaux des zones d'études, nous avons indiqué les valeurs correspondantes à plusieurs paramètres clés donnant un aperçu sur la qualité des eaux étudiée, ce qui nous a permis de mettre la lumière sur le comportement de certains éléments chimiques qui soient à l'origine d'une contamination ou d'une pollution industrielle, urbaine ou agricole.

Les données caractérisant la nature physico-chimique de l'eau sont mesurées selon les méthodes décrites plus haut, qui sont rapportées dans les figures ci-dessous.

1. Analyses physico-chimiques

1.1. La région du Hodna

1.1.1. Température de l'eau

Les valeurs moyennes de la température (Figure, III. 1) montrent des variations spatiales légères pendant la période d'étude et les écarts enregistrés ne sont dus en fait qu'un décalage horaire journalier entre les mesures dans les différentes stations. Aussi, le changement de la pente, de l'altitude et de la largeur du cours d'eau pourraient être la cause de cette différence. D'une façon générale la température des eaux superficielles est influencée en particulier par la température de l'air (Bendjama, 2014).

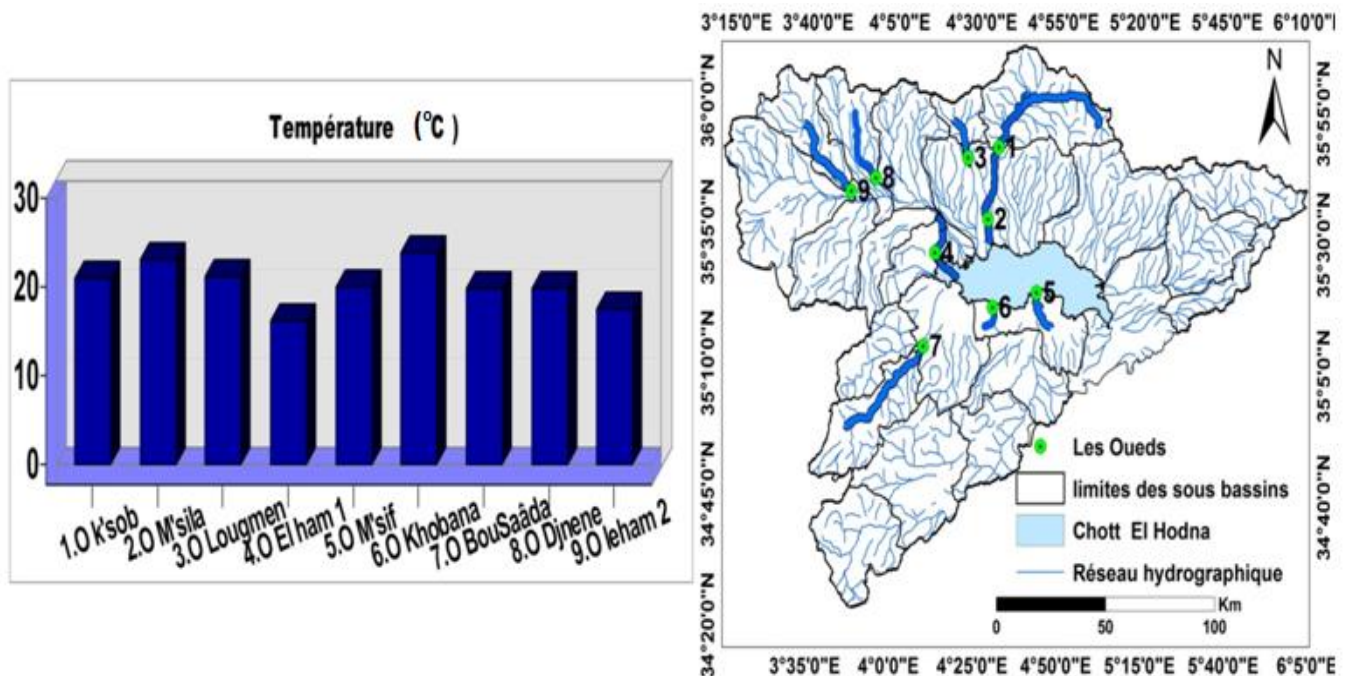


Figure III.1. Valeurs moyennes de la température des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna.

1.1.2. Le potentiel hydrique (pH)

En générale, Pour ce paramètre, la plus part des valeurs enregistrées sont globalement neutre ou alcalin et on n'a pas remarqué de grande variation entre les différentes stations de prélèvements. On note que la valeur moyenne maximale de (8,10) a été enregistrée au niveau d'Oued Boussaâda et un minimum de (6,78) à Oued El Khobana. Le pH des différentes oueds dépend en grande partie de l'effet tampon des terrains traversés (la nature géochimique des roches) qui sont en majorité des terrains calcaires et dépend également de la nature des rejets qui y sont déversés (urbains, industrielles) (Medjani, 2016).

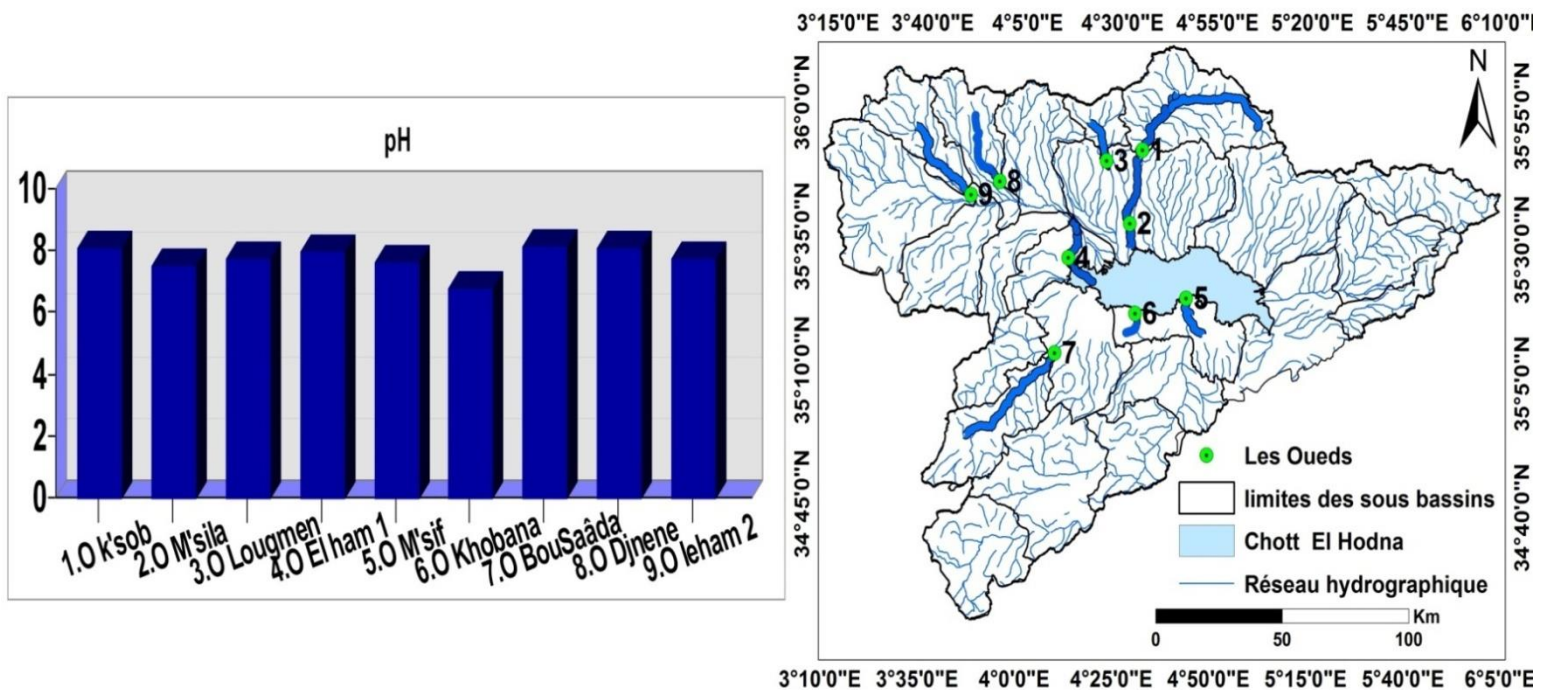


Figure III.2. Valeurs moyennes du pH des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna

1.1.3. Conductivité Electrique (CE)

La conductivité électrique est mesurée pour évaluer la minéralisation globale des eaux. Les valeurs moyennes de la CE enregistrées (Figure, III.3), montrent des variations importantes dans les eaux des stations étudiées. Elle atteint une moyenne maximale dans la station de l'Oued EL Ham (1) (5765,75 $\mu\text{s}/\text{cm}$), ce qui signifie une forte salinisation de cette station. Alors que la valeur minimale est enregistrée à Oued El K'sob (1743,50 $\mu\text{s}/\text{cm}$). Généralement, l'augmentation de la température, les substances dissoutes et leurs concentrations provoqué l'élévation de la conductivité électrique dans une plan d'eau (Medjani, 2016 ; Djamai,2020).

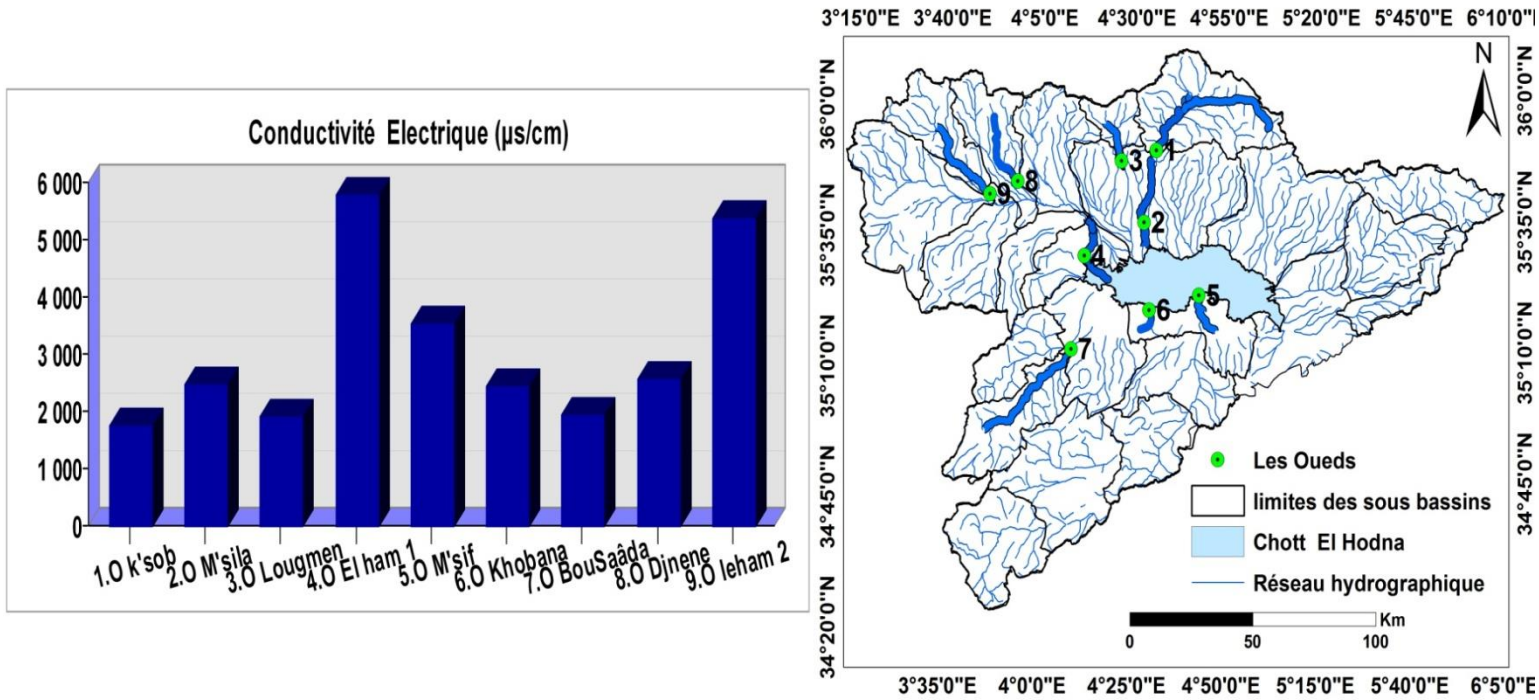


Figure III.3. Valeurs moyennes de la Conductivité Electrique des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna.

La CE élevée dans tous les points de prélèvement, peut être expliquée par le versement des eaux usées et les déchets ménagers par les habitants des communes situées à proximité de différents Oueds étudiés. Ainsi, par la nature géologique des terrains traversés (Assaad, 2014).

1.1.4. Total des solides dissous, résidus secs et salinité

L'évolution spatiale des TDS, résidus sec et salinité, montrant une grande variation d'une station à l'autre. D'ailleurs, Les concentrations les plus élevées de ces paramètres ont été retrouvées à Oued EL Ham (01). Liée probablement au versement des rejets urbains dans cette station, ce qui a augmenté la dégradation de la matière organique complexe par voie microbologique en composés minéraux simples (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^- , PO_4^{3-}) et de gaz (CO_2 , H_2S , CH_4 , NH_3 , etc), qui engendrent par la suite l'augmentation des sels et des substances dissoutes et en suspension dans l'eau et ce qui évoque la valeur élevée de la conductivité électrique dans ce Oued. La concentration moyenne minimale de TDS (1067,25mg/l) a été enregistrée à Oued M'sif, tandis que la valeur des résidus secs et la salinité les plus faibles ont été trouvés à Oued M'sila et Oued Logmen respectivement. La diminution de ces valeurs peut être expliquée par l'effet de dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales (Touhari, 2015). En général, le ruissellement et la variabilité des débits

liquides, la discontinuité du couvert végétal exercent des effets importants sur l'érosion hydrique qui amplifient la charge solide des Oueds (Mebarki, 1982).

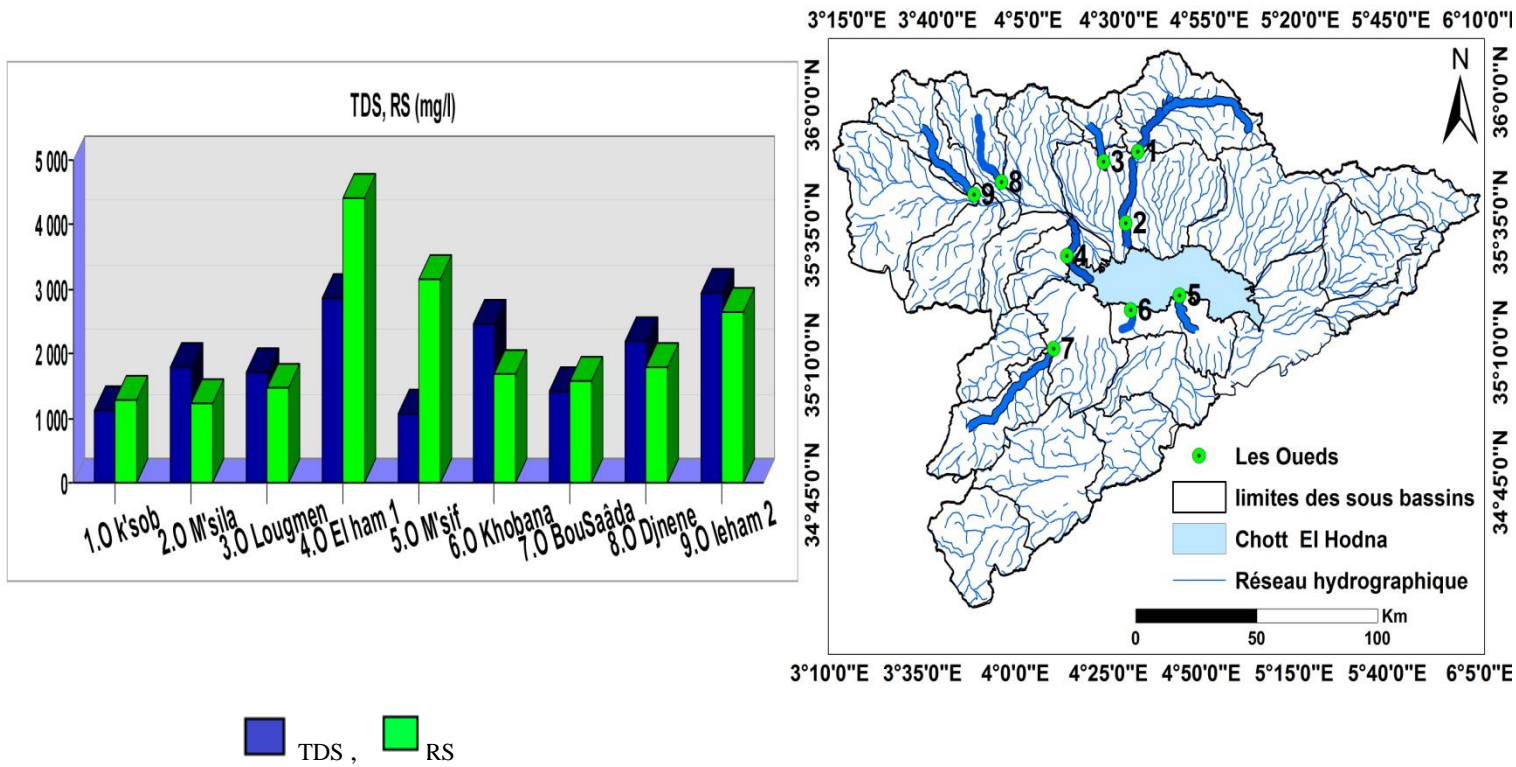


Figure III. 4. Valeurs moyennes de la TDS et les résidus secs des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna.

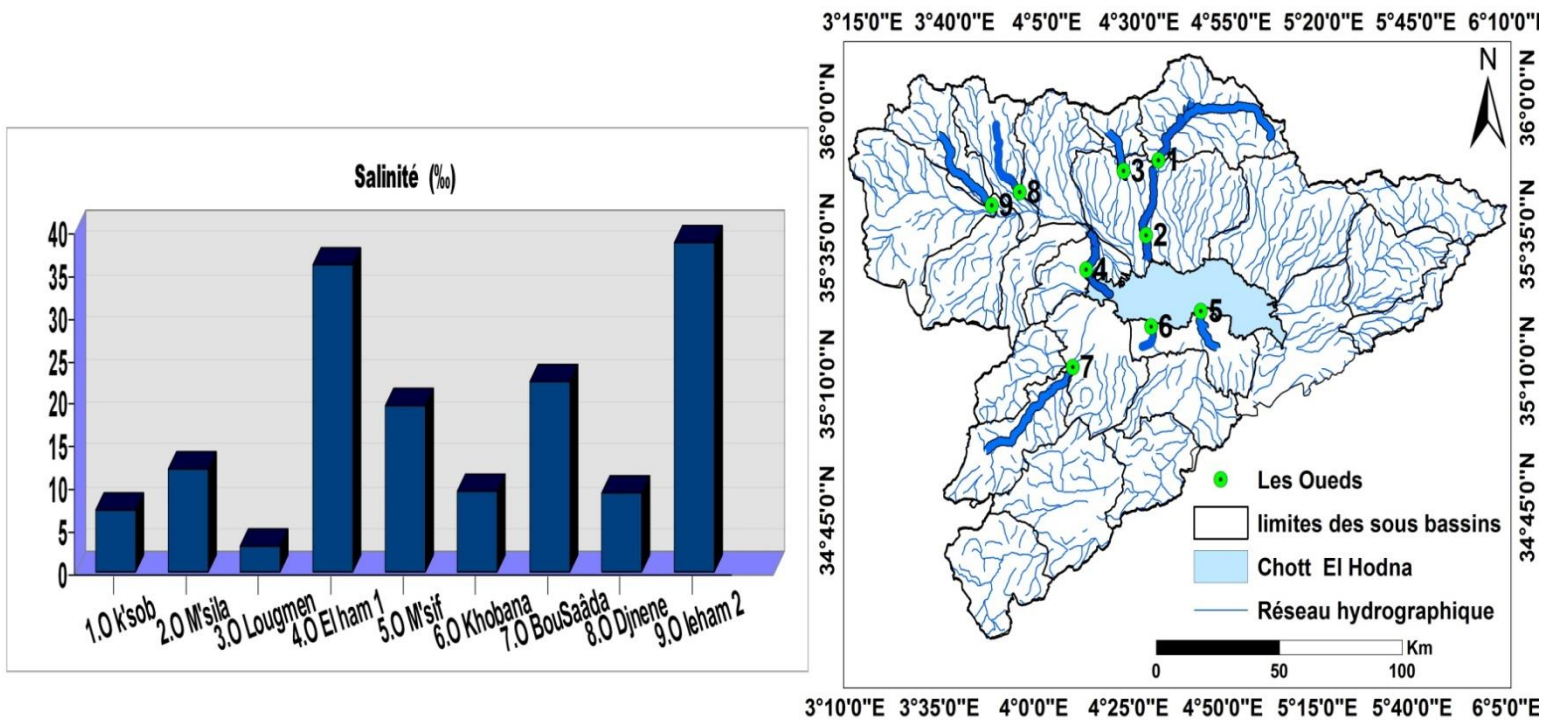


Figure III.5. Valeurs moyennes de la salinité des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.5. Bicarbonates (HCO_3^-)

Les teneurs moyennes en bicarbonates varient entre 552,6 mg/l enregistrées à Oued Djnene et 222,5mg/l enregistrées à Oued El EL Ham (2) comme valeur minimale. On constate que les eaux du bassin versant d'El Hodna sont chargées de cet élément le long de la période d'étude, dont la concentration la plus élevée de bicarbonate a été notée en oued Djnene. Cela peut s'expliquer par l'évacuation des effluents domestiques et des déchets solides dans cette station, qui est attribuée à la présence d'une grande quantité de matière organique accessible à la décomposition bactérienne au cours de laquelle le CO_2 est libéré et se dissout dans l'eau et accélère la formation de HCO_3^- (Abdel-Satar,2005; Himmi *et al.*, 2003).

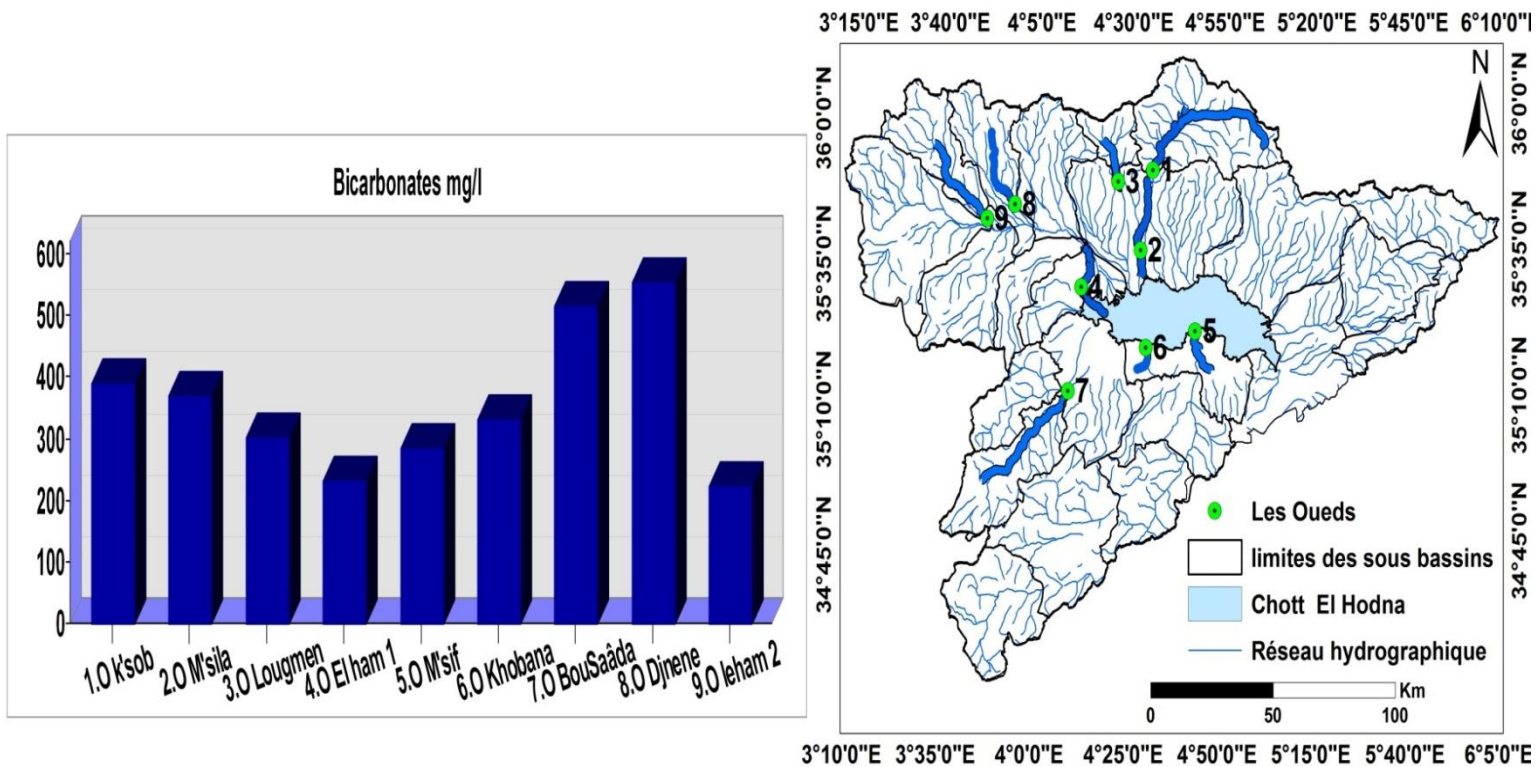


Figure III. 6. Valeurs moyennes de Bicarbonates des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

Selon Belhadj (2006), la présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire, dolomie...) et c'est ce qui caractérise les sols de la région d'EL Hodna ($\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$).

1.1.6. L'oxygène dissous

Les concentrations de l'oxygène dissous au niveau des différents sites d'étude est presque faibles dans tous les points d'eaux prélevés. Les valeurs moyennes obtenues sont comprises entre (2,48-6,41 mg/l). La valeur maximale a été enregistrée à oued M'sif et la

valeur minimale a été observée à l’oued Bousâada. Les faibles concentrations de l’oxygène dissous seraient en relation avec les rejets supplémentaire d’eaux usées et d’autres déchets combinés à la décomposition microbienne de la matière organique (Reggam *et al.*, 2015). Alors que, la concentration élevée d’oxygène dissous de l’oued M’sif, proviennent de la croissance des plantes aquatiques qui libèrent plus d’O₂ qu’elles n’en consomment durant la journée (Djouamaa ,2001).

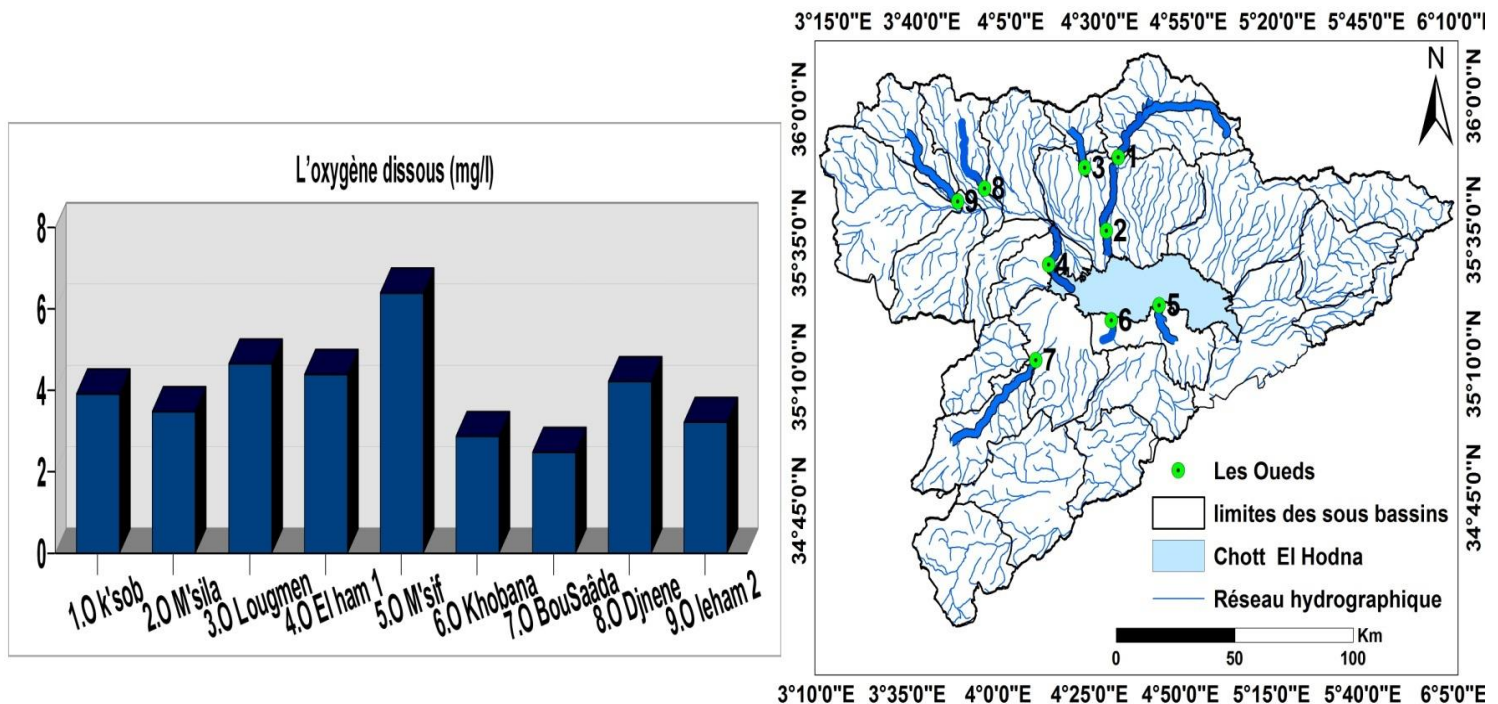


Figure III. 7. Teneurs moyenne de l’oxygène dissous des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.7. La turbidité

Dans notre étude, les valeurs moyennes enregistrées par le turbidimètre varient entre (5,77 NTU) au niveau d’Oued M’sif et (96, 93 NTU) à Oued M’sila. La forte turbidité dans cette station est expliquée par le rejet des eaux usées et des déchets de matériaux de construction, car il traverse plusieurs agglomérations urbaines et de la zone industrielle de M’sila. La quantité de matières solides en suspension dans l’eau peut résulter de l’érosion naturelle, du ruissellement et de la prolifération des algues, mais aussi de l’activité humaine. Dans le quelle la concentration et la taille des particules en suspension peuvent entraîner d’importantes variations de turbidité (Allen *et al.*, 1994). Cela illustre la différence de la turbidité a partir d’une oued a l’autre.

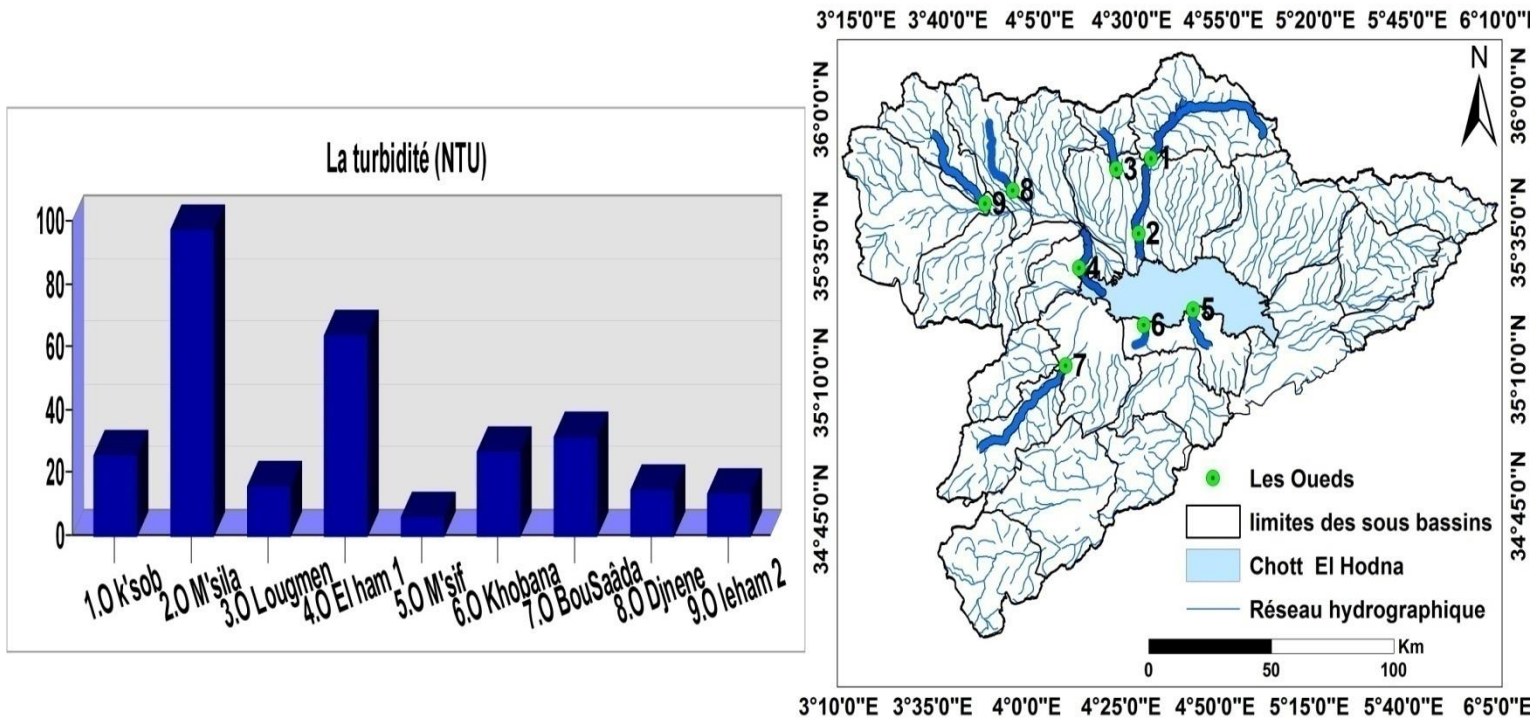


Figure III. 8. Teneurs moyennes de la turbidité des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.8. La dureté Totale (Titre hydrotimétrique)

D'après les résultats obtenus, on note que la dureté totale est relativement élevée dans la plus part des stations étudiées, ce qui est expliqué par la présence des valeurs élevées de calcium et de magnésium dans les eaux étudiées (Guergueb, 2016). Les teneurs moyennes oscillent entre (99,13 f° - 487,67 f°) la valeur faible de dureté totale a été enregistrée à oued l' M'sila. Tandis que la dureté totale la plus élevée a été enregistrée à oued EL Ham (01) , en raison de l'ajoute des grandes quantités d'eaux usées urbaines dans ce oued (Sanyal et Paul , 2019). On outre, Belghiti *et al* (2013), ont indiqué que la dureté d'une eau de rivière dépend essentiellement des sols qu'elle rencontre.

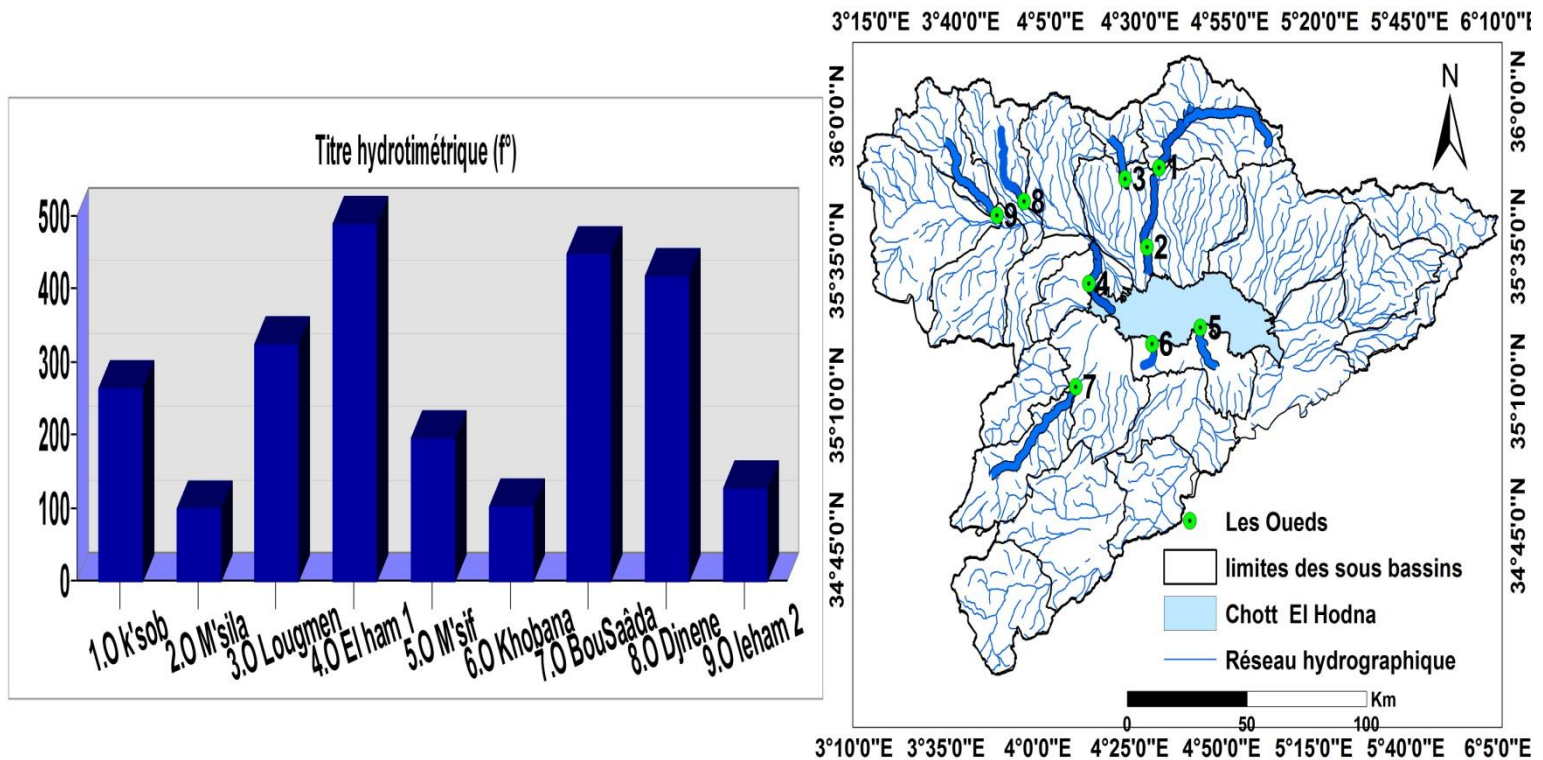


Figure III.9. Valeurs moyennes de la dureté Totale des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.9. Calcium (Ca⁺²)

Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent des valeurs moyennes de calcium variant entre 141,21 mg/l et 670,13 mg/l (Figure III.10). La teneur minimale est enregistrée au niveau d'Oued El k'sob et la valeur maximale au niveau d'oued EL Ham (1). Ces valeurs élevées en calcium sont liées principalement aux formations géologiques carbonatées traversées (calcaires dolomitiques) par les eaux des Oueds de la région d'El Hodna. De plus, l'évacuation des eaux usées et les déchets industriels sont considérés comme la source la plus importante de calcium dans ces eaux (Bhasin *et al.*, 2015; Verma *et al.*, 2012).

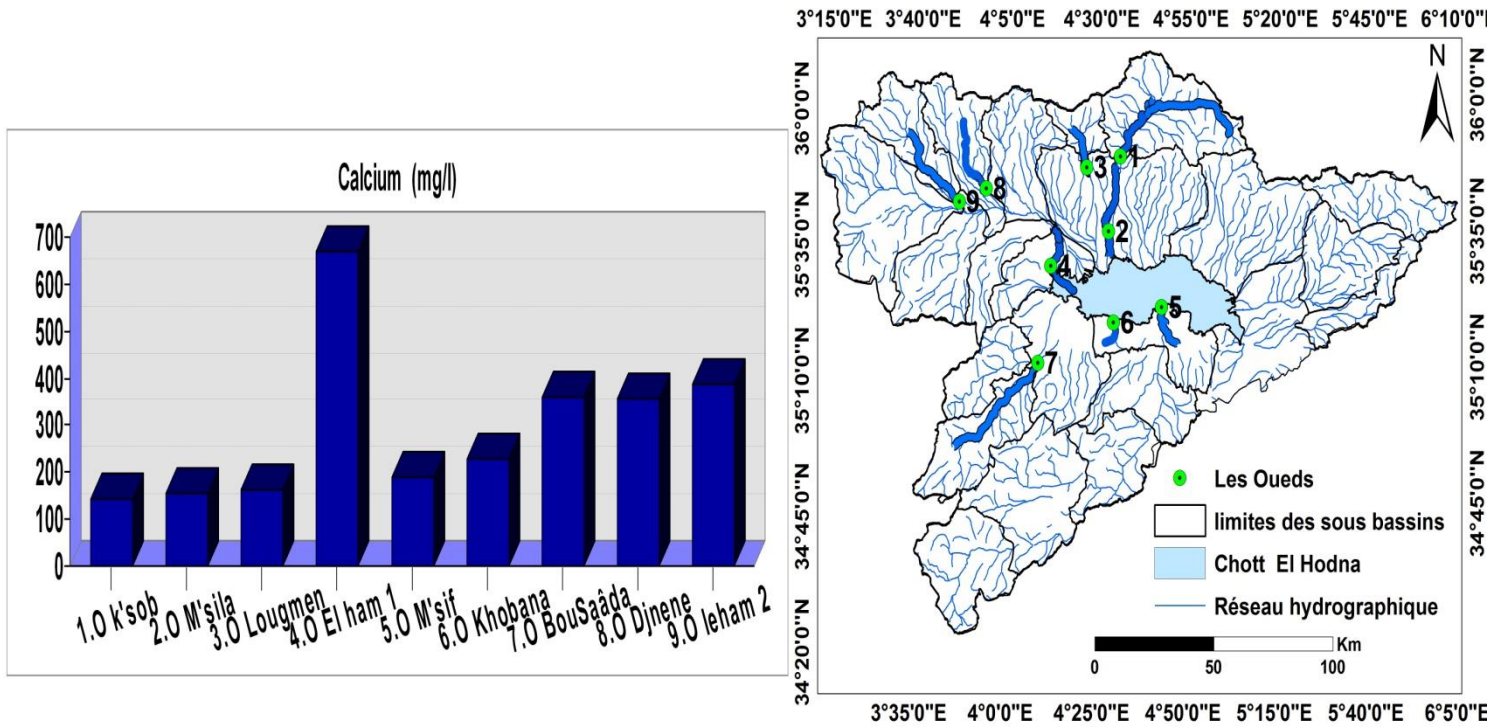


Figure III.10. Valeurs moyennes de Calcium des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.10. Magnésium (Mg⁺²)

Les concentrations moyennes de magnésium relevées dans les eaux des oueds étudiées sont comprises entre 41,14 mg/l (Oued Eleham 2) et 635,87 mg/l (Oued EL Ham 1).

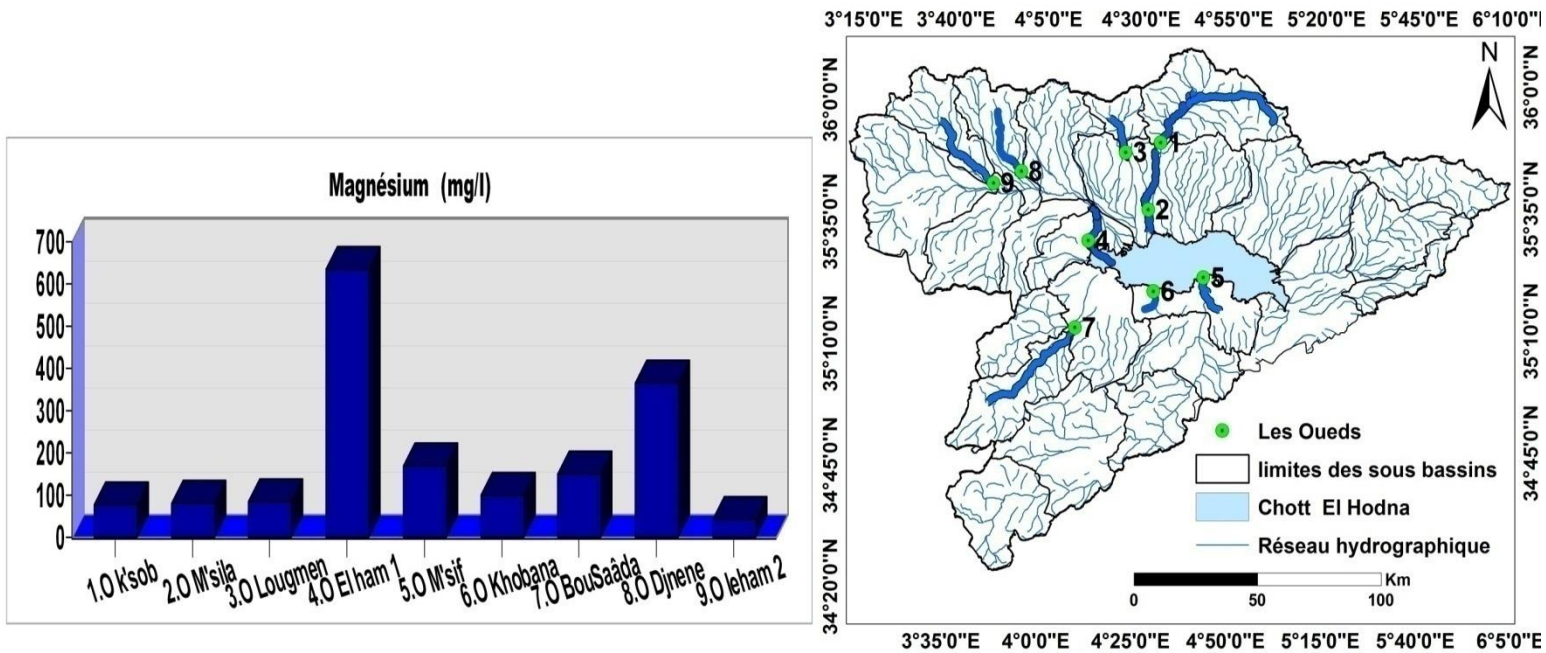


Figure III.11. Valeurs moyennes de Magnésium des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

Ses origines sont comparables à celle du calcium car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneurs en magnésium (Guergueb, 2016), alors que, dans nos résultats, les concentrations de magnésium sont généralement inférieure au calcium. D'après les études d'Ilavarasan *et al.*, (2016) les concentrations élevées des ions Mg^{+2} peuvent provenir de la contamination des eaux par les rejets urbaines et industriels dans les différents oueds étudiés.

1.1.11. Chlorures

Les teneurs moyennes en chlorures au niveau des oueds étudiés s'échelonnent entre une valeur minimale de 206,43 mg/l (Oued Bousaâda) et une valeur maximale de 2926,46 mg/l (Oued EL Ham 1). La présence des chlorures à ces taux élevés est probablement liée à la nature des terrains traversés (terrains gypsifères) par ces oueds et aux conditions climatiques. Dans lequel, les précipitations entraînent la dilution des chlorures dans l'eau, et à haute température, ils se concentrent sous l'effet de l'évaporation. En outre, la forte teneur en Cl^- enregistrée au niveau d'Oued EL Ham est expliquée par leur contamination directe par les eaux usées domestique (en particulier l'urine) (Brraich et Saini, 2015). Aussi, les terres agricoles avoisinant de la plus part des Oueds étudié caractérisé par l'utilisation des engrais chimiques chlorés par les agriculteurs, qui provoque par lessivage l'élévation de chlorure dans les eaux (Bekkoussa *et al.*, 2013).

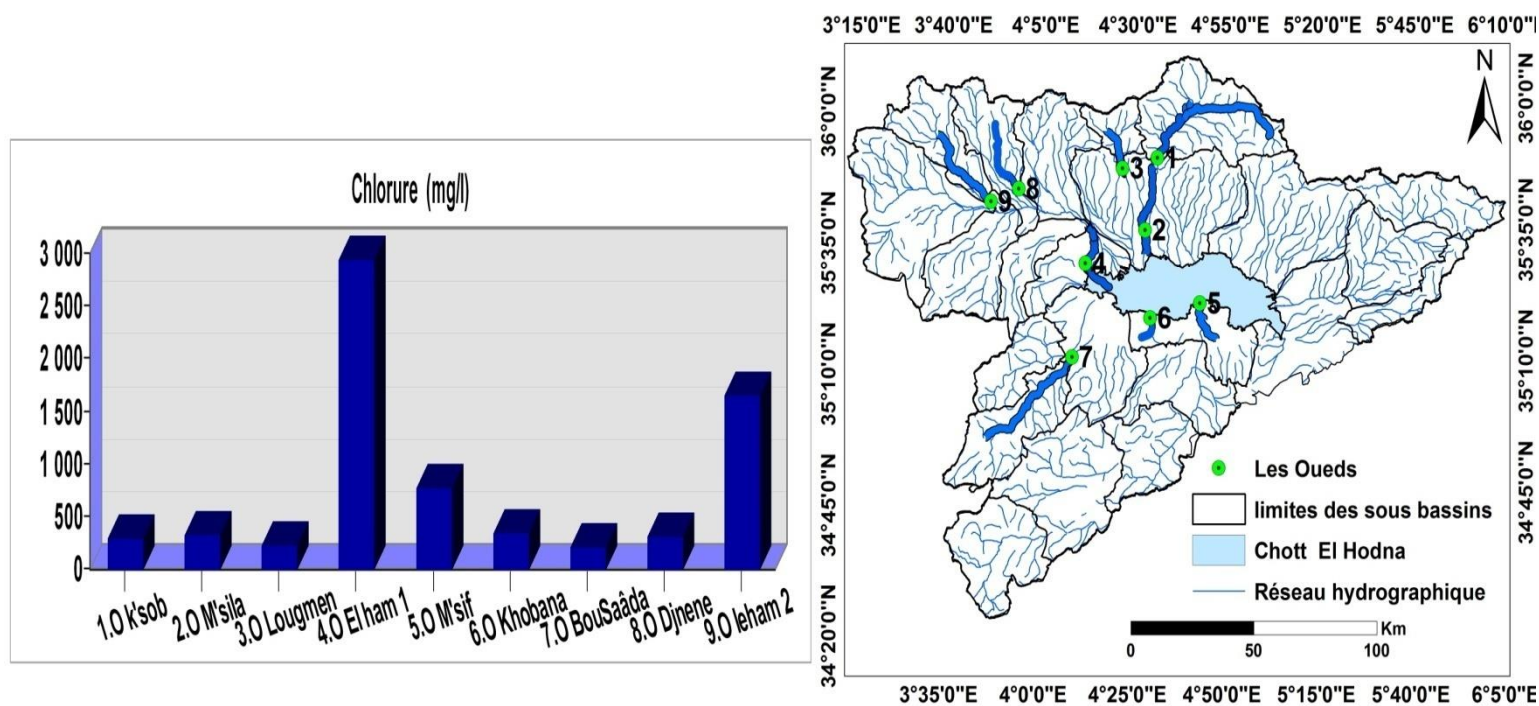


Figure III.12. Valeurs moyennes de chlorure des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.12. Le sulfates (SO_4^{2-})

Durant notre étude, les résultats des analyses (figure III.12), font apparaître une présence des concentrations importantes des sulfates au niveau de la plus part de stations, avec une valeur moyenne minimale de 225,5 mg/l (Oued Djnene) et une valeur maximale de 969,67mg/l (oued EL Ham 1). Par ailleurs, les fortes teneurs de SO_4^{2-} dans les eaux étudiées est probablement liée aux rejets directe des effluents domestique sans aucun traitement préalable par les différentes communes proches de ces oueds, d'une part et la ruissellement des terres agricoles d'autre part (Lounes *et al.*, 2016 ; Saksena *et al.*, 2008) (On note que les sulfate de potassium est utilisé principalement comme engrais chimique dans ces stations ($\text{K}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{K}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)).

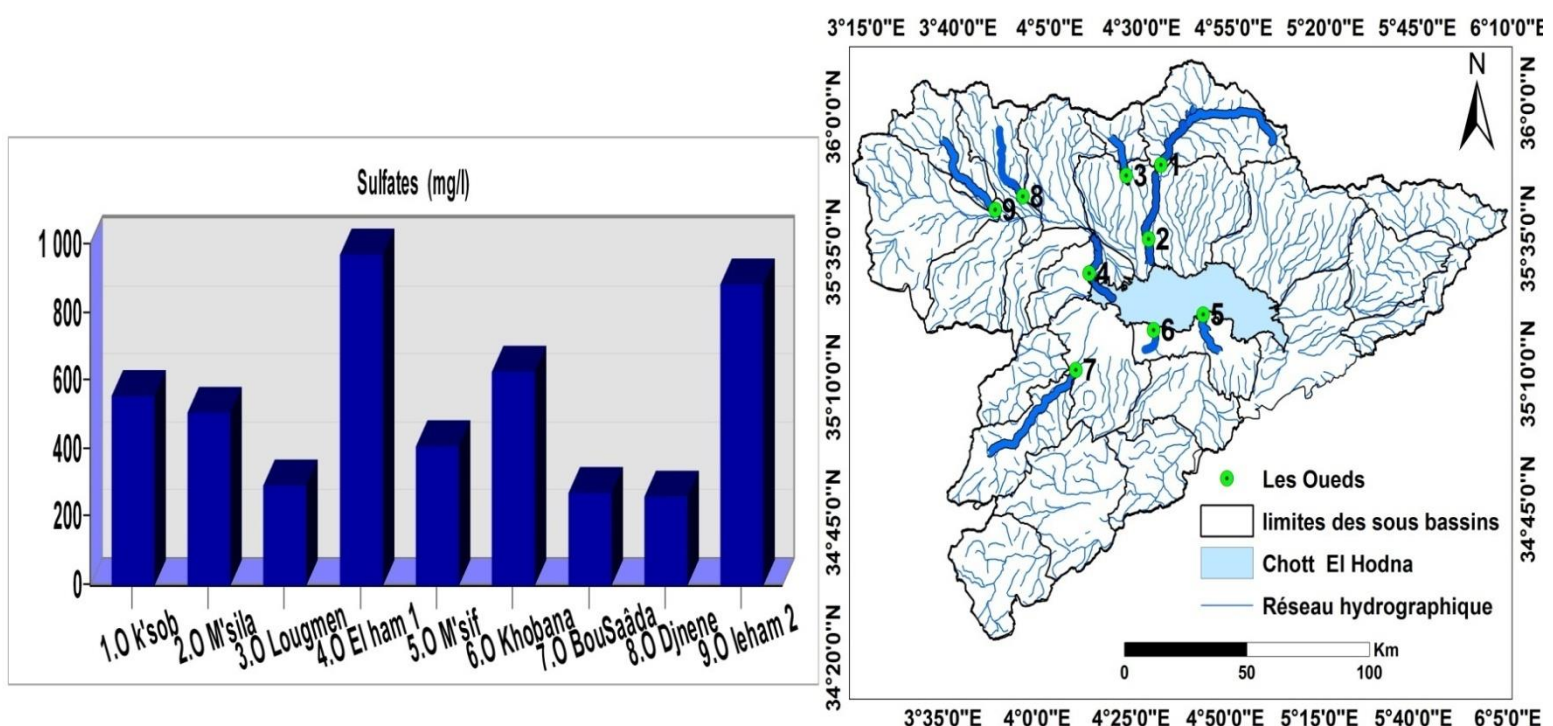


Figure III.13. Valeurs moyennes de Sulfates des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.13. L'azote ammoniacal (NH_4^+), Nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-)

Les teneurs moyennes en nitrates sont très variables avec une moyenne maximale de 14,53mg/l (Oued Khobana) et une minimale de 0,54mg/l (Oued EL Ham 1). D'après la figure (III.13) nous remarquons que les écarts des concentrations sont très importants, cela en raison de variation des sources de pollution qui sont pratiquées à chaque station. Les apports de NO_3^- proviennent principalement de l'écoulement des eaux riche en composés azotés sur le bassin versant, principalement au rejet d'eaux usées domestiques et industrielles (El Morhit, 2009) et

par le lessivage des fertilisants utilisés dans les sols agricoles (engrais azotés) qui se trouvent le long du bassin hydrographique d'El Honda.

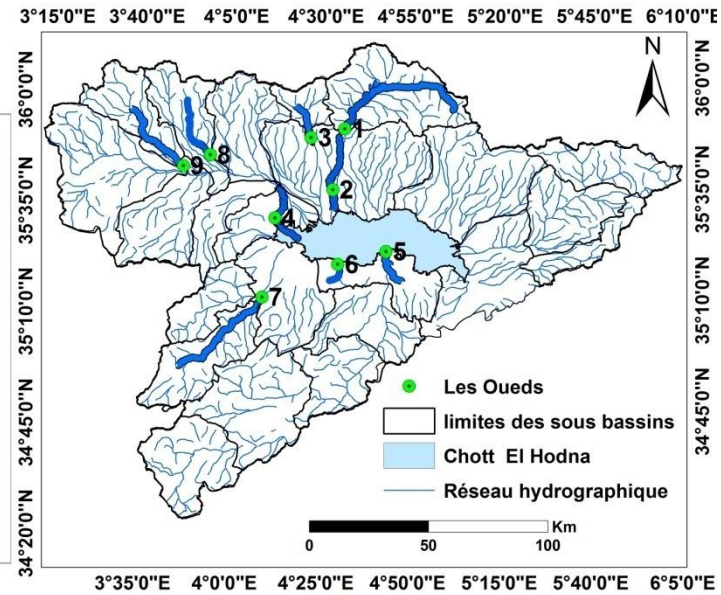
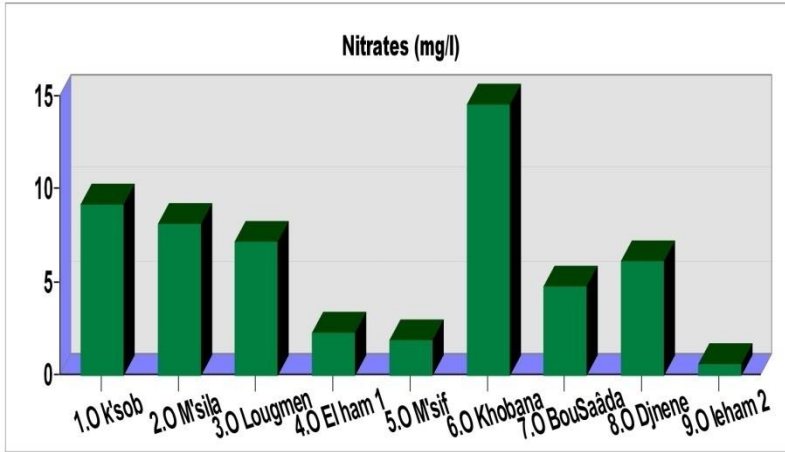


Figure III.14. Valeurs moyennes des nitrates des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

Les concentrations de nitrites dans notre étude étaient relativement faibles, à l'exception d'Oued Longmen, qui a enregistré une valeur moyenne élevée (3,85 mg / l). Selon Effendi *et al.*, (2015), les nitrites proviennent dans un cours d'eau essentiellement à partir des déchets industriels et ménagers, et cela expliqué par l'augmentation de NO_2^- dans cet oued, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque ou bien par la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfite-réducteurs (Harrat, 2006 ; Guergueb, 2016) .

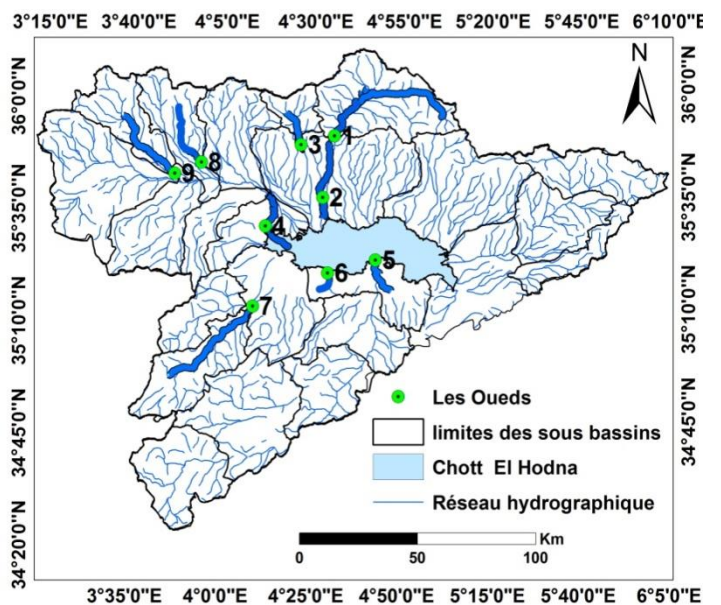
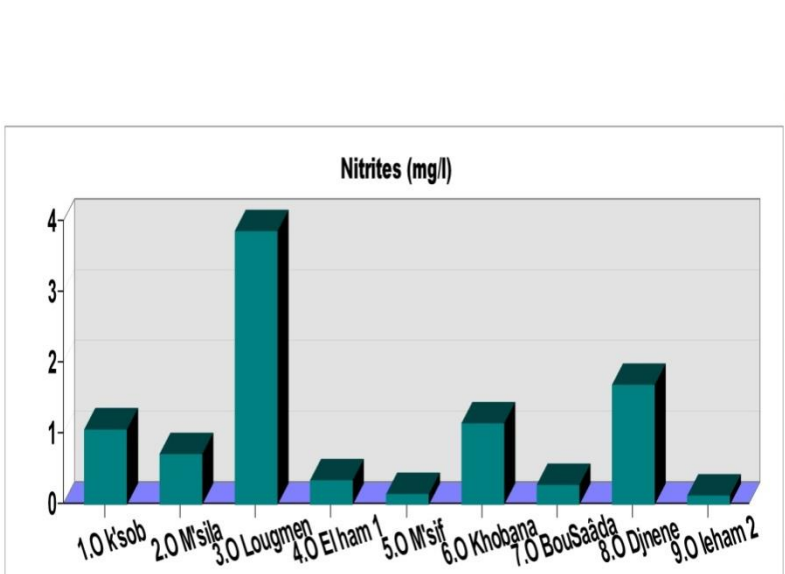


Figure III.15. Valeurs moyennes des nitrites des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

Les teneurs moyennes d'ammonium dans les eaux de surface de notre milieu d'étude variaient entre (0,39 et 2,07 mg / l). Ces faibles concentrations dans les différents échantillons s'expliquent d'une part, par la transformation de l'ammonium en nitrate par les bactéries nitrifiantes, et à l'assimilation de l'ion d'ammonium par les plantes aquatiques, d'autre part (Bhateria et Jain, 2016). Alors que, la présence d' NH_4^+ dans l'eau provient essentiellement de l'hydrolyse des substances azotées rejetées dans l'eau (eaux usées domestique ou industrielle) et des fertilisants azotés d'origine agricole (Benabdellouahad, 2006 ; Barakat *et al.*, 2016) La présence de NH_4^+ à forte concentration dans l'eau peut entraîner la prolifération d'algues (eutrophisation) (Jeong *et al.*, 2013) et par la suite la destruction de ces écosystèmes aquatiques .

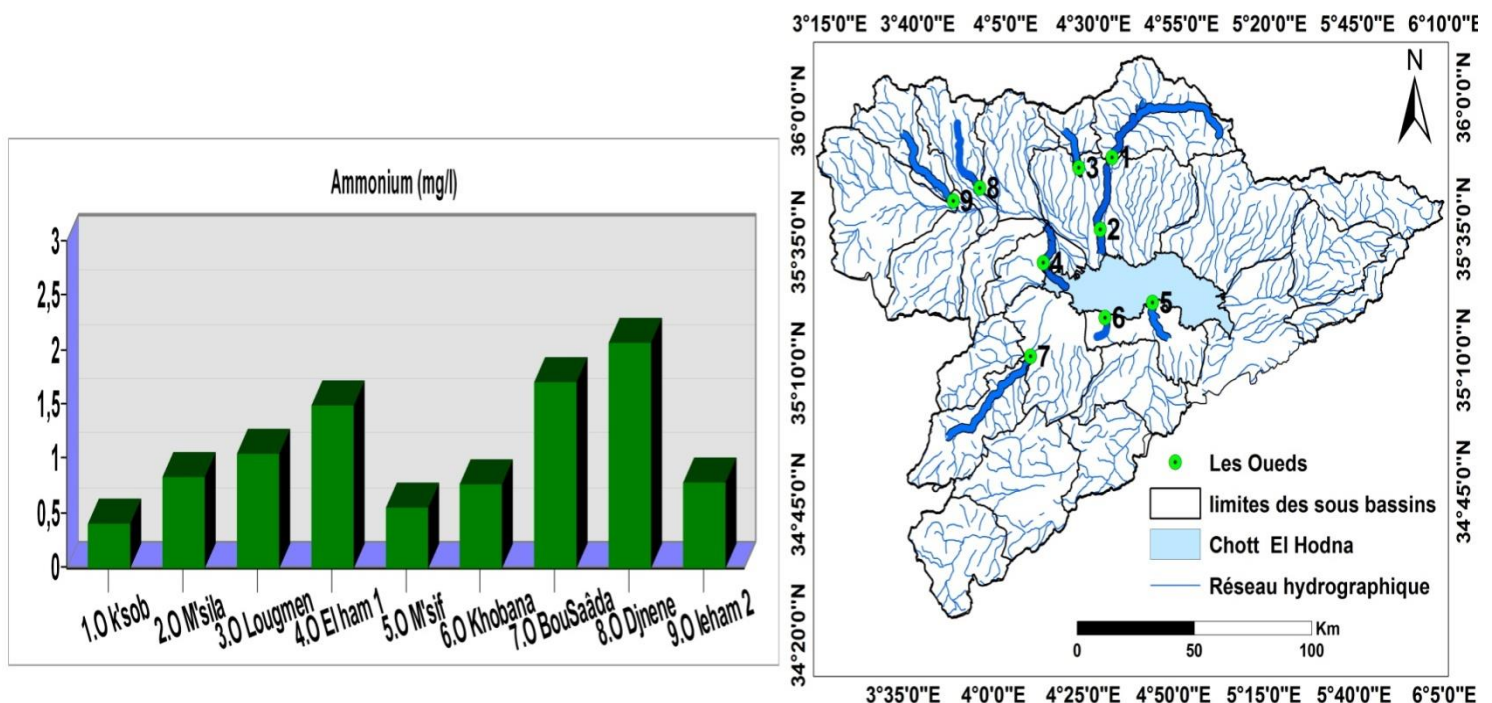


Figure III.16. Valeurs moyennes d'ammonium des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.14. les orthophosphates (PO_4^{3-})

Les teneurs moyennes en phosphates obtenues au niveau des oueds étudiés (Figure III.17) variaient entre (0,23 – 7,34) mg / l, où la valeur faible est enregistrée à oued EL Ham (1) et la valeur la plus élevée est relevée à oued logmen, cette augmentation est due à la charge des eaux par la matière organique parvenant à partir des eaux usées domestiques, les détergents rejetés par les installations industrielles et fort probablement par le ruissellement des terrains agricoles (engrais phosphaté) qui favorise une minéralisation très poussée des composés organiques (Ouhmidou *et al.*, 2015).

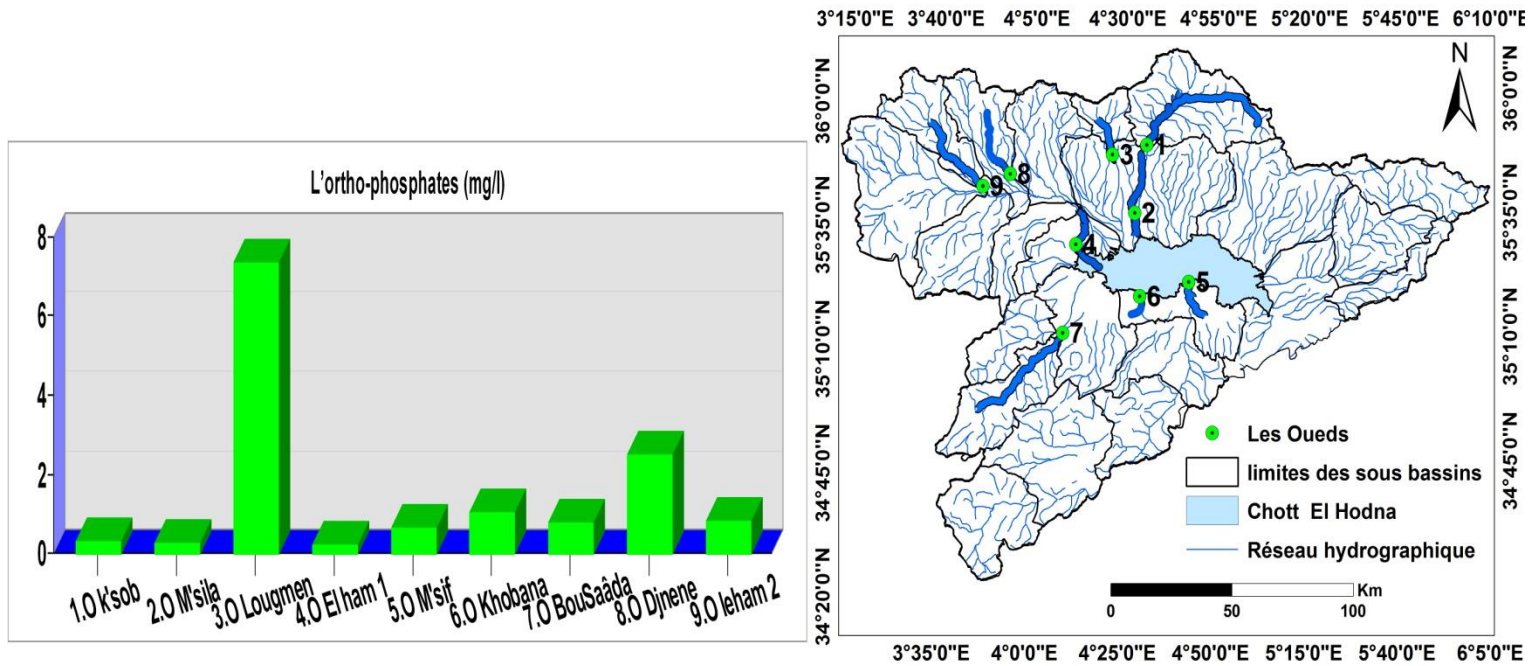


Figure III.17. Valeurs moyennes d'ortho phosphates des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.1.15. La demande biologique en oxygène (DBO5)

Les valeurs moyennes de la DBO₅ mesurées dans les eaux de notre zone d'étude varient entre (60 mg/l et 30,33mg/l). On remarque que la valeur maximale de la DBO₅ est enregistrée à l'Oued Boussaâda et la valeur minimale a été enregistrée à Oued Logmen (Figure, III. 18). La valeur élevée de DBO₅ dans l'oued Boussaâda est expliqué par la décharge directe des eaux urbaine brutes et aussi par les rejets de l'abattoir de cette ville riches en matières organiques et en substances nutritives dans cette station. Selon De Villers *et al.*,(2005) , plus la quantité des matières organiques biodégradables présente dans l'échantillon est élevée, Plus la DBO₅ est élevée ,et par la suite la concentration d'oxygène dissous dans le milieu diminue. Ceci est confirmé par les faibles valeurs obtenues pour l'O₂ dissous à Oued Boussaâda.

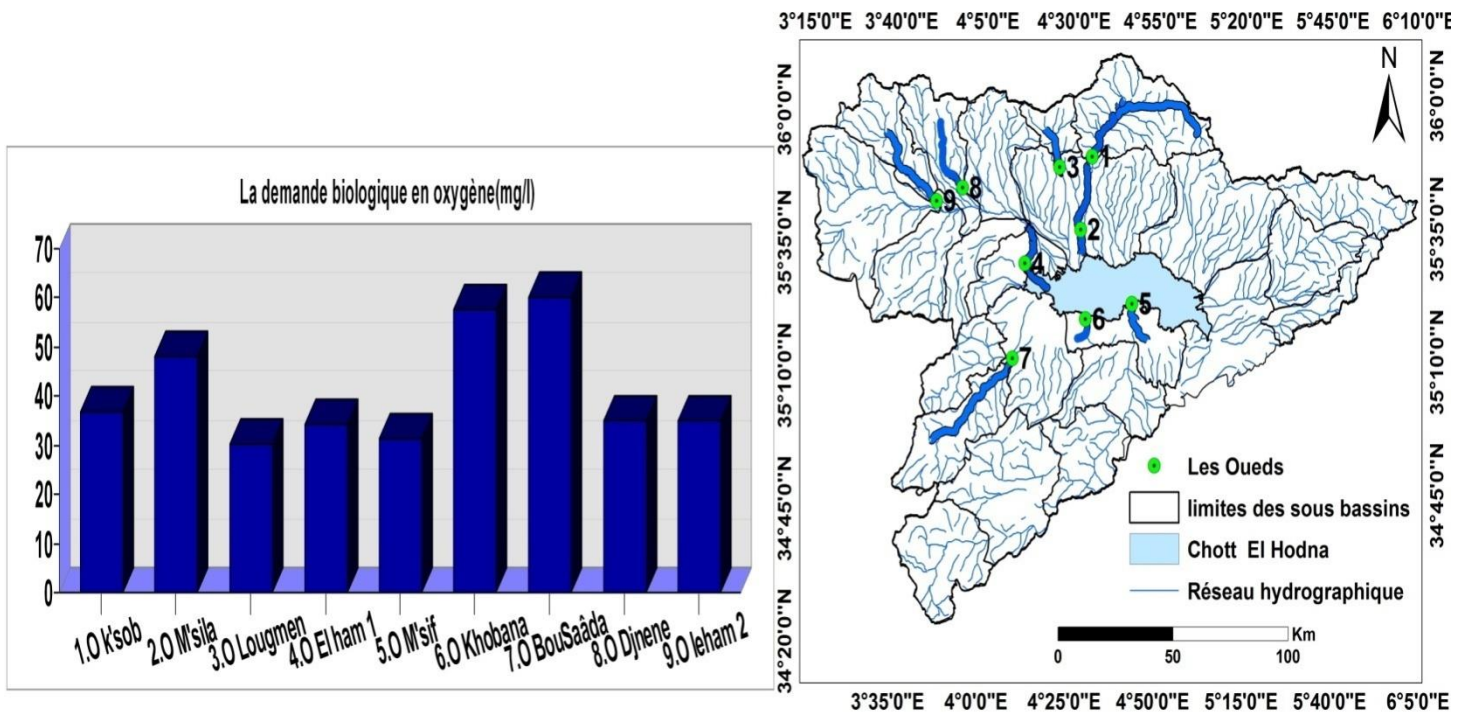


Figure III. 18. Valeurs moyennes de la demande biologique en des eaux et localisation des Oueds du bassin du Hodna .

1.2. La Zone Humide de Bazer Sakhra

1.2.1. Température de l'eau

Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que les degrés de la température varient selon les périodes d'études (figure III.19), oscillant entre 21°C (station S6) et 30 °C en période de pluie et entre 29°C et 35°C en période sèche. L'élévation de la température de l'eau notamment en période sec est attribuée a l'augmentation de la température atmosphérique, en outre par les différents processus chimiques exothermiques des activités humaines prévalent tout au long du lac (Khan *et al.*, 2017).

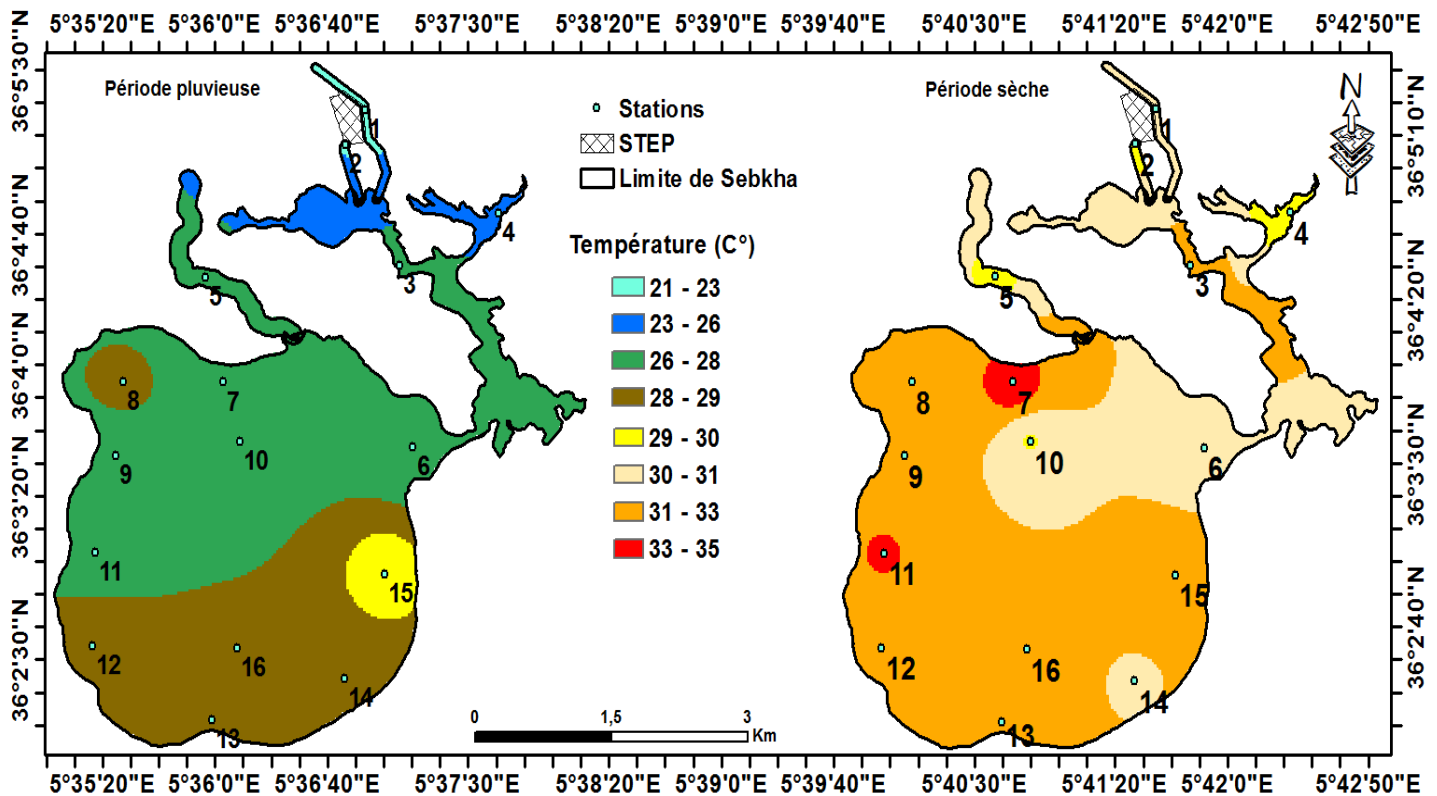


Figure III.19. Variation Spatio-temporelle de la température dans la zone humide de Bazer Sakhra.

1.2.2. Potentiel Hydrique (pH)

Les valeurs du pH enregistrées durant la période d'étude, varient entre (4) et (9, 03). Le pH maximal a été enregistré pendant la période sèche et le minimum a été obtenu pendant la période de pluie (figure III.19), cela indique une diminution saisonnière du pH. La plupart des échantillons d'eau révèlent un pH alcalin, à l'exception de la station (S01) qui est caractérisée par un pH acide pendant les deux périodes d'étude en raison du ruissellement d'effluents industriels dans cette station. Tandis que, les faibles valeurs de pH peuvent être liées à la libération de CO_2 , lors de l'oxydation biologique de matières organiques accumulées (Pradeep *et al.*, 2012), Un pH élevé en période sèche est dû à l'activité photosynthétique importante (Baniyan *et al.*, 2019). Ainsi que, cette alcalinité des eaux de surface de la zone humide de Bazer Sakhra dépend en grande partie de l'effet tampon des terrains traversés qui sont en majorité des terrains calcaires.

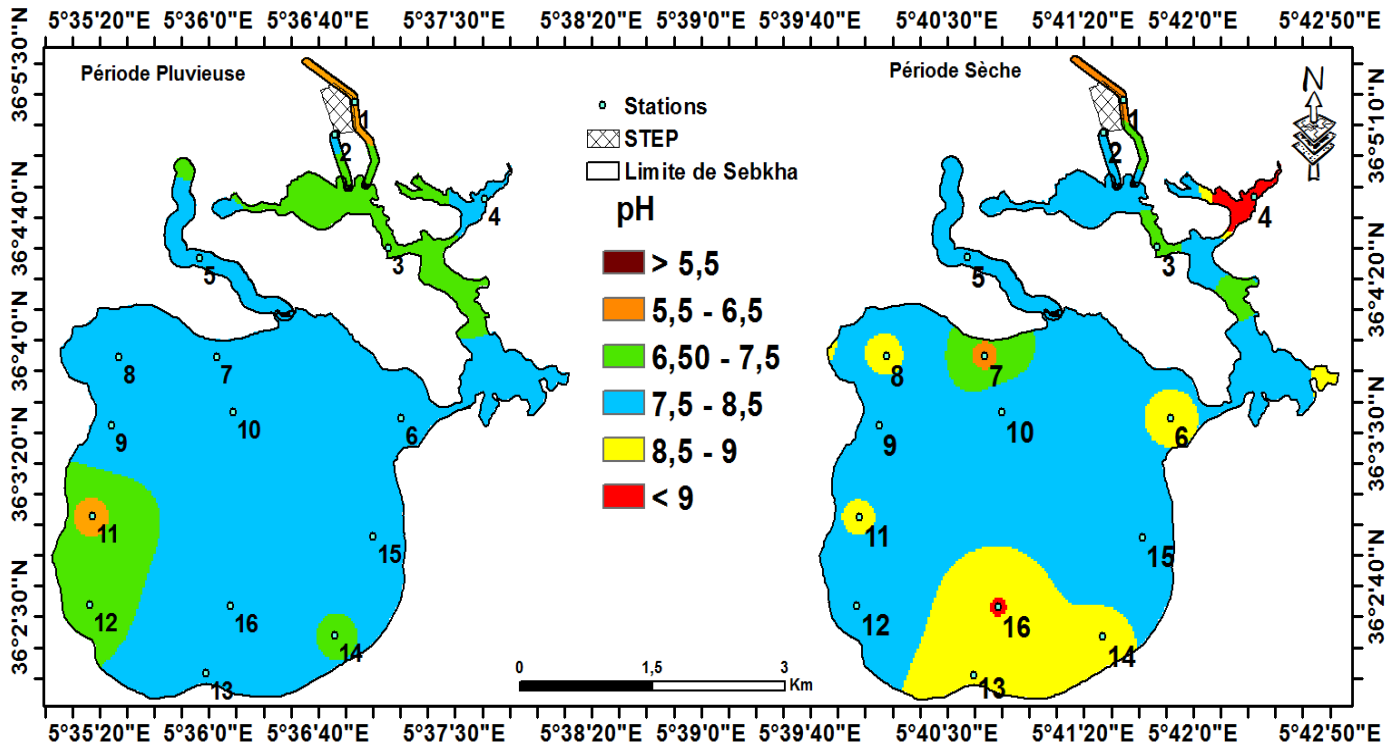


Figure III.20. Variation Spatio-temporelle de Potentiel hydrique dans la zone humide de Bazer Sakhra.

1.2.3. Totale des solides dissous

Le taux des sels dissous mesurés dans notre étude se varie entre 4441mg / l et 1452 mg/l en période sèche et entre 3117,5 mg/l et 1363 mg/l en saison de pluies (figure III.20), les valeurs les plus élevées de TDS sont observées pendant la sécheresse sont dues à l'évaporation de l'eau, aux rejets d'effluents industriels, ordures et eaux usées, ainsi à la composition lithologique (la dissolution des roches carbonatées). En effet, Singh et Mathur (2005) ont déclaré que les fortes concentrations des sels enrichissent l'état nutritionnel de l'eau et cela pouvant entraîner l'eutrophisation de cette écosystème aquatique.

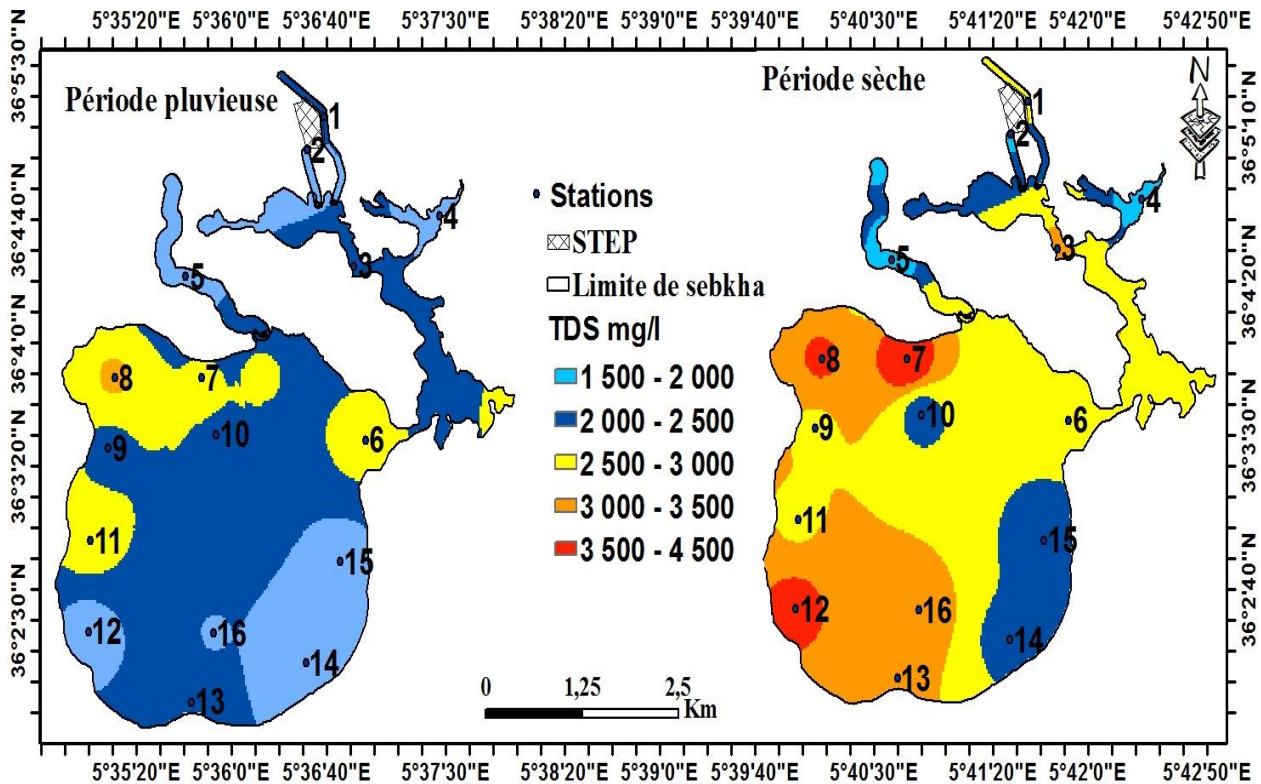


Figure III.21. Variation Spatio-temporelle des Totale des solides dissous dans la zone humide de Bazer Sakhra.

1.2.4. Conductivité électrique

la variation spatio-temporelle de la conductivité de l'eau dans notre zone d'étude (Figure, III.22), fluctue entre (25250 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et (1543 $\mu\text{S}/\text{cm}$), le maximum a été enregistré au cours de la période sèche, en raison de l'augmentation de la concentration de sel due à l'évaporation (Sudani, 2015). Les valeurs minimales sont enregistrées à la période de pluies ce qui est probablement liée au phénomène de dilution (Mimeche *et al.*, 2013). Selon les valeurs de la CE obtenues, le degré de la minéralisation est très élevé à presque toutes les points de prélèvement ($\geq 3 \text{ mS cm}^{-1}$), et ceci est principalement lié à la nature du terrain traversée (70% soles salins) (DGF, 2004).

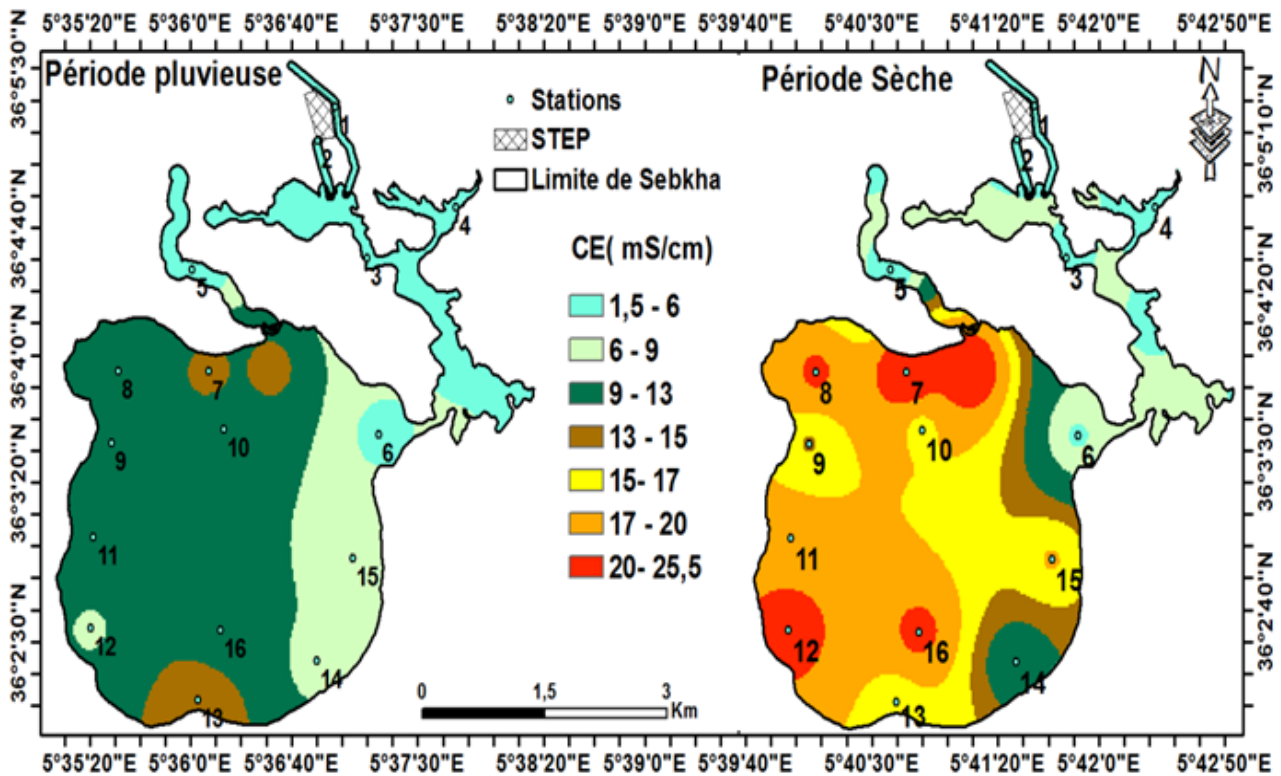


Figure III.22. Variation Spatio-temporelle de la conductivité électrique dans la zone humide de Bazer Sakhra.

En outre, l'augmentation significative de la conductivité électrique au niveau de l'amont du Sabkha au cours des deux périodes d'études pourrait être due aux polluants reçus par les eaux usées industrielles brutes qui ont été rejetées sans traitement préalable et qui contiennent une grande quantité d'ions dissous.

1.2.5. Turbidité

Les valeurs de turbidité enregistrées dans la présente étude sont variées entre 8,3 NTU à 118 NTU pendant la période des basses eaux et entre 122 NTU à 10 NTU en période des hautes eaux (figure III.22). Les valeurs de turbidité élevées obtenues pendant la période de pluie peuvent être liées à l'augmentation de l'érosion et du ruissellement de surface transportant beaucoup de matières en suspension, de fumier et divers autres polluants (déchets industriels, déchets d'origine humaine). Ainsi que, les eaux de pluie provenant des environs de la sebkha (Pradeep, *et al.*, 2012 ; Edokpay *et al.*, 2015), Les faibles valeurs de turbidité en période sèche pourraient être dues à la faible vitesse de circulation de l'eau provoquant le dépôt des particules en suspension dans les sédiments (Anhwange *et al.*, 2012). L'augmentation de la turbidité affecte la disponibilité de la quantité de lumière pour les animaux aquatiques et les plantes, ce qui réduit le taux de photosynthèse des plantes et empêche les animaux aquatiques de voir leurs proies.

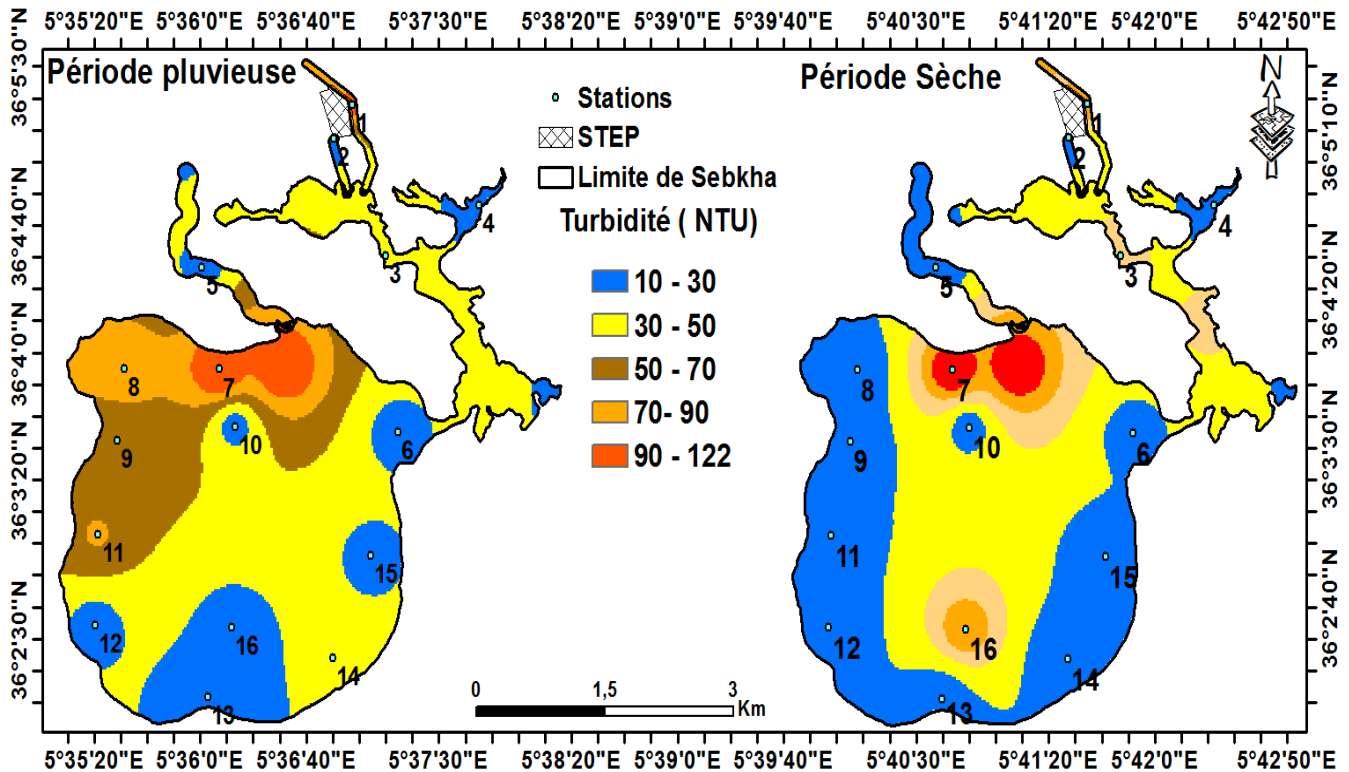


Figure III.23. Variation Spatio-temporelle de la turbidité dans la zone humide de Bazer - Sakhra.

1.2.6. Chlorures (Cl⁻)

Les concentrations en chlorures dans les eaux analysées sont généralement importantes. En période sèche, elles varient entre 635,25 mg/l et 191,25 mg/l, en période de pluies, les valeurs oscillent de 493,15 mg/l à 121,15 mg/l. Les concentrations de Cl⁻ étaient plus élevées durant la période sèche que pendant la période des pluies (Figure, III.24), cela pourrait être dû à la dilution du chlorure à cause de la forte précipitation (Edokpayi *et al.*, 2015). Tandis que, l'abaissement du niveau de l'eau en raison de l'évaporation, augmente la concentration d'anion (Bhasin *et al.*, 2016). Selon Bhasin *et al.* (2015) : les concentrations élevées en Cl⁻ dans l'eau est provient par l'accumulation des déchets organiques, principalement d'origine animale, dans le quelle. Les environs de la Sebkhha Bazer-sakhra sont très fréquentés par des nombreux troupeaux de bovins, ovins et caprins, appartenant en particulier aux nomades qui utilisent principalement les secteurs nord-est et nord-ouest de la sebkhha pour abreuver leurs animaux, cela explique les valeurs élevées de chlorure Dans les sites de prélèvements.

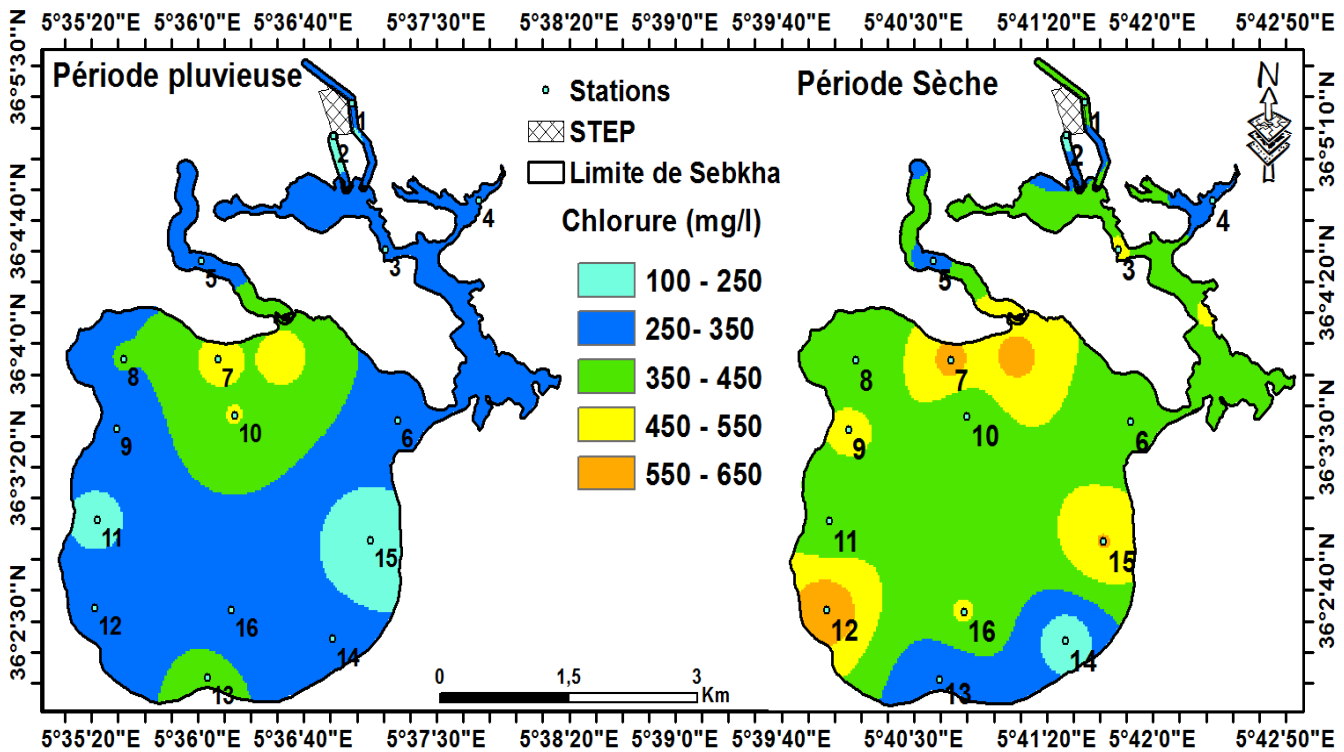


Figure III.24. Variation Spatio-temporelle de Chlorure dans la zone humide de Bazer - Sakhra.

1.2.7. Dureté total (TH)

Les tenures de (TH) relevées dans la présente étude (figure, III.24) varient entre 286,2 (f°) et 32,15 (f°). Les valeur les plus élevée ont été enregistrées pendant la période sèche qui peuvent être expliqué par l'augmentation de la solubilité des sels (calcium et de magnésium) par la diminution de la volume d'eau suit a des températures élevées (Bhasin *et al.*,2015).

Additionnement, en raison de l'ajout des teneurs élevée en cations, Ca^{+2} , Mg^{+2} et anions, HCO_3^- , SO_4^{-2} , Cl^- , NO_3^- dans les eaux usées rejetées dans cette zone humide.

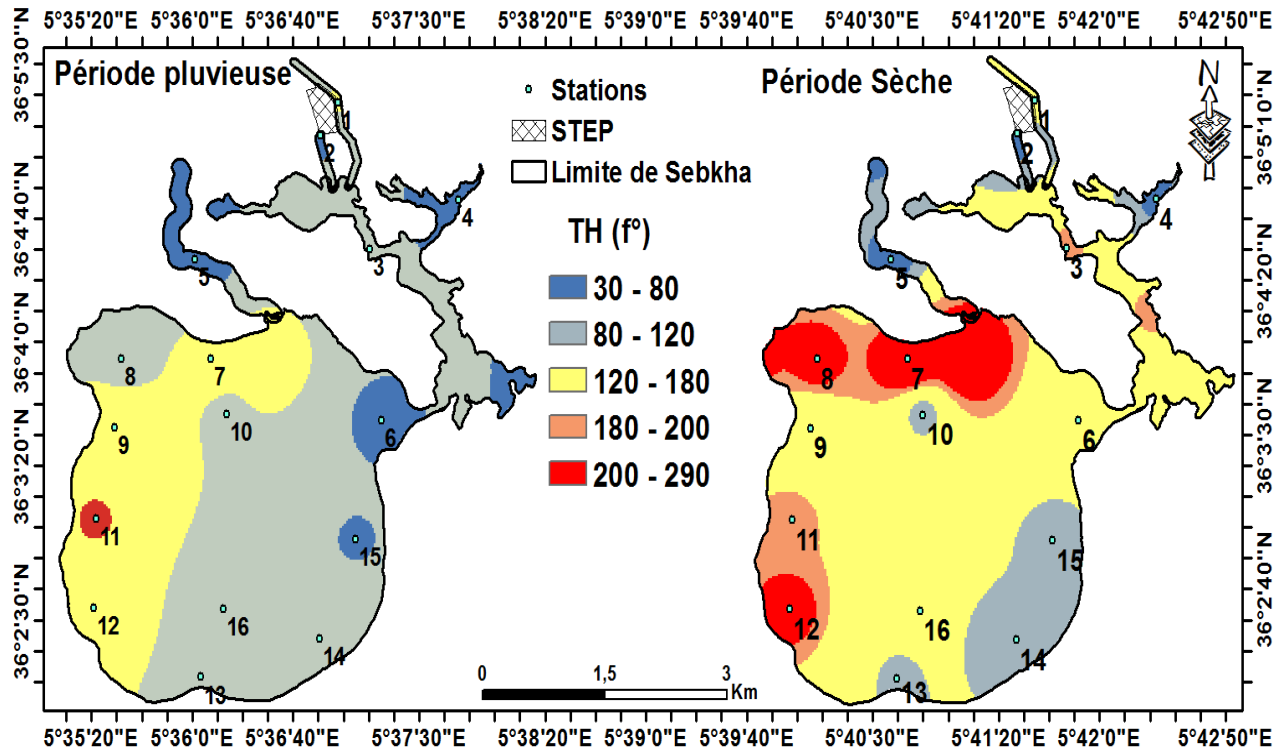


Figure (III.25): Variation Spatio-temporelle de la dureté totale dans la zone humide de Bazer –Sakhra.

1.2.8. Calcium (Ca^{+2})

Les eaux de la zone Humide de Bazer Skhra présentent des teneurs en calcium comprises entre $(72) \text{ mg l}^{-1}$ à $(751,5) \text{ mg l}^{-1}$. En effet, les concentrations les plus élevées ont été signalées pendant la période sèche que celles en période de pluies (figure, III.26), selon Mahajan et Pokale (2017). Les valeurs élevées de la dureté calcique augmente pendant la période sèche sont dues à l'évaporation de l'eau qui augmente la concentration et par l'oxydation / décomposition rapide de la matière organique. Cependant, une proportion relativement plus élevée de calcium dans les roches et les sols (sol riche en carbonate ou bicarbonate de calcium) entourant la sabkha peut également avoir contribué à la richesse en calcium les eaux étudiées.

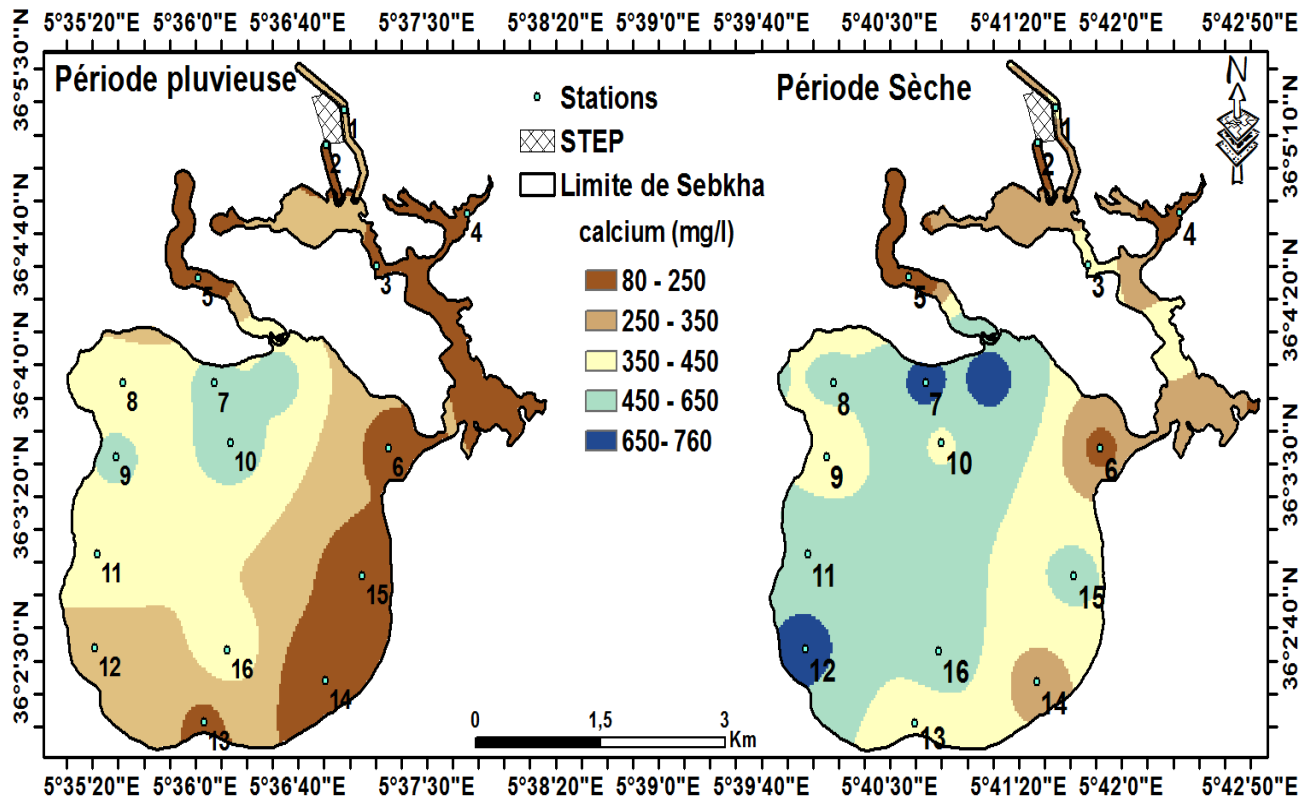


Figure III.26. Variation Spatio-temporelle de calcium dans la zone humide de Bazer – Sakhra.

1.2.9. Magnésium (Mg^{+2})

Dans notre étude, l'évolution périodique de magnésium suit la même évolution que le calcium, dans le quelle les concentrations les plus élevées sont enregistrées pendant la période sèche que celles en période de pluies, En effet, les teneurs trouvées (figure, III.27) varient entre (63,7) mg/l (298,5) et mg/l et entre (86,25) mg/l et (452,35) respectivement en période de pluies et en période sèche. La forte concentration de magnésium dans cette étude peut être interprétée par la relation directe avec l'évaporation et l'élimination illégale des eaux usées domestiques et industrielles (Brraich et Saini, 2015) dans cette zone humide.

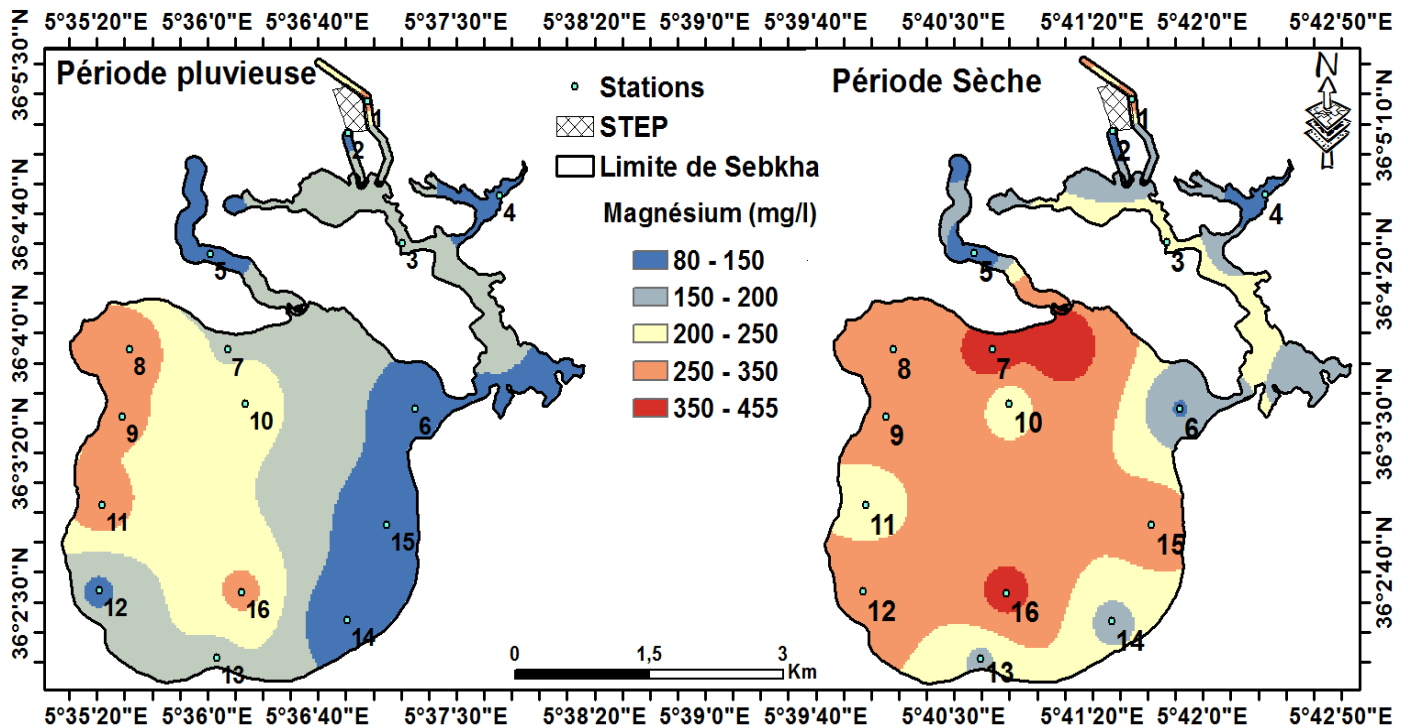


Figure III.27. Variation Spatio-temporelle de Magnésium dans la zone humide de Bazer – Sakhra.

1.2.10. Bicarbonates (HCO_3^-)

Pendant la période d'étude (figure, III.28), les teneurs en bicarbonates enregistrées oscillent entre 97 mg/ l et 336 mg/ l en période de pluie, et 212,5 mg/ l et 650 mg/ l en période sèche, en effet les faibles concentrations en HCO_3^- en période de pluies peut être attribuée à la diminution du rôle de l'évaporation couplée avec l'afflux des grandes volumes d'eau responsable de la dilution des carbonates (Yadav *et al.*,2013). L'évacuation des effluents domestiques, industrielles et de déchets solides qui augmenté la décomposition de la matière organique pourraient être l'une des raisons de l'augmentation de cet élément dans les différents stations de notre étude.

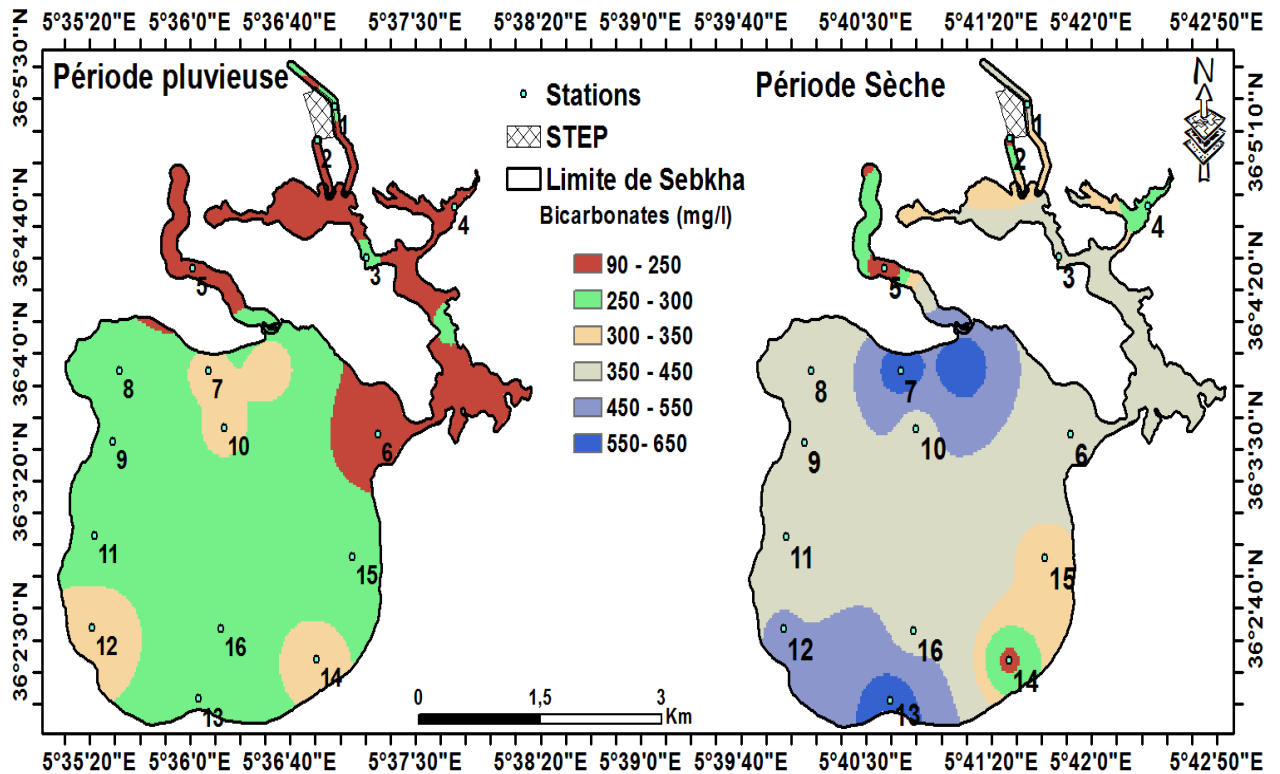


Figure III.28. Variation Spatio-temporelle de bicarbonates dans la zone humide de Bazer – Sakhra.

1.2.11. L'azote ammoniacal « NH_4^+ », Nitrates « NO_3^- » et Nitrites « NO_2^- » :

NH_4^+ : Les taux d'ammonium enregistrés au niveau des stations étudiés sont comprises entre 0,06 mg /l et 5,21 mg /l en période de pluie et entre 0,14 mg/l et 6,85 mg/l en période sèche (figure, III.29). Les valeurs d'ammonium trouvées en période pluviale sont nettement inférieures à celles de la période sèche. Cela peut être le résultat de la dégradation incomplète de la matière organique (Makhouk *et al.*, 2011) provenant des sources anthropiques comme le lessivage des terres agricoles (épandage des engrais), les rejets industriels, et domestiques, conduisant à la réduction de l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui arrête la nitrification de l'ammoniac et augmente la libération de NH_4^+ (Belhadj, 2006, Barakat *et al.*, 2016; Bhateria et Jain,2016).

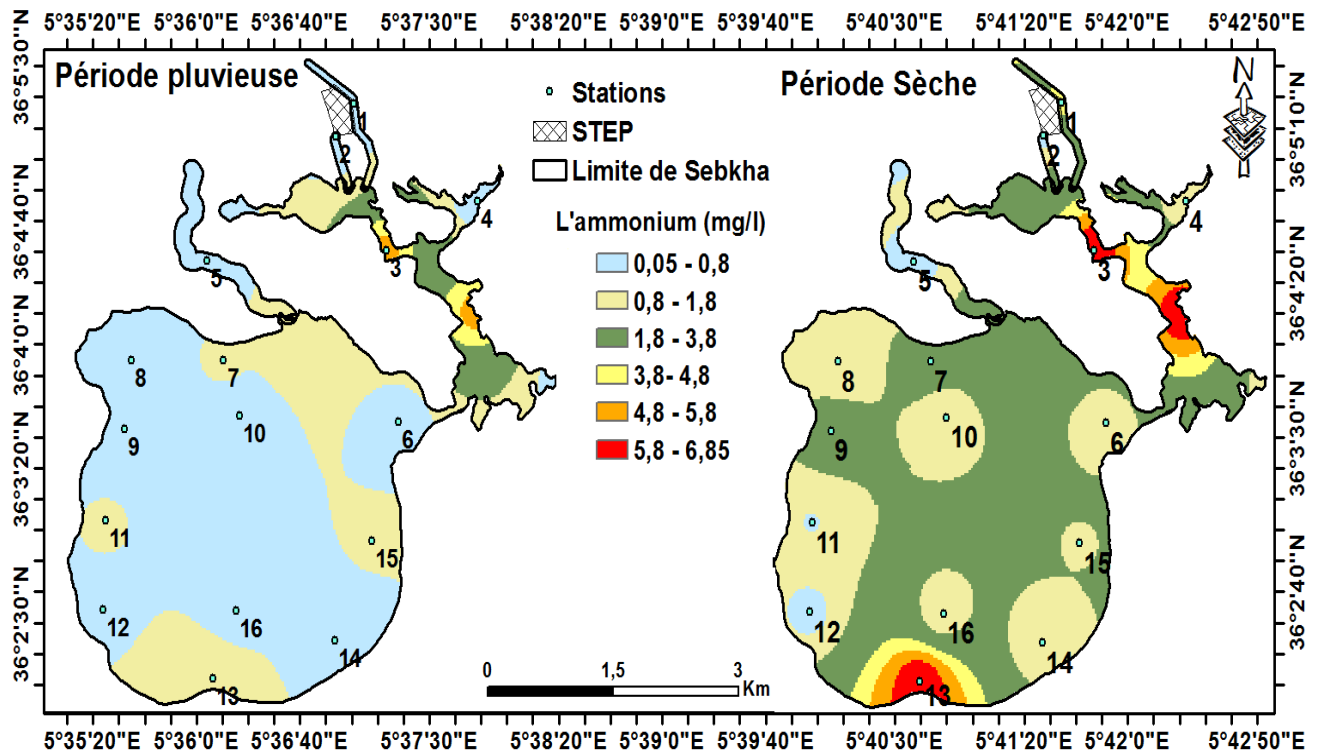


Figure III.29. Variation Spatio-temporelle d'ammonium dans la zone humide de Bazer – Sakhra .

NO₂: Ils sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates. Les concentrations en NO₂ (figure, III.30) montrent une variation très irrégulière d'une station à l'autre avec un changement légère durant les deux périodes d'étude. Tandis que, la valeur la plus élevée a été révéler pendant la pluie (3,59) mg / l au niveau de la station (1) qui est principalement due au ruissellement des eaux contenant des nitrates (Mathivanan and Rajaram, 2014) (eaux usées industrielles et de l'abattoir riche en matière organique), leur présence dans les différentes stations de prélèvement est liée soit à la réduction des nitrates, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque. La présence des nitrites dans la zone humide en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la vie aquatique dans cet écosystème.

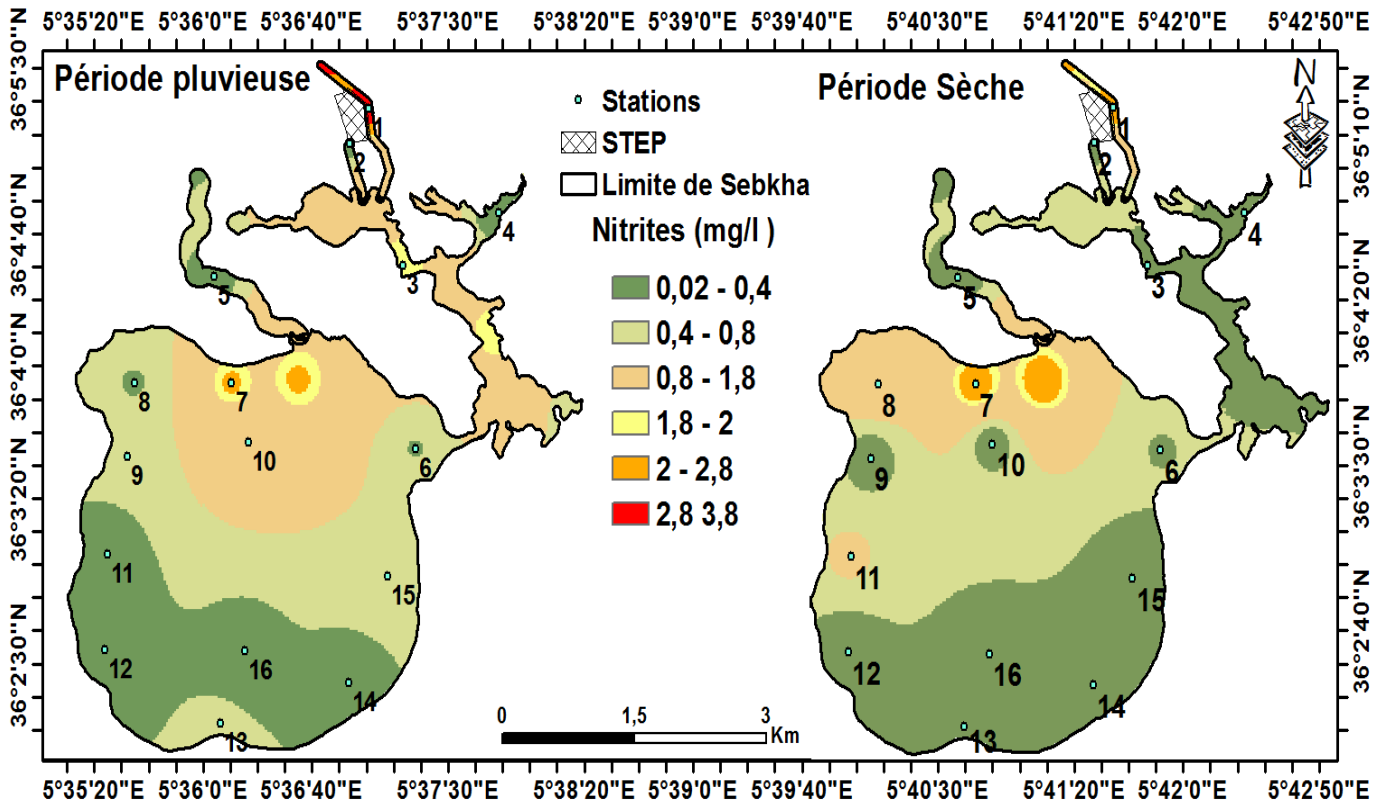


Figure III.30. Variation Spatio-temporelle des nitrites dans la zone humide de Bazer –Sakhra

NO₃ : Dans la présente étude, les concentrations de nitrate variaient entre (26,68) mg / l et (0,68) mg / l. Les valeurs de nitrates les plus élevée enregistrée pendant la période de pluie (Figure III.30), pourrait être due principalement à l'afflux d'eau riche en azote (déchet organique, eau usée urbain et industrielles) et au lessivage des fertilisants (excréments d'animaux (fumier), et de matière végétale) utilisés dans les sols agricoles situés sur les bords de la sebkha. Les faibles concentrations de nitrates qui ont été enregistrées dans la zone d'étude pendant la saison sèche due à son utilisation par les phytoplanctons au cours de la photosynthèse (Mathivanan, et Rajaram, 2014). Ainsi, Wang et Chu. (2016) indiquent qu'à haute température, la réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiantes a augmenté.

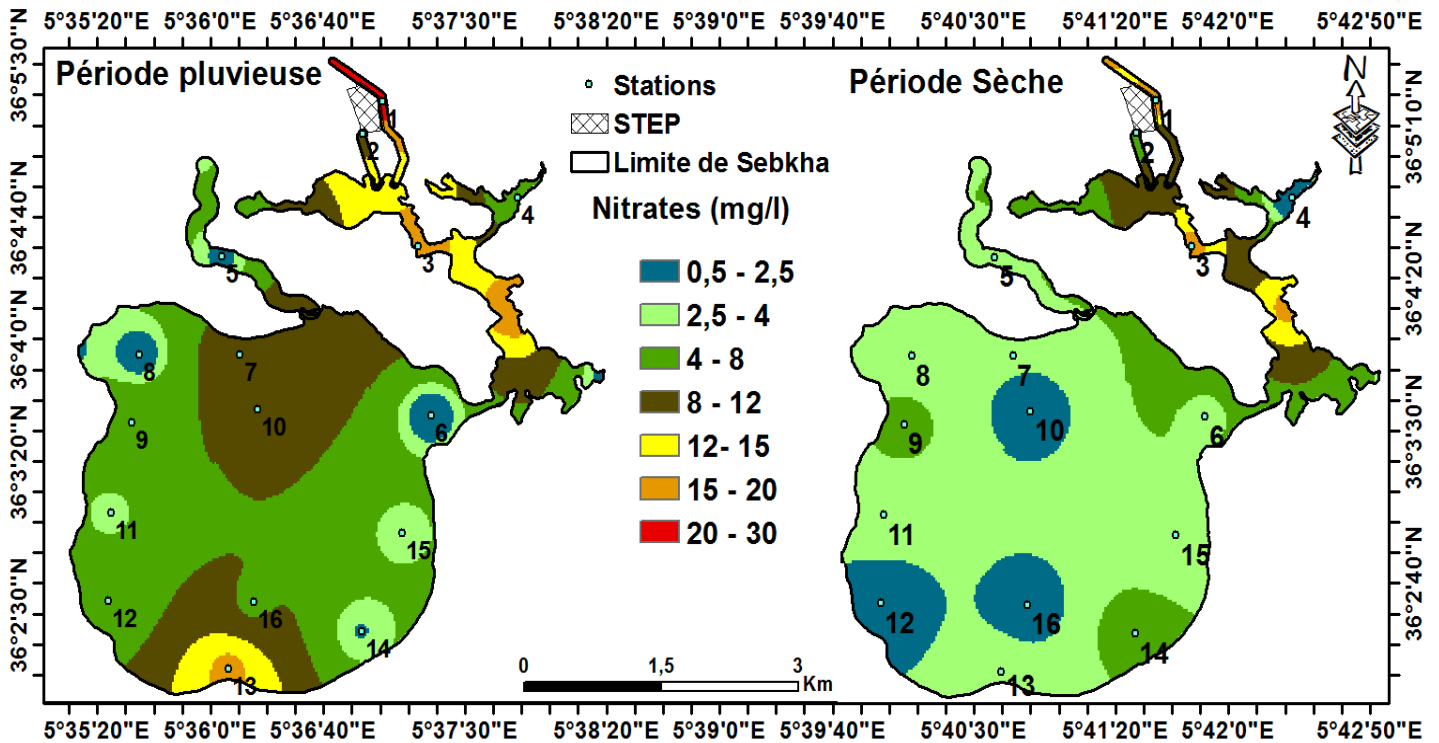


Figure III.31. Variation Spatio-temporelle des nitrates dans la zone humide de Bazer – Sakhra.

1.2.12. Ortho-phosphates (PO_4^{3-})

Les teneurs en ortho-phosphates enregistrées au niveau des eaux étudiées sont comprises entre 0,24 mg/l et 4,62 mg/l en période de pluie et entre 0,02 mg/l et 1,26 mg/l en période sèche. La valeur élevée des phosphates pendant la période des pluies est causée par l'afflux d'eau venant à partir des terres agricoles (l'utilisation des engrais phosphaté) (Aibeche *et al.*, 2020) qui a son tour mélangé avec l'eau affectant le lac. Aussi bien, la source de phosphate est dérivée par décomposition de la matière organique. Les eaux usées rejetées (en majorité des produits nettoyants), et l'altération de la roche mère (Effendi *et al.*, 2015). Cependant, les faibles valeurs de phosphates en période sèche peut être expliquée par leur absorption pour la croissance des macrophytes (Verma *et al.*, 2012), Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène d'eutrophisation dans la zone humide de notre étude.

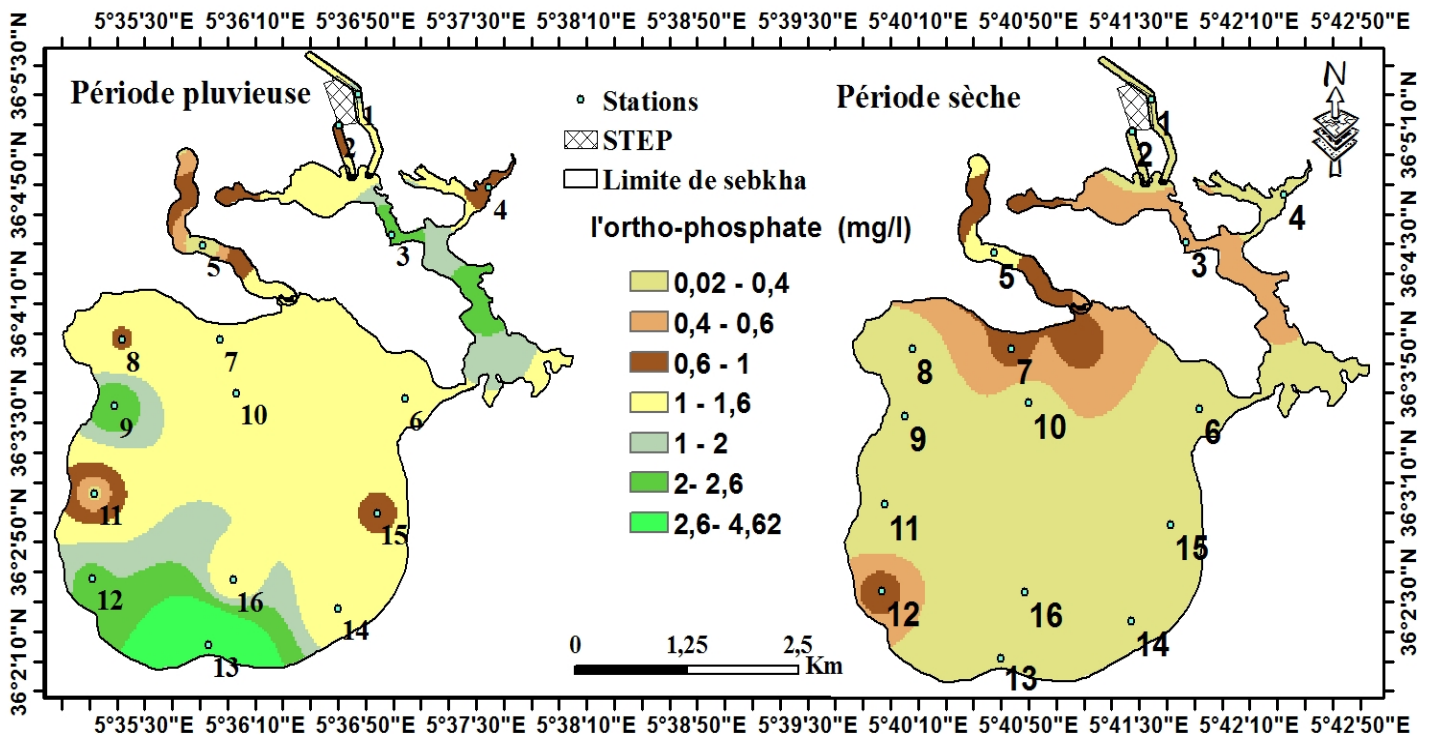


Figure III.32. Variation Spatio-temporelle ortho-phosphates dans la zone humide de Bazer – Sakhra

1.2.13. Demande biochimique en oxygène (DBO₅) et Demande chimique en oxygène (DCO)

Les teneurs en DBO₅ enregistrées au niveau des eaux étudiées sont comprises entre 25 mg/l et 125 mg/l en période de pluies et entre 12 mg/l et 98 mg/l en période sèche (Figure, III.33). L'évolution spatio-temporelle de la DBO₅ montre des valeurs probablement élevée dans les stations (S1), (S2), (S7) pendant les deux périodes d'étude. Ces valeurs anormales témoignent d'une pollution avancée pouvant être due à la présence de la matière organique due au rejet important d'effluents industriels et d'abattoir. Ainsi par les rejets urbains des agglomérations avoisinantes et surexploitation des engrais organique utilisés par les agriculteurs dans cette région. Prasannakumari *et al.* (2003) ont déclaré que les valeurs les plus élevées de DBO₅ pendant la pluie étaient également dues à l'augmentation de l'activité bactérienne avec l'apport élevée des déchets organiques, en outre. Quand la température de l'eau s'élève, la teneur en O₂ diminue en raison de sa consommation accrue par les êtres vivants (respiration) et les bactéries qui se multiplient en utilisant le carbone organique comme source d'énergie. Cela jouent un rôle important dans l'augmentation du taux de la DBO₅ à différentes saisons (Yadav *et al.*, 2013 ; Djouamaa, 2001), c'est un phénomène d'autoépuration naturelle dans les eaux superficielles (Rodier, 2009). L'évolution globale de

ce paramètre montre une tendance positive traduisant l'augmentation de la charge polluante suite à l'action anthropique.

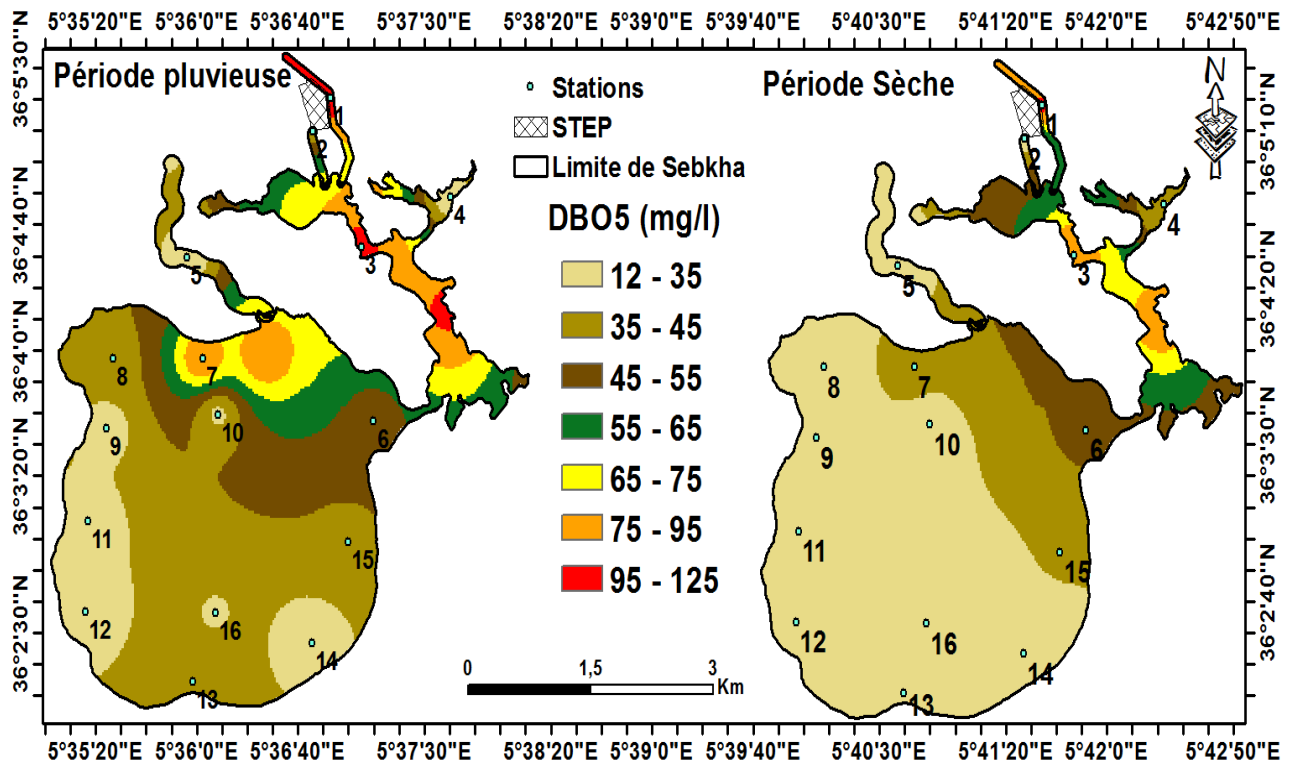


Figure III.33. Variation Spatio-temporelle de demande biochimique en oxygène dans la zone humide de Bazer –Sakhra

Les résultats obtenus de la DCO (figure III.34), présentent une valeur minimale de 37,24 mg/l pendant la période sèche, et la valeur la plus élevée ont été trouvés durant la période de pluies (142,15 mg / l). Puisque la DCO a une relation directe avec la DBO, les raisons mentionnées pour que la DBO soit plus élevée pendant la période des pluies sont également responsables de l'augmentation de DCO. Une demande chimique importante d'O₂, constitue une indication significative de l'importance de matières oxydables (sels minéraux, composés organiques « protéines, glucides, lipides, etc ») provenant des eaux usées domestiques, des polluants agricoles et industriels (Gadhia *et al.*, 2012; Sirajudeen et Vahith, 2014 ; Djouamaa, 2001 ; Saadali *et al.*, 2020). On a toujours un DCO > DBO car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables (Haider, 2014).

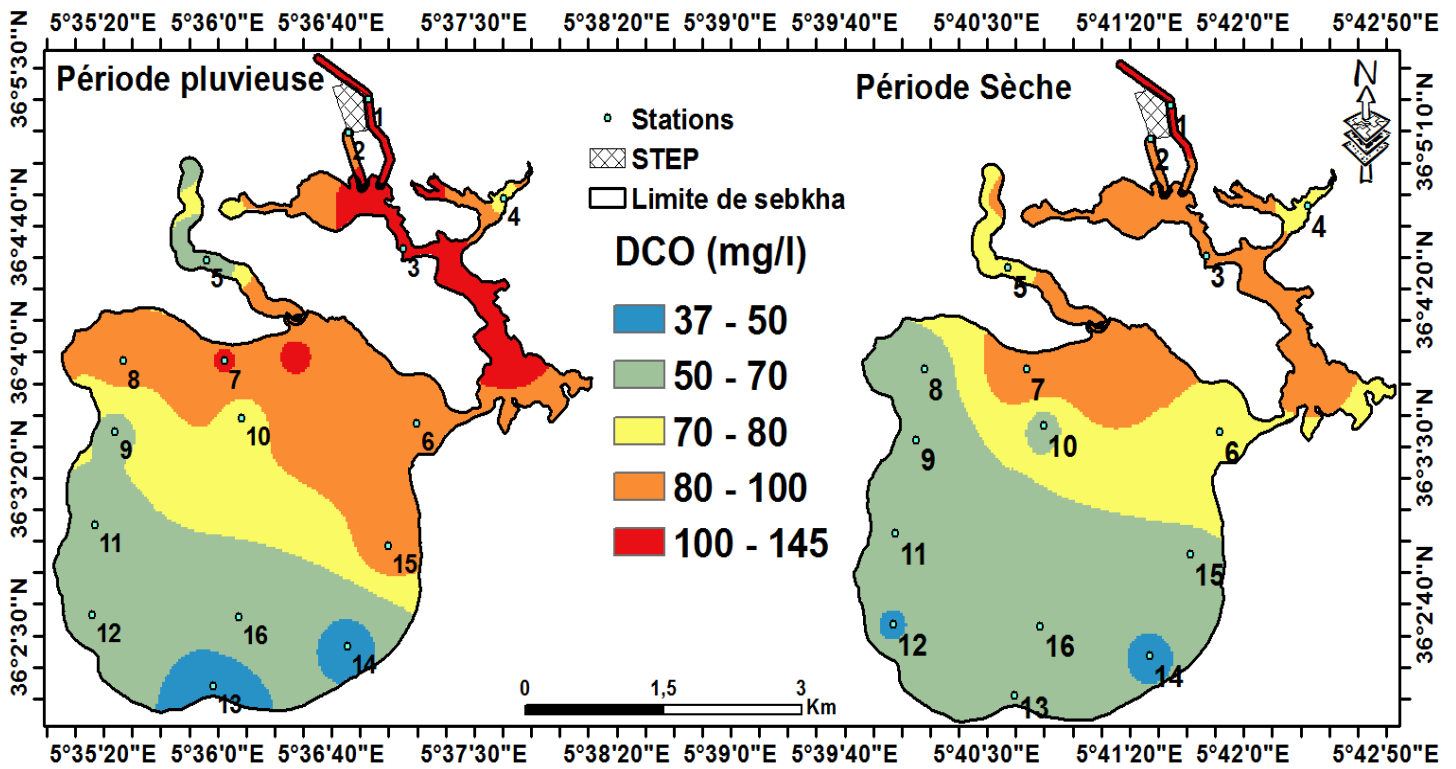


Figure III.34. Variation Spatio-temporelle de demande chimique en oxygène dans la zone humide de Bazer –Sakhra .

2. Evaluation de la qualité des eaux des zones étudiées

2.1. Indice de qualité de l'eau (IQE)

L'indice de qualité de l'eau (IQE) donne la qualité globale de l'eau sur la base d'un grand nombre de caractéristiques physico-chimiques de l'eau (Desai et Desai, 2018).

Le poids relatif (W_i) de chaque paramètre physico-chimique et la constante de k sont calculés en premier lieu en utilisant les normes de la L'FAO (1994) pour l'eau d'irrigation et les normes de la qualité des eaux pour la vie aquatique ont été calculées à l'aide des lignes directrices du CCME (2007) (Annexe II).

2.1.1. Les Oueds du bassin du Hodna

Entre 10 et 08 variables ont été utilisées pour calculer l'IQE selon les normes d'irrigation et pour les critères de la vie aquatique, respectivement. Les paramètres sélectionnés pour l'eau pour l'irrigation : TDS, pH, CE, NO_3^- , PO_4^{3-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{+2} et Mg^{+2} Cependant Les variables sélectionnées pour la vie aquatique sont T, TDS, pH, OD, DBO_5 , NO_2^- , NO_3^- et Cl^- .

Tableau III.1. IQE et sa catégorisation dans les différents oueds du bassin du Hodna pour l'irrigation et la vie aquatique.

Oueds	IQE Irrigation	classe de qualité de l'eau	IQE La vie aquatique	classe de qualité de l'eau.
Oued M'sila	18.06	Excellente	712.6	Inadaptée
Oued Logman	97.72	Très mauvaise	10616.35	Inadaptée
Oued El K'sob	55.35	mauvaise	18.09	Excellente
Oued Mcif	6.30	Excellente	327.08	Inadaptée
Oued EL Khobana	83.86	Très mauvaise	53.79	Mauvaise
Oued Bousaada	31.16	Bonne	79.95	Très mauvaise
Oued EL Ham 1	28.592	Bonne	171.36	Inadaptée
Oued Eleham 2	59.38	mauvaise	280.87	Inadaptée
Oued Djnane	39.45	Bonne	520.63	Inadaptée

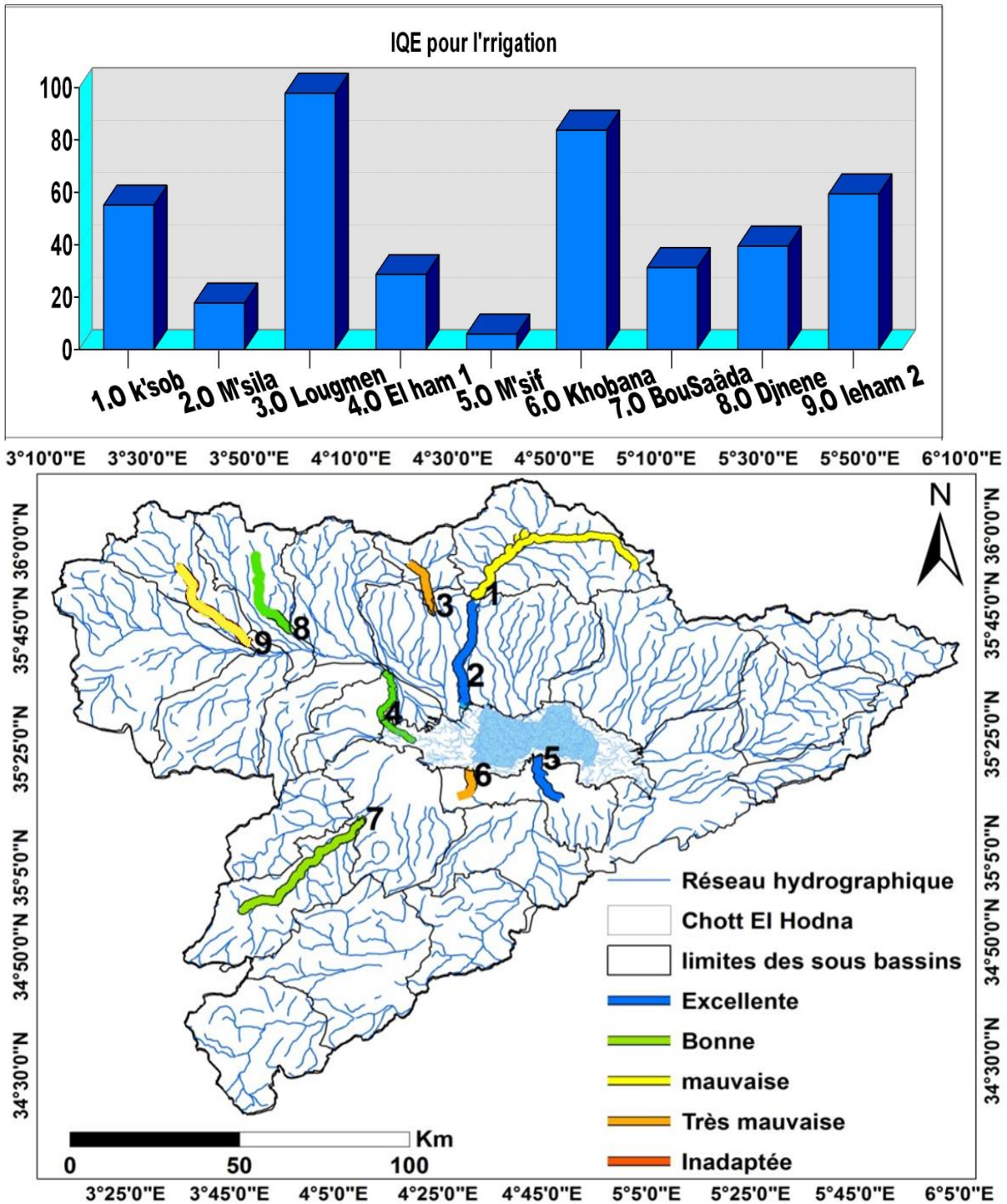


Figure III.36. Variation de L'IQE des eaux des oueds du Hodna pour l'utilisation en irrigation.

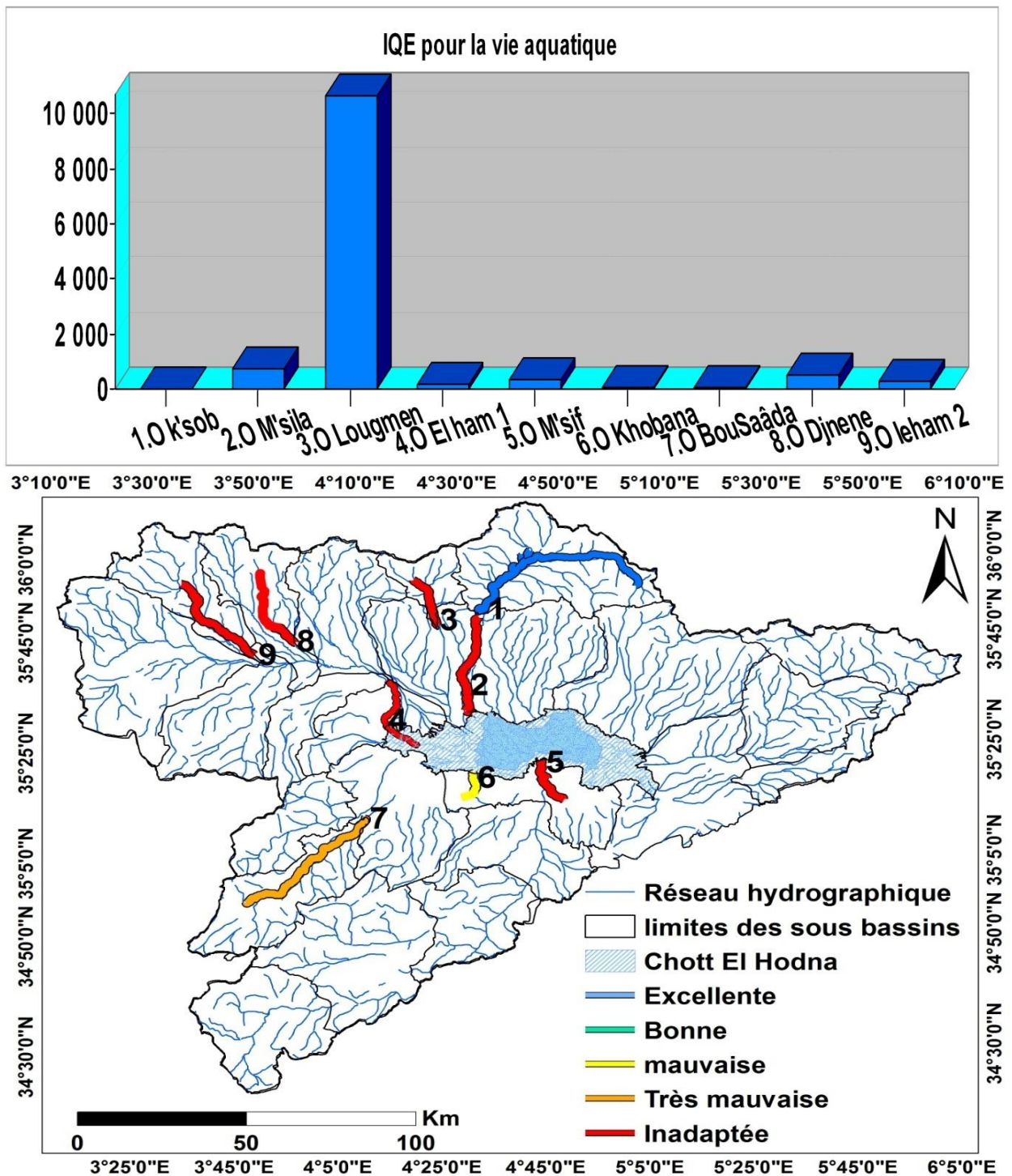


Figure III.35. Variation de L'IQE des eaux des oueds du Hodna pour la vie aquatique.

Les valeurs de l'IQE calculées pour les Oueds étudiés variaient entre 6,30 – 97,72 et 18,09-10616,35 pour l'eau d'irrigation et la vie aquatique respectivement (tableau III.1).

Notre étude indique que la fluctuation de l'indice de qualité de l'eau variait d'une qualité excellente (Oued M'sila ; Oued Mcif) , bonne (Oued Bousaada ; Oued EL Ham 1 ;

Oued Djnane) , mauvaise (Oued El K'sob, Oued Eleham 2) à très mauvaise (Oued EL Khobana ; Oued Logmane) pour l'utilisations de l'eau à l'irrigation, où les valeurs les plus élevées de l'IQE ont été enregistrées à Oued Logmen (97,72), Oued El K'sob (55,35) , Oued Khobana (83,86) et Oued EL Ham (01) (59,38).

Sur la base des valeurs de l'IQE, la qualité de l'eau des Oueds étudiées est classée entre une eau mauvaise à inadaptée selon les recommandations pour la vie aquatique, à l'exception de l'eau de l'oued El k'sob qui a été jugée comme excellente qualité.

Les valeurs élevées L'IQE dans ces oueds est expliqué par les concentrations élevée de CE. TDS. HCO_3^- , DBO_5 , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- et le SO_4^{2-} dans l'eau des différents échantillons.

Globalement, les résultats obtenus indiquent également une charge de pollution importante dans les oueds du bassin du Hodna.

Les valeurs élevées de l'IQE peuvent être principalement d'origines anthropiques telles que les rejets des eaux usées urbaines et industrielles sans traitement préalable, les activités agricoles (lessivage des sols très chargés en fertilisants organique et chimique) dans les oueds étudiées.

Par conséquent, la pollution continue des sources d'eau par les activités humaines peut conduire à la dégradation de la qualité des eaux de surface (Chott El Hodna) et des eaux souterraines de ce bassin qui a considéré la principale source d'approvisionnement en eau de la population de cette région.

2.1.2. La Zone humide de Bazer sakhra

Huit et neuf variables ont été utilisées pour calculer l'IQE selon les normes d'irrigation et pour les critères de la vie aquatique, respectivement. Les paramètres sélectionnés pour l'eau de l'irrigation : TDS, pH, CE, NO_3^- , PO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Ca^{+2} et Mg^{+2} . Cependant, les variables sélectionnées pour la vie aquatique sont : T, TDS, pH, DBO_5 , DCO, NO_2^- , NO_3^- et Cl^- .

Tableau III.2. IQE et sa catégorisation dans les différentes stations de la zone humide de Bazer – Sakhra pour l'irrigation et la vie aquatique.

Stations	IQE Irrigation Période pluvieuse	classe de qualité de l'eau.	IQE Irrigation Période Sèche	classe de qualité de l'eau	IQE la vie aquatique Période pluvieuse	IQE la vie aquatique Période Sèche	classe de qualité de l'eau
S1	93,36	Très mauvaise	77,82	Très mauvaise	5758,06	3968,06	Inadaptée
S2	64,33	mauvaise	70,59	mauvaise	121,21	100,66	
S3	137,08	Inadaptée	105,64	Inadaptée	3191,28	4341,27	
S4	46,84	Bonne	95,34	Inadaptée	98,27	50,49	mauvaise
S5	35,45	Bonne	96,87	Inadaptée	77,75	64,33	
S6	69,92	mauvaise	91,09	Inadaptée	626,60	149,84	Inadaptée
S7	110,66	Inadaptée	122,42	Inadaptée	3372,46	626,69	
S8	77,10	Très mauvaise	101,47	Inadaptée	591,33	2158,89	
S9	159,33	Très mauvaise	79,14	Très mauvaise	750,03	125,60	
S10	116,01	Très mauvaise	91,96	Très mauvaise	325,26	78,16	
S11	45,48	Bonne	86,62	Très mauvaise	79,37	1442,57	
S12	109,13	Inadaptée	110,53	Inadaptée	207,79	120,86	
S13	216,58	Inadaptée	122,09	Inadaptée	723,12	412,79	
S14	53,63	mauvaise	66,87	mauvaise	60,29	173,18	
S15	61,90	Très mauvaise	70,06	mauvaise	1037,32	98,09	
S16	104,62	Inadaptée	95,84	Très mauvaise	179,82	108,14	
IQE = 93,84		Très mauvaise	IQE = 92,77	Très mauvaise	1074,99	876,22	Inadaptée

la classification de la qualité des eaux pour l'utilisation en irrigation de la Sebkhate Bazer – sakhra est située entre eau bonne à Inadaptée en période de pluie (IQE varient de

35, 45 et 216,58) et entre mauvaise à Inadaptée pendant la période sèche (IQE varie de 66,87 et 122,42).

Les valeurs de la qualité de l'eau montrent que les eaux de la zone humide de Bazer-sakhra caractérisées par une qualité très variable en temps de pluie. Nous observons une eau de bonne qualité au niveau des stations (S4, S5, S11) et une eau mauvaise à Inadaptée pour les autres stations. En temps sec, les classes de qualité de l'eau (eau mauvaise, très mauvaise et Inadaptée) sont observées dans tous les échantillons. La valeur des indices de qualité est plus élevée en période sèche qu'en période humide, Ceci est certainement en raison de l'effet de dilution par les pluies (Zandagba *et al.*, 2017).

Sur la base de la moyenne de l'IQE durant la période de pluie et sèche, et d'une manière générale, la qualité des eaux de la zone d'étude est très mauvaise pour l'irrigation. Tandis que, la majorité des stations ont un IQE supérieur à 100, qui indique une qualité d'eau inadaptée selon les recommandations pour la vie aquatique CCME (2007).

Ces valeurs de l'IQE sont principalement liées aux concentrations élevées des nitrites dans les différentes stations durant toute la période d'étude, ce qui rend l'eau impropre à la vie aquatique dans cet écosystème. Cependant, la perturbation et la mauvaise qualité des eaux de la sebkhat- Bzer due à la combinaison de plusieurs facteurs, notamment les rejets des effluents industriels, des eaux usées urbaines, l'élimination incorrecte des déchets et les activités agricoles au bord du lac.

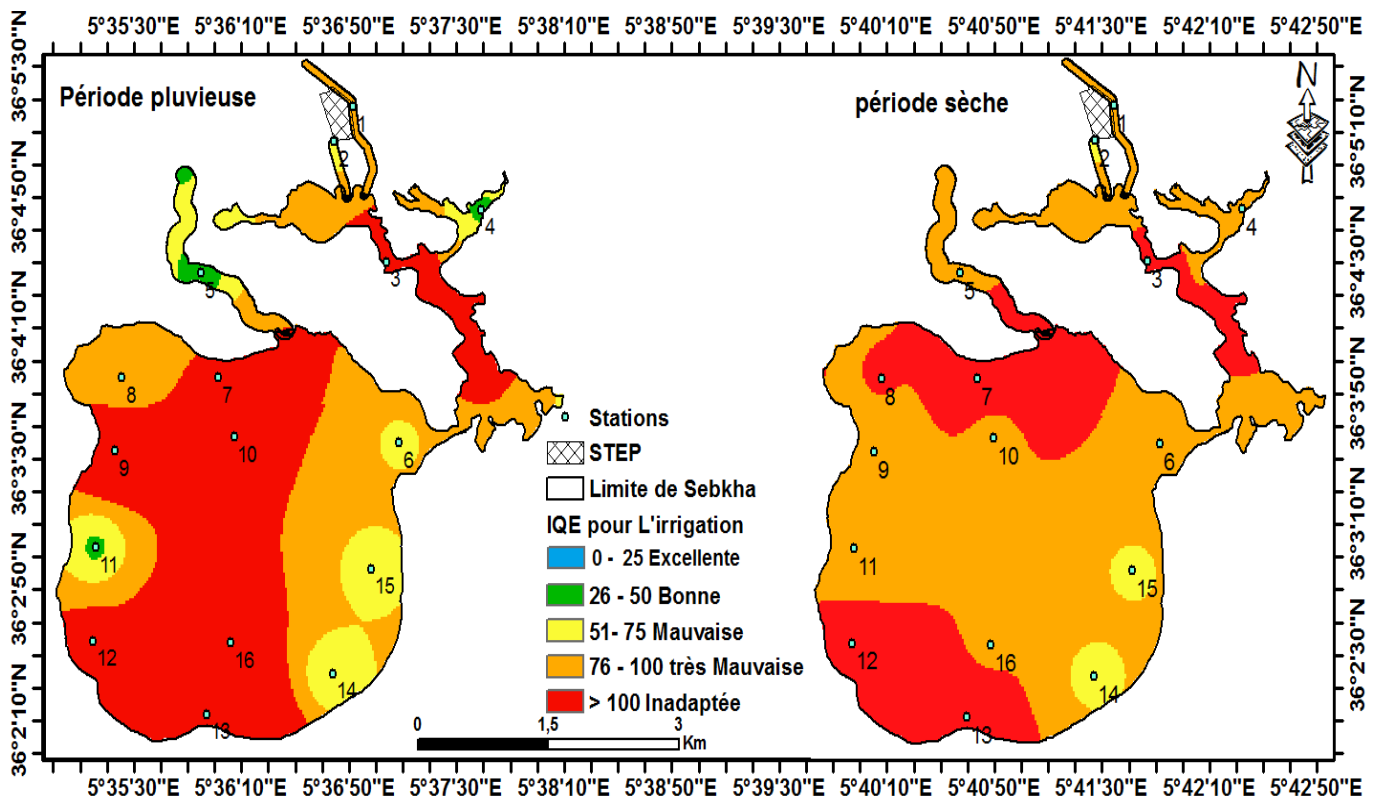


Figure III.37. Variation Spatio-temporelle de L'IQE pour l'utilisation en irrigation dans la zone humide de Bazer –Sakhra.

2.2. L'indice de la pollution organique

2.2.1. Les oueds du bassin du Hodna

Tableau III.3. Variation de l'indice de pollution organique (IPO) des oueds du bassin du Hodna.

Stations	Classes IPO	Niveau de pollution organique
Oued M'sila	2	Pollution organique forte
Oued El k'sob	2	Pollution organique forte
Oued Lougmen	1,5	pollution organique très forte
Oued BouSaâda	1,75	pollution organique très forte
Oued EL Ham 1	2	pollution organique forte
Oued leham 2	2,25	pollution organique forte
Oued Djnene	1 ,25	pollution organique très forte
Oued Khobana	1,75	pollution organique très forte
Oued M'sif	2,25	pollution organique forte

Les valeurs calculées de l'IPO (Tableau, III.3) ont montré l'importance de la charge organique des eaux des différents oueds étudiés. Ceci est dû au fait que la région d'étude est soumise à une activité humaine considérable.

Ainsi que, les valeurs de l'indice ont catégorisés les stations en deux groupes, à savoir: le groupe (1) est formé par les stations (Oued Logmen, Oued Boussaâda, Oued Djnene et Oued El khobana) dont l'IPO est varié entre 1,25 à 1,75. Ils sont caractérisés par de pollution organique très forte. Tandis que, le groupe (2) est constitué de (Oued M'sila, Oued El K'sob, Oued M'sif, Oued EL Ham 1 et Oued leham 2) dont l'indice est varié de 2 à 2,25 , qui appartiennent à la classe de forte pollution organique (Figure, III.38). Ceci peut être expliqué par la variation de la charge polluante des rejets dans les oueds et les différentes agglomérations autour des stations de prélèvement où des activités qui s'y mènent. Cependant, les degrés de pollution organique les plus fortes sont concentrés au niveau les oueds, dans le quelle, les rejets urbaines, industriels et les activités agricoles sont élevés. L'IPO a permis de dégager que la pollution des eaux des oueds du Hodna est une pollution organique.

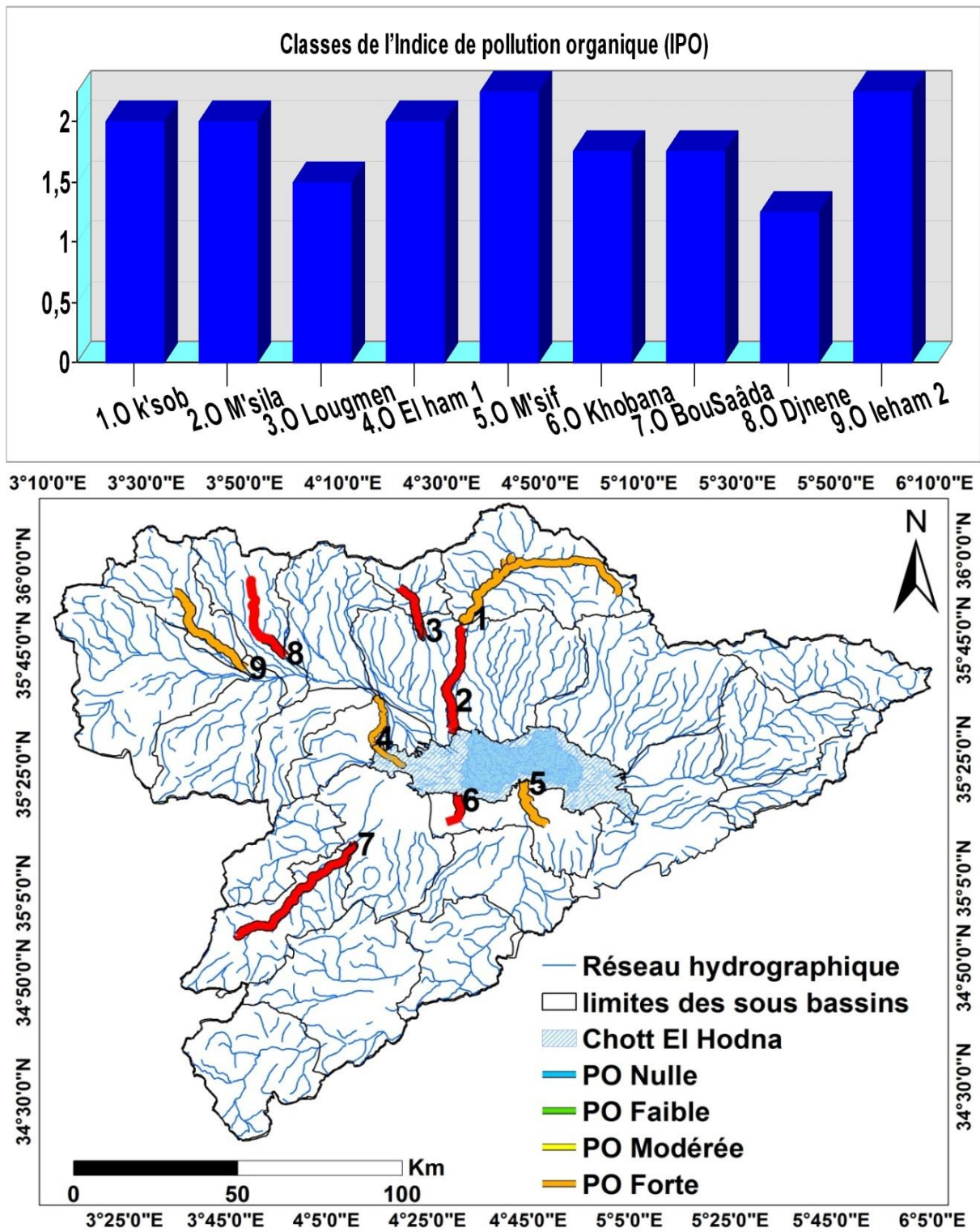


Figure III.38. Variation de l'indice de la pollution organique des eaux des oueds du bassin du Hodna.

2.2.2. La zone Humide de bazer sakhra

L'interprétation de la carte d'indice de pollution organique des eaux de surface de la zone humide de Bazer -sakhra pendant la période sèche et pluvieuse (Figure, III.39) indique le degré d'altération des eaux de la région d'étude. On note, selon les classifications de L'IPO présentées dans le tableau (Tableau, III.4), que les stations S1, S3, S7 ont un OPI compris entre 1,5 et 1,75 dans les deux périodes d'étude, ainsi qu'aux sites S6 et S8, S10 et S13 pendant la période pluvieuse, qui classe ces eaux dans la catégorie de très forte pollution organique. Cependant, les valeurs de l'IPO (IPO = 2, 2,25, 2,5 et 2,75) qui montre une forte pollution organique ont été retrouvées dans les autres stations pendant la période sèche et pluvieuse. Cela indique que la qualité de l'eau de la zone humide de Bazer -Sakhra est soumise à un niveau élevé de pollution organique dégradant sa qualité en raison de la variation des rejets, tel que les eaux usées industrielles (les zones industrielles des communes de Bazer et d'El-Eulma, des abattoirs des bestiaux et avicoles). En plus, les rejets non épurés des grandes agglomérations suite à la défaillance, ou à l'incapacité de la station d'épuration de Bazer- Sakhra, surtout en période de pluie, et d'autre part par des fuites à partir des réseaux d'assainissements individuels, utilisés dans les petites localités de la région. Par ailleurs, les lessivages des fertilisants minéraux azotés, ou à base de sulfates, l'élevage et l'utilisation du fumier comme engrais constituent des sources de pollution organique non négligeables pour les eaux de cette zone.

Tableau III.4. Variation de l'indice de pollution organique (IPO) en période pluvieuse et sèche des eaux de la zone humide de Bazer-sakhra.

Stations	Classes IPO en période pluvieuse	Niveau de pollution organique	Classes IPO en période Sèche	Niveau de pollution organique
S1	1,75	pollution organique très forte	1,5	pollution organique très forte
S2	2,25	pollution organique forte	2,5	pollution organique forte
S3	1,25	pollution organique très forte	1,25	pollution organique très forte
S4	2,5	pollution organique forte	2,25	pollution organique forte
S5	2,75	pollution organique forte	2,25	pollution organique forte
S6	1,75	pollution organique très forte	2	pollution organique forte
S7	1,5	pollution organique très forte	1,5	pollution organique très forte
S8	1,75	pollution organique très forte	2	pollution organique forte
S9	2	pollution organique forte	2,25	pollution organique forte

S10	1,75	pollution organique très forte	2,25	pollution organique forte
S11	2,5	pollution organique forte	2,5	pollution organique forte
S12	2	pollution organique forte	2,5	pollution organique forte
S13	1,5	pollution organique très forte	1,5	pollution organique très forte
S14	2,25	pollution organique forte	2,5	pollution organique forte
S15	2	pollution organique forte	2,25	pollution organique forte
S 16	2	pollution organique forte	2,5	pollution organique forte

En effet, les faibles valeurs de l'IPO obtenues aux stations situées en amont du lac confirment également les niveaux élevés des paramètres physico-chimiques enregistrés dans cette zone. Cette forte pollution organique par les nutriments, en particulier les composés azotés: les nitrites, les phosphates et l'ammonium sont nocifs pour la vie aquatique de cette écosystème d'importance internationale (Mezbour *et al.*, 2018)

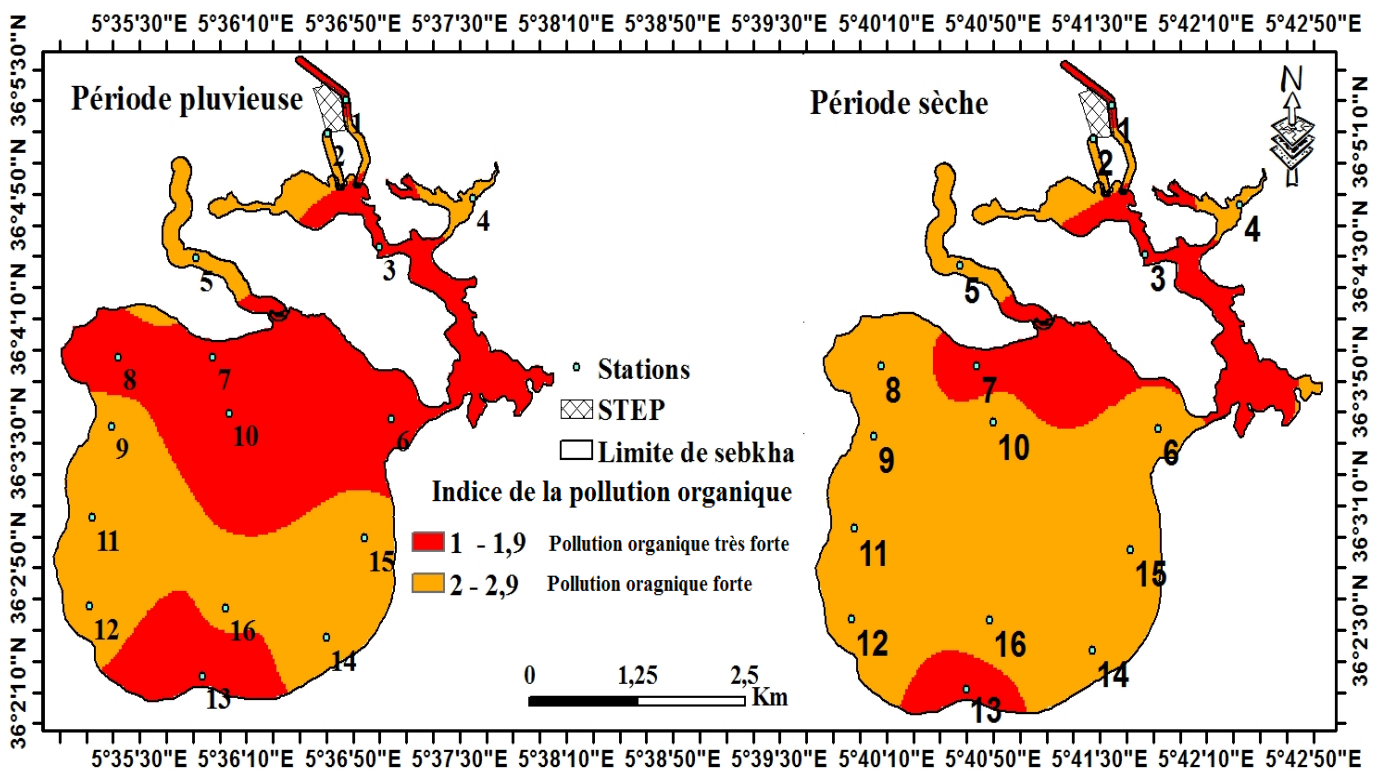


Figure III.39. Variation Spatio-temporelle de L'IPO dans la zone humide de Bazer –Sakhra.

3. Traitement statistique des données

3.1. Matrice de corrélation

3.1.1. Les oueds du bassin du Hodna

Tableau III.5. La Corrélation de Pearson entre les différents paramètres physico-chimiques des oueds du bassin du Hodna :

	T	pH	CE	TDS	RS	Salinité	HCO ₃ ⁻	DO	Turbidité	TH	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Po ₄ -3	Cl ⁻	SO ₄ -2	Ca+2	Mg+2	BDO5	
T	1																			
pH	.324	1																		
CE	-.529	-.523	1																	
TDS	-.252	-.286	.776*	1																
RS	-.363	-.485	.925**	.676*	1															
Salinité	-.393	-.374	.945**	.722*	.887**	1														
HCO ₃ ⁻	.659	.782*	-.659	-.378	-.559	-.466	1													
OD	-.235	.235	.150	-.098	.392	.210	.018	1												
Turbidité	.255	-.388	.240	.351	.373	.190	-.224	.172	1											
TH	.337	.690*	-.030	.287	.114	.026	.519	.321	-.001	1										
NO ₃ ⁻	.743*	.115	-.374	-.219	-.348	-.380	.429	-.608	-.060	.166	1									
NO ₂ ⁻	-.190	.296	-.370	-.124	-.319	-.459	-.067	.231	-.155	.206	-.382	1								
NH ₄ ⁺	.391	-.553	-.318	-.250	-.305	-.355	-.079	-.498	.427	-.633	.351	-.215	1							
Po ₄ -3	-.229	-.185	-.103	.168	-.229	-.228	-.338	-.452	-.305	-.160	-.084	.647	.107	1						
Cl ⁻	-.217	-.418	.877**	.868**	.918**	.804**	-.481	.204	.528	.280	-.209	-.253	-.245	-.123	1					
SO ₄ -2	.113	-.514	.703*	.707*	.760*	.619	-.415	-.133	.487	.193	.248	-.396	.042	-.042	.865**	1				
Ca+2	-.172	-.154	.787*	.883**	.803**	.811**	-.155	.227	.362	.435	-.245	-.315	-.382	-.218	.897**	.679*	1			
Mg+2	.072	-.088	.487	.599	.680*	.461	.040	.413	.518	.568	-.061	-.209	-.236	-.359	.779*	.632	.827**	1		
BDO5	.352	-.077	-.269	-.281	-.273	-.027	.280	-.206	-.084	-.417	.040	-.248	.489	-.008	-.388	-.265	-.226	-.365	1	

*. La corrélation est significative au niveau de 0,05 (bilatéral). **. La corrélation est significative au niveau de 0,01 (bilatéral).

La matrice de corrélation de Pearson des paramètres mesurés durant notre étude pour chaque paramètre est donnée dans le ci- dessus (Tableau, III.5). La température a montré une corrélation positive avec le NO₃⁻ (r = 0,743, p <0,05). Alors que, le pH a montré une corrélation positive avec HCO₃⁻ (r = 0,782, p <0,05) et TH (r = 0,690, p <0,05). La conductivité électrique a montré une relation positive significative avec : la salinité, TDS (r = 0,776, p <0,05), TS (r = 0,925, p <0,05), Cl⁻ (r = 0,877, p <0,01), Ca⁺² (r = 0,787, p <0,05) et So₄⁻² (r = 0,703, p <0,05), On peut voir que le TDS est positivement corrélé avec le TS (r = 0,676, p <0,05), la salinité (r = 0,722, p <0,05), Cl⁻ (r = 0,868, p <0,01), So₄⁻² (r = 0,707, p <0,05) et Ca⁺² (r = 0,883, p <0,01), Cependant les RS a exprimé une corrélation positive avec la salinité de l'eau (r = 0,887, p <0,01), Cl⁻ (r = 0,918, p <0,01), So₄⁺² (r = 0,760, p <0,05), Ca⁺² (r = 0,803, p <0,01) et Mg⁺² (r = 0,680, p <0,05).

La salinité a montré une corrélation positive avec le Cl^- ($r = 0,804$, $p < 0,01$) et Ca^{+2} ($r = 0,811$, $p < 0,01$). Ce qui indique une forte présence de solides inorganiques dissous dus soit aux influences humaines soit à la nature géologique du terrain traversé.

La concentration de chlorure dans la présente étude a une relation positive significative avec SO_4^{2-} ($r = 0,865$, $p < 0,01$), Ca^{+2} ($r = 0,897$, $p < 0,01$), Mg^{+2} ($r = 0,779$, $p < 0,05$). Le sulfate a montré une corrélation positive avec Ca^{+2} ($r = 0,679$, $p < 0,05$). Les concentrations de calcium ont également montré une forte corrélation positive avec Mg^{+2} ($r = 0,876$, $p < 0,01$) indiquant une origine commune (Brinis *et al.*, 2015).

3.1.2. La zone humide de bazer sakhra

Tableau III.6. La Corrélation entre les différents paramètres physico-chimiques de la zone humide de Bazer sakhra durant la période pluvieuse :

	T	pH	CE	TDS	Turbidité	Cl^-	TH	Ca^{+2}	Mg^{+2}	HCO_3^-	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	PO_4	DBO_5	DCO
T	1															
pH	,548*	1														
CE	,654**	0,181	1													
TDS	0,127	-0,162	,514*	1												
Turbidité	-0,125	-,535*	0,403	,584*	1											
Cl^-	0,17	0,055	0,488	0,462	0,374	1										
TH	0,179	-0,37	,629**	0,413	,530*	0,216	1									
Ca^{+2}	0,18	-0,068	,629**	,600*	0,491	,517*	,680**	1								
Mg^{+2}	-0,001	-0,259	,576*	,683**	,588*	0,271	,581*	,791**	1							
HCO_3^-	,524*	-0,24	,713**	0,34	0,417	0,365	,638**	,571*	0,479	1						
NO_3^-	-0,496	-,557*	-0,01	0,043	0,354	0,288	0,182	0,234	0,329	0,224	1					
NO_2^-	-0,454	-,694**	-0,075	0,199	,677**	0,253	0,184	0,198	0,275	0,263	,813**	1				
NH_4^+	0,123	-0,07	0,004	-0,016	0,097	0,095	0,003	-0,06	0,008	0,146	0,42	0,386	1			
PO_4	0,201	0,062	0,429	0,072	-0,034	0,343	0,271	0,126	0,173	0,387	,509*	0,219	0,358	1		
DBO_5	-0,452	-,628**	-0,125	0,232	,609*	0,27	0,083	0,15	0,233	0,194	,806**	,972**	,505*	0,211	1	
DCO	-,541*	-,564*	-0,378	0,277	0,488	0,081	-0,026	0,135	0,162	-0,026	,565*	,820**	0,346	-0,105	,867**	1

*. La corrélation est significative au niveau de 0,05 (bilatéral). **. La corrélation est significative au niveau de 0,01 (bilatéral)

Tableau III.7. La Corrélation entre les différents paramètres physico-chimiques de la zone humide de Bazer sakhra durant la période sèche :

	T	pH	CE	TDS	Turbidité	Cl ⁻	TH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻	NO ₃	NO ₂	NH ₄ ⁺	PO ₄	DBO ₅	DCO
T	1															
pH	-,548*	1														
CE	,717**	-0,097	1													
TDS	,807**	-0,462	,623**	1												
Turbidité	,524*	-,617*	0,254	,655**	1											
Cl ⁻	,685**	-,520*	,586*	,568*	0,474	1										
TH	,835**	-0,487	,642**	,788**	,525*	,677**	1									
Ca ⁺²	,872**	-0,392	,884**	,733**	0,48	,763**	,826**	1								
Mg ⁺²	,807**	-,504*	,801**	,799**	,701**	,766**	,749**	,857**	1							
HCO ₃ ⁻	,647**	-0,348	,676**	,784**	,524*	0,473	,705**	,700**	,662**	1						
NO ₃	0,12	-,652**	-0,479	0,156	0,377	0,018	0,15	-0,13	-0,015	-0,059	1					
NO ₂	0,299	-,567*	-0,214	0,287	0,401	0,156	0,443	0,116	0,144	0,131	,880**	1				
NH ₄ ⁺	0,279	-0,412	-0,093	0,39	0,333	0,064	0,228	0,061	0,119	0,493	,619*	,591*	1			
PO ₄	-0,043	-0,217	-0,142	-0,19	0,116	0,27	0,102	-0,036	-0,03	-0,102	0,007	0,056	-0,135	1		
DBO ₅	0,123	-,628**	-0,432	0,166	,535*	0,132	0,231	-0,08	0,051	0,104	,890**	,831**	,630**	0,064	1	
DCO	-0,042	-,643**	-0,455	0,03	,554*	0,099	0,124	-0,181	0,014	0,019	,688**	,586*	0,33	0,318	,831**	1

*. La corrélation est significative au niveau de 0,05 (bilatéral). **. La corrélation est significative au niveau de 0,01 (bilatéral)

La corrélation de Pearson durant la période pluvieuse et sèche ont montré des fortes corrélations positives et négatives entre les paramètres mesurés (tableaux III.6 et III.7).

La température de l'eau a montré une relation positive significative en période des pluies avec le pH ($r = 0,548$), HCO₃⁻ ($r = 0,524$), CE ($0,654$) et une corrélation négative significative ($p < 0,05$) avec la DCO ($r = -0,541$). En saison sèche, la température de l'eau a montré une corrélation significative positive avec CE ($r = 0,717$, $p < 0,01$), TDS ($r = 0,807$, $p < 0,01$), TH ($r = 0,835$, $p < 0,01$), Ca⁺² ($r = 0,782$, $p < 0,01$), HCO₃⁻ ($r = 0,647$, $p < 0,05$). Ceci prouve l'effet important de la température sur la dissociation des sels dissous et la solubilité des gaz dans l'eau, en particulier dans cette zone humide (Gouasmia *et al.*, 2016).

Le pH a montré une corrélation négative avec la turbidité ($r = -0,535$); ($r = -0,617$), NO₂ ($r = -0,694$ $p < 0,01$); ($r = -0,567$ $p < 0,01$), NO₃ ($r = -0,557$ $p < 0,05$); ($r = -0,653$ $p < 0,01$), DCO ($r = -0,564$ $p < 0,05$); ($r = -0,643$ $p < 0,01$) en saison pluvieuse et en saison sèche respectivement. Une corrélation négative suppose qu'une diminution du pH est liée à une augmentation de ces paramètres dans cette zone humide et vice versa. Cela implique que plus les matières en suspension organiques et inorganiques sont présentes dans l'eau leur PH

devient plus acide. Aussi, le PH a montré une corrélation négative avec Mg^{+2} ($r = -0,504$ $p < 0,05$) et Cl^- ($r = -0,520$) en période sèche, peut s'expliquer par l'hydrolyse des ions à la surface de l'eau (Seth *et al.*, 2016).

La conductivité électrique a montré une relation positive significative dans les deux périodes d'étude sèche et pluvieuse avec TDS ($r = 0,623$ $p < 0,01$; $r = 0,514$ $p < 0,05$), TH ($r = 0,642$ $p < 0,01$; $r = 0,629$ $p < 0,05$), HCO_3^- ($r = 0,676$ $p < 0,01$; $r = 0,713$ $p < 0,01$), Ca^{+2} ($r = 0,629$ $p < 0,01$; $r = 0,884$ $p < 0,01$). Mg^{+2} ($r = 0,629$ $p < 0,01$; $r = 0,884$ $p < 0,01$). D'autre part, la CE révélée une relation significative positive avec le Cl^- ($r = 0,586$ $p < 0,05$) en saison sèche. Cependant, pendant la saison sèche, les totaux des solides dissous ont montré une forte relation positive et significative avec la turbidité ($r = 0,655$, $p < 0,01$), TH ($r = 0,788$, $p < 0,01$), Ca^{+2} ($r = 0,733$, $p < 0,01$), Mg^{+2} ($r = 0,799$, $p < 0,01$), HCO_3^- ($r = 0,784$, $p < 0,01$) et relation positive avec Cl^- ($r = 0,568$, $p < 0,05$). Pendant la saison des pluies, les TDS a montré une corrélation positive avec la turbidité ($r = 0,584$, $p < 0,05$), Ca^{+2} ($r = 0,600$, $p < 0,05$) Mg^{+2} ($r = 0,683$, $p < 0,01$). Ce qui indique la forte présence des solides inorganiques dissous en raison de la nature géologique du terrain traversé d'une part, et l'influence anthropique d'autre part donc la conductivité électrique de l'eau dépend de la concentration d'ions et leur charge en nutriments (Joshi *et al.*, 2009).

la turbidité a montré une relation positive significative avec TH ($r = 0,530$ $p < 0,05$); ($r = 0,525$ $p < 0,05$), Mg^{+2} ($r = 0,588$ $p < 0,05$); ($r = 0,705$ $p < 0,01$), BDO5 ($r = 0,609$); ($r = 0,535$), dans les deux périodes de pluie et de sécheresse respectivement, ainsi Il a montré une relation positive significative avec NO_2^- ($r = 0,677$ $p < 0,01$) pendant la pluie et avec la DCO ($r = 0,527$ $p < 0,05$), HCO_3^- ($r = 0,524$ $p < 0,05$) en période sèche, plus les particules en suspension, la matière organique décomposée et d'effluents rejetés dans l'eau, plus la turbidité est élevée. Cela confirme la corrélation de la turbidité entre le total des solides en suspension. La concentration de chlorure dans la présente étude a une relation positive significative avec Ca^{+2} ($r = 0,517$, $p < 0,05$); ($r = 0,763$, $p < 0,01$) pendant la période pluvieuse et sèche respectivement. Tandis que, elle corrélée positivement avec TH ($r = 0,763$, $p < 0,01$), Mg^{+2} ($r = 0,766$, $p < 0,01$) en période sèche.

La dureté a montrée des corrélations positives pendant la période des pluies et sèche respectivement avec Ca^{2+} ($p < 0,01$; $r = 0,680$); ($p < 0,01$; $r = 0,826$), Mg^{+2} ($p < 0,05$; $r = 0,581$); ($p < 0,01$; $r = 0,749$) et HCO_3^- ($p < 0,01$; $r = 0,638$); ($p < 0,01$; $r = 0,705$). Le calcium dans la période d'étude corrélée durant les deux périodes avec le magnésium et les bicarbonates. L'analyse de corrélation indique que les échantillons d'eau du sebkhat sont très durs.

Les nitrates dans notre étude a révélée une corrélation positive significative avec la DBO₅ ($p < 0,01$, $r = 0,806$; $p < 0,01$; $r = 0,890$), la DCO ($p < 0,05$, $r = 0,565$; $p < 0,01$; $r = 0,688$) et avec les nitrites ($p < 0,01$, $r = 0,813$) ; ($p < 0,01$, $r = 0,880$) durant la période pluvieuse et sèche. Aussitôt, elles sont corrélées positivement avec l'ammonium en période sèche et avec l'ortho phosphates en période pluvieuse. Les valeurs des nitrites représentait également une relation significative positive pendant les saisons des pluies avec la DBO₅ ($p < 0,01$, $r = 0,972$; $p < 0,01$; $r = 0,831$) et la DCO ($p < 0,01$, $r = 0,820$; $p < 0,005$; $r = 0,686$). D'autre part, nous avons constaté qu'il existe une corrélation positive significative entre NH₄⁺ et BDO₅ dans les deux périodes d'étude, les concentration les plus élevée de nutriments provenant a partir les différentes activités anthropiques (ruissellement agricole, engrais et eaux usées) augmentant la quantité des déchets organiques dans l'eau, ce qui favorise la décomposition bactérienne, et par la suite l'augmentation du DBO₅ et de la DCO (Sanyal *et al.*, 2019), le BDO₅ est fortement corrélé avec la DCO pendant la période pluvieuse et sèches ($r = 0,867$ et $0,773$), indique que la concentration de DCO influence la valeur de la DBO₅ de l'eau (Dabgerwal *et al.*, 2016).

3.2. Analyse en composante principale (ACP)

3.2.1. Les oueds du bassin du Hodna

Les valeurs propres nous renseignent sur la fraction de l'inertie totale prise en compte par chaque axe, ces valeurs nous ont permis d'estimer le nombre d'axes qui forme le plan de projection de l'information. Selon le critère de Kaiser (Kaiser, 1960) qui a été appliqué afin de déterminer le nombre total de facteurs (F) significatifs, seuls les facteurs ayant une valeur propre supérieure ou égale à 1 seront acceptés comme sources possibles de variance dans les données.

Pour les oueds du Hodna, la variation totale (100%) est répartie selon les 8 valeurs propres. Cependant, deux seulement ont été retenus (F1 et F2). Ces facteurs représentent 57,45% de la variance totale, ce qui est assez bon et peut être utilisée pour identifier de l'influence des paramètres physico-chimiques sur les sites (Tableau III.7). L'axe F1 exprime 37,52% de la variance et l'axe F2 exprime 19,93% de la variance.

Tableau III.7. Valeurs propres des différents axes pour les oueds du bassin du Hodna:

	Valeur	Variabilité	% cumulé
F1	7,1295	37,5238	37,5238
F2	3,7869	19,9311	57,4549
F3	2,9208	15,3724	72,8273
F4	1,8695	9,8397	82,6670
F5	1,6905	8,8972	91,5642
F6	0,7794	4,1021	95,6663
F7	0,5819	3,0625	98,7288
F8	0,2415	1,2712	100,0000

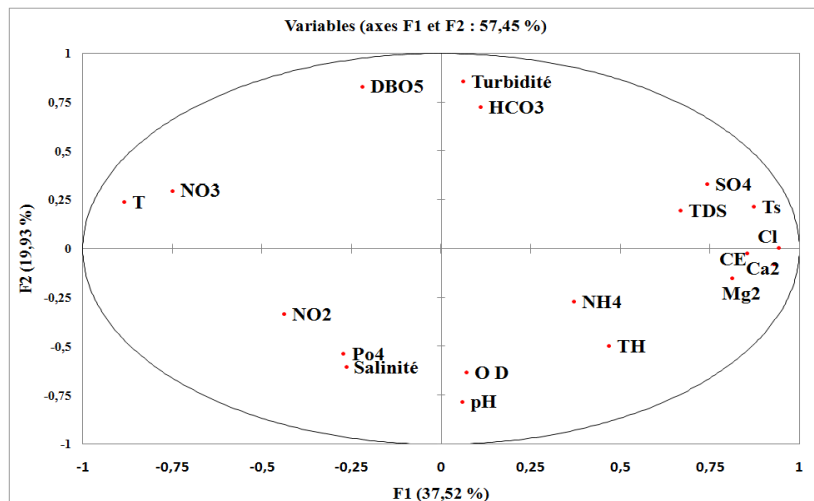


Figure III.40. Cercle de corrélation des différentes variables selon le plan F1x F2.

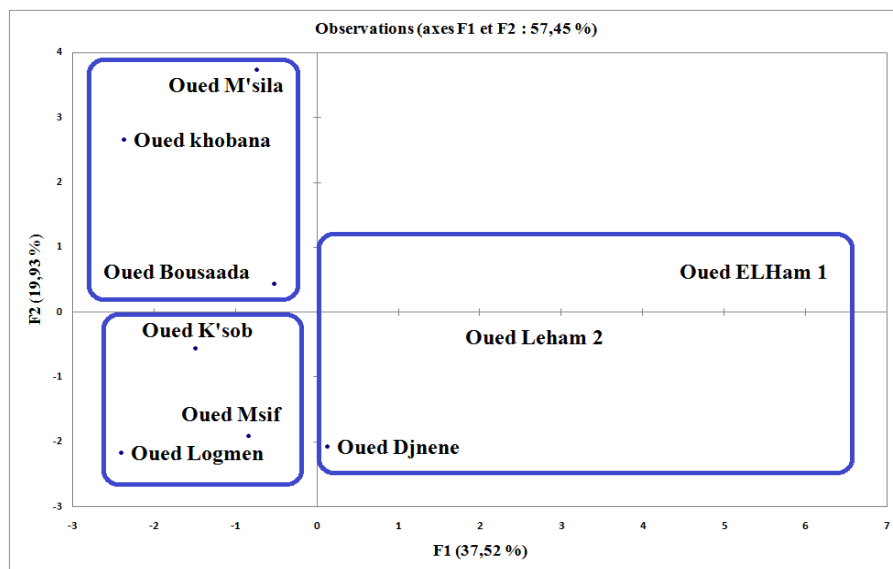


Figure III.41. Répartition des stations dans le plan factoriel F1 X F2.

Dans le plan formé par les composantes principales F1 et F2 (Figure, III.40), les variables les plus corrélées à la CP 1 sont : SO_4^{2-} , TDS, RS, Cl^- , CE, Mg^{+2} , T et NO_3^- . Parmi ces variables, celles qui contribuent de plus à la formation des groupes de l'axe F1, qui sont divisés en deux. Le premier regroupe : la conductivité, le chlorure, les sulfates, totale des solides dissous, les résidus sec, calcium et le magnésium qui sont fortement corrélés entre elles et positivement à l'axe F1, puisqu'ils définissent des vecteurs propres de même direction et le deuxième groupe qui est rassemblé par la température et les nitrates, qui sont corrélée négativement avec cet axe.

En effet, l'axe F2 est défini par la turbidité, HCO_3^- , la turbidité et la DBO_5 vers son pôle positif et la salinité, PO_4^{3-} , OD, pH vers son pôle négatif.

La carte factorielle (Figure, III.41) présente une distribution des neuf stations d'échantillonnage en trois groupes à savoir: 1, 2 et 3 selon leurs caractéristiques physiques et chimiques.

Les axes factoriels montrent que le groupe (1) formé par les sites d'Oued EL Ham 1, Oued Leham 2 et Oued Djnene, sa localisation dans cet ensemble est liée à sa composition élevées de turbidité, HCO_3^- , SO_4^{2-} , TDS, TS, Cl^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , CE, pH et NH_4^+ . Donc les eaux de cet groupe sont riche en matières et particules en suspension et dissoutes, qui indique la présence d'une pollution inorganique de l'eau associée aux activités domestiques dans ces stations.

Le groupe 2 formé par les sites suivants : Oued M'sila, Oued khobana, Oued Boussaâda, qui sont situés au même côté de la température, DBO_5 et NO_3^- , qui montre une pollution organique d'origine urbaine (Les composants des détergents), industrielle et agricole. En outre les stations : Oued M'cif, Oued El K'sob, Oued EL Khobana (groupe 3) sont caractérisées par des valeurs élevées de NO_2^- et PO_4^{3-} , qu'est liée principalement au lessivage des terrains agricoles des zones entourant ces oueds.

3.2.2. La zone humide de bazer sakhra

Dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres physico-chimiques et pour mieux évaluer l'effet des activités anthropiques sur la qualité eaux de surface de la zone humide de Bazer sakhra. Le traitement statistique ACP (analyse en composantes principales) a été appliqué à l'ensemble des paramètres en période pluvieuse et en période sèche.

Les Tableaux (III.8 et III.9) des valeurs propres montrent que la majeure partie des informations est expliquée principalement par les deux premiers axes factoriels F1 et F2 qui représentent 61,96% et 72,61% de l'inertie totale en période pluvieuse et sèche respectivement.

Tableau III.8. Valeurs propres des différents axes en période pluvieuse.

	Valeur propre	Variabilité (%)	% cumulé
F1	5,8045	36,2780	36,2780
F2	4,1085	25,6779	61,9560
F3	1,8480	11,5503	73,5062
F4	1,0983	6,8646	80,3708
F5	0,9199	5,7496	86,1204
F6	0,6705	4,1909	90,3113
F7	0,4619	2,8872	93,1984
F8	0,3636	2,2726	95,4710
F9	0,3365	2,1033	97,5743
F10	0,2527	1,5793	99,1537
F11	0,0678	0,4240	99,5776
F12	0,0378	0,2360	99,8136
F13	0,0194	0,1213	99,9350
F14	0,0090	0,0562	99,9912
F15	0,0014	0,0088	100,0000

Tableau III.9. Valeurs propres des différents axes en période sèche.

	Valeur propre	Variabilité (%)	% cumulé
F1	7,1643	44,7766	44,7766
F2	4,4532	27,8322	72,6088
F3	1,4925	9,3283	81,9370
F4	0,7393	4,6205	86,5575
F5	0,6817	4,2609	90,8184
F6	0,4184	2,6148	93,4332
F7	0,2889	1,8057	95,2388
F8	0,2800	1,7501	96,9889
F9	0,1965	1,2284	98,2172
F10	0,1326	0,8285	99,0457
F11	0,0800	0,5002	99,5459
F12	0,0411	0,2569	99,8028
F13	0,0246	0,1538	99,9566
F14	0,0063	0,0396	99,9962
F15	0,0006	0,0038	100,0000

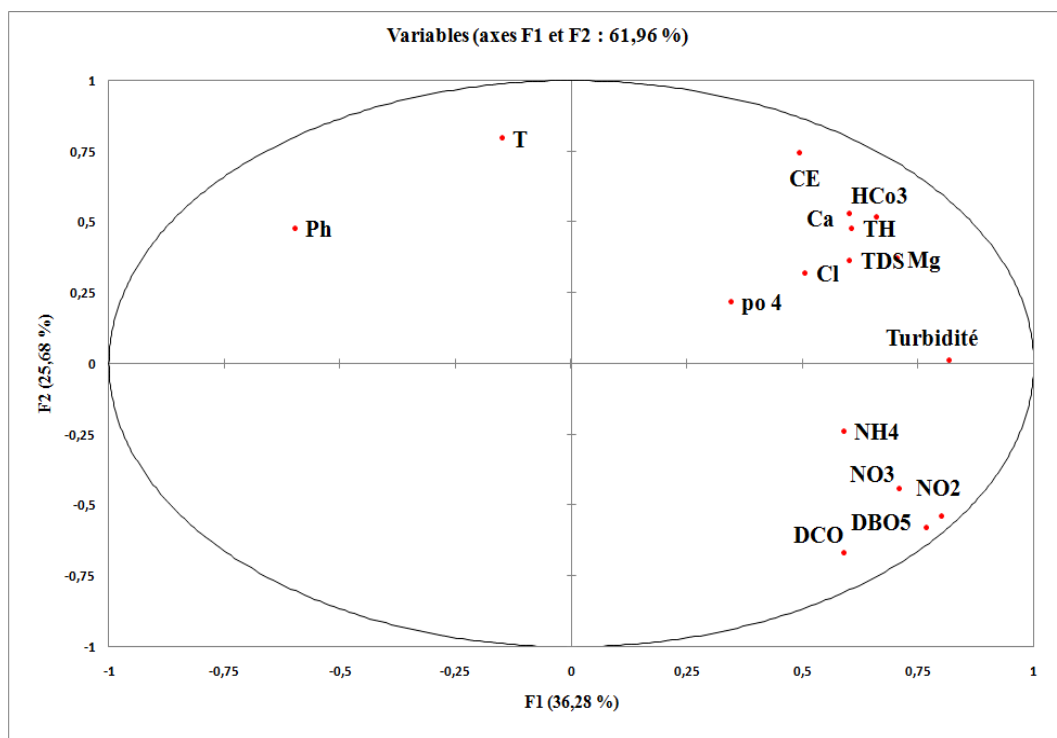


Figure .III.42. Cercle de corrélation des différentes variables en période pluvieuse selon le plan F1x F2.

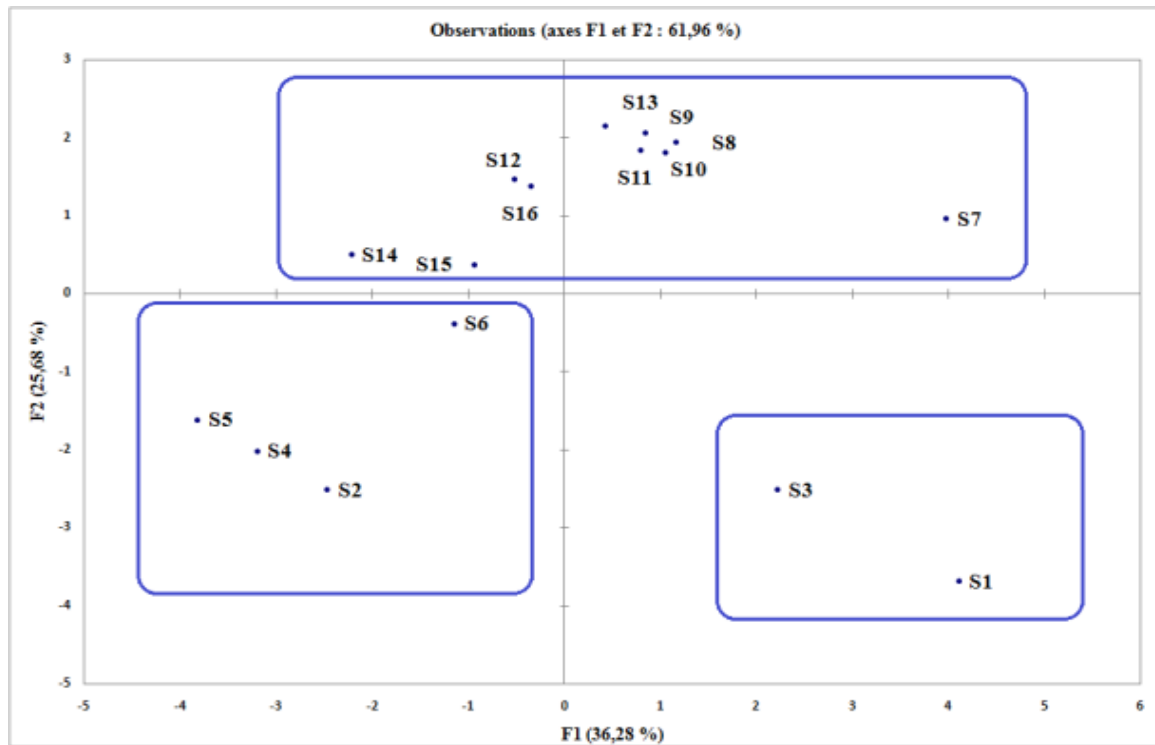


Figure (III.43) : Répartition des stations en période Pluvieuse dans le plan factoriel F1 x F2.

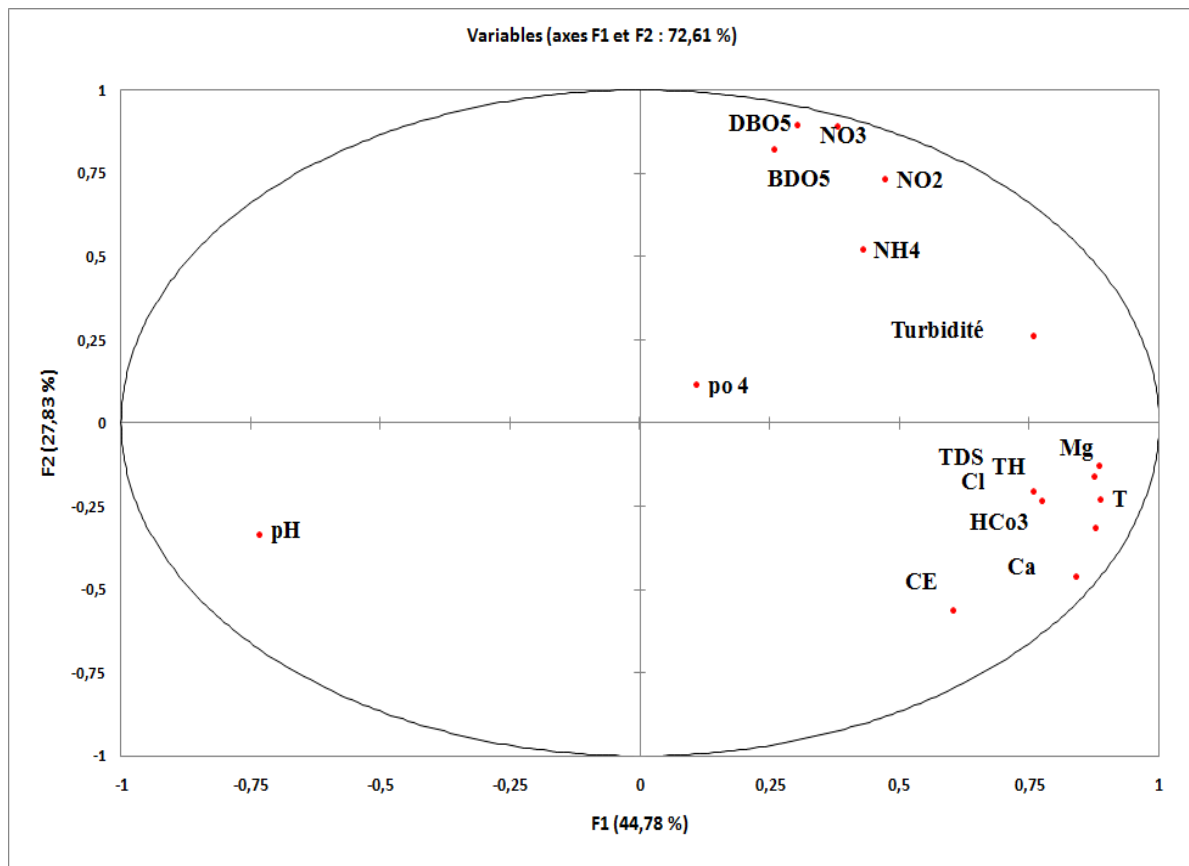


Figure (III.44) Cercle de corrélation des différentes variables en période sèche selon le plan F1x F2.

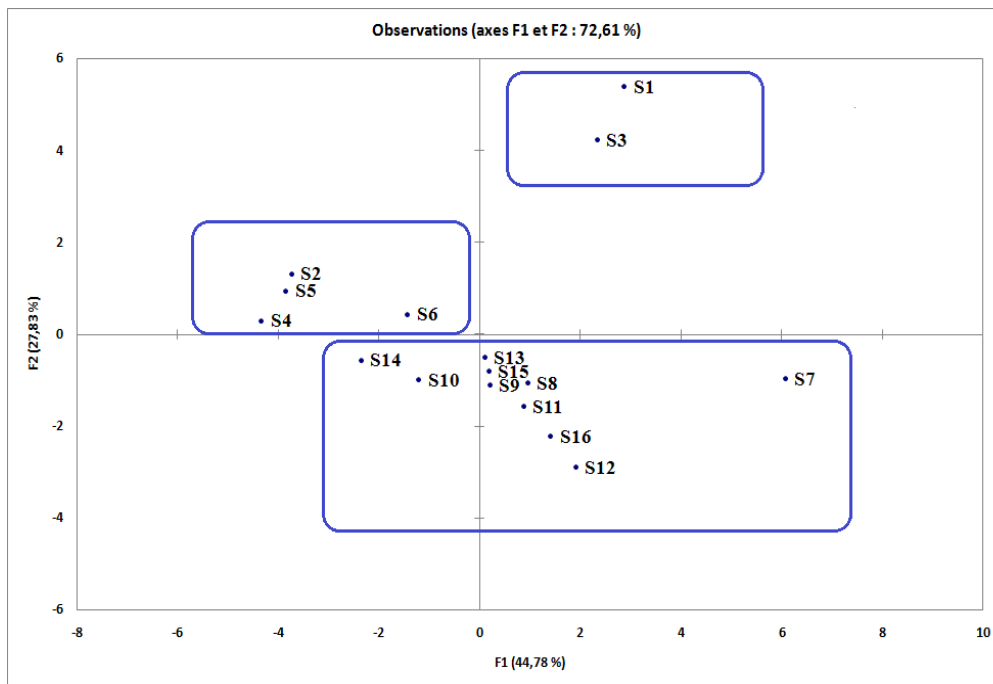


Figure (III.45) : Répartition des stations en période sèche dans le plan factoriel F1 x F2.

les cercles de corrélation (III.44) et (III.45), montre que les principales composantes des deux saisons ont fourni la même vue générale des variations temporelles et spatiales des paramètres de la qualité de l'eau de la zone Humide de Bazer - Sakhra, l'axe F1 a une variance de 44,78%, 36,28%, et l'axe F2 27,83 %, 25, 68% en saison sèche et pluvieuse respectivement.

Le premier facteur (F1) montre d'une part les eaux qui caractérisées par des teneurs élevées de : CE, TH, Ca^{+2} , Mg, HCO_3^- , TDS posé aux pH, qui comprend la majorité des stations S7, S8, S12, S11 S13, S8, S9, S16. Ces variables décrivent généralement la forte minéralisation des milieux aquatiques liée aux activités anthropiques (origine artificielle) et la composition géologique des terres traversées par l'eau de ces stations (origine naturelle). D'autre part, il associé des variables telles NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , DBO_5 , DCO, cela montrent une forte pollution organique avec une présence importante de formes azotées oxydées, et une eutrophisation des milieux aquatiques. Dans le quelle, sont situés du même côté que les stations 1 et 3. Cela expliqué par le déversement des eaux usées urbaines, industrielles et les effluents d'abattoir chargé en matières organique dans ce site. En plus, le surpâturage surtout au niveau de la station 3 (oued El mellah) qui augmenté la matière organique par les excréments des animaux.

L'axe (F2) en période de pluie est positivement affecté par la température qui s'explique par la basse température de l'air en cette période par rapport à la période sèche.

D'autre part, les sites S2, S5, S4, S6 sont situées à l'opposé des autres stations, qui se sont caractérisés généralement par des faibles concentrations de ces paramètres.

3.3. L'analyse des variances (ANOVA)

La détermination de pouvoir discriminant permet de s'avoir l'effet distinctif entre les différents force maximale moyenne entre les groupe et à l'intérieure de groupe. La mise en évidence de ce pouvoir se fait grâce au tableau de l'ANOVA (Analysis of Variance). Les tableaux d'ANOVA décomposent les variances de la force maximale en deux composants : un composant inter- groupes et un composant intra-groupes (Annexe II).

3.3.1. Les oueds du bassin du Hodna

L'analyse de l'ANOVA à un facteur (voir l'annexe II) montre que par rapport au site (les oueds) la différence est significative à très hautement significative pour les paramètres : Conductivité ($F = 2,74$; $P < 0,05$), Résidus sec ($F = 4,279$; $P < 0,05$), Salinité ($F = 8,149$; $P < 0,001$), Turbidité ($F = 3,69$; $P < 0,05$), Nitrates ($F = 5,238$; $P < 0,001$), Nitrites ($F = 2, 2,545$; $P < 0,05$), Chlorures ($F = 2,483$; $P < 0,05$) et sulfates ($F = 4,933$; $P < 0,01$). Tandis que, aucune différence spatiale n'a été observée pour : la température ($F = 1,22$; $P = 0,34$), potentiel hydrique ($F = 0,60$; $P = 0,76$), Total solides dissous ($F = 1,24$; $P = 0,18$), Bicarbonates ($F = 1,91$; $P = 0,12$), l'oxygène dissous ($F = 1,65$; $P = 0,98$), Titre hydrique ($F = 1,05$; $P = 0,43$), Calcium ($F = 2,24$; $P = 0,80$), Magnésium ($F = 1,26$; $P = 0,32$), Ammonium ($F = 0,53$; $P = 0,81$), L'orthophosphates ($F = 1,10$; $P = 0,40$) et La Demande biologique en oxygène ($F = 2,20$; $P = 0, 80$). Cette différences non significative peut être expliqué par la similitude des sources de pollution affectant ces paramètres physico-chimiques dans les eaux des différentes oueds étudiée.

3.3.2. La Zone Humide de Bazer Sakhra

L'examen des résultats de l'ANOVA (tableau II,5 , Annexe II) montre l'existence de différences significatives à très hautement significative entre les deux périodes d'étude pour les variables : T ($F = 49,49$; $P < 0,001$), CE ($F = 4,55$; $P < 0,05$), TDS ($F = 5,67$; $P < 0,05$), Cl^- ($F = 5,86$; $P < 0,05$), HCO_3^- ($F = 13,88$; $P < 0,001$), PO_4^- ($F = 15,77$; $P < 0,001$). Cependant, aucun changement significatif n'a été obtenu dans les deux périodes pour le pH ($F = 2,16$; $P = 0,15$), Turbidité ($F = 0,61$; $P = 0,43$), TH ($F = 2, 52$, $P = 0,12$), Ca^{+2} ($F =$

2, 57 , P = 0.11), Mg^{+2} (F= 2, 50 , P = 0.12) , NO_3^- (F=2,35 , P = 0.13), NO_2 (F= 0, 13 , P = 0.71), NH_4^+ (F= 4, 05 , P = 0.053), DBO_5 (F= 1, 34 , P = 0.25), DCO (F = 0,72 ; P = 0,40). La différence non significative entre les périodes sèche et pluvieuse pour ces paramètres indique la présence d'une contamination persistante durant toute l'année l'étude.

Conclusion

D'une façon générale, les résultats des analyses physico-chimiques des eaux des zones étudiées montrent des valeurs élevées des paramètres indicateurs de pollution tels que la conductivité, Turbidité, pH, Bicarbonates, Dureté totale, DBO, Chlorure, Magnésium et Calcium, Nitrate, Nitrite, Ammonium et Phosphate, ce qui confirme l'importante charge polluante qui pèse ces zones étudiées.

La valeur de l'IQE indiquait clairement l'ampleur de la pollution dans laquelle les rejets domestiques, industrielles et lessivage des terrain agricoles constituent des menaces majeures pour la qualité des eaux dans les oueds du bassin du Hodna et la Zone humide de Bazer-Sakhra . Aussitôt, l'évaluation de la pollution de l'eau par la détermination de l'indice de la pollution organique (IPO) montre que les eaux des zones de notre étude passent d'une qualité à une autre (forte pollution organique à très forte pollution organique).

Les différentes corrélations entre les éléments et l'analyse en composantes principales ont montré que la dégradation de la qualité physico-chimique des eaux des sites d'études est le résultat de deux facteurs fondamentaux qui sont : facteur naturelle (la géologie) et facteur humain (pollution urbaine, industrielle et agricole).

Conclusion

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de la qualité des eaux de surfaces des écosystèmes aquatiques dans les régions arides et semi-aride en Algérie.

Les principaux oueds du bassin versant d'El Hodna et la zone humide de Bazer sakhra, wilaya de Sétif. Malgré le rôle important joué par ces écosystèmes, ils sont également négligés et menacés par l'inconscience en raison des activités urbaines, industrielles et agricoles intenses qui pèsent ces zones. Ces activités produisent des volumes importants d'eaux usées non traitées rejetées directement dans ces milieux naturels, ce qui peut menacée et dégradée la qualité des eaux de ces hydro-systèmes.

Le suivi de la qualité des eaux de surfaces des zones étudiées a permis de :

- L'évaluation des paramètres physico-chimiques des eaux des oueds du bassin versant du Hodna (région aride) révèlent une grande contamination par les éléments chimiques: TDS, HCO_3 , PO_4^{-3} , Cl^- et le SO_4^{-2} qui induisant une forte minéralisation de ces eaux liée principalement aux formations géologiques principales du bassin.
- Le calcul de l'indice (IQE) montre que la qualité de l'eau des différents oueds étudiés est passée d'excellente à très mauvaise pour l'irrigation, une eau mauvaise à inadaptée selon les recommandations pour la vie aquatique, à l'exception de l'eau de l'oued El k'sob qui a été jugée comme excellente qualité.
- Le calcul de l'indice de la pollution organique montre que les eaux des oueds du bassin du Hodna sont catégorisées en deux groupes à savoir: Le groupe (1) (Oued Lougmen, Oued Boussaâda, Oued Djnene et Oued El khobana) dont l'IPO est varié entre 1,25 à 1,75 qui montre une pollution organique très forte et le groupe (2) constitué de (Oued M'sila, Oued El K'sob, Oued M'sif, Oued El Ham 1 et Oued leham 2) dont l'indice a varié de 2 à 2,25, qui appartiennent à la classe de forte pollution organique.
- Les valeurs des indices (IQE, IPO) indiquaient clairement l'ampleur de la pollution dans laquelle les rejets domestiques et les activités agricoles constituaient une menace majeure pour la qualité de l'eau de ces oueds.

L'étude de la composition physicochimique des eaux de la zone humide de Bazer Skhra dans les deux périodes pluvieuse et sèche, montre des valeurs élevées des paramètres indicateurs de pollution tels que : la Conductivité, Turbidité, pH, Bicarbonates, Dureté totale, DBO_5 , Chlorure, DCO, Magnésium et Calcium, Nitrate, Nitrite , Ammonium et Phosphate, ce qui confirme l'importante charge polluante du cette lac.

L'évaluation de la qualité de la Sebkhath Bazer Sakhra a été effectuée par plusieurs indices de qualité (indice IPO, IQE). Les résultats de ces indices désigne une situation presque

identique au cours du temps, ils montrent que les degrés de pollution les plus élevés sont concentrés en amont du sebkha dans la quelle la pression anthropique est plus élevée (les rejets du STEP, les rejets non réglementés de déchets et d'eaux usées, les effluents industriels non traités, le surpâturage et l'utilisation intensive d'engrais dans l'agriculture autour du lac) avec une qualité d'eau bonne à Inadaptée en période pluvieuse de et entre mauvaise à Inadaptée pendant la période sèche pour la classification de la qualité des eaux pour l'utilisation en irrigation. Tandis que, la plus parts ont une qualité d'eau inadaptée selon les recommandations pour la vie aquatique. Aussi, les valeurs de (IPO) montrent que les eaux de la sebkha passent d'une qualité à une autre (de pollution organique forte à pollution organique très forte).

L'analyse en composante principales (A.C.P) a montrée que les valeurs élevées des paramètres physico-chimique dans des deux zones étudiées n'ont pas liées seulement à la nature des terrains traversés, mais aussi influencées par une pollution anthropique.

La présente étude a montré que la pollution générée par les activités humaines (rejets des eaux usées non traitées combinées aux rejets industriels et agricoles est les principaux facteurs de dégradation de la qualité de l'eau de surface dans les régions arides et semi-arides.

Pour protéger ces ressources en eau contre la pollution, nous recommandons également la mise en place de certaines dispositions qui permettront d'éviter les causes de cette contamination :

- L'amélioration de la connaissance permanente de la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines, pour quelles soient utilisables efficacement, faire l'objet d'une diffusion régulière et rapide des informations recueillies ;
- Réaliser un traitement préalable des rejets avant qu'ils atteignent les oueds, les lacs et surveiller en permanence la qualité de leur eaux ;
- Un prétraitement des eaux des rejets particulièrement industriels;
- La construction des stations d'épuration et de lagunage au niveau des agglomérations;
- Parmi les stratégies d'exploitation et de la gestion, il est possible de s'inspirer des processus naturels, par la plantation de plantes dépolluantes (phyto-rémediation) pour la gestion de l'eau pluviale ou en sortie de STEP pour se donner une meilleure garantie de la qualité des rejets dans les milieux naturels.
- Lancement des études sur la qualité physico- chimique et biologiques des eaux du surfaces en particulièrement dans les régions arides et semi- arides.

*Références
bibliographiques*

Références Bibliographiques

- Abdel-Satar, A. M. (2005).** Water quality assessment of River Nile from IDFO to Cairo, Egypt. *J. Aquat. Res*, 31(2), 200-223.
- Abdesselam, S. (2013).** Impact de la mise en culture en irrigué sur les sols et les eaux dans un bassin endoreïque en zone aride. Thèse de doctorat. Université de Batna1.202p.
- Acharya, S., Sharma, S. K., et Khandegar, V. (2018).** Hydrogeochemical assessment of groundwater quality in vicinity of Dwarka, Delhi’ *Journal of Pollution Research*, 37(1), 209-220.
- Adje, D. D., Gnohossou, P. M., Akodogbo, H. H., GouissI, M., Abahi, S. K., et Okoya, G. J. (2019).** Étude de la pollution organique de la rivière Okedama dans la Commune de Parakou. *Afrique SCIENCE*, 15(4), 299-305.
- Adjagodo, A., Tchibozo, M. A. D., Kelome, N. C., et Lawani, R. (2016).** Flux des polluants liés aux activités anthropiques, risques sur les ressources en eau de surface et la chaîne trophique à travers le monde: synthèse bibliographique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(3), 1459-1472.
- Agence de Bassin Algérois-Hodna-Soummam, 2002.** Le Bassin du Hodna. Les Carnets de l’Agence. No2, Nov 2002. 35 p.
- Agence Nationale d’Aménagement du Territoire (2009).** Mise en valeur hydro-agricole des périmètres de Maarif W.de M’Sila. Rapport d’étude. Algérie. 224 p.
- Agoune H. et Safer A.(2007).** etude de l’état de l’environnement d’oued kso arreridj b de la region de bordj bou arreridj ‘‘qualité de l’eau – flore et faune’’,mémoire pour l’obtention de diplôme d’ingénieur d’état en ecologie végétale et environnement,). Université Mohamed Boudiaf, M’sila.79p.
- Aibeche, C., Sidhoum, W., Djabeur, A., & Kaid-Harche, M. (2020).** Effet des caractéristiques physico-chimiques sur la charge microbienne de l’eau des zones

- humides du nord-ouest algérien: cas du lac Télamine et de Dayet Oum Ghellaz, Oran. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 6(4).
- Aliat, T et Kaabeche, M. (2013).** Caractérisation phytoécologique de la zone humide Chott El Beida (Sétif, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 35, 35-41.
- Aliat, T. (2018).** Les écosystèmes humides des hautes plaines orientales algériennes Biodiversité: Préservation et Valorisation .Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1.p156.
- Allen, J., Mckim, M., Hugh, J., Choate, J. (1994).** Surveillance de qualité des eaux de surface, Guide à l'intention des citoyens, des étudiants et des communautés du Canada atlantique,16-27.
- Alpha Sidiki, M (2005).** Qualite organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuee par l'edm. Sa dans la ville de bamako: evaluation saisonniere. Thèse de doctorat, Universite De Bamako,Mali, 77p.
- Andrianirina, S., Razanamparany, B., & Ramanantsizehena, G. (2020).** Évolution spatio-temporelle de la pollution des eaux cressonnières et des eaux usées domestiques dans la commune urbaine d'Antananarivo, Madagascar. *Afrique Science*, 16(2), 217-228.
- Anhwange, B. A., Agbaji, E. B., Gimba, E.C. (2012).** Impact assessment of human activities and seasonal variation on River Benue, within Makurdi Metropolis. *Int. J. Sci. Technol*, 2, 248–259.
- Assaad, A. (2014).** Pollution anthropique de cours d'eau : caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux. Thèse de doctorat. Université de Lorraine, 225p.
- Assaba, M., Laborde, J. P., et Rezak, S. (2014).** Les effets d'une baisse de la pluviometrie sur les volumes regularisables des barrages d' algerie/Impact of a decrease in rainfall on regularized volumes by dams of Algeria. *Revue LJEE*, N°21 et 22,10-19p.

- Ayad, W. (2017).** *Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines: cas des puits de la région D'EL-HARROUCH (Wilaya de SKIKDA)* , Thèse de Doctorat, Univ Badji–Mokhtar–Annaba,116p.
- Baaziz, N. (2012).** Statut et écologie de l'avifaune aquatique de la Sebkhia de Bazer-Sakra (El-Eulma, Sétif) : Phénologie et distribution spatio-temporelle. Thèse de doctorat. Université de Annaba-Badji Mokhtar, 93p.
- Bahrour, S., Kherici Bousnoubra, H. (2011).** Évaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles cas de la région d'El Tarf (Nord-Est Algérien). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (9).
- Bagnouls, F., et Gaussen, H. (1957, May).** Les climats biologiques et leur classification. In *Annales de géographie*, 66(355), 193-220.
- Banas, D., et Lata, J.(2006).** Les phosphates.
- Baniyan, A., Gojar, A., Abubakr, A., Bhat, F. A., et al. (2019).** Assessment of Water Quality Parameters at Different Sites of Anchar Lake. *Int. J. Pure App. Biosci*, 7(1), 199-208.
- Barakat, A., El Baghdadi, M., Rais, J., Aghezzaf, B., and Slassi, M. (2016).** Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques. *Int. Soil. Water. Conserv. Res*, 4, 284–292.
- Beaux, J. F.(2003).** L'environnement. Edition Paris :Nathan, ISBN 2-09-182431-3, 160 p.
- Bechtel, C. (1975).** Développement des ressources en eau et de l'Agriculture. Région de Sétif. Etude préliminaire et conditions de réalisation -Vol II, 24.
- Bedouh, Y. (2014).** Evaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa*».Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba, 158p.

- Bekkoussa, B., et al. (2013).** Origine de la salinité et des principaux éléments majeurs des eaux de la nappe phréatique de la plaine de Ghriss, Nord-ouest Algérien. *Hydrological Sciences Journal*, 58 (5), 1111–1112.
- Belabed, B. E., Meddour, A., Samraoui, B., et Chenchouni, H. (2017).** Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(6), 265.
- Belbechouche, R., Sakhraoui, Z. (2007).** Etude de faisabilité géotechnique pour la réalisation de la station d'épuration des eaux usées d'El Eulma (Site de Bazer Sakhra, Wilaya de Sétif). Thèse d'ingénieur. Université de Ferhat Abbas-Setif. 19-23pp.
- Belghiti, M. L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., et El Moustaine, R. (2013).** Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio- quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (14).
- Belhadj, M. Z. (2006).** Etude de la pollution du barrage de Zit-Emba Commune de Bekkouche Lakhdar Wilaya de Skikda. Mémoire de Magister. Université de Batna, 107p.
- Bendada, H. (2021).** Contribution à la sélection de l'adaptation de quelques géotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) dans les conditions agro-climatiques semi-arides de la région de Sétif, thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf, M'sila. 141p.
- Benabdellouahad, S. (2006).** Structure, dynamique et typologies physico-chimiques et phytoplantoniques de l'estuaire du Bou Regreg (Côte atlantique marocaine). Thèse de Doctorat. Université Mohammed V-Agdal de Rabat (Maroc), 252p.
- Ben-Daoud, M., Mouhaddach, O., Essahlaoui, A., Layachi, A., Kestemont, M. P., & El Jaafari, S. (2011).** Conception d'un SIG pour l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux superficielles de la ville de Meknès (Maroc). *Cahiers de l'Association Scientifique Européenne pour l'Eau et la Santé*, 16(1), 17-25.

- Bendjama, A. (2014).** Variations de la qualité des eaux et son impact sur le sol, des zones humides de PNEK. Thèse de Doctorat. Univ. Badji. Mokhtar. Annaba, 213p.
- Bengherbia, A., Hamaidi, F., Zahraoui, R., Hamaidi, M. S., et Megateli, S. (2014).** Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'Oued Beni Aza (Blida, Algérie). *Lebanese science journal*, 15(2), 39-51.
- Benkaddour, B. (2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Perpignan via Domitia, et Université de Mostaganem, 193p.
- Benkaddour, B. (2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Mostaganem, Abdelhamid Ibn Badis, et L'université De Perpignan Via Domitia, 192p.
- Benrabah, S., Bousnoubra, H., Kherici, N and Cote, M. (2013).** Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued Kebir Ouest (Nord Est algérien) [Characterization of water quality of the Kebir West River (North East Algeria)]. *Rev. Sci. Technol., Synthèse*. 26: 30-39.
- Bensaci E., Nouidjem Y., Cherief A., Bouteria N., Ladgham Chikouch A., Bouzegag A., Saheb M. et Houhamdi M. (2010).** Inventaire et statut de l'avifaune de la région du Chott El Hodna (Hautes plaines centrales). Séminaire International sur la Préservation et la Mise en Valeur de l'Ecosystème Steppique. Le 14, 15 et 16 mars 2010. Université Mohamed Boudiaf, M'sila. Algérie.
- Bensaci, E. (2013).** 1^{ier} Colloque National sur Les Zones Humides (CNZH 1). Université Mohamed Boudiaf, M'sila. 5-85pp.
- Bensaci, E., Bendjama, S., Telli, S., Reguig, S., Zoubiri, A., & Houhamdi, M. (2014).** Contribution à l'étude de la pollution des eaux des zones humides des régions arides d'Algérie. *Int J Environ Water*, 3, 61-68.

- Bhasin, S., Shukla, A. N., & Shrivastava, S. (2015).** Observations on physicochemical and microbiological parameters of Kshipra river with special reference to water quality.
- Bhasin, s., Shukla, A. N., Shrivastava, s.,and Mishra, U. (2016).** Control Chart Model for Assessment of Water Quality of a Tropical River- Kshipra Ujjain, India.Haya: Saudi .J. Life Sci, 1, 51-64.
- Billen G, Garnier J, Nemery J, et al.(2007) .**A long-term view of nutrient transfers through the Seine river continuum. *Science of the total Environment.* 375:80–97.
- Bhateria, R., Jain, D. (2016).** Water quality assessment of lake water: a review *Sustain. Water Resour. Manag.*, 2 (2) , pp. 161-173.
- Boeglin, J. C. (2001).** Propriétés des eaux naturelles. *Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1*, 110p.
- Bouaguel, L. (2014).** Structure et écologie des Phoenicoptéridés dans l'éco-complexe de zones humides de l'Est algérien .Thèse de doctorat. Université de Annaba-Badji Mokhtar, 134 p.
- Bouamrane, N. D. (2008).** Ecosystèmes aquatiques continentaux : contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage de Cherurfa, Thèse de Magister. Université d'Oron, 118p.
- Bouaroudj, S., Menad, A., Bounamous, A., Ali-Khodja, H., Gherib, A., Weigel, D. E., et Chenchouni, H. (2019).** Assessment of water quality at the largest dam in Algeria (Beni Haroun Dam) and effects of irrigation on soil characteristics of agricultural lands. *Chemosphere*, 219, 76-88.
- Boumezbeur, A. (2002).** Atlas 2 : Algerian wetlands of international importance. Direction Générale des Forets, Ben Aknoun, Algeria, 14-17pp.

- Bounab, C. (2018).** Phénologie et structure des Tadornes (Tadorne de Belon et Tadorne casarca) dans le Chott El-Hodna (wilaya de M'sila, Algérie) .Thèse de doctorat. Université Djillali Liabes De sidi bel Abbes,92p.
- Bourenane, A., Mechri, S. (2008).** Contribution à l'étude du transport solide dans le sous Bassin versant de Soubella (Hodna). Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique. Université Mohamed Boudiaf, M'sila.
- Bouldjedri, M., de Bélair, G., Mayache, B., et Muller, S. D. (2011).** Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes rendus biologiques*, 334(10), 757-772.
- Bougherira , N., Hani , A., toumi ,F., Haied ,N and Djabri L. 2015.** Impact des rejets urbains et industriels sur la qualité des eaux de la plaine de la Meboudja (Algérie) [Impact of urban and industrial waste on the water quality of Meboudja plain (Algeria)].*Hydrol. Sci. J.* 62(8) :1290–1300.
- Bouslah, S, (2018).** Etude de la qualite des eaux stockees a l'amont et les eaux d'infiltration a l'aval des barrages en remblai en Algerie. Université badji mokhtar, Annaba, 187p.
- Boyacioglu, H. (2006).** “Surface Water Quality Assessment Using Factor Analysis, *Water SA*, 32(3), 389-394.
- Brinis. N., Boudoukha, A., Hamel, A. A. (2015).** Analyse statistique et géochimique de la dynamique des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines du synclinal de Ghassira Algérie orientale [Statistical and geochemical analysis of the dynamics of the physicochemical parameters of the groundwater of the Ghassira syncline Algeria orientale]. *LARHYSS J*, 22, 123–137.
- Brraich, O. S., Saini, S. K. (2015).** Water Quality Index of Ranjit Sagar Wetland Situated on the Ravi River of Indus River System. *Int. J. Adv. Res*, 3(12), 1498-1509.
- Brown, R.M., McCleiland, N.J., Deininger, RA. And O'Connor,M.F. (1972).** A water quality index-crossing the psychological barrier(Jenkis, S.H.,Ed.). Proceeding of International conference on Water, Jerusalem, *Isreal. Poll. Res.* 6 : 787-797.

- C.C .M .E. (Canadian Council of Ministers of the Environment), (2007)** . A protocol for the derivation of water quality guidelines for the protection of aquatic life 2007. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, Winnipeg.
- Camps, G. (2000).** Hodna. Encyclopédie berbère, 3479-3485p.
- Canfield, D. E., Thamdrup, B., & Hansen, J. W. (1993).** The anaerobic degradation of organic matter in Danish coastal sediments: iron reduction, manganese reduction, and sulfate reduction. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57(16), 3867-3883.
- Cherif, K. (2018).** Etude eco-épidémiologique de la leishmaniose cutanée dans le bassin du hodna M'sila. Thèse de doctorat. Université de Ferhat Abbas-Setif, 194p.
- Charabi, A. (2011).** étude critique des apports liquides et solides : cas de sous bassin versant du ksob dans le bassin du Hodna , mémoire d'ingénieur en hydraulique, Université Mohamed Boudiaf, M'sila.p113 .
- Chettibi A., (2020).** Utilisation des habitats et facteurs de distribution de certaines espèces aviennes dans les zones humides du Nord-Est Algérie (Doctoral dissertation,Thèse de doctorat. Université Mohamed Boudiaf, M'sila . 145p.
- Chouteau, C. (2004).** Développement d'un biocapteur conductimétrique bi-enzymatique à cellules algales. Thèse de doctorat.L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 180p.
- Clement, B. (2006).** Apports des essais en microcosmes aquatiques lenticules de laboratoire à l'évaluation écotoxicologique des polluants, thèse de doctorat,INSA de Lyon; Université Claude Bernard-Lyon I. 288p.
- Couture, I., et Montérégie-Est, M. A. P. A. Q. (2004).** Analyse d'eau pour fin d'irrigation. AGRI. VISION. 8p.

- Dabgerwal, D. K., & Tripathi, S. K. (2016).** Assessment of surface water quality using hierarchical cluster analysis. *International Journal of Environment*, 5(1), 32-44.
- Dajoz, R. (2006).** Précis d'écologie. 8è Edition. Ed. Dunod, Paris, 631p.
- Dagnélie, P. (2006).** Statistique théorique et appliquée. Tomme 2 : Inférences à une et à deux dimensions. Bruxelles-université DE BOECK et LARCIER : 659 p.
- De Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C. (2005).** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement,158-162.
- Derwich, E., Benaabidate, L., Zian, A., Sadki, O., & Belghity, D. (2010).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782.
- Desai, B., and Desai, H.(2018).** Evaluation of Water Quality Index for Ground Water of Residential Area of Surat City, Gujarat, India ,*SSRG International Journal of Agriculture & Environmental Science*, 5(3), 53-65.
- DGF, 2004.** Atlas IV des zones humides Algériennes d'importance internationale. Ed. Direction Générales des Forêts, Alger. 107p.
- Djabri, L. (1996).** Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de doctorat d'état. Université d'Annaba, Algérie, 176 p.
- Djamai, S. (2020).**Variations Spatiales des Macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (El-Kala – Wilaya El-Tarf). Thèse de doctorat. Université Mohamed Boudiaf, M'sila . 145p.
- Djerdali, S. (1994).** Bioécologie faunistique de sebkhet Bazer (Région de Sétif). Thèse de magister. Université FERHAT ABBAS-SETIF, 1-15pp.

- Djerdali. (1995).** Biécologie faunistique de Sebket Bazer. Région de Sétif. Thèse de doctorat, Inst. Bio. Sétif, 175p.
- Djouamaa, M. (2001).** Caractérisation physico-chimique et bactériologique d'une zone humide « Wetland » à ElOued en vue de sa réhabilitation. Mémoire de Magister. Univ Mohamed Kheider–BISKRAR, 125p.
- Edokpayi, J.N., Odiyo, J. O., MSAGATI, Titus AM, et al (2015).** Temporal variations in physico- chemical and microbiological characteristics of Mvudi River, South Africa. *International journal of environmental research and public health*, 12(4), 4128-4140.
- Euzen, A., Eymard, L., et Gaill, F. (2013).** *Le développement durable à découvert*. Cnrs.359p.
- Effendi, H., Romanto, B., and Wardiatno, Y. (2015).** Water quality status of Ciambulawung River Banten Province based on pollution index and NSF-WQI. *Procedia .Environ. Sci*, 24(1), 228-237.
- El Morhit, M. (2009).** Hydrochimie, Eléments Traces Métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos). Thèse de Doctorat. Université Mohamed V-Agdal, 232 p.
- El shakour, Essam H. Abd et Mostafa, A. (2012).** Water quality assessment of river Nile at Rosetta branch: impact of drains discharge. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 12(4), 413-423.
- Emberger, L. (1971).** Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson. Paris. 520p.
- F.A.O (Food and Agriculture Organization).** 1994. Water quality for agriculture, irrigation.

- Farid, I., Zouari, K., & Kallali, A. (2012).** Origine de la salinité des eaux du bassin Chougafiya (Tunisie). *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 25(3), 255-274.
- Gausсен, H. (1954).** Théorie et classification des climats et microclimats, C.R. VIII^o Congr. Int. Bot., Paris, Sect. 27 : 125- 130.
- Gadhia, M., Surana, R., et Ansari, E. (2012).** Seasonal variations in physico-chemical characteristics of Tapi estuary in Hazira industrial area. *Our Nature*, 10(1), 249-257.
- Gendronneau, M. (2006).** Etude des secteurs du Croisic et de Pen-Bé : Estimation des apports continentaux et évaluation des stocks conchylicoles. Programme de surveillance et évaluation de l'état des eaux littorales. Edition IFREMER, 267p.
- Ghadbane, N. (2003).** Les eaux usées urbaines. Mémoire de Magistère, Université Mohamed Boudiaf, M'sila, p. 147.
- Ghenim, A.N., Megnounif, A., Seddini, A., et Terfous, A. (2010).** Fluctuations hydropluviométriques du bassin versant de l'oued Tafna à Béni Bahdel (Nord Ouest algérien). *Sécheresse*, 21(2), 115-120.
- Gouasmia, G., Amarouayache, M., Frihi, H., & Hichem Kara, M. (2016).** Caractérisation physico- chimique de trois lacs salés permanents de la vallée d'oued righ (sahara septentrional, algérie nord-est). *Revue d'écologie*.
- Gouga, H. (2015).** Biodiversité faunistique à Sebket Bazer (Sud de Sétif) connaissance et conservation. Thèse de doctorat. Université de Fehrat Abbas, Sétif, 163p.
- Gouvernement du Québec. (2007).** Critères de qualité de l'eau de surface au Québec. Québec, 231p.
- Grafton, R. Q., Ward, M. B., To, H., & Kompas, T. (2011).** Determinants of residential water consumption: Evidence and analysis from a 10-country household survey. *Water Resources Research*, 47(8).

- Guettouche, M. S. (2003).** *Du terrain à l'analyse numérique: essai d'une typologie systémique de l'espace géographique hodnéen (Algérie-nord orientale)*, Thèse de doctorat D'état en géomorphologie, FSTGAT, USTHB, 230p.
- Guergueb, E., Bensaci, E., Nouidjem, Y., Zoubiri, A., Kerfouf, A., & Houhamdi, M. (2014).** Aperçu sur la diversité des oiseaux d'eau du chott El-Hodna (Algérie). Bull. Soc. zool. Fr, 139(1-4), 233-244.
- Guergueb, S. (2016).** Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kébir Est (Wilaya d'El-Tarf). Thèse de doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 127p.
- Guyot, G. (1999).** Climatologie de l'environnement. Ed. Dunod, Paris, 507p.
- Grine, R. (2009).** – Les perspectives hydrogéologiques de la cuvette Hodnéenne. Mémoire de Magister. USTHB Alger. 140p.
- Haddad, H., Ghoualem, H. (2014).** Caractérisation physico-chimique des eaux du bassin hydrographique COTIER ALGEROIS. Larhyss journal, 18, 155-167.
- Haidar, C. M. (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban: approche hydrogéochimique, thèse de doctorat. Université de Lorraine, p268.
- Harrag, A. (1898).** Etude phytosociologique de la végétation halophile des bassins fermes (sebkhas et chotts) de la région de Sétif (composition, structure, syntaxonomie et biodiversité). Mémoire Magister. Université de Fehrat Abbas, Sétif.
- Harrat, N. (2006).** Qualité des eaux de surface de l'Est algérien et leur réactivité vis-à-vis du chlore ; Mémoire de Magister en géologie, 62pp.
- Hasbaia, M., Hedjazi, A., et Benayada, L. (2012).** Variabilité de l'érosion hydrique dans le bassin du Hodna : cas du sous-bassin versant de l'oued elham. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 1(1), 28-32.

- Hazourli, S., Boudiba, L., & Ziati, M. (2007).** Caractérisation de la pollution des eaux résiduelles de la zone industrielle d'El-Hadjar, Annaba. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782.
- Henaut, A. (2011).** Pollution de l'air et de l'eau, Les dossiers de science et politiques publiques, université Pierre et Marie Curie, Paris, 64p.
- Hernández-Romero, A. H., Tovilla-Hernández, C., Malo, E. A., & Bello-Mendoza, R. (2004).** Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 48(11-12), 1130-1141.
- Himmi n., Fekhaoui M., Foutlane A., Bourchic H., EL Mmaroufy M., Benazzout T., Hasnaoui M. (2003).** Relazione plankton parametric fisici chimici in un bacino dimaturazione (lagunamista BeniSlimane – Morocco. *Rivista Di Idrobiologia*. Universita de glistudi di perugia, Departemento di Biologia Animale ed ecologia laboratorio Di Idrobiologia « G.B. Grassi », 110–111p.
- Ilavarasan, N., Ilangovan, R. and Rajesh Prasanna, P. (2016).** Water quality assessment on Ooty Lake in Nilgiris district. *Journal of Environmental Biology*, 37, 1463-1472.
- INERIS : VALEUR GUIDE ENVIRONNEMENTALE.(2019) .SULFATES – n° CAS :** 14808-79-8, France, Version 1 ,19p.
- Iounes., N , KABRITI, M., et EL AMRANI., S. (2020).** Caractérisation physico-chimique et analyse biologiques des eaux de surface de l'Oued Daliya, Maroc. *Afrique SCIENCE*, 12(4), 256- 270.
- Jean, M et Franco, P. (1995).** Documents phytosociologiques, Vol .15, 394-401pp.
- Jeong, H., Park, j., Kim, H. (2013).**Determination of NH_4^+ in environmental water with interfering substances using the modified Nessler method *J Chem*,1-9.
- Joshi, D. M., Bhandari, N. S., Kumar, A., & Agrawal, N. (2009).** Statistical analysis of physicochemical parameters of water of River Ganga in Haridwar district. *Rasayan Journal of Chemistry*, 2(3), 579-587.

- Kaabeche, M. (1990).** Les groupements végétaux de la région de Boussaâda (Algérie). Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse de doctorat. Université de Paris Sud, Orsay, 104p.
- Kaabeche, M. (1995).** Flore et végétation dans le Chott El-Hodna (Algérie). Documents Phytosociologiques, Nouvelle Série, Université Degli Studi, Camerino, 15, 393-402.
- Kaabeche, M. (1996).** Les relations climat-végétation dans le bassin du Hodna (Algérie). *Acta botanica gallica*, 143(1), 85-94.
- Kaiser H.F.(1960).** The application of electronic computers to factor analysis. *Educ. Psychol. Meas.*, 20: 141-151.
- Kassas,M., Iman,M ., (1953).** La végétation et la régénération du sol dans les oueds désertiques,25p.UNESCO 1953.
- Kebiche, M. (1994).** Le bassin versant du Hodna (Algérie): Ressources en eau et possibilités d'aménagement. *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, 85(1), 25-34.
- Khadri, S.(2018).**La qualité des rejets urbains par temps de pluie dans un bassin versant urbanisé (Bassin versant de la Seybouse).Thèse de doctorat , Université ,Badji Mokhtar-Annaba.149p.
- Khan, A. A., Nabi, N. G., Dar, S. H., Rashid, A., Teli, A. R., et Bashir, M. (2017).** Seasonal variations of physico-chemical parameters in Lower Lake of Bhopal. *The Pharma Innovation Journal*, 6(11): 710-714.
- Khettaf, S. (2018).** Evaluation physico-chimique de l' eau d' un barrage et proposition d' un traitement adapté pour une eau de haute qualité. Thèse de doctorat. Université El-Hadj Lakhdar-BATNA 1, 268p.
- Kloppmann, W., Bourhane, A., & Asfirane, F. (2011).** Méthodologie de diagnostic de l'origine de la salinité des masses d'eau. Emploi des outils géochimiques, isotopiques et géophysiques, BRGM, 123p.

- Kpidi, Y. H., Yapo, O. B., Ballet, T. G., et Ohou-Yao, M. J. (2017).** Variabilité journalière de la qualité physico-chimique du lac M'koa de Jacqueville (Côte d'Ivoire). *international Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2), 901-910.
- Kumar, V., Kumar, S., Srivastava, S., Singh, J., et Kumar, P. (2018).** Water quality of River Ganga with reference to physico-chemical and microbiological characteristics during Kanwar Mela 2017, at Haridwar, India: A case study. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 3(1), 58-63.
- Ladgham, A et Zerguine D. (2000).**Projet d'étude classement de la zone humide (Chott El Hodna) Wilaya de M'sila en zone humide d'importance internationale (Ramsar). 23p.
- Le Houérou, H. N., Claudin, J., Haywood, M., & Donadieu, J. (1975).** Etudes des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricoles dans la région du Hodna, Algérie. Etude phytoécologique du Hodna. V. 1 : PNUD-FAO, ROME, 154p.
- Leclercq, L., Vandevenne, L. (1987).** Impact d'un rejet d'eau chargée en sel et d'une pollution organique sur les peuplements de diatomées de la Gander (Grand-Duché de Luxembourg). *Cahiers de biologie marine*, 28(2), 311-318.
- Leclerc-Olive, M. (1997).** Le Dire de l'événement:(biographique). Presses Univ. Septentrion.France, 259p.
- Lounnas, A. (2009).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de skikda.120p.
- Mahajan, V. S. et Pokale, S. S. (2017).** Studies on Physico-chemical analysis of Mohabala Lake near Bhadrawati, district Chandrapur (MS), India. *International Journal of Life Sciences*, 5(3), 438-446.
- Makhloufi, H., et Dehimi, O. (2007).** La salinisation des sols dans la cuvette centrale du Hodna (Algerie). *COLEGIUL DE REDACȚIE*, 57pp .

- Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., et Van Clooster, M. (2011).** Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (9).
- Martonne, E.D. (1926).** L'indice d'aridité. Bulletin de l'Association de géographes français, 3(9), 3-5.
- Masmoudi, R. (2009).** *Etude de la fiabilité des systèmes de distribution d'eau potable en zones arides cas de la région de Biskra*, thèse de doctorat, Université Mohamed Khider Biskra. 111p.
- Mathivanan, K., et Rajaram, R. D. (2014).** Anthropogenic influences on toxic metals in water and sediment samples collected from industrially polluted Cuddalore coast, Southeast coast of India. *Environmental earth sciences*, 72(4), 997-1010.
- Medjani, F. (2016).** Variation des paramètres physicochimiques des eaux des sebkhas de la région Ouargla-Touggourt (sud-est algérien). Thèse de Doctorat .Univ. Badji Mokhtar. Annaba, 113p.
- Mekaoussi, N. (2014).** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (est Algérien). Mémoire de Magister. Université de Batna (Algérie),126p.
- Melghit, M. (2012).** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau / sédiments de l'oued rhumel, et des barrages HAMMAM GROUZ ET BENI HAROUN. Mémoire Magister. Université Mentouri Constantine, 175p.
- Mebarki, A. (1982).** Le Bassin du Kébir--Rhumel. Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau. Thèse de Doctorat. Univ .Nancy II, 304 p.
- Merdas, S (2007).** Bilan des incendies de forêts dans quelques wilayas de l'Est algériencas de Bejaia, Jijel, Sétif et Bordj Bou-Arredj. Thèse de doctorat, Université de Constantine .p54.

- Merdas, S. (2017).** Evaluation des indicateurs de la désertification dans les écosystèmes steppiques, Thèse de doctorat, université , Mentouri – constantine 1, 99p .
- Merzoug, S., (2009).** Étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda). Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 113 p.
- Messad, A. (2015).** L'effet de la salinité de l'eau sur les caractéristiques géotechniques du sol de Chott El Hodna . Thèse de doctorat .Université des Sciences et de laTechnologie Houari Boumediène, 128 p.
- Mezbour, R., Reggam, A., Maazi, M. C., & Houhamdi, M. (2018).** Evaluation of organic pollution index and the bacteriological quality of the water of the Lake of birds (ELTarf East-Algerian). *J. Mater. Environ. Sci*, 9(3), 971-979.
- Mimeche, F. (2014).** Ecologie du barbeau de l'Algérie, *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842)(Pisces: Cyprinidae) dans le barrage d'EL K'sob (M'Sila) , thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique – EL- Harrach. Alger.p 67.
- Mimeche, F., Biche, M., Ruiz-Navarro, A., & Oliva-Paterna, F. J. (2013).** The population structure, age and growth of *Luciobarbus callensis* (Cyprinidae) in a man-made lake in the Maghreb (NE Algeria). *Limnetica*, 32(2), 391-404.
- Mimoune, S. (1995).** Gestion des sols salés et désertification dans une cuvette enddoreique d'Algérie (sud du Chott Hodna). Thèse de doctorat, Univesité Aix-Marseille 1, France, 209p.
- Mounjid, J et Cohen, N. (2014).** Contribution a l'évaluation de la Qualité physico-chimique du cours d'eau merzeg (périurbain de Casablanca, Maroc, *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680(18). pp. 31-51
- Mudgal, K. D., Kumari, M., Sharma, D. K., dev Mudgal, K., & Kumari, M. (2009).** Hydromical analysis of drinking water quality of Alwar district, Rajasthan. *Nat Sci*, 7(2), 30-9.

- Nakhle, K. (2003).** Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littorales libanaises: apports et suivi au moyen de bioindicateurs quantitatifs (éponges, bivalves et gastéropodes), Thèse de doctorat, Université de Paris 7, 256p.
- Nouayti, N., Khattach, D., & Hilali, M. (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc). *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(4), 1068-1081.
- Ouhmidou, M., Chahlaoui, A., Kharroubi, A., et Chahboune, M. (2015).** Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil d'Errachidia (Maroc) Study of the physico-chemical and bacteriological quality of the barrage Hassan Addakhil of Errachidia (Morocco) , *J. Mater. Environ. Sci*, 6 (6), 1663-1671.
- Padeep, V., Deepika, C., Urvi, G., & Hitesh, S. (2012).** Water quality analysis of an organically polluted lake by investigating different physical and chemical parameters. *Int. J. Res. Chem. Environ*, 2, 105-111.
- Pinay, G., Gascuel, C., Ménesguen, A., Soudon, Y., Le Moal, M., Levain, A., . et Souchu, P. (2018).** L'eutrophisation Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité, 185p.
- Potellon, J.L. (1998).** Le guide des analyses de l'eau potable. Paris, 156p.
- Potelon, J.L. Et Zysman, K.(1998).** Le Guide Des Analyses De L'eau Potable. « La Lettre Du Cadre Territoriale».S.E.P.T Voiron, Cedex. 253 p.
- Pradeep, V., Deepika, C., Urvi, G., & Hitesh, S. (2012).** Water quality analysis of an organically polluted lake by investigating different physical and chemical parameters. *Int. J. Res. Chem. Environ*, 2, 105-111.
- Prasannakumari, A. A., Devi, T. G., & Sukeskumar, C. P. (2003).** Surface water quality of river Neyyar-Thiruvananthapuram, Kerala, India. *Pollution Research*, 22(4), 515-525.

Qureshimatva, U. M., Maurya, R. R., Gamit, S. B., Patel, R. D. and Solanki, H. A. (2015). Determination of physico-chemical parameters and water quality index (Wqi) of Chandlodia Lake, Ahmedabad, Gujarat, India. *J. Environ. Anal. Toxicol*, 5 (4), 1-6.

Ramade, F. (1982). *Ecologie des ressources naturelles*. Edit. Masson, 322 p.

Ramdane, F. (1984). *Eléments d'écologie- écologie fondamentale*. Edition Marc Graw-Hill, Paris, 397p.

Recoules, L. (2015). *Biocapteur pour la surveillance de la qualité de l'eau: Application aux eaux pluviales et de stations d'épurations* (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III).

Rao, C. S., Rao, B. S., Hariharan, A. V. L. N. S. H. and Bharathi, N. M. (2010). Determination of water quality index of some areas in Guntur district Andhra Pradesh. *Int. J. Appl. Bio Pharm. Tech.* 1(1) : 79-86.

Reggam, A., Bouchelaghem, H and Houhamdi, M. (2015). Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est del'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales [Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis]. *Mater. Environ. Sci*, 6(5) : 1417-1425.

République Algérienne Démocratique et Populaire, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme, Direction du Tourisme de la Wilaya de M'Sila, 2008. Monographie de la Wilaya de M'Sila. 96 p.

République Algérienne Démocratique et Populaire, Ministère des Ressources en Eau. Agence de Bassin Algérois-Hodna-Soummam. (2002). Le Bassin du Hodna. Les Carnets de l'Agence. No2, Nov 2002. 35 p.

Robert, É. (2014). Turbidité et risques dans le bassin versant de la Doubégué (Burkina Faso). *Bulletin de l'association de géographes français. Géographies*, 91(3), 355-372.

- Rodier, J. (1996).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition, 1357p.
- Rodier, J., Legube, B. Merlet, N. et coll (2009).** *L'analyse de l'eau*. Dunod, 9^{ème} édition, 1526.
- Stewart, P. (1968).** Quotient pluviométrique et dégradation biosphère : quelques réflexions. Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse, Vol. 59, N°(1-4) : 23-36.
- Saadali, B., Khedidja, A., Mihoubi, N., Ouddah, A., Djebassi, T., & Kouba, Y. (2020).** Water quality assessment and organic pollution identification of Hammam-Grouz dam (Northeastern Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 13(20), 1-9.
- Sadat, A. W., N'goran, E. B. Z., Siaka, S., & Parinet, B. (2011).** Intérêt de l'analyse multidimensionnelle pour l'évaluation de la qualité physicochimique de l'eau d'un système lacustre Tropical: cas des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 38, 2573-2585.
- Sahnouni, R. (2020).** Evaluation du phénomène de la désertification dans la région du Hodna. Thèse de doctorat. Université de Batna 2, Algérie, 200p.
- Saksena, D. N., Garg, R. K., Rao, R. J. (2008).** Water quality and pollution status of Chambal River in National Chambal Sanctuary, Madhya Pradesh. *Journal of Environmental Biology*, 29 (5), 701-10.
- Sanyal, S., Paul, D.K. (2019).** Monthly variation and interrelationship of physicochemical characteristics of a perennial pond at a biological park in Patna, Bihar, India. *Journal of Applied and Natural Science*, 11(2), 492-502.
- Savary, P. (2005).** Guide des analyses de la qualité des eaux. Edition technicité, Paris 2003.

- Savornin, J. (1920).** Etude géologique de la région du Hodna et du plateau Sétifien. Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, 2ème série, Fasc.7, 329-342pp.
- Sebhi, S. (1987).** Mutation du monde rural algérien. Le Hodna. (Algérie). Ed. OPU Alger, 252p.
- Salcedo-Sánchez, E. R., Hoyos, S. E. G., Alberich, M. V. E., & Morales, M. M. (2016).** Application of water quality index to evaluate groundwater quality (temporal and spatial variation) of an intensively exploited aquifer (Puebla valley, Mexico). *Environmental monitoring and assessment*, 188(10), 1-20.
- Seth, R., Mohan, M., Singh, P., Singh, R., Dobhal, R., Singh, K. P., & Gupta, S. (2016).** water quality evaluation of himalayan rivers of kumaun region, uttarakhand, india. *Applied water science*, 6(2), 137-147.
- Shib, A. (2014).** Seasonal variations in physico-chemical characteristics of rudrasagar wetland-a Ramsar site, Tripura, North East, India. *Research Journal of chemical sciences*, 4(1), 31-40.
- Singh, R.P., et Mathur, P. (2005).** Investigation of variations in physicochemical characteristics of a fresh water reservoir of Ajmer city, Rajesthan. *Ind. J. Environ. Science*, 9(1), 57-61.
- Sirajudeen, J., & Vahith, A. R. (2014).** Applications of water quality index for groundwater quality assessment on Tamil Nadu and Pondicherry, India. *Journal of Environmental Research and Development*, 8(3), 443.
- Smitha, A.D and Shivashankar, P. (2013).** Physico- chemical analysis of the freshwater at river Kapila, Nanjangudu industrial area, Mysore, India. *Int. Res. J. Enviro.Sci*, 2(8), 59-65.
- Subramanian, R., Vidhya, R., & Mariappan, V. N. (2018).** Assessment of long term water quality values (WQV) and index (WQI): Environmental perspectives. *Eco. Env. Cons*, 24, 392-402.

- Sudani, B. R. (2015).** Comparative Study of Chemical, Physical and Biological Analysis of Some Pond Water Ecosystems in Valsad of the State Gujarat, India. *International Journal Chemistry and Physical Science*, 75-82.
- Thayer, B., Riahi, K., & Boudhraa, H. (2007).** Élimination de la turbidité par oxygénation et filtration successives des eaux de la station de Sfax (Sud de la Tunisie). *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 20(4), 355-365.
- Touhari, F. (2015).** Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Cheliff. Thèse de doctorat. Ecole nationale supérieure d'hydraulique, Blida, Algérie 179p.
- Toumi, A., Reggam, A., Alayat, H and Houhamdi, M. (2016).** Caractérisation physico-chimique des eaux de l'écosystème lacustre : cas du Lac des Oiseaux (Extrême NE-Algérien) [Physico-chemical characterization of waters of the lake ecosystem: Case of Lake of Birds (Far NE-Algerian)]. *J. Mater. Environ. Sci.*7(1) :139-147.
- Verma, P., Chandawat, D., Gupta, U. and Solanki, H. (2012).** Water Quality Analysis of an Organically Polluted Lake by Investigating Different Physical and Chemical Parameters. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, 2(1), 105-111.
- Wang, J., & Chu, L. (2016).** Biological nitrate removal from water and wastewater by solid-phase denitrification process. *Biotechnology advances*, 34(6), 1103-1112.
- Yadav, A. K., et al. (2013).** Physico-chemical characteristics of a fresh water pond of Orai, UP, Central India. *Octa Journal of Biosciences*, 1(2).
- Zaimeche, S. (2015).** Contribution à l'étude de l'action d'agents polluants sur des végétaux bioindicateurs. Thèse de doctorat. Université Des frères Mentouri Constantine, 171p.
- Zandagba, J. E. B., Adandedji, F. M., Lokonon, B. E., Chabi, A., Dan, O., & Mama, D. (2017).** Application use of Water Quality Index (WQI) and multivariate analysis for Nokoué lake water quality assessment. *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 1(4), 117-127.

Zedam, A. (2018). Etude de la flore endémique de la zone humide de chott hodna inventaire-preservation. Thèse de doctorat. Université de Ferhat abbas, Sétif, 368p.

Zeghaba, N. (2018). Etude et suivi de la qualité des eaux du barrage Hammam Debagh (Nord-Est Algérien). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba, 123p.

Zereg, S. (2019). *Impacts de l'irrigation sur la qualité des eaux souterraines des régions semi-arides. Cas de la région de Tébessa* thèse de doctorat, Université de Batna 2, 167p.

Zerouak, S., Meddah, N., et Deloum, F. (2009). Caractérisation écologique de la zone humide du Chott El Hodna et leur importance pour l'avifaune aquatique. Mémoire d'ingénieur. Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 65p.

Zoubiri, A. (2018). Diversité et écologie de la reproduction de l'avifaune des zones humides des Hauts Plateaux du centre d'Algérie. Thèse de doctorat. Université de l'arbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi, 96 P.

Zerouak, S., Meddah, N., et Deloum, F. (2009). Caractérisation écologique de la zone humide du Chott El Hodna et leur importance pour l'avifaune aquatique. Mémoire d'ingénieria. Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 65p.

Annexes

I. Préparation des solutions et modes opératoires pour les analyses physico-chimiques

I. 1. Les résidus secs

Mode opératoire :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée;
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule;
- Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 24 heures;
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur;
- Peser immédiatement et rapidement.

Expression des résultats:

- $RS = (P_p - P_v) 10 \cdot 1000$;
- RS = Résidu Sec en mg/l;
- P_v = poids vide de la capsule;
- P_p = poids plein de la capsule.

➤ Remarque

Les eaux contenant des matières en suspension (turbides) doivent être filtrées.

I.2. Dosage des chlorures

Réactifs:

- Acide nitrique pur;
- Carbonate de calcium pur;
- Solution de chromate de potassium à 10 %;
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

Mode opératoire:

- Introduire 100 mL d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire);
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %;
- Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes;
- Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

Expression des résultats

- Pour une prise d'essai de 100 ml;
- $V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl^- par litre d'eau;
- $V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

I.3 Dosage La Dureté Totale

Réactifs:

- Solution d'EDTA
- Sel disodique de l'acide ethylene diamine tetracetique..... 3,725 g;
- Eau desionisee.....q.s.p.....1000ml;

Solution noir d'eriochromeT a 0.5% :

- Noir
d'eriochromeT.....0.5g
- Triethanolamine.....q.s.p.....100ml
- Solution tampon pH=10.

- Chlorure d'ammonium(NH₄Cl)67.5 g
- Ammoniaque concentree (d=0.925).....570ml
- Sel disodique de magnésium de l'EDTA (C₁₀H₁₂N₂O₈Na₂Mg).....5g
- Eau desionisee.....q.s.p.....1000 ml

Mode opératoire:

Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu et s'exprime par le TH ou la dureté. Nous avons procédé selon les étapes suivantes :

- Une quantité de 4 ml de la solution tampon (pH 10) est ajoutée a 100 ml d'eau a analyser dans une fiole conique de 250 ml;
- Ajouter 3gouttes de solution de noir ériochrome T, La solution se colore en rouge foncé ou violet, En maintenant une agitation;
- Le mélange a été titre immédiatement avec la solution d'EDTA et le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleue.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml la dureté totale, exprimée en degrés français sera égale à V.

➤ **Remarque**

Si au cours du dosage le volume de solution d'EDTA utilisé est inférieur à 2ml utilisé un plus grand volume d'échantillon ; s'il est supérieur à 20ml diminuer la prise d'échantillon.

1.4. Dosage de calcium**Réactifs:**

- Solution d'EDTA (Sel disodique de l'acide ethylene diamine tetracetique) N/50;
- Solution d'hydroxyde de Sodium (NAOH) 2N;
- Murexid.

Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, on introduit 100 ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250 ml. On ajoute 2ml de solution d'hydroxyde de sodium et environ 0,2 g de l'indicateur Murexide. On mélange et on dose immédiatement. Ensuite, on ajoute la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter. Le virage est atteint lorsque la couleur devient pourpre.

- **Expression des résultats**

La teneur en calcium C_{ca+2} exprimé en mg.L⁻¹, est donnée par l'équation:

$$C_{ca+2} = C_1 * V_3 / V_0 * 100$$

Où

C₁ : La concentration exprimée en m mole.L⁻¹ de la solution de l'EDTA;

V₃ : Le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisée pour le dosage;

V₀ : Le volume en millilitre de la prise d'essai.

I.5. Dosage de magnésium**Réactif:**

- Solution EDTA N/50
- SOLUTION D'hydroxyde d'ammonium (NH₄ OH) pH= 10,1
- Noir erichorme.

Mode opératoire

A 50 ml d'eau a analyser, sont ajouté 2 ml de NH₄ OH à pH= 10,1, puis le noire erichrome et titrer avec l'EDTA, jusqu'à virage bleu puis notée V₂.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml la teneur en magnésium est égale à

$$\text{Mg (mg/l)} = V_2 \cdot 0,243 \cdot 1000 / 50.$$

I.6. Dosage des nitrates

Matériels:

- Capsules de 60ml environ,
- Bain marie ou étuve
- Verrerie : fioles (1000 ml, 50 ml), pipettes (2ml, 5ml, 10ml), bechers 100 ml.

Toute la verrerie doit être soigneusement lavée avec une solution d'acide chlorhydrique à 2 mol/l et rincée abondamment à l'eau distillée.

Réactifs:

- Solution de salicylate de sodium à 10g/l (à renouveler toutes les 24h),
- Acide sulfurique concentré (d=1.84),
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et de tartrate double de sodium et de potassium :
- NaOH.....200g.
- Sel disodique de l'acide éthylène diamine tetracétique.....50g.
- Eau desioniséeq.s.p.....1000ml.
- Faire dissoudre les sels dans de l'eau desionisée. Laisser refroidir et compléter à 1000ml et conserver cette solution dans un flacon en polyéthylène
- Solution d'azoture de sodium:
- Azoture de sodium.....50mg.
- Eau déionisée.....q.s.p.....100 ml.

• Solution mère étalon d'Azote nitrique à 0,1 g/l :

Nitrate de potassium anhydre.....722mg.

• Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

À renouveler tous les deux mois.

- Solution fille étalon d'Azote nitrique à 0,005 g/l :
- Amener 50ml de solution mère à 1000ml avec de l'eau deionisée.

Dans une série de capsules de 60ml environ, introduire successivement les réactifs comme défini dans le tableau I.1

Solutions	N° des Bêchers				
	T	1	2	3	4
Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/l	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Solution d'azoture de sodium (ml)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide acétique	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps). Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10min, ajouter 15ml d'eau déionisée puis 10ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde $\lambda = 415 \text{ nm}$.

Dosage des échantillons :

- Introduire 10ml d'eau à analyser dans une capsule de 60mL ou bécher;
- Alcaliniser faiblement avec la solution de NaOH;
- 0.5ml de la solution d'azoture de sodium;
- 0.2ml d'acide acétique;

- Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium;
- Evaporer a sec (étuve a 75-80°C ou au bain-marie), laisser refroidir;
- Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré;
- Attendre 10min ajoute 15ml d'eau deioniseepuis15mlde la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium;
- Effectuer la lecture au spectromètre a $\lambda = 415 \text{ nm}$. Pour avoir la teneur en azote nitrique exprimée en mg/l d'eau;
- Préparer de la même façon un témoin avec 10ml d'eau dé ionisée.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en ions nitrates (NO_3^-), multiplier ce résultat par 4,43.

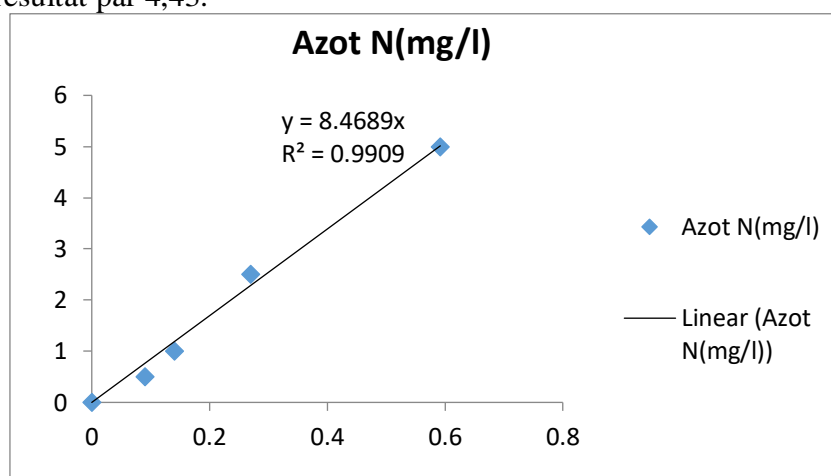


Figure I.1 : Courbe d'étalonnage des ions de nitrates.

I.7.Dosage des Nitrites

Matériels :

- Fioles jaugées, 1L (2);
- Béchers, (3);
- Eprouvettes, 500ml (1), 1000ml (1), 25ml (1) et 10ml (1);
- Pipettes, 10ml (1), 5ml (1), 2 ml (1);
- Tubes à essai, 15ml (1).

Réactifs :

- Ammoniaque pur (d = 0,925) ;
- Solution mère étalon de NO_2 0,23g /l (détailler ce calcul dans le rapport) :
 - Nitrite de sodium.....0,345g;
 - Eau fraîchement distillée.....1000ml;
 (Cette solution se conserve mieux si l'on prend la précaution d'y ajouter 1 ml de chloroforme)
- Solution fille étalon d'ion NO_2 à 0,0023g/l ;
 - Préparer cette solution dans une fiole jaugée de 100 ml à partir de la solution mère avec de l'eau distillée.

réactif de ZAMBEILLI:

- HCL pur (d = 1,19).....260ml;
- Acide sulfanilique.....5g;
- Phénol cristallisé7,5g;
- Chlorure d'ammonium.....135g;
- Eau distillée (exempte de NO_2^-)625ml

Préparation du réactif de ZAMBEILLI :

- Introduire dans une fiole jaugée d'un litre, l'eau distillée et l'HCL ;
- Dissoudre dans le mélange l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie jusqu'à dissolution complète ;
- Ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution ;
- Après refroidissement ajuster jusqu'à 1L avec l'eau distillée.

(N.B: Le nitrite est un produit qu'il faut manipuler avec délicatesse vue sa toxicité et son impact sur la santé de l'homme)

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de tubes à essai (15ml) numérotés introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition (tableau:I.2):

Numéro de tube	T 1	1	2	3	4	X 1	X2
Solution fille étalon (ml)	0	2	3	4	5	10	10
Eau distillée (ml)	10	8	7	6	5	0	0
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2	2

ATTENDRE 10 MINUTES, PUIS AJOUTER

Ammoniaque pur (ml)	2	2	2	2	2	2	2
---------------------	---	---	---	---	---	---	---

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en NO_2^- , exprimée en mg/l d'eau. Cette valeur multipliée par 0.305 donne la teneur en azote nitreux exprimée par mg/l.

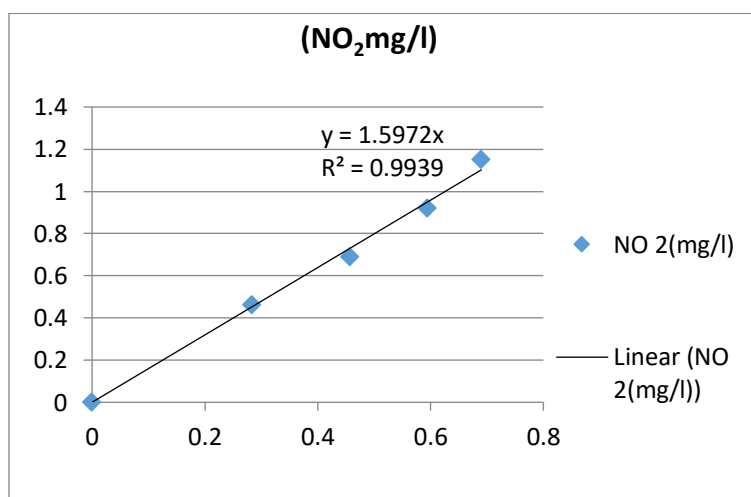


Figure I.2 : Courbe d'étalonnage des ions de nitrites.

I.8. Dosage des ortho phosphates**Réactifs:**

- Acide sulfurique (d =1,84);
- Molybdate d'ammonium;
- Acide ascorbique;
- Eau distillée;
- Tartrate double d'antimoine et de potassium;

Préparations des dosages**- Solution de molybdate d'ammonium à 40g/l.**

-Filtrer si- Solution d'acide sulfurique (d =1,84) à 15% environ en volume.

-Nécessaire, à conserver en flacon de polyéthylène à 4°C .

• Solution d'acide ascorbique à 20g/L :

-Acide ascorbique 2g;

Eau permutée q.s.p. 100 ml (À préparer chaque jour).

• Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8 g/l :

-Tartrate double d'antimoine et de potassium 0,28 g;

-Eau permutée q.s.p 100ml.

• Réactif 1 :

- Solution d'acide sulfurique 50 ml;

- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium 5 ml;

- Solution de molybdate d'ammonium 15 ml;

- Eau permutée q.s.p 100 ml;

- Conserver le réactif au réfrigérateur à 4°C.

• Solution mère étalon à 50mg/l de phosphore :

-Dihydrogénophosphate de potassium des séché au préalable a l'étuve à 100°C 219,1 mg

- Eau permutée q.s.p 100ml

- Acidifier la solution par 1ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

• Solution fille étalon à 1mg/l de phosphore:

- Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée au moment de l'emploi.

- Établissement de la courbe d'étalonnage

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25ml :

Tableau(I.3) : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions orthophosphates.

Concentration en phosphate	0	0.5 mg.L ⁻¹	1 mg.L ⁻¹	1.5 mg.L ⁻¹	2 mg.L ⁻¹
Eau distillée (mL)	20	15	10	5	0
Solution étalon de phosphates à 2 mg.L ⁻¹	0	5	10	15	20
Solution d'acide ascorbique (mL)	1	1	1	1	1

Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4ml de réactif 1, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25ml. Attendre 30minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm en cuve de 1cm. Construire la courbe d'étalonnage.

Dosage des échantillons

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25ml, ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

Effectuer la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 700 ou 800 nm). 2. Déterminer graphiquement la concentration en ortho phosphate dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

La courbe donne la teneur en ortho phosphates, exprimée en milligrammes par litre d'eau (mg/l)

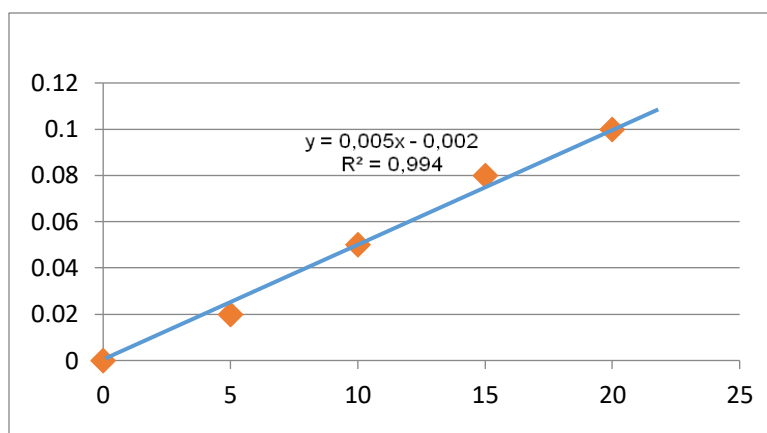


Figure I.3 : Courbe d'étalonnage des ions des Ortho-phosphates.

1.8. Détermination des ions sulfates

Mode opératoire:

- Apprendre 100 millilitres d'eau à analyser;
- Ajouter 5 millilitres HCl à 10 % et chauffer jusqu'à l'ébullition en agité constamment pour éviter les projections;
- Ajouter goutte-à-goutte 20 millilitres de solution de chlorure de baryum à 10% prolonger l'ébullition à 10 minutes sans interrompre l'agitation;
- Laisser reposer puis filtrer la solution
- Laver le précipité bien par l'eau distillée bouillante et laver par l'alcool éthanol;
- Prélever le papier à filtre est déposé dans un creuset, puis déposer dans le four à calcination pour la dessiccation;
- Laisser refroidir puis peser.

Expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 100ml : $P \cdot 10 \cdot 0,41155$.

1.9. Dosage de l'ammonium:

Réactifs:

Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique2 g;
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g;
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml;

Réactif II (coloré) :

- Trictrate de sodium 130 g;
- Salicilate de sodium 130 g;
- Nitropruciate de sodium 0.97 g;
- H₂O distillée..... q.s.p 1000 ml;

Mode opératoire :

- A prendre 40 ml d'eau à analyser;
- Ajouter 4 ml du réactif I;
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h.30.

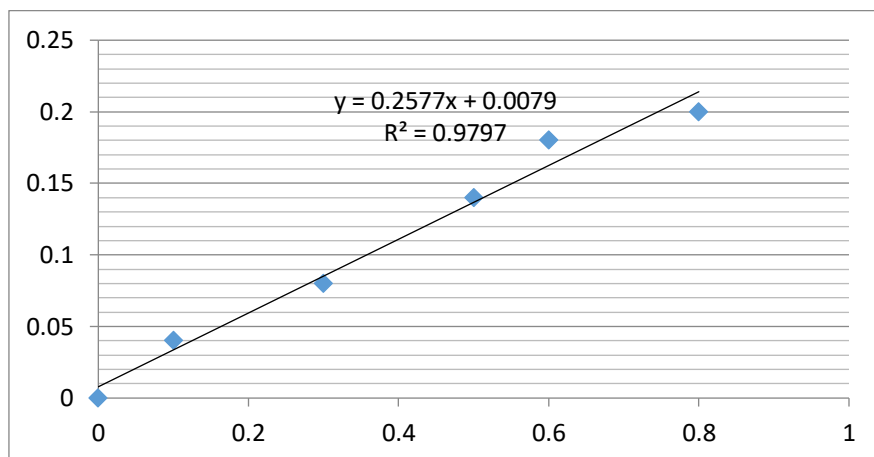
* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺

• Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

* **Gamme et étalonnage (tableau I.4)**

Solution fille 1 mg/l	0	1	2.5	5	25	40
Eau distillée (ml)	50	49	47.5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II (coloré)	4	4	4	4	4	4
Attendre 1 h.30						
[NH ₄ ⁺] en mg/l	0	0.02	0.05	0.1	0.5	0.8

Figure 1.4 : Courbe d'étalonnage d'azote ammoniacal [NH₄⁺].**1.9. Détermination de la demande biochimique en oxygène**➤ **Description de l'appareil : OXITOP**

L'OXITOP est un appareil qui permet de mesurer la DBO₅ à une température constante de 20°C, c'est une enceinte thermostatique avec un système d'agitation.

Cette appareil est sous forme des flacons bruns de Winkler qui se ferment avec des têtes qui contiennent des microprocesseurs qui ont pour rôle convertir la valeur digit en DBO.



Figure : flacons bruns de Winkler

Mode opératoire :

- Rincer le flacon avec l'échantillon ;
- Mesurer exactement la quantité de l'échantillon (bien homogénéiser) pour remplir le flacon;
- Mettre le barreau magnétique dans le flacon;
- Insérer le godet à soude dans le goulot de la bouteille;
- Mettre 2 comprimés de soude dans le godet à soude avec une pince;
- (Attention : les comprimés ne doivent jamais être en contact avec l'échantillon);
- Fermer hermétiquement le flacon avec l'OXITOP;
- Commencer la mesure : presser simultanément les touches M et S pendant 2 seconds. L'afficheur indique 00;

- Garder le flacon avec l'OXITOP 5 jours à 20°C (dans un incubateur) en assurant une bonne agitation;
- L'OXITOP démarre automatiquement la mesure de consommation en oxygène;
- Pendant 5 jours, l'échantillon est agité en continu. L'OXITOP enregistre automatiquement une valeur toute les 24h;

Pour connaître la valeur actuelle presser la touche M;

- Après 5 jours, lire les valeurs mémorisées : presser sur la touche S;
- Convertir les valeurs affichées (digit) en valeur DBO suivant la relation et selon la table de dilution:

$$\text{digits} \times \text{facteur} = \text{DBO5 en mg/l}$$

Tableau n°8 : la table de dilution : (tableau I.5) :

BBO5 en mg/l	Volume de l'échantillon en ml	Facteur
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43.5	50
0-8000	22.7	100

1.10 Détermination de la demande chimique en oxygène

La demande chimique on oxygène quantifie l'oxygène nécessaire à l'oxydation de la majeure partie des composés et sels minéraux oxydables. Informent sur le degré et la nature des pollutions et les risques d'asphyxie du milieu.

- Méthode instrumentale (DCO mètre).

➤ Gamme d'étalonnage :

Tableau n°9 : Gamme d'étalonnage de la DCO

Solution	DCO(mgd'O2 /l)	Solution de glucose (mg/l)
Solution 1		
Solution 2	500	458.72
Solution 3	1000	917.45
Solution 4	2000	1834.9
Solution 5	4000	3669.81

Mode opératoire :

- Introduire 2 ml d'échantillon dans un tube de DCO;
- Ajouter 0.04 g de HgSO₄;
- 3 ml de Ag₂SO₄ et 1 ml de K₂Cr₂O₇ ; agiter;
- Placer les tubes dans le DCO mètre à 148 °C pendant 120min;
- Laisser refroidir;
- Passer à la lecture au spectrophotomètre à 585 nm.

Tableau (II.1). Poids unitaire (W_i) des paramètres physico-chimiques et Normes de L' FAO (1994) pour l'eau d'irrigation utilisée pour l'évaluation des eaux des oueds du bassin du Hodna.

paramètres	Normes de L' FAO (1994) pour l'eau d'irrigation	$1/S_i$	$\Sigma 1/S_i$	$k=1/\Sigma 1/S_i$	$WI=k/S_i$
pH	8,5	0,11764706	0,72860214	1,37249117	0,16146955
CE(μ s/cm)	3000	0,00033333			0,0004575
TDS	2000	0,0005			0,00068625
HCO ₃ ⁻ mg/l	610	0,00163934			0,00224999
Cl ⁻ mg/l	1063	0,00094073			0,00129115
SO ₄ ⁻² mg/l	960	0,00104167			0,00142968
Ca ⁺² mg/l	400	0,0025			0,00343123
Mg ⁺² mg/l	250	0,004			0,00548996
NO ₃ ⁻ mg/l	10	0,1			0,13724912
PO ₄ ⁻² mg/l	2	0,5			0,68624559
					$\Sigma W_i=0,99$

Tableau (II.2). Poids unitaire(W_i) des paramètres physico-chimiques et Les Normes de recommandé pour La vie aquatique utilisée pour l'évaluation des eaux des oueds du bassin du Hodna.

paramètres	Norme de qualité de l'eau Pour la vie aquatique CCME (2007)	$1/S_i$	$\Sigma 1/S_i$	$k=1/\Sigma 1/S_i$	$WI=k/S_i$
T C°	28	0,03571429	17,5469405	0,05698999	0,00203536
TDS mg/l	500	0,002			0,00011398
pH	9	0,11111111			0,00633222
OD mg/l	5,5	0,18181818			0,01036182
DBO mg/l	5	0,2			0,011398
Cl ⁻ mg/l	120	0,00833333			0,00047492
NO ₃ ⁻ mg/l	2,93	0,34129693			0,01945051
NO ₂ ⁻ mg/l	0,06	16,6666667			0,9498332
					$\Sigma W_i=0,99$

Tableau (II.3). Poids unitaire (W_i) des paramètres physico-chimiques et Normes de L' FAO (1994) pour l'eau d'irrigation utilisée pour l'évaluation des eaux de la Zone humide de Bazer-Sakhra.

paramètres	Normes de L' FAO (1994) pour l'eau d'irrigation	$1/S_i$	$\Sigma 1/S_i$	$k=1/\Sigma 1/S_i$	$WI=k/S_i$
pH	8,5	0,11764706	0,72756047	1,3744562	0,16170073
CE(μ s/cm)	3000	0,00033333			0,00045815
TDS	2000	0,0005			0,00068723
HCO ₃ mg/l	610	0,00163934			0,00225321
Cl mg/l	1063	0,00094073			0,001293
Ca mg/l	400	0,0025			0,00343614
Mg mg/l	250	0,004			0,00549782
NO ₃ - mg/l	10	0,1			0,13744562
PO ₄ - mg/l	2	0,5			0,6872281
					$\Sigma W_i=0,99$

Tableau (II.4). Poids unitaire (W_i) des paramètres physico-chimiques et Les Normes de recommandé pour La vie aquatique utilisée pour l'évaluation des eaux de la zone humide de Bazer-sakhra.

paramètres	Norme de qualité de l'eau Pour la vie aquatique CCME (2007)	$1/S_i$	$\Sigma 1/S_i$	$k=1/\Sigma 1/S_i$	$WI=k/S_i$
T C°	28	0,03571429	17,5079795	0,05711681	0,00203989
TDS mg/l	500	0,002			0,00011423
Ph mg/l	9	0,11111111			0,00634631
DBO mg/l	5	0,2			0,01142336
DCO mg/l	7	0,14285714			0,00815954
CL- mg/l	120	0,00833333			0,00047597
NO ₃ - mg/l	2,93	0,34129693			0,01949379
NO ₂ - mg/l	0,06	16,6666667			0,95194689
					$\Sigma W_i=1$

Tableaux (II.5) : Analyse de la variance ANOVA à un facteur : (paramètres*oueds du bassin du Hodna).

T	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	121,989	8	15,2486	1,222	0,347
Intra-groupe	199,593	16	12,4745		
Total:	321,582	24			

pH	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	3,23481	8	0,404351	0,604	0,761
Intra-groupe	10,6996	16	0,668724		
Total:	13,9344	24			

CE	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	5,01E+07	8	6,26E+06	2,741	0,040
Intra-groupe	3,65E+07	16	2,28E+06		P<0,05
Total:	8,66E+07	24	0,04895		

TDS	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	1,04E+07	8	1,30E+06	1,246	0,335
Intra-groupe	1,67E+07	16	1,04E+06		
Total:	2,71E+07	24			

HCO ₃	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	298045	8	37255,6	1,912	0,128
Intra-groupe	311715	16	19482,2		
Total:	609760	24	0,1225		

RS	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	2,65E+07	8	3,31E+06	4,279	0,006
Intra-groupe	1,24E+07	16	773456		P<0,01
Total:	3,89E+07	24	0,0171		

Salinité	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	3434,53	8	429,317	8,149	0,000
Intra-groupe	842,98	16	52,6863		P<0,001
Total:	4277,51	24	0,00066		

OD	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	24,9187	8	3,11484	1,659	0,185
Intra-groupe	30,0446	16	1,87779		
Total:	54,9633	24	0,1868		

Turbidité	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	19588,6	8	2448,57	3,696	0,012
Intra-groupe	10598,6	16	662,412		P<0,05
Total:	30187,2	24	0,02295		

TH	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	499207	8	62400,8	1,056	0,438
Intra-groupe	945612	16	59100,8		
Total:	1,44E+06	24	0,419		

Ca ⁺²	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	697431	8	87178,9	2,242	0,080
Intra-groupe	622178	16	38886,1		
Total:	1,32E+06	24	0,078		

Mg ⁺²	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	873514	8	109189	1,262	0,327
Intra-groupe	1,38E+06	16	86491,2		
Total:	2,26E+06	24	0,2871		

NO ₃	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	2599,27	8	324,909	5,238	0,002
Intra-groupe	930,36	15	62,024		P<0,01
Total:	3529,63	23	0,0034		

NO ₂	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	32,0404	8	4,00505	2,545	0,043
Intra-groupe	25,1748	16	1,57343		P<0,05
Total:	57,2153	24	0,04926		

NH ₄ ⁺	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	7,54862	8	0,943577	0,532	0,815
Intra-groupe	28,3617	16	1,77261		
Total:	35,9103	24	0,8267		

Cl ⁻	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	1,99E+07	8	2,49E+06	2,483	0,047
Intra-groupe	1,60E+07	16	1,00E+06		P<0,05
Total:	3,60E+07	24			

PO ₄	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	124,684	8	15,5855	1,106	0,409
Intra-groupe	225,539	16	14,0962		
Total:	350,223	24	0,3173		

SO ₄ ⁻²	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	1,48E+06	8	184684	4,933	0,003
Intra-groupe	599062	16	37441,4		P<0,01
Total:	2,08E+06	24			

DBO ₅	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	2672,23	8	334,028	2,206	0,084
Intra-groupe	2422,33	16	151,396		
Total:	5094,56	24	0,08481		

Tableaux (II.6) : Analyse de la variance ANOVA à un facteur : (paramètres*saisons) de la Zone humides de bazer sakhra.

T	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	191,346	1	191,346	49,49	0,000
Intra-groupe	115,981	30	3,86604		P<0,001
Total:	307,327	31			

pH	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	3,11251	1	3,11251	2,160	0,152
Intra-groupe	43,2275	30	1,44092		
Total:	46,34	31			

CE	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	194,104	1	194,104	4,558	0,041
Intra-groupe	1277,53	30	42,5842		P<0,05
Total:	1471,63	31			

TDS	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	2,67E+06	1	2,67E+06	5,676	0,023
Intra-groupe	1,41E+07	30	470511		P<0,05
Total:	1,68E+07	31			

Turbidité	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	746,428	1	746,428	0,6164	0,438
Intra-groupe	36328,6	30	1210,95		
Total:	37075	31			

Cl	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	74646,7	1	74646,7	5,860	0,021
Intra-groupe	382165	30	12738,8		P<0,05
Total:	456812	31			

TH	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	8840,84	1	8840,84	2,510	0,123
Intra-groupe	105651	30	3521,71		
	114492	31			

Ca ⁺²	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	80775,9	1	80775,9	2,57	0,119
Intra-groupe	943050	30	31435		
Total:	1,02E+06	31			

Mg ⁺²	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	21797,2	1	21797,2	2,506	0,123
Intra-groupe	260948	30	8698,28		
	282745	31			

HCO ₃	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	136806	1	136806	13,880	0,000
Intra-groupe	295648	30	9854,94		P<0,001
Total:	432455	31			

NO ₃	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	91,8893	1	91,8893	2,359	0,135
Intra-groupe	1168,53	30	38,9511		
Total:	1260,42	31			

NO ₂	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	0,118828	1	0,118828	0,131	0,719
Intra-groupe	27,0493	30	0,901642		
Total:	27,1681	31			

NH ₄ ⁺	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	12,5375	1	12,5375	4,056	0,053
Intra-groupe	92,7366	30	3,09122		
Total:	105,274	31			

PO₄	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	10,0744	1	10,0744	15,770	0,000
Intra-groupe	19,1652	30	0,63884		P<0,001
Total:	29,2396	31			

DBO₅	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	1006,88	1	1006,88	1,349	0,254
Intra-groupe	22395,9	30	746,529		
Total:	23402,8	31			

DCO	Somme des carrés	d.d.l	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupe	440,154	1	440,154	0,722	0,402
Intra-groupe	18284,1	30	609,469		
Total:	18724,2	31			

Résumé

Les écosystèmes aquatiques dans les régions arides et semi-arides sont caractérisés par une grande diversité biologique et assurent d'importantes fonctions écologiques et socio-économiques, mais ils sont affectés et menacés par des activités anthropiques. Le présent travail est une contribution à l'étude de la contamination des eaux de surface des principaux oueds du bassin versant d'El Hodna qui se jettent dans la zone humide du Chott El Hodna, wilaya de M'sila, et la zone humide de Bazer Sakhra, Wilaya de sétif. Dans notre étude, nous avons basé sur les paramètres physico-chimiques: Conductivité, température, potentiel d'hydrogène, oxygène dissous, résidus secs, total des solides dissous, demande chimique en oxygène DCO, demande biologique en oxygène à 5 jours DBO₅, bicarbonates, nitrate (NO₃⁻), nitrite (NO₂⁻), ammonium (NH₄⁺), Phosphate (PO₄³⁻) et les sulfates SO₄²⁻. Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les eaux des deux zones étudiées sont fortement minéralisées. Le climat, les sols adjacents et les systèmes d'évacuation artificiels sont les principaux facteurs contrôlant le fonctionnement physico-chimique de ces écosystèmes. L'évaluation de la qualité des eaux a été effectuée par deux indices de qualité (IQE) en fonction des usages pour l'irrigation et la vie aquatique. Tandis que, la charge organique a été mesurée à travers le calcul de l'indice de pollution organique (IPO) de Leclercq. Les résultats obtenus ont montrés que les différents types de pollution (industrielle, domestique et agricole) affectent les eaux de surfaces des zones d'étude ont amené à la dégradation de ces écosystèmes aquatiques et par conséquent sa biodiversité et sa santé publique. Les différentes corrélations entre les éléments et l'analyse en composantes principales (ACP) ont montré que l'altération de la qualité physico-chimique des eaux des surfaces des zones étudiées liées fortement aux deux facteurs essentiels à savoir: le facteur naturel (géologique) et facteur humain (pollution urbaine, industrielle et agricole).

Mots clés: eaux de surface, qualité physico-chimiques, Activités anthropiques, pollution, IQE, IPO, régions arides, régions semi-aride.

Abstract

Aquatic ecosystems in arid and semi-arid regions are characterized by high biological diversity and provide important ecological and socio-economic functions. However, they are affected and threatened by human activities. This work is a contribution to the study of the contamination of the surface water of the main wadis of the El Hodna watershed which flow into the wetland of Chott El Hodna, M'sila, and the wetland of Bazer Sakhra, Sétif. Based on the physicochemical parameters that are usually measured during conventional experimental monitoring: Conductivity, temperature, hydrogen potential, dissolved oxygen, dry residues, total dissolved solids, chemical oxygen demand COD, biological oxygen demand at 5 days BOD₅, nitrate (NO₃⁻), nitrite (NO₂⁻), ammonium (NH₄⁺), Phosphate (PO₄⁻³) and SO₄⁻² sulfates, The results of the physico-chemical analyzes showed that the waters of the two study areas are highly mineralized. The water quality was evaluated by two quality indices (WQI) according to uses for irrigation and aquatic life. Whereas, the organic load was measured through the calculation of the water index organic pollution (IPO) of Leclercq. The results obtained showed that the different types of pollution (industrial, domestic and agricultural) affect the surface water of the study areas, which led to the degradation of these aquatic ecosystems and consequently its biodiversity and public health. The different correlations between the elements and the principal component analysis (PCA) displayed that the alteration of the physico-chemical quality of the surface water of the wadis of the Hodna Basin and the Bazer-Sakhra wetland is the result of two main factors which are: the natural factor (geology) and human factor (urban, industrial and agricultural pollution).

Keywords: surface water, physicochemical quality, anthropogenic activities, pollution, WQI, IPO, ACP, arid regions, semi-arid regions.

ملخص:

تتميز النظم الإيكولوجية المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة بتنوع بيولوجي عالٍ وتضمن عدة وظائف إيكولوجية واجتماعية واقتصادية مهمة، لكنها تتأثر بالأنشطة البشرية المختلفة. يساهم هذا العمل في دراسة تلوث المياه السطحية للأودية الرئيسية لحوض "الفضنة" والتي بدورها تصب في المنطقة الرطبة "شط الفضنة" بولاية المسيلة؛ والمنطقة الرطبة "بازر الصخرة" بولاية سطيف. ركزنا في دراستنا على العناصر الفيزيائية والكيميائية التالية؛ الموصلية، درجة الحموضة، الأكسجين الذائب، المخلفات الجافة، مجموع المواد الصلبة الذائبة، الطلب على الأكسجين الكيميائي، النترات، النتريت، الأمونيوم، الفوسفات، والكبريتات. أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن مياه منطقتي الدراسة متمعدنة للغاية، وبشكل عام فإن المناخ والتربة المجاورة وأنظمة الصرف الموضوعات حول هذه المناطق تعتبر من العوامل الرئيسية التي تتحكم في الأداء الفيزيائي والكيميائي لهذه النظم البيئية. تم تقييم جودة المياه من خلال مؤشرين للجودة (IQE) ووفقاً لاستخدامات الري و الحياة المائية، بينما تم قياس وفرة المواد العضوية من خلال حساب مؤشر التلوث العضوي (IPO)، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن أنواع التلوث المختلفة (الصناعية والمنزلية والزراعية) تؤثر على المياه السطحية لمناطق الدراسة مما أدى إلى تدهور هذه النظم البيئية المائية وبالتالي تنوعها البيولوجي والصحة العامة. بينت الارتباطات المختلفة بين العناصر وتحليل المكونات الرئيسية أن تغيير الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية في وديان حوض الفضنة و المنطقة الرطبة 'بازر-الصخرة' هو نتيجة عاملين أساسيين هما: العامل الطبيعي (الجيولوجيا) والعامل البشري (التلوث الحضري والصناعي والزراعي).

الكلمات المفتاحية: المياه السطحية، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الأنشطة البشرية، التلوث , IPO , IQE , المناطق القاحلة ، المناطق شبه القاحلة.