

Faculté des sciences de la nature et
de la vie et sciences de la terre

Département de Biologie

جامعة غرداية



Université de Ghardaïa

كلية علوم الطبيعة والحياة
وعلوم الأرض

قسم البيولوجيا

Ghardaïa le :

Rapport : Correction du mémoire

Enseignant (e) (s) Chargé (e) de la correction :

Nom et prénom l'examineur 1 et Signature	Nom et prénom de l'examineur 2 et Signature	Nom et prénom de président et Signature

Thème :

Impact des eaux usées sur la répartition des espèces dans
les zones humides du sud de l'Algérie : cas de Kef
Dautkane (Ghardaïa)

Après les corrections apportées au mémoire, L(es) 'étudiant (s) (es) :

Belmazouzi Nadjat
Zehar Mebarika Soufi

Est (sont) autorisé (es) à déposer le manuscrit au niveau du département.

Signature

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Écologie et environnement

Spécialité : Écologie

Présenté par : BELMAZOUZI Nadjet

ZEHAR Mebarka Soufi

Thème

**Impact des eaux usées sur la répartition des
espèces dans les zones humides du Sud de
l'Algérie : Cas de Kef Doukhane (Ghardaïa)**

Soutenu publiquement, le 12/06/2024

Devant le jury composé de :

Mme. HEMMAM Salima	MAA	Univ. Ghardaïa	Président
Mr. KHELLAF Khoudir	MCA	Univ. Ghardaïa	Encadrant
Melle. BIAD Radhia	MAB	Univ. Ghardaïa	Co-Encadrant
Mme. OUCI Houria	MCA	Univ. Ghardaïa	Examinatrice

Année universitaire : 2023/2024

شكر و عرفان

بادئ ذي بدء، نحمد الله نشكره الذي وفقنا الى اتمام هذا العمل: اللهم لك الحمد حتى ترضى و لك الحمد اذا رضيت و لك الحمد بعد الرضى.

بعدها نتوجه باسمى معاني التقدير و العرفان الى الدكتور خلاف خوير و الدكتورة بياض راضية، بجامعة غرداية على لطف قبولهم للإشراف علينا : شكرا لتشجيعاتكم البناءة و دعمكم اللامحدود و مساندتكم لنا .. أدام الله عزكم و عطاؤكم.

كما نشكر جميع الاساتذة الذين سهروا على تدريسنا في مختلف الأطوار التعليمية : دتمم رموزا لهذه الامة كما يسعدنا ايضا ان نتقدم بجزيل الشكر الى جميع المخبريين و نخص بالذكر السيد مولاي عبد الله بشير و السيد هشام على مساعدتهما و دعمهما الكبير الذي شكل الجزء الاكبر في انجاز هذا العمل.

نتوجه بالشكر أيضًا إلى أعضاء لجنة المناقشة الدكتورة ويسي حورية و الدكتورة حماد سليمة بجامعة غرداية، بكلية العلوم الطبيعية و الحياة و علوم الارض على قبولهما تقييم و مناقشة مذكرتنا هذه.

في الاخير نشكر كل من ساندنا و شجعنا ولو بكلمة... شكرا لكل من لخص علينا الطريق ولو بنصيحة شكرا لكل من كان له الفضل علينا ... و نسأل الله لنا و لهم التوفيق و السداد، بارك الله فيكم و نفع بكم و جزاكم كل خيرا و حفظكم من كل شر و سوء و جعل ما تقدمونه في ميزان حسناتكم.

شكرا لكل



الإهداء



يقول الله سبحانه و تعالى في محكم التنزيل : [وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ]

أولاً، الحمد لله في الجبر والكسر، في الضيق والسير، وفي الفرج والكد. نحمده تعالى على ما أنعم علينا وتفضل، و الحمد له حبا و شكرا و امتنانا على نعمة النجاح.

و الصلاة و السلام على سيدنا محمد و اله و صحبه و من و لاه

أهدي بكل حب مذكرة تخرجي هذه الى :

من وقعت معاهدة أن لا استسلام، [لا ابرح حتى ابلغ]، الى من عاشت ادق التفاصيل طيلة هاته السنوات بجميع هزاتها و سكناتها: نفسي المحاربة القوية التي تجاوزت العقبات و بها حققت الإنجازات.

الى من أسند عليهما ظهري كلما ارهقني هذا العالم، الى من علماني ان لا خير في القول الا بالعمل و الاجتهاد و المثابرة " امي و ابي " : دمتما لي سندا و عوننا و لقلبي راحة و امان و سعادة [حفظكما الله و رعاكما و بارك فيكما]

الى اميراتي الجميلات اخواتي امال , اميمة , سمية , اكرام و ملاكي الصغيرة "شيماء".

الى شبيهه ابي اخي أنور.

الى قلبا كان يضيء حياتنا و يبعث فينا البهجة و السعادة الى ونيسي جدي رحمها الله و اسكنها فسيح جناته.

الى الحنية و الوجه البشوش جدي حفظك الله و رعاك.

الى اعمامي و عماتي، اخوالي و خالاتي ولكل من يحمل اسم عائلة زهار و بن الدين.

الى معلمتي الاولى و مشجعتي: امي الثانية كلثوم اسعدك الله و رزقك خير الدنيا و الاخرة.

الى من كان لي خير سند و خير ناصح : خطيبي نوري ع، أدامك الله لي أجمل شيء لا يغيب

الى رفيقات المشوار اللاتي قاسمني لحظاته نورية , كلثوم , باية حفظكن الله و رعاكن.

الى غاليتي نجاة التي رافقتني خطوة بخطوة لإتمام هذا العمل

الى كل قسم البيولوجيا، الى صديقتي فاطمة الزهراء، مريم، صافى، كوثر و زينب.

الى كل دفعة 2024، تخصص علم البيئة

" اللهم انفعني بما علمتني و علمني ما ينفعني و زدني علما , اللهم اجعلني نافعة لنفسي و لأهلي و لديني

و لوطني اينما كنت يارب "

زهارة مباركة صوفي



الإهداء



الحمد لله الذي ما أكتمل درب ولا ختم سعي الا بفضلته و الحمد له على التمام و الكمال
امي و ابي: إليكما اهدي هذا الجهد و هذا التخرج. فقد كنتما على الدوام ملهمي، فعلى خطاكما اسير و
بعلمكما اقتدي، اشكركما الشكر الجزيل على ما قدمتماه لي طوال فترة دراستي.

الى اخوتي الاعزاء شركاء الطفولة و داعمي النجاح فاطمة, محمد, اسماء, ياسين, عبد العزيز, سعاد
حبيبة و ايمان

الى المصدر الثاني لنجاحي : جدتي فاطمة و خالتي حورية

الى روح جدي الغالي الذي شجعني وشاركني في كل لحظات دراستي, كنتُ قد اردتُ رؤيتك لي بلباس
التخرج، و لكن شاء القدر و قدر الله و ما شاء فعل : رحمة الله عليك.

الى بنات الخالة كريمة و فاطمة.

الى رفيقة الدرب صديقتي مباركة صوفي.

الى اصدقائي الذين جمعتني بهم هذه الكلية.

الى كل عائلتي كل باسمه و مقامه.

الى كل من شاركوني الضحك و الدموع.

و شجعوني في كل خطوة.

الى كل من أضاء دربي بالعلم و المعرفة اهدي لكم ثمرة جهودي و امتناني.

شكرا.

نجاة

ملخص

يتم تصريف المياه المعالجة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي، المتواجدة في منطقة كاف الدخان (غرداية)، في الهواء الطلق حيث ان هذه المياه تتميز بلون غامق مما يعني أنها لم تعالج بشكل جيد. و لهذا خصت هذه المنطقة الرطبة بهذه الدراسة التي تهدف إلى تقييم حالة المياه التي ترمى فيها لمعرفة مدى تأثيرها على توزيع النباتات. ولتحقيق هذا الهدف، قمنا بقياس الأس الهيدروجيني والناقلية الكهربائية و درجة الحرارة و الاكسجين المذاب في الماء مباشرة في الموقع في ثمانية محطات كما تم أخذ عينات الماء و اجراء التحاليل المخبرية للكشف عن درجة التلوث (النترات، النتريت، الأمونيوم، الفوسفور) والتحليل البكتريولوجية لمعرفة عدد الجراثيم اللاهوائية و القولونيات الكلية والبرازية و العقديات البرازية و من الكبريتات اللاهوائية ومن ناحية أخرى، تم إجراء جرد النباتات التي تميز المنطقة. النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة للمنطقة الرطبة لكاف الدخان، أظهرت ان المياه حمضية في الفصل الاول (الرقم الهيدروجيني = 5) وقاعدية في الفصل الثاني (الاس الهيدروجيني 7) مع ملوحة عالية (الناقلية الكهربائية عالية)، كما أعطى التحليل البكتريولوجي نتائج إيجابية تختلف من محطة إلى أخرى ومن فصل إلى آخر. أعطى جرد النباتات الموجودة في المنطقة في كلا الفصليين 36 نوعا موزعة على 23 عائلة (61 % نباتات دائمة و39 % نباتات مؤقتة) و في كل من الفصل الاول نجد 20 نوعاً ينتمي الى 16 عائلة و في الفصل الثاني 33 نوعاً ينتمي الى 21 عائلة. و عليه تؤكد هذه النتائج وجود تأثير للتلوث على توزيع التنوع النباتي في هذه المنطقة الرطبة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، توزيع النباتات، التنوع النباتي، التحاليل المخبرية، والتحليل البكتريولوجية، جرد النباتات، كاف الدخان، غرداية.

Résumé

Les eaux usées traitées au niveau de la STEP de Kef Doukhane (Ghardaïa) sont rejetées à l'aire libre. Ces eaux rejetées ont une couleur sombre ce qui signifie qu'elles sont mal traitées. À cet effet, cet endroit est mené par une étude visant à évaluer ses eaux afin de savoir leur impact sur la répartition des végétaux dans la zone humide. Pour atteindre notre objectif, nous avons fait, d'une part, des tests in situ (pH, CE, T°, O₂ dissous) de 8 points à Kef Doukhane de ces eaux, un échantillonnage systématique des analyses au laboratoire (le dosage des nitrates, le dosage des nitrites, le dosage d'ammonium, le dosage de phosphore) et des analyses bactériologiques (dénombrement des germes anaérobies révivables, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et anaérobie sulfite-réducteur) et d'autre part, un inventaire floristique a été fait en parallèle. Les résultats obtenus, pour la zone humide de Kef Doukhane, ont montré une eau acide (pH = 5) avec une forte salinisation (CE élevé), l'analyse bactériologie a donné des résultats positifs différents d'une station à l'autre et d'une saison à l'autre et l'inventaire floristique a donné, dans les deux saisons, 36 espèces et 23 familles (61 % des plantes vivaces et 39 % éphémères) et par saison on marque 20 espèces et 16 familles, dans l'Hiver, et 33 espèces et 21 familles, dans le Printemps. Ces résultats confirment qu'il y a une influence de la pollution sur la répartition de la phyto-diversité dans cette zone humide.

Mots clés : eaux usées, distribution des végétaux, phytodiversité, analyses au laboratoire, analyses bactériologiques, inventaire floristique, Kef Doukhane, Ghardaïa

Abstract

The treated wastewater at the Kef Doukhane wastewater treatment plant (Ghardaïa) is discharged in the area surface. These discharged waters have a dark color which means that are poorly treated. For that, this site is conducted by a study to assess its waters in order to know their impact on the plant distributions in the wetland for two seasons. To achieve our aim, we performed in situ tests (pH, EC, T°, dissolved O₂) of 8 points at Kef Doukhane, random sampling, laboratory analyses (nitrates, nitrites, ammonium, phosphorus) and bacteriological analyses (enumeration of : reverivable anaerobic germs, total and faecal coliforms, faecal and sulphitoreductive anaerobic streptococci) and on the other hand, a floristic inventory was made in parallel. The results obtained, for the wetland of Kef Doukhane, showed an acidic water (pH = 5) in the first season and basic in de second season with a high salinization (high EC). The bacteriology analyses gave positive results which are different from one station to another and from one season to another. The floristic inventory gave, in both seasons, 36 species and 23 families (61 % of plant are perennials and 39 % of plant are ephemerals) and per season there are 20 species and 16 families, in season 1, and 33 species and 21 families in season 2. These results confirm that there is an influence of pollution on the phytodiversity distribution in this wetland.

Keywords: wastewater, plant distribution, phytodiversity, laboratory analysis, bacteriological analysis, floristic inventory, Kef Doukhane, Ghardaïa

Liste d'abréviations

ASR : Anaérobie sulfito-réducteur.
BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésole.
CF : Coliformes fécaux.
CT : Coliformes totaux.
GT : Germes totaux.
GN : Gélose nutritive.
GT : Germes totaux.
OMS : Organisation Mondiale de la santé.
pH : Potentiel d'hydrogène.
SF : Streptocoques fécaux.
UFC : Unité formant colonie.
VF : Viande Foie.
T : Température.
CE : Conductivité électrique.
O₂ ou OD : Oxygène dissous.
NH₄⁺ : Ammonium
NO₂⁻ : Nitrites
NO₃⁻ : Nitrates
PO₄³⁻ : Phosphore
DBO₅ : Demande biologique en oxygène.
DCO : Demande chimique en oxygène.
MES : Matières en suspension
MST : Matières en suspension totales.
CI : Continental Intercalaire.
CT : Complexe Terminal.
RT : Richesse totale
Rm : Richesse moyenne
Ar : Abondance relative
Fr (%) : Fréquence relative
NPP : Nombre le plus probable
STEP : Station d'épuration

Liste des figures

Figure 1. Origine des eaux usées (Site web 1)	4
Figure 2. Situation de la Wilaya de Ghardaïa (Google map, 2023)	13
Figure 3. Carte des Eres et des époques géologiques de la région de Ghardaïa (modifiée par Chenini et Elgueroui, 2019).....	14
Figure 4. Carte de localisation de la zone humide de Kef Doukhane (Google Map, 2023).....	16
Figure 5. Carte de localisation des points de prélèvement de la zone humide de Kef Doukhane	17
Figure 6. Matériel utilisé sur terrain	18
Figure 7. Méthode suivie pour la réalisation du travail.....	18
Figure 8. Mesure des paramètres physico-chimique in situ	19
Figure 9. Résultat du dosage des nitrates	20
Figure 10. Résultat du dosage des nitrites	20
Figure 11. Résultat du dosage de l'ammoniums.....	21
Figure 12. Résultat de l'analyse des phosphores.....	21
Figure 13. Méthode de recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	22
Figure 14. Méthode de recherche et dénombrement des coliformes fécaux	23
Figure 15. Méthode de recherche du clostridium sulfite réducteur (ASR)	24
Figure 16. Méthode de recherche et dénombrement des germes totaux.....	25
Figure 17. Variation de pH à travers le cour d'eau de Kef Doukhane	26
Figure 18. Variation de température des eaux rejetées de la STEP de Kef Doukhane le long de son parcours	27
Figure 19. Variation de Conductivité Électrique (CE) au cour des eaux traitées et rejetées de la STEP de Kef Doukhane.....	28
Figure 20. Variation de la concentration d'Oxygène dissous dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane.	29
Figure 21. Variation de la teneur en ammonium dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane.....	31
Figure 22. Variation de la teneur en nitrates dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane.	31
Figure 23. Variation de la teneur en nitrites dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane.....	32
Figure 24. Variation de la teneur en Ortho-phosphate dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane. .	33
Figure 25. Résultats du dénombrement des GT à 37°C.....	35
Figure 26. Résultats du dénombrement des ASR (Hiver).	36
Figure 27. Résultats du dénombrement des ASR (Printemps).	36
Figure 28. Résultats du dénombrement des SF.	36
Figure 29. Résultats du dénombrement des CF.	37
Figure 30. Répartition des espèces inventoriées en fonction des catégories biologiques.....	40
Figure 31. Répartition des espèces Inventoriées en fonction des catégories dans les deux saisons	40
Figure 32. Spectre biologique dans les huit stations.....	40
Figure 33. Distribution des espèces, selon les familles botaniques, caractérisant la zone humide de Kef Doukhane	41
Figure 34. Répartition des espèces selon les familles botaniques entre les deux saisons.....	42
Figure 35. Richesse spécifique totale des stations d'étude.....	43
Figure 36. Richesse spécifique moyenne des stations d'étude	43
Figure 37. Abondance relative des espèces inventoriées lors des deux saisons d'étude	44
Figure 38. Fréquence relative des espèces inventoriées de la zone humide de Kef Doukhane	45
Figure 39. Corrélation entre le pH et la richesse spécifique.....	46
Figure 40. Corrélation entre la conductivité électrique et la richesse spécifique	47
Figure 41. Corrélation entre la température et la richesse spécifique.....	48
Figure 42. Corrélation entre l'O ₂ et la richesse spécifique.....	49
Figure 43. Corrélation entre l'ammonium et la richesse spécifique.....	50
Figure 44. Corrélation entre les nitrates et la richesse spécifique	51
Figure 45. Corrélation entre les nitrites et la richesse spécifique	51
Figure 46. Corrélation entre le phosphore et la richesse spécifique	52

Liste des tableaux

Tableau 1. Relation entre la conductivité et la minéralisation (Gaid, 1984).....	8
Tableau 2. Normes de rejets internationales pour la classification des eaux usées.	11
Tableau 3. Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).....	12
Tableau 4. Paramètres physicochimiques de pollution des eaux usées selon les normes OM12	
Tableau 5. Géomorphologie et pédologie de la région d'étude (Ben Brahim, 2018).	14
Tableau 6. Coordonnées géographiques des points d'échantillonnage	17
Tableau 6. Espèces inventoriées dans la zone humide de Kef Doukhane.....	38
Tableau 7. Types biologiques des espèces inventoriées	39
Tableau 8. Indice de perturbation d'Kef Doukhane.....	46

Tables des Matières

الإهداء

ملخص

Résumé

Abstract

Liste d'abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Erreur ! Signet non défini.

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

1. Définition des eaux usées	3
2. Origine des eaux usées	3
2.1. Eaux usées domestiques	3
2.2. Eaux usées industrielles	3
2.3. Eaux usées agricoles	3
2.4. Eaux pluviales	3
3. Principaux types de pollution des eaux usées	4
3.1. Pollution organique non toxique	4
3.2. Pollution à l'azote et au phosphore.....	4
3.3. Pollution toxique et matières dangereuses	4
3.4. Pollution par les matières en suspension	5
3.5. Pollution microbiologique	5
3.6. Pollution acide	5
3.7. Pollution radioactive	5
3.8. Pollution thermique.....	5
3.10. Pollution bactériologique	5
4. Caractéristiques des eaux usées et leurs influences.....	5
4.1. Paramètres organoleptiques	6
4.2. Paramètres bactériologique	6
4.2.1. Bactéries pathogènes.....	6
4.2.2. Facteur de prolifération des bactéries d'origine hydrique	7
4.3. Paramètres physico-chimiques.....	8
4.3.1. Température (T°)	8
4.3.3. Potentiel hydrogène (pH).....	9
4.3.4. Oxygène dissous (O ₂)	9
4.4. Paramètres de pollution des eaux usées	9
4.4.1. Matières en suspension et les colloïdes (MES).....	9
4.4.2. Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	10
4.4.3. Demande chimique en oxygène (DCO)	10
4.4.4. Ammonium (NH ₄ ⁺)	10
4.4.5. Nitrites (NO ₂ ⁻) et Nitrates (NO ₃ ⁻).....	10
4.4.6. Phosphore.....	10
5. Normes de rejets	11

5.1. Normes internationales	11
5.2. Normes Algériennes.....	11
5.3. Normes de l'OMS	12

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

1. Généralités sur la région d'étude	13
--	----

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Choix du site.....	16
2. Station de Kef Doukhane.....	16
3. Échantillonnage	17
4. Matériel utilisé sur terrain.....	17
5. Méthode de travail	18
5.1. Méthode d'analyse du paramètre physico-chimique	19
5.1.1. Mesures effectuées in situ	19
5.2. Mesures effectuées sur laboratoire.....	19
5.2.1. Nitrates	20
5.2.2. Nitrites.....	20
5.2.3. Ammonium	20
5.2.4. Phosphore.....	21
5.3. Méthode d'analyse bactériologique	21
5.3.1. Dénombrement des coliformes fécaux.....	21
5.3.2. Dénombrement des streptocoques fécaux.....	22
5.3.3 Dénombrement des spores des anaérobies sulfite réducteurs (ASR).....	23
5.3.4. Recherche et dénombrement des germes totaux	24
6. Eude floristique.....	25

Chapitre IV : Resultats et Discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques in situ	26
1.1. pH.....	26
1.2. Température (T°)	27
1.3. Conductivité électrique (CE)	28
1.4. Oxygène Dissous (O ₂).....	29
2. Paramètres de pollution	30
2.1. Ammonium (NH ₄ ⁺)	30
2.2. Nitrates (NO ₃ ⁻)	31
2.3. Nitrites (NO ₂ ⁺)	32
2.4. Ortho-phosphates (PO ₄ ³⁻).....	33
3. Analyses bactériologiques	34
3.1. Paramètres microbiologiques	34
3.2. Dénombrement des micro-organismes.....	34
3.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux	35
3.2.2. Dénombrement des anaérobies sulfite-réducteur	35
3.2.3. Dénombrement des streptocoques fécaux	36
3.2.4. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux	37
4. Inventaire floristique.....	38

4.1. Liste floristique	38
4.2. Catégories biologiques des espèces	39
4.3. Répartition des espèces en famille botanique	41
4.4. Indices écologiques	42
4.4.1. Richesse spécifique	43
4.4.3. Fréquence relative (Fr)	45
4.5. Corrélation des analyses physico chimique	46
4.5.1. Potentiel hydrogène (pH)	46
4.5.2. Conductivité éclectique (CE)	47
4.5.3. Température (T°).....	48
4.5.4. Oxygène Dissous (O ₂).....	48
4.6. Les corrélations des analyses chimiques.....	49
4.6.1. Ammonium (NH ₄).....	49
4.6.2. Nitrates (NO ₃)	50
4.6.3. Nitrites (NO ₂)	51
4.6.4. Phosphore (PO ₄ ³⁻).....	52
Conclusion.....	54
References Bibliographiques.....	56
Annexes	59



Introduction

Le bassin méditerranéen est considéré comme un lien entre les trois continents l'Afrique, l'Europe et l'Asie, ce qui en fait une région géographique exceptionnelle caractérisée par sa diversité biologique (Blondel & Aronson, 1995) où il comprend de nombreux écosystèmes et une mosaïque de zones humides (1,5 % des zones humides mondiale) (Christian et *al.*, 2012)

Les zones humides forment des réservoirs d'eau et sont comptés parmi les écosystèmes aquatiques les plus productifs de la planète où elles offrent un très grand potentiel de développement durable. Elles constituent aussi une diversité biologique importante et sont très riches en espèces de plantes et d'animaux, notamment d'oiseaux migrateurs (Ramsar, 1997).

L'Algérie abrite un grand nombre d'habitats et d'écosystèmes de zones humides qui se représentent par des lacs, des vallées, des marécages, des chotts, des sebkhas et des oasis. Selon MEER, (2024), pour les zones humides, ces écosystèmes sont caractérisés par une immense richesse biologique où elle comprend environ 2375 zones humides ; 256 à caractère naturel et 319 artificiels, dont 50 zones classées au sein de la Convention de Ramsar.

Malgré l'importance écologique des zones humides, elles comptent parmi les milieux les plus dégradés et endommagés. Ces dernières années, il y a eu des menaces ou des détériorations d'une manière ou d'une autre d'en raison des pressions de l'activité humaine exercées sur ces écosystèmes et des effets néfastes du changement climatique. En conséquence, certaines zones humides d'Algérie sont devenues la destination finale des eaux usées, des déchets industriels liquides et d'innombrables autres sources (Rapinel, 2012). Ces activités affectent négativement la qualité de l'eau, qui est le principal facteur de formation des sols. L'eau est un composant essentiel des plantes, puisqu'elle représente 70 à 80 % de leur poids frais, car il existe une relation entre l'activité physiologique et la teneur en eau d'une plante (Heller, 1969).

Les zones humides du sud algérien sont également menacées par l'influence humaine. Parmi ces écosystèmes, on citera la zone de Kef Doukhane (Ghardaïa), qui est un plan d'eau créé pour le programme d'épuration des eaux usées STEP et constitue un site important bénéficiant de diversité biologique et environnementale.

Ce travail s'articule sur 3 chapitres ; où dans le premier chapitre nous avons présenté

une synthèse bibliographique sur la pollution (les causes, les sources, les classifications...), des généralités sur les eaux usées et la région de Ghardaïa où nous avons abordé ses caractéristiques générales. Ensuite, le deuxième chapitre est consacré au matériel et les méthodes d'étude qui ont été utilisés soit sur terrain ou au laboratoire et dans le troisième chapitre nous synthétise les résultats obtenus grâce aux analyses physicochimiques, bactériologiques et l'inventaire végétal qui a été réalisé à l'échelle des de la zone humide.

Chapitre I

Généralités sur les

eaux usées

1. Définition des eaux usées

Selon Rejsek (2002), une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels.

2. Origine des eaux usées

On distingue quatre grandes catégories (Figure 1) de ces eaux :

2.1. Eaux usées domestiques

Leur origine est liée aux divers usages domestiques de l'eau. Elles sont principalement à l'origine de la pollution organique Elles sont formées par :

- **Les eaux ménagères** (eaux d'éviers, lavabos, douches, baignoires, appareils ménagères ...) (Ghettas, 2008).
- **Les eaux de vannes et les rejets de toilettes** : On les nomme eaux noires car elles contiennent des matières organiques azotées, phosphatées et des germes fécaux (Metahri, 2012)

2.2. Eaux usées industrielles

Désignent tous les produits ou sous-produits issus des activités industrielles présents dans l'eau (Abderrahim, 2014). Complètement différent des eaux usées domestiques Elles peuvent contenir la matière organique azotée ou phosphorée produits chimiques, de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques), et des matières radioactives (Metahri, 2012) produits toxiques, (arsenic, acide sulfurique...etc.) (Guenouai, 2018).

2.3. Eaux usées agricoles

Le secteur agricole utilise une grande partie des ressources en eau (Guenouai, 2018) de sorte que l'agriculture est une source importante de pollution de l'eau car elle apporte engrais et insecticides. C'est la principale cause de pollution, car il est chargé d'engrais nitrate et de phosphate, de sorte qu'il affecte le sol et les plantes. Le ruissellement des eaux de surface enrichit l'azote ou le phosphate pour la plupart des aquifères de surface et l'eau des cours d'eau ou des réservoirs (Metahri, 2012).

2.4. Eaux pluviales

Généralement collectées avec les eaux usées, puis elles sont rejetées dans les canalisations d'assainissement et acheminées vers la station d'épuration. Elles sont souvent

déversées directement dans les rivières, provoquant une grave pollution des intenses Environnements aquatiques (Metahri, 2012).



Figure 1. Origine des eaux usées (Site web 1)

3. Principaux types de pollution des eaux usées

3.1. Pollution organique non toxique

Cette pollution provient des eaux usées domestiques et industrielles, et lorsqu'elle est décomposée par des bactéries, elle consomme l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui affecte les poissons et les amène à s'étouffer et à développer une fermentation anaérobie, ce qui génère des perturbations.

3.2. Pollution à l'azote et au phosphore

Est provoquée par la décomposition des molécules organiques d'azote et d'ammoniaque et cette décomposition conduit au phénomène d'eutrophisation.

3.3. Pollution toxique et matières dangereuses

Elle est provienne de polluants micropolluants organiques, micropolluants minéraux, micropolluants organométalliques. Ces polluants proviennent des rejets industriels et agricoles (produits phytosanitaires et des rejets urbains de biocides) où, à faibles concentrations, ils affectent les organismes toxiques. Les effets dépendent non seulement du niveau de concentration mais également d'autres propriétés telles que la biodisponibilité, bioaccumulation, persistance la reproductibilité, etc.

3.4. Pollution par les matières en suspension

Est due aux rejets urbains et industriels. Cette pollution provoque des dépôts et d'envasements, ce qui affecte la navigation, gêne le système respiratoire des poissons et augmente la turbidité de l'eau, ce qui conduit à ce que la lumière obstrue le processus de photosynthèse.

3.5. Pollution microbiologique

Les rejets des stations d'épuration des eaux usées entraînent la prolifération de bactéries et de virus à l'origine de maladies humaines.

3.6. Pollution acide

Lors de la pollution atmosphérique et lors de l'utilisation d'engrais azotés, ainsi que les rejets urbains et industriels, entraînent une augmentation des formes dissoutes de micropolluants minéraux et une augmentation de leur réactivité, de leur biodisponibilité et toxicité

3.7. Pollution radioactive

Cela signifie la pollution par l'énergie radioactive issue des déchets industriels

3.8. Pollution thermique

Provenant des rejets industriels provoque la solubilité de l'oxygène et l'équilibre biologique du milieu (Charlotte, 2011).

3.10. Pollution bactériologique

La bactériologie de l'eau sont extrêmement diverses et variées (Abderrahim, 2014) contiennent majoritairement par ce qu'il contient principalement des micro-organismes pathogènes matières fécales (Zorai, 2023 in Akpo, 2006). La présence de ces micro-organismes dans les eaux usées et les boues résiduaires provoque des effets et des maladies des organismes vivants, ce qui nécessite une élimination, un traitement et une désinfection (Lakehal, 2022 in Rejsek 2002).

4. Caractéristiques des eaux usées et leurs influences

Les normes de rejet des eaux usées sont déterminées par des indicateurs de qualité physique, chimique et biologique. Le potentiel de cette contamination est généralement

exprimé en mg/L car il est mesuré et évalué au moyen d'un ensemble d'analyses. Certains de ces paramètres sont des indicateurs des changements probables. Ces eaux sont transférées vers les milieux récepteurs naturels des eaux usées domestiques et industrielles et des déchets liquides.

4.1. Paramètres organoleptiques

- 1. Couleur :** La couleur apparente est due au matière en suspension et en solution et en fonction des composés chimiques solubles colorés (Djermakoye, 2005).
- 2. Odeur :** Les eaux usées ont une odeur très putride. Chaque parfum indique un signe ; une pollution résultant de la présence de matière organique en décomposition (Botta, 2001).

4.2. Paramètres bactériologique

Divers agents pathogènes sont responsables de la contamination des eaux. Cette contamination est provoquée par différents types de micro-organismes. Leur présence peut entraîner des maladies d'origine hydrique des maladies dangereuses et même des effets néfastes comme la fièvre typhoïde et le choléra (Bousmaha et bouchemma, 2020 in Belaid et Redjimi, 2013).

Les micro-organismes affectent les animaux et les plantes à travers les micro-organismes fixateurs d'azote, qui capturent l'azote de l'atmosphère en le convertissant en nitrates ($-\text{NO}_3$), que les plantes peuvent absorber et utiliser pour fabriquer des molécules organiques. Les plantes consommées transfèrent les nitrates aux animaux, où leur présence affecte l'animal en rendant ces disponibles dans son corps l'azote peut s'intégrer dans le corps de l'animal ou être excrété sous forme de résidus tels que l'urée avec l'urine. Lorsque cet animal meurt, le cadavre ou sa litière contiennent de l'azote aminé organique (NO_3).

Ces matières organiques sont divisées pour convertir l'azote aminé organique en azote minéral (NH_4^+) où l'ammonium (NH_4^+) est converti en nitrite (NO_2^-) à l'aide d'une bactérie appelée nitrocimonas

En général, les nitrites et les nitrates sont transformés par les bactéries dans les plantes consommées par les animaux, et donc par les composés azotés des microorganismes (Clément Delmotte, 2018).

4.2.1. Bactéries pathogènes

- 1. Germes totaux :** Ils sont définis comme des micro-organismes psychrophiles (22 °C) et microorganismes de mésophiles (37 °C), indicateur de possibilité de

contamination bactériologique (Rejsek, 2002)

- **Coliformes totaux et fécaux :**

Coliformes : Comprend tous les bacilles en bâtonnets gram- négatif, non sporulés qui sont des organismes présents dans l'environnement. Ils sont riches en microorganismes provenant de fécales. Il est possible d'observer des coliformes totaux (environnement) et des coliformes thermotolérants (désignés comme fécaux) qui fermentent le lactose à 44 °C. Les dénombrements de ces organismes à 37°C « coliformes totaux ». La roupie bactérienne est employée comme un indicateur de la qualité microbienne de l'eau, car elle renferme principalement des bactéries d'origine fécale, telles que *Escherichia coli* (*E. coli*)

Coliformes fécaux : Le terme de coliformes fécaux correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés caractéristiques des coliformes après incubation à la température de 44°C. Il est possible que la présence de coliformes fécaux suggère la présence de micro-organismes entéropathogènes comme les salmonelles (Bazizi, 2008)

Streptocoques fécaux : Sont des bactéries à Gram+ ainsi, ils ne sont pas considérés comme pathogènes, mais sont plutôt des ajouts naturels aux intestins des humains et des animaux à sang chaud, leur présence est donc considérée comme un indicateur de contamination fécale (Abderrahim, 2014). Il est présent dans les eaux souterraines contaminées. D'origine fécale ancienne. Il se reproduit dans les environnements où le pH allant 9,6. Ces germes sont donc considérés comme un indicateur d'organismes pathogènes ayant une résistance similaire à un pH élevé (Mourdi et Rekhili, 2021)

2. Spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) : Les micro-organismes formes de résistance se développent dans une phase aérobie à l'incubation à 37 °C pendant une durée de 24 à 48 h dans un milieu contenant de la viande et des foies, produisant des colonies typiques qui réduisent le sulfite de sodium (Na_2SO_3). Qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe_2^+ donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR sont souvent des indices de contamination ancienne. (Lachache, 2021)

4.2.2. Facteur de prolifération des bactéries d'origine hydrique

Les réseaux de distribution sont fortement influencés par la stabilité biologique, en particulier en ce qui concerne la température et le pH. Le métabolisme et la croissance des

microorganismes sont directement affectés par ces deux facteurs. D'autre part, le pH et la température peuvent aussi influencer l'efficacité des traitements de désinfection chimique (comme le chlore et les chloramines). Pouvant entraîner des changements dans les populations microbiennes regroupées dans le réseau de distribution

Une température modérée contribue à accélérer la croissance microbienne, qui se situe entre 20 °C et 40 °C par La bactérie *Escherichia coli*, par exemple, double toutes les 20 min dans des conditions idéales. La survie des bactéries est affectée par la dureté et le pH de l'eau (Gotta, 2013)

4.3. Paramètres physico-chimiques

4.3.1. Température (T°)

Peut affecter les propriétés de l'eau et même sa qualité (Bremond et Perrodon, 1979) et a un effet sur la solubilité de l'oxygène et d'autres éléments chimiques (Wilby et *al.*, 2014). Lorsqu'elle augmente, elle facilite les réactions d'oxydation dérivés azoté (NH_4^+ , NO_2) (Bremond et Vuichard, 1973) et entraîne ainsi une diminution du niveau d'oxygène dissous et une accélération de celui-ci. Elle provoque également la croissance de micro-organismes qui provoquent des goûts et des odeurs, une augmentation de la couleur et de la turbidité (Dupont, 1981)

4.3.2. Conductivité électrique (CE)

Est une mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, en tant que mesure indirecte de la teneur en ions de l'eau. Une conductivité élevée (Tableau 1) résulte d'une salinité élevée due aux polluants minéraux, ce qui signifie que plus la concentration de solides dissous dans l'eau n'est élevée, plus la capacité de l'eau à transmettre le courant électrique est grande.

Tableau 1. Relation entre la conductivité et la minéralisation (Gaid, 1984)

Conductivité Électrique (CE)	Appréciation de la minéralisation
CE < 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Très faible
100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Faible
200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Moyenne
333 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Moyenne accentué
666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Importante
CE < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Élevée.

4.3.3. Potentiel hydrogène (pH)

Est une mesure de l'acidité et correspond à la concentration d'ions hydrogène (H^+). Il fait référence à l'équilibre entre les acides et les bases dans une masse d'eau et constitue une mesure de concentration d'ions hydrogène dans la solution. Le pH de l'eau naturelle peut varier de 4 à 10 selon qu'elle est acide, douce ou basique. Plus le pH est bas, plus l'eau contient de protons et plus elle est acide (Chapman et *al.*, 1996). Elle augmente notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique, et plus elle est élevée, plus elle augmente la concentration d'ammoniac toxiques pour les poissons. Le pH dépend de l'origine de ces eaux et de la nature géologique du sous-sol (Simoneau, 2004).

4.3.4. Oxygène dissous (O_2)

L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène présente en solution dans l'eau à une certaine température, où il est utilisé pour le processus de respiration des organismes aquatiques qui ont besoin d'une quantité minimale d'oxygène dissous pour survivre.

La concentration d'oxygène dissous varie quotidiennement et saisonnièrement car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle et l'oxygène atmosphérique, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité des nutriments. Cette concentration est également fonction du taux de l'épuisement environnemental de l'oxygène par l'activité des organismes aquatiques, les processus d'oxydation et la décomposition de la matière organique présente dans l'eau (Rodier, 1984).

4.4. Paramètres de pollution des eaux usées

Dans toute station d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques (DBO_5 , DCO, MES...etc.) permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination de la pollution pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

4.4.1. Matières en suspension et les colloïdes (MES)

Elles sont caractérisées par leurs natures de composition, elles sont toutes matières minérale ou organique représentées par les éléments suivants : La silice, le tartre provenant des canalisations, la poussière et les matières organiques non dissoutes. Les matières en suspension présentent dans l'eau usées ou naturelle peuvent être estimée grâce à des quantités de matières en suspension totales (MST) (Tableau 2).

4.4.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Est la quantité d'oxygène en mg/l (Tableau 2) consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20 °C et pendant 5 jours à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (Taradat, 1992).



4.4.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

Est d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans le milieu (Tableau 3, 4 et 5).

L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (Taradat, 1992).

4.4.4. Ammonium (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés est utilisé par le phytoplancton comme source et oxydé par les bactéries nitrifiantes. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations assez faibles, forme transitoire qui s'oxyde en milieu oxygéné en nitrite puis en nitrate. Lorsqu'on se rapproche des émissaires urbains, les concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. L'ammonium devient dans ces conditions un bon traceur de pollution urbaine (Aminot, 1983)

4.4.5. Nitrites (NO₂⁻) et Nitrates (NO₃⁻)

Les nitrites (NO₂⁻) sont la forme intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates, issus de processus de nitrification. Sa présence dans le milieu aquatique est à l'origine d'un déséquilibre d'oxygénation de la flore bactérienne dans le milieu aquatique, ou à des températures faibles ralentissant les processus bactériens. Les nitrates (NO₃⁻), représentent la forme oxydée finale de l'azote après l'étape de la nitratisation correspondant à la transformation des NO₂⁻ en NO₃⁻. Les concentrations élevées de ce composé proviennent principalement du lessivage des sols agricoles (engrais), des rejets urbains et industriels (Mekaoussi, 2014).

4.4.6. Phosphore

Le phosphore est un élément indispensable à la vie des organismes notamment les plantes, il participe par exemple à la composition des phospholipides et des nucléotides. Contrairement à l'azote le phosphore n'existe pas sous forme gazeuse, par contre il est

considéré comme élément majoritaire dans les roches volcaniques et sédimentaires (Hayzoun, 2014). Le phosphore se trouve dans le milieu aquatique sous deux formes dissoute et particulaire. La forme dissoute correspond principalement aux phosphates (PO_4^{3-}) qui constitue la forme minérale directement disponible pour les végétaux aquatiques (Billen, 2007).

5. Normes de rejets

5.1. Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter (Tableau 2). Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant (CSHPF, 1995).

Tableau 2. Normes de rejets internationales pour la classification des eaux usées.

Paramètre	Unité	Norme
pH		6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,5
NO ₂	mg/l	1
NO ₃	mg/l	<1
P ₂ O ₅	mg/l	<2
T°	°C	<30
Couleur		Inodore
Odeur		Inodore

5.2. Normes Algériennes

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement. Selon les normes Algériennes et de l'OMS, les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau 3.

Tableau 3. Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

Paramètre	Unité	Norme	Paramètre	Unité	Norme
T°	°C	30	Phosphore total	mg/l	10
pH	mg/l	6,5 à 8,5	Cyanure	mg/l	1
MES	mg/l	35	Aluminium	mg/l	3
DBO5	mg/l	35	Cadmium	mg/l	0.2
DCO	mg/l	120	Fer	mg/l	3
Azote Kjeldahl	mg/l	30	Manganèse	mg/l	1
Phosphates	mg/l	02	Mercure total	mg/l	0.01
Nickel total	mg/l	0.5	Étain total	mg/l	2
Plomb total	mg/l	0.5	Composés organiques chlorés	mg/l	5
Cuivre total	mg/l	0.5	Chrome total	mg/l	0.5
Zinc total	mg/l	3	(*) Chrome III+	mg/l	3
Huiles et Graisses	mg/l	20	(*) Chrome VI+	mg/l	0.1
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	(*) Solvants organiques	mg/l	20
Indice Phénols	mg/l	0.3	(*) Chlore actif	mg/l	1
Fluor composés	mg/l	15			

5.3. Normes de l'OMS

Tableau 4. Paramètres physicochimiques de pollution des eaux usées selon les normes OMS

Paramètre	Unité	Norme
pH		6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<30
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,5
NO ₂	mg/l	1
NO ₃	mg/l	<1
P ₂ O ₅	mg/l	<2
T°	°C	<30
O ₂ dessous	µS/cm	2500
Couleur		Inodore
Odeur		Inodore

Chapitre II

Présentation de la

région d'étude

1. Généralités sur la région d'étude

La zone d'étude qui renferme le site en question (Kef Doukhane de la commune d'El Atteuf wilaya de Ghardaïa) occupe la partie nord du désert du Sahara Septentrional algérien est localisée entre 33° et 31° 15' de latitude Nord - 2° 30' et 5° de longitude Est, d'altitude moyenne 480 m et s'étend sur une superficie de 86560 km². Elle est limitée au Nord par la W. Laghouat, au Nord Est par W. Djelfa, à l'Est W. Ouargla, au Sud par W. El-Menia et à l'Ouest par W. El-Bayadh (Figure 2). Lithologiquement, Ghardaïa est caractérisée par des calcaires dolomitiques formant la dorsale du M'Zab, jalonnés par un réseau hydrique ramifié d'oueds de direction générale Ouest-Est, telles que Oued M'Zab, Oued Metlili, Oued Sebseb, Oued Zergoun....etc.

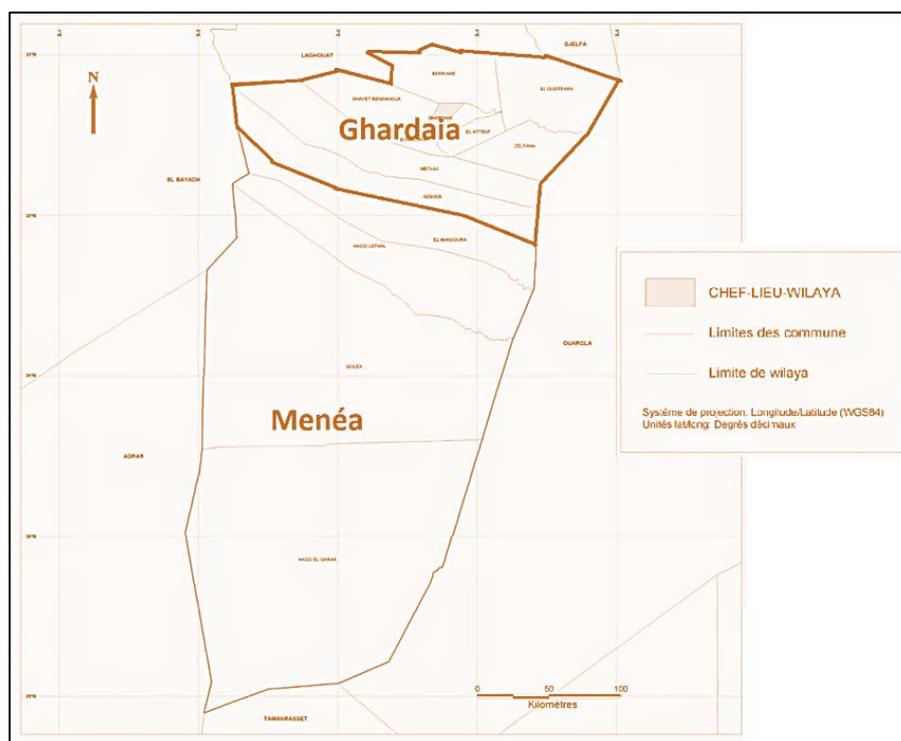


Figure 2. Situation de la Wilaya de Ghardaïa (Google map, 2023)

Géomorphologiquement, la région d'étude est caractérisée par des plaines dans le continental terminal, des régions ensablées, la Chebka et l'ensemble de la région centrale et s'étend du Nord au Sud sur environ 450 km et d'Est en Ouest sur environ 200 km (Oulmane, 2016). Sur l'ensemble des paysages sahariens (Tableau 5 et Figure 3), le sable ne couvre qu'une faible partie de la surface (20 % environ). Les hamadas et les regs représentent l'essentiel du paysage ; les sols alluviaux et les sols à encroûtement ne constituent que des phénomènes locaux (Ozenda, 1991; Monod, 1992).

Tableau 5. Géomorphologie et pédologie de la région d'étude (Ben Brahim, 2018).

	Formes géomorphologiques						Types de sols	Références
	Erg	Reg	Sebkha	Lit d'Oued	Hamada	Chebka		
Ghardaïa	+	+	-	+	+	+	Roches calcaires. Dominance d'un faciès gypseux	PASSAGER, 1958 ; URBATIA, 1996
+ : présence						- : Absence		

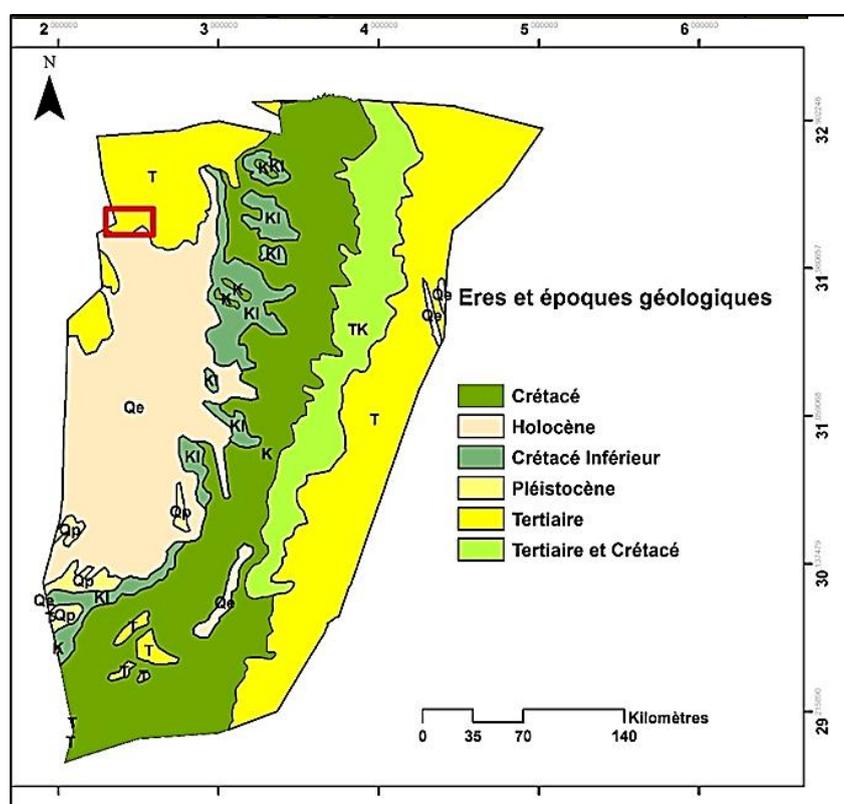


Figure 3. Carte des Eres et des époques géologiques de la région de Ghardaïa (modifiée par Chenini et Elgueroui, 2019).

Hydrogéologiquement, tenant compte la position de la région, la source principale en eau est les nappes du Continental Intercalaire (CI), la nappe du Complexe Terminal (CT) qui constituent les principaux réservoirs pour la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie ; comme dans tout le désert du nord (Hakimi-Dedjell et *al.*, 2019)

D'après Zegait (2020) et Kouzrit (2016), le sol de la région du M'Zab est peu évolué, meubles, profonds, présente une texture sablo-limoneux (sable proche de 80 % et argile de 4 à

8%) et peu à modérément calcaireux, alcalins à fortement alcalins. Il a un pH neutre, une conductivité électrique moyenne, un taux de matières organiques très bas (1 %), une minéralisation faible et une température élevée s'accompagne de taux élevés d'évaporation de l'eau dans le sol, ce qui conduit à l'accumulation de sels, et le sol est considéré comme très salinité, Et être le taux de gypse est faible (Zegait, 2020).

La région se caractérise par un climat désertique sec et subtropical, avec un Hiver doux (Octobre À Mars) et un Eté très chaud et ensoleillés (Avril à Septembre) (ANRH, 2011). En général, les précipitations, Dans la région, se tombent sous forme de pluie et sont faibles et irrégulières ce qui conduit à la sécheresse (Dubief, 1963 ; Ozenda, 1991), les vents soufflent toute l'année et la vitesse maximale se situe en Mars, Avril et Mai, lorsqu'elle dépasse 15 m/s, l'humidité relative varie d'une saison à l'autre. Le maximum pour les deux régions dépasse 50 % et diminue en été, plus précisément au mois de Juillet. Cela est dû à la forte évaporation et aux vents chauds de ce mois et la température de la région change d'une saison à l'autre et elle est très élevée en Eté,) et le mois le plus chaud est Juillet et le mois le plus froid est Janvier.

Chapitre III

Matériel et Méthodes

1. Choix du site

Malgré l'importance des zones humides pour l'avifaune et la flore, elles sont considérées parmi les écosystèmes les plus dégradés. Pour cette raison, nous avons choisi la zone humide de Kef Doukhane (Ghardaïa).

Deux sorties d'études ont été effectuées en 2024 sur cette zone; l'une est en Hivers (mois de Février et l'autre est au printemps (mois de Mai), pour savoir le potentiel de pollution le site en question (Station de Kef Doukhane). Pendant ces sorties, nous avons fait un échantillonnage pour étudier, caractériser et mettre en évidence le potentiel de l'effet des eaux usées sur la répartition des espèces végétales dans cette zone humide.

2. Station de Kef Doukhane

La station de Kef Doukhane ($32^{\circ}26'26.63''N$; $3^{\circ}48'38.44''E$) est localisée à l'Est de la commune d'El Atteuf à environ 7 km de la station d'épuration de Kef Doukhane qui est limitée (Figure 4) au Nord, des terrains vierges, à l'Est, la commune d'Atteuf, au Sud, la zone des sciences, l'Aéroport et le RN1 et RN49 et à l'Ouest, le complexe pétrolier d'Oued Noumer. Selon Cheddad et *al.*, (2022), Cette partie d'Oued forme le déversoir de rejet des eaux épurées de cette STEP en 2012 après leur création, pour former une zone humide industrielle au lit de la vallée du M'Zab. L'altitude varie entre 398 et 458 m pour une pente comprise entre 3,3 et 2,9 %. Les terres entourant ce plan d'eau sont composées de sols sableux avec des petits plateaux rocheux et des falaises.

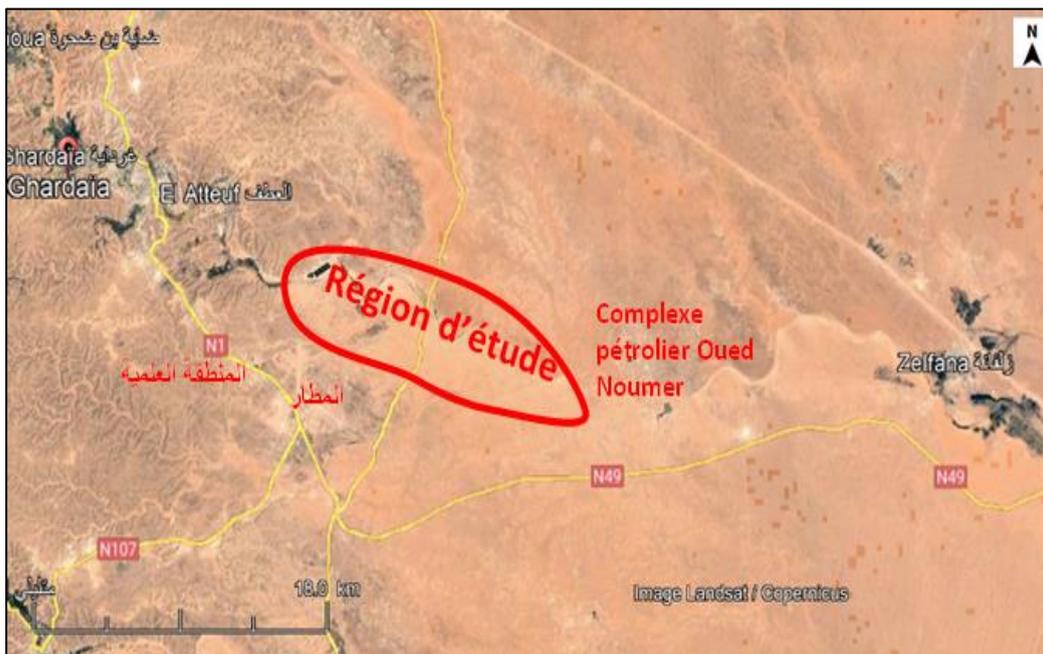


Figure 4. Carte de localisation de la zone humide de Kef Doukhane (Google Map, 2023)

3. Échantillonnage

Pour atteindre notre objectif, nous avons choisi 08 points de prélèvement au niveau du site de Kef Doukhane (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8) (Figure 5). Ces points ont été définis par leurs coordonnées géographiques (longitude, latitude et altitude) à l'aide GPS (Garmin, etrex 20X) selon le système de projection WGS 1984 et sont choisis d'une manière systématique. L'échantillonnage est effectué selon la méthode de Rodier (2005) et les échantillons sont transportés soigneusement au laboratoire pour effectuer les différentes analyses.

Tableau 6. Coordonnées géographiques des points d'échantillonnage

Point D'échantillonnage	X		Y	
	P1	32° 26.776' N	03°49.132'E	
P2	32° 26.117' N	03°49.885'E		
P3	32° 26.041' N	03°50.819'E		
P4	32° 26.199' N	03°52.027'E		
P5	32° 25.605' N	03°52.899'E		
P6	32° 24.737' N	03°53.253'E		
P7	32°24.649' N	03°54.392'E		
P8	32° 24.456' N	03°55.640'E		



Figure 5. Carte de localisation des points de prélèvement de la zone humide de Kef Doukhane

4. Matériel utilisé sur terrain

Sur terrain nous avons utilisé le matériel est le suivant (Figure 6) :

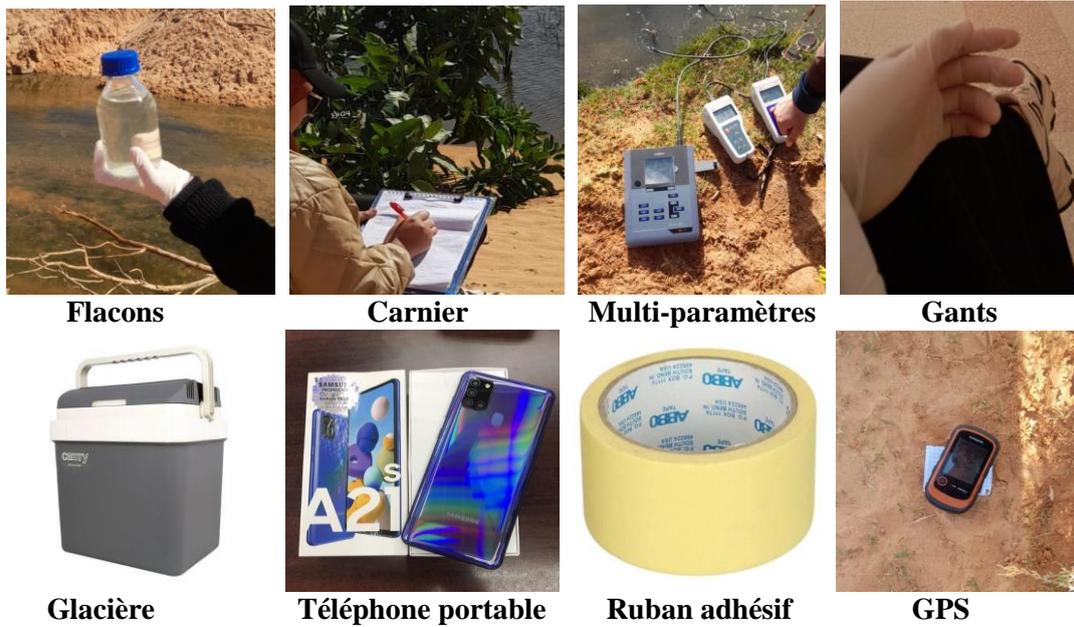


Figure 6. Matériel utilisé sur terrain

5. Méthode de travail

Pour réaliser notre travail nous avons suivi la méthode illustrée dans la figure suivante (Figure 7)

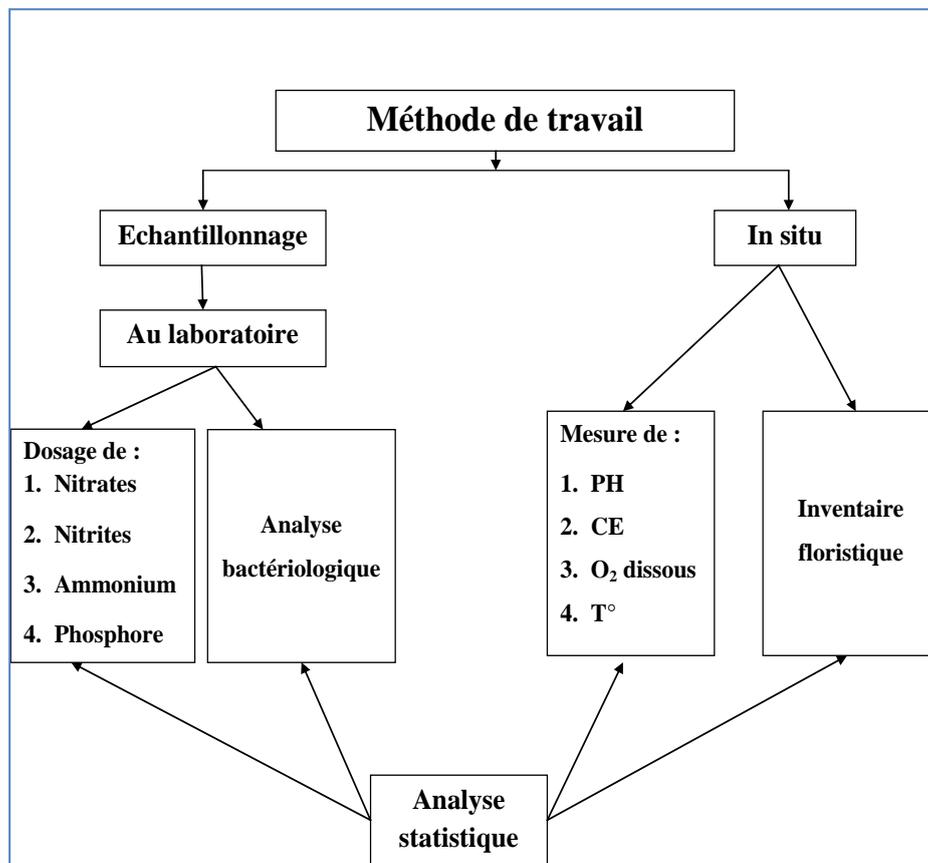


Figure 7. Méthode suivie pour la réalisation du travail

5.1. Méthode d'analyse du paramètre physico-chimique

5.1.1. Mesures effectuées in situ

La mesure de température, de pH, de conductivité électrique et d'oxygène dissous est effectuées au moment du prélèvement d'échantillons d'eau. Elles ont été mesurées sur une surface de 50 cm entre 9h et 18h.



Figure 8. Mesure des paramètres physico-chimique in situ

Le principe de la multi_ paramètre consiste à plonger la sonde appropriée dans l'eau Puis attendre quelques secondes et après avoir installé le dernier affichage sur l'écran lire le résultat mesure

- **La température de l'eau (T°)** est mesurée à l'aide d'un thermomètre et est exprimée en $^{\circ}\text{C}$
- **Le potentiel hydrogène (pH)** est une quantité non uniforme et un indicateur qui mesure l'activité des ions hydrogène dans l'eau et donne des informations sur l'acidité, la basicité et la neutralité de l'eau (futura -science)
- **L'oxygène dissous (O_2)** présent dans l'eau est le résultat des échanges entre l'atmosphère et la surface de l'eau en plus de l'activité photosynthétique du phytoplancton » (Alzieu, 1989).
- **La conductivité électrique (CE)**, Les substances dissoutes dans l'eau existent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité donne une évaluation de la quantité de sels dissous dans l'eau (ANAT, 2003) et est exprimée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Rejsek, 2002).

5.2. Mesures effectuées sur laboratoire

Les dosages des ions nitrites, nitrates, ammonium et phosphates, ont été réalisés au laboratoire sur des échantillons d'eau

5.2.1. Nitrates

Pour détecter les ions nitrates, nous avons utilisé la méthode au salicylate de sodium établie par Rodier (1978). En présence de salicylate de sodium, les ions nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, de couleur jaune et capable de détermination colorimétrique. Lectures à la spectrophotométrie est réalisée à la longueur d'onde $\lambda = 415 \text{ nm}$

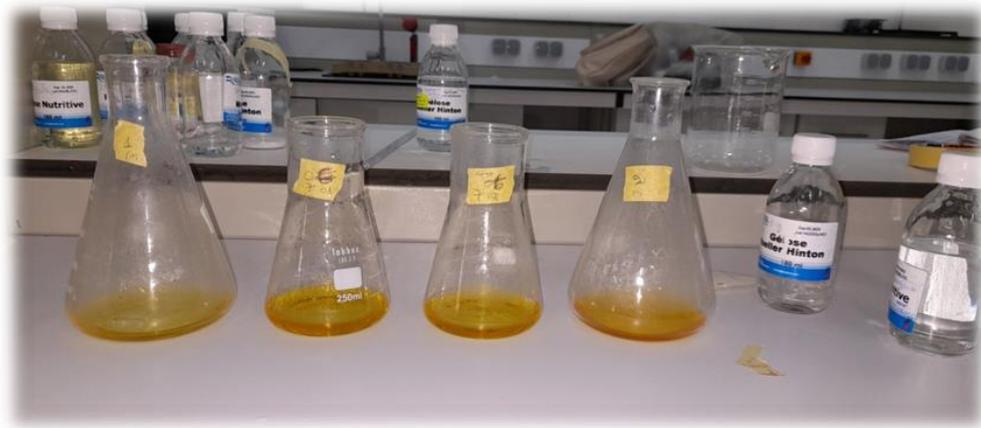


Figure 9. Résultat du dosage des nitrates

5.2.2. Nitrites

Pour le dosage des nitrites nous avons utilisé la méthode au réactif mixte et les lectures sont effectuées au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda = 435 \text{ nm}$



Figure 10. Résultat du dosage des nitrites

5.2.3. Ammonium

Pour déterminer l'ion ammonium, nous avons utilisé la méthode de Nessler (Rodier, 1978). Le réactif de Nessler, en présence d'ions ammonium, donne de l'iodure. Le dimercure d'ammonium peut être dosé et leur lecture est au spectrophotomètre à une longueur d'onde de $\lambda = 425 \text{ nanomètres}$.



Figure 11. Résultat du dosage de l'ammoniums

5.2.4. Phosphore

Les ions phosphates sont dosés selon la méthode de Murphy et Riley (1962), dont laquelle ils réagissent avec le molybdate d'ammonium en présence d'antimoine III pour former un complexe phospho-molybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Cette forme réduite, de coloration bleue, a un maximum d'absorption à 885nm. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.



Figure 12. Résultat de l'analyse des phosphores

5.3. Méthode d'analyse bactériologique

5.3.1. Dénombrement des coliformes fécaux

Cette opération s'effectue comme suit :

1. **Tests présomptifs** : Sur le bouillon lactosé au pourpre de bromocréol (BCPL) avec cloche de Durham à simple ou à double concentration.
2. **Ensemencer** :

- 3 tubes de BCPL à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser par tube (Série A).
 - 3 tubes de BCPL à simple concentration avec 1 ml d'eau à analyser par tube (Série B).
 - 3 tubes de BCPL à simple concentration avec 0.1 ml d'eau à analyser par tube (Série C).
 - Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.
3. **Incubation** à 37 °C pendant 24 à 48 h (Guiraud, 1998). Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :
- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10^éme de la hauteur de la cloche).
 - Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
 - La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.
4. **Test confirmatif :**
- À partir de chaque tube de bouillon lactosé au pourpre bromocrésol (BCPL) positif.
 - Confirmer en ensemençant sur milieu de Schubert avec cloche de Durham, et les incubent à 44° C pendant 24 h (Guiraud, 1998).
 - On ajoute quelques gouttes de réactif Kovacks dans les tubes montrant un trouble. Une réaction considérée positive correspond à la formation d'anneau rouge



Figure 13. Méthode de recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

5.3.2. Dénombrement des streptocoques fécaux

Cet essai s'effectué comme suit :

1. Tests présomptifs sur le milieu Rothe à simple ou à double concentration.
2. Ensemencer :
 - 3 tubes de Rothe à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser par tube (Série A).

- 3 tubes de Rothe à simple concentration avec 1 ml d'eau à analyser par tube (Série B).
 - 3 tubes de Rothe à simple concentration avec 0,1 ml d'eau à analyser par tube (Série C).
3. Incubation doit être à 37 °C pendant 24 à 48
 4. Lecture : les résultats sont considérés comme positifs si les tubes présentant un trouble microbien
 5. Tests confirmation :
 - Les tubes de Rothe trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
 - L'incubation se fait à 37 °C. Pendant 24 h.
 - Lecture : Seront considérés comme positifs si les tubes présentant un trouble microbien et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

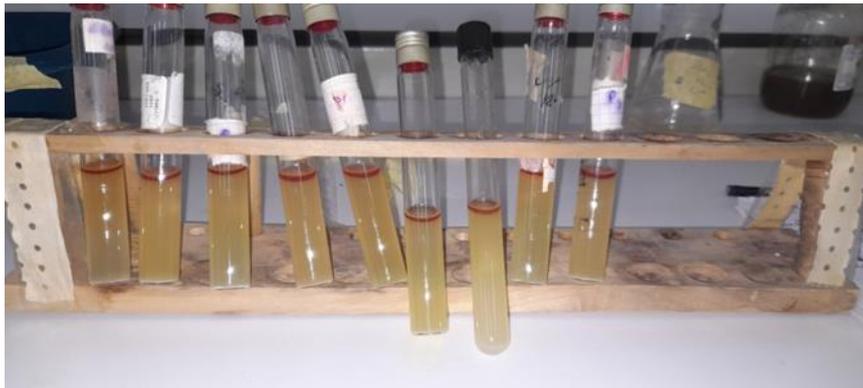


Figure 14. Méthode de recherche et dénombrement des coliformes fécaux

5.3.3. Dénombrement des spores des anaérobies sulfite réducteurs (ASR)

Cet essai se fait par incorporation en gélose en tubes profonds.

Mode opératoire : A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de choc pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfite- réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 2 tubes différents et stériles, raison de 5 ml par tube.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.

- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou hypnose
- Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 47 + additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant environ 30 min, puis incuber le à 36 ± 2 °C, pendant 4h, dans le cas de la gélose Viande Foie.
- **Lecture et interprétation** : La première lecture doit être absolument faite à 16h car très souvent les spires des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes sinon on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} . La deuxième lecture se fera à 24h.

Dénombrer toutes colonies noires de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser

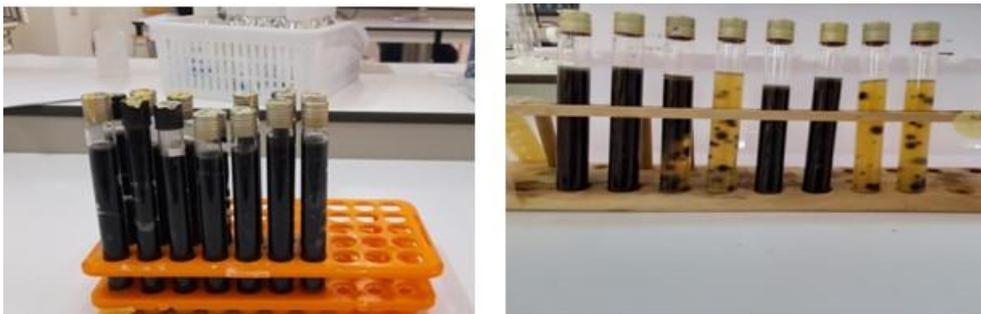


Figure 15. Méthode de recherche du clostridium sulfito-réducteur (ASR)

5.3.4. Recherche et dénombrement des germes totaux

Mode opératoire :

- À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement deux fois 1 ml dans deux boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées.
- Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie et maintenue à 45 °C.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de « 8 » pour permettre à
- L'inoculum de se mélanger à la gélose, sans faire de bulle d'air et sans mouiller les bords de la boîte.
- Laisser solidifier sur paillasse.
- **Lecture** : Il s'agit de dénombrer toutes les colonies des boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.

- Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml d'eau à analyser à 22 °C et 37 °C.



Figure 16. Méthode de recherche et dénombrement des germes totaux

6. Eude floristique

Elle s'effectue par :

1. Composition floristique qui désigne une liste des espèces inventoriées dans la station d'étude.
2. Le calcul de différents Indices écologiques appliqués comme :
 - **Fréquence** : Elle est calculée (en %) selon la formule : $F(x) = n / N \times 100$. Avec n : Nombre de relevés de l'espèce x et N : Nombre total de relevés réalisés (Chehma, 2005)
 - **Richesse totale m** : Nombre total d'espèces présentes dans une station donnée. Pour Ramade (1984), la richesse totale est exprimée par la formule de :

$$S = sp_1 + sp_2 + sp_3 + sp_4 \dots + sp_n.$$

- Dont, S est le nombre total des espèces observées ($sp_1 + sp_2 + sp_3 + sp_4 + \dots + sp_n$).
- **Richesse moyenne** : Nombre moyen d'espèces présentes dans chaque relevé
- **Abondance relative (AR)** : L'abondance relative est le rapport du nombre des individus de l'espèce prise en considération au nombre total des individus de toutes espèces confondus (Zaïme et Gautier). Elle est représentée par la formule suivante : $AR = ni / N \times 100$. Avec : ni ; nombre des individus de l'espèce pris en considération et N : nombre total des individus de toutes espèces confondus
- **Indice de perturbation** permet de quantifier la Thérophytisation d'un milieu (Loisel et al., 1993) : $IP = \frac{\text{Nombres des thérophytes} + \text{Nombres des Chaméphytes}}{\text{Nombre total des espèces}} \times 100$

Chapitre IV

Résultats et Discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques in situ

1.1. pH

Ce paramètre est mesuré en place (in situ) pour les eaux usées traitées, à l'aide d'un pH-mètre. Les résultats obtenus de cette opération sont interpolés sous forme de courbes ci-après (Figure 17) :

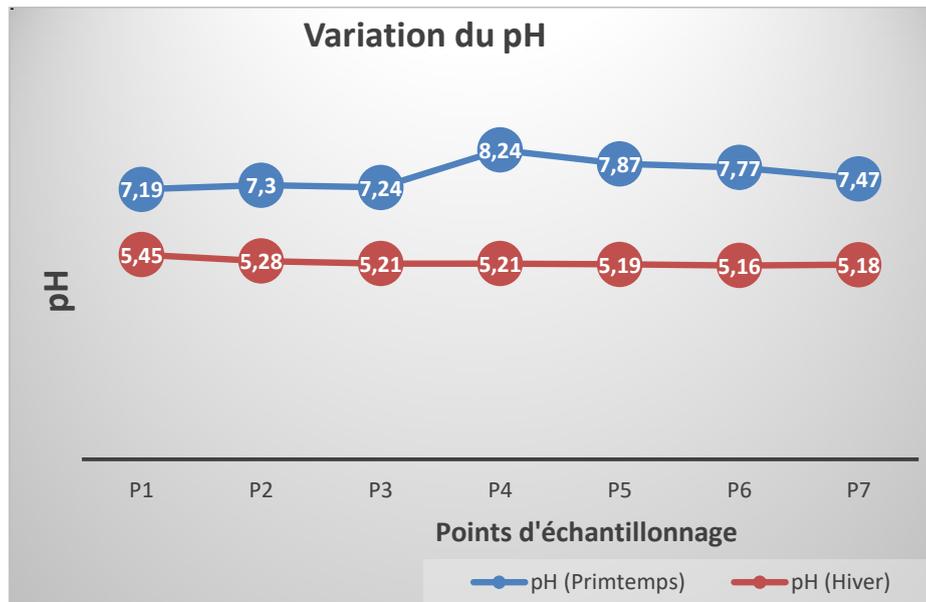


Figure 17. Variation de pH à travers le cours d'eau de Kef Doukhane

Les résultats obtenus de la mesure de pH des eaux de rejets de la station d'épuration de Kef Doukhane, dans sept points équidistants le long d'Oued et pour deux saisons différentes, ont montré en Hiver : un pH varié de 5.45 à la sortie de la STEP (P1) à 5.18 à la fin du parcours de ces eaux (P7) et atteint son minimum au P6 avec une valeur de 5.16 (Figure 17). Ces résultats ne sont pas conformes aux normes des rejets (eaux usées traitées) que ce soit algériennes ou de l'OMS ($6,5 < \text{pH} < 8,5$). Au Printemps, le pH de ces eaux à la sortie de la STEP est de 7.19 (P1) et à la fin est de 7.47 et atteint son maximum au P4 avec une valeur de 8.24 (Figure 17). Ces résultats sont avec un maximum de 4.48. Alors, les eaux traitées au niveau de la STEP de Kef Doukhane sont acides en Hiver et basiques au Printemps.

Ces résultats sont différés de ceux qui sont enregistrés en auto-surveillance de la STEP, avant quatre ans (2020) et en même périodes de nos mesures, où ils ont marqué des résultats conformes aux normes des rejets (eaux usées traitées) que ce soit algériennes ou de l'OMS ; en Hiver ils enregistrent un ph varie de 8.15 à 8.42 avec un maximum de 4.48 et au Printemps ils marquent un pH varie de 7.80 à 8.48 avec un maximum de 4.54.

Selon Boualaoui (2022), le pH a un rôle capital pour la croissance des microorganismes et constitue un paramètre important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration et selon Rodier (2005), un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9. Leur influence se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9

1.2. Température (T°)

Ce paramètre est mesuré aussi in situ, à l'aide d'un appareil Multi-paramètres et les qu'on a effectuées sont interpolés sous forme de courbes ci-après (Figure 18) :

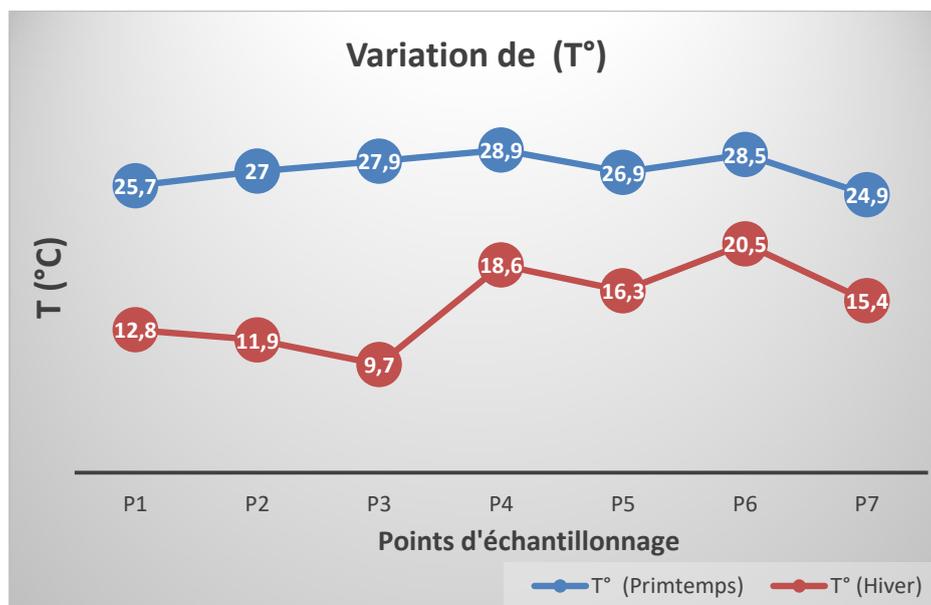


Figure 18. Variation de température des eaux rejetées de la STEP de Kef Doukhane le long de son parcours

Le suivi de la variation de la température des eaux traitées et rejetées de la STEP de Kef Doukhane, pour deux saisons différentes, à donner des valeurs oscillent de 9.7 à 18.6 °C avec un maximum de 20.5 °C en Hiver et de 24.9 à 28.5 °C avec un maximum de 28.9 °C au Printemps (Figure 18). Alors, ces résultats sont conformes aux normes des eaux usées traitées que ce soit algériennes ou de l'OMS où la T° doit être inférieure à 30 °C.

Ces résultats sont les mêmes par rapport à ceux qui sont enregistrés en auto-surveillance de la STEP en 2020 et en même périodes de nos mesures, où ils ont marqué en

Hiver une température varie de 12 à 18 °C et au Printemps ils marquent un pH varie de 21 à 28 °C avec un maximum de 30.5 °C.

Donc, d'après ces résultats, les fluctuations de ces valeurs en relation avec les conditions climatiques locales et plus particulièrement avec la température de l'air et les phénomènes d'évaporation d'eau.

Les travaux de Middaugh & MacElroy (1976) et Singleton (1976) attribuent que la ce paramètre affecte les activités métaboliques des bactéries et leur augmentation accélère les réactions biologiques car elle agit directement sur l'activité enzymatique et d'après Meinck & Coll (1977) et Sachon, (1980) l'augmentation de la température entraîne une augmentation de l'activité biologique et des effets toxiques, et donc l'auto-décomposition des bactéries.

1.3. Conductivité électrique (CE)

Les résultats obtenus de la mesure de la Conductivité électrique (CE) des rejets de la STEP sont interpolés sous forme de la courbe suivante (Figure 19) :

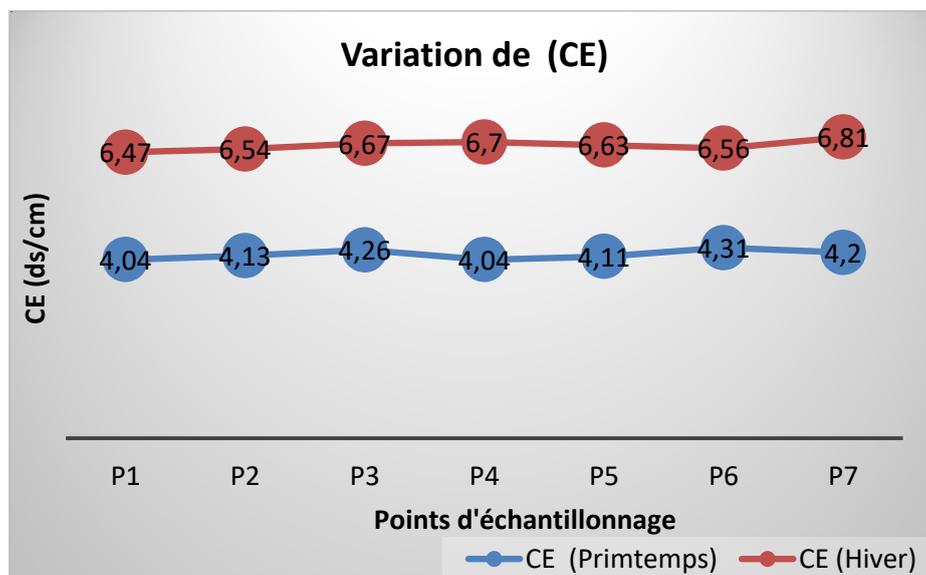


Figure 19. Variation de Conductivité Électrique (CE) au cour des eaux traitées et rejetées de la STEP de Kef Doukhane.

La mesure en place ou in situ de la Conductivité Électrique (CE) des rejets de la STEP le long d'oued, dans sept points équidistants, a donné en Hiver des valeurs varient de 6.47 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à la sortie des eaux (P1) à 6.70 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au P4 ; avec un maximum de 6,81 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (P7), par conter au Printemps on marque un une diminution des valeurs de ce paramètre où elles oscillent entre 4.04 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à la sortie de la STEP et 4.26 $\mu\text{s}/\text{cm}$; avec un maximum de 4.31 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (P6) (Figure 19).

Ces résultats sont différés de ceux qui sont enregistrés en auto-surveillance de la STEP, en 2020, et en même périodes de nos mesures, où ils ont marqué en Hiver une CE varie de 2.56 à 3.30 $\mu\text{s}/\text{cm}$ avec un maximum de 3.45 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et au Printemps ils ont marqué une CE varie de 3.27 à 3.75 $\mu\text{s}/\text{cm}$ avec un maximum de 3.82 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Alors, d'après ces résultats, il y aura une augmentation de la Conductivité Électrique (CE) dans les eaux rejetées de la STEP de Kef Doukhane pendant quatre ans, ce qui nous permettons de déduire que les eaux usées qui sont sorties la STEP sont mal traitées et selon les travaux de Boualaoui en 2022, la conductivité électrique augmente dans les eaux traitées est fonction de la concentration en sels dissous qui augmente avec la température et l'évaporation de l'eau.

1.4. Oxygène Dissous (O_2)

Ce paramètre est mesuré en place (in situ) pour les eaux usées traitées, à l'aide d'un Oxy-mètre et les résultats obtenus de cet essai sont interpolés sous forme de courbes suivants (Figure 20) :

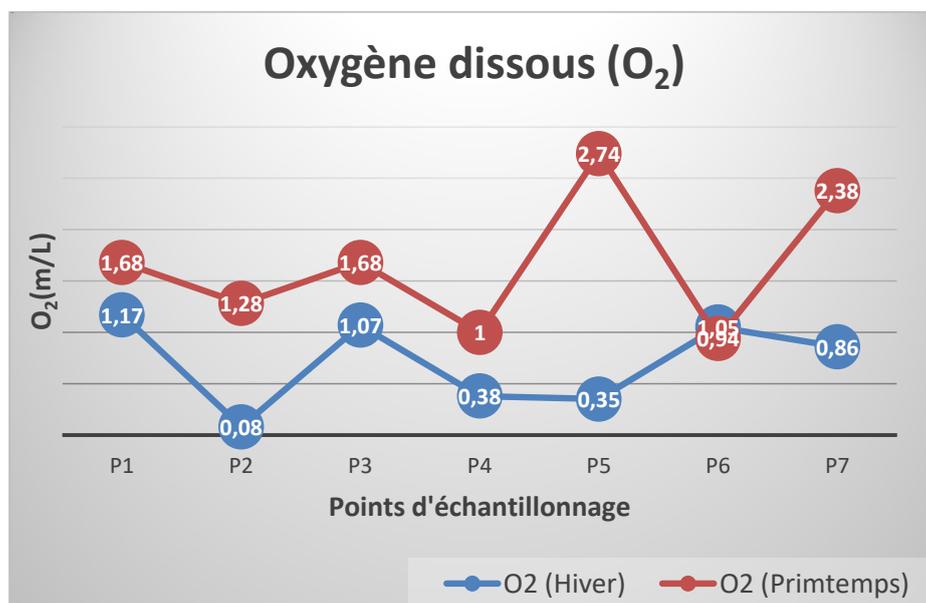


Figure 20. Variation de la concentration d'Oxygène dissous dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane.

L'essai de mesure de la concentration d'Oxygène Dissous (OD), dans les eaux rejetées le long d'Oued de Kef Doukhane et en sept points différents, pour la saison d'Hiver a révélé des valeurs varient de 0.08 mg/L (P2) à 1.07 mg/L (P3) avec un maximum de 1.17 mg/L qui a Printemps enregistré juste à la sortie de la STEP (P1), par contre au Printemps, la concentration de ce paramètre a Printemps élevée où elle est de 1 à 2.38 mg/L avec un

maximum de 2.74 mg/L qui a Printemps enregistré au P5 (Figure 20).

Ces résultats sont totalement différents de ceux qui sont enregistrés en auto-surveillance à la sortie de la STEP, en 2020, où ils ont marqué une concentration, parfois dépasse les normes de rejets (5.50 mg/L), varie de 3.85 à 4.90 mg/L.

Alors, ces résultats sont conformes aux normes des eaux usées traitées que ce soit algériennes ou de l’OMS où O₂ doit être inférieure à 5 mg/L,

D’après les travaux Adje et *al.*, (2019), « plus la concentration en oxygène dissous (OD) est proche de saturation, plus la capacité à absorber la pollution est grande ». Si la concentration d’Oxygène Dissous (OD) est inférieure de 1 mg/L on est proche de l’anaérobie. Cette condition se produit pendant l’opération d’oxydation des déchets minéraux, des matières organiques et des nutriments consommés plus d’oxygène que ce qui est disponible. Une faible teneur en DO provoque l’augmentation la solubilité des éléments toxiques libérés par les sédiments. Si la concentration d’Oxygène Dissous (OD) est de 1 à 2 mg/L indique la présence d’une masse d’eau fortement polluée mais d’une manière ou d’une autre évacuation et s’elle de 4 à 6 mg/L on a une bonne qualité d’eau ;

Des niveaux supérieurs à la teneur normale en oxygène indiquent une eutrophisation environnement, conduisant à une intense activité de photosynthèse. Types de poissons sensibles peuvent être affectés par des niveaux d’oxygène inférieurs à 4mg/L. La concentration d’oxygène dissous dans l’eau est affectée par sa température, à mesure que la température augmente plus l’eau est faible, plus elle peut contenir d’oxygène. Par conséquent, la concentration d’oxygène dissous diminue, et la diminution de l’oxygène dissous peut avoir un effet négatif sur l’écosystème, ce qui signifie que plus sa concentration est faible, plus la biodiversité est faible (Roy, 2013)

2. Paramètres de pollution

Pour atteindre notre objectif nous avons dosé les paramètres suivants :

2.1. Ammonium (NH₄⁺)

L’essai de dosage d’ammonium au laboratoire a donné les résultats ci-après (Figure 21) :

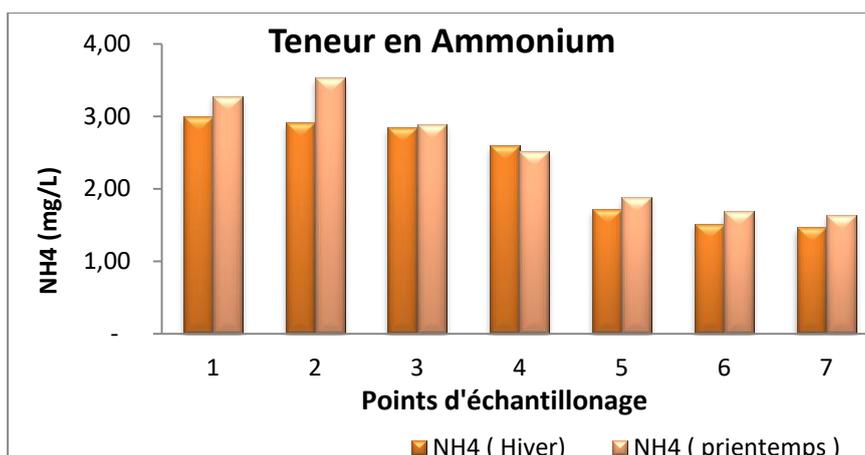


Figure 21. Variation de la teneur en ammonium dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane

Les résultats obtenus du dosage de la concentration en ammonium, dans les eaux de rejets de la STEP de différents points le long d'Oued, ont donné une forte teneur pour les deux saisons de prélèvement (par rapport aux normes de l'OMS qui ne dépasse pas 0.5 mg/L), où nous avons enregistré en Hiver (une concentration varie de 1.46 à 2.99 mg/L et au Printemps de varie de 1,63 à 3,53 mg/L (Figure 21).

Ces résultats sont faibles par rapport à ceux qui sont enregistré en 2020 à la sortie de la STEP (41.30 à 76.70 mg/L), qui dépasse aussi les normes algériennes (>20 mg/L).

Alors, les eaux rejetées de la STEP sont fortement polluées.

2.2. Nitrates (NO₃⁻)

L'essai de dosage des nitrates (NO₃⁻) au laboratoire, pour les eaux de rejets de la STEP de différents points le long d'Oued, a donné les résultats suivants (Figure 22)

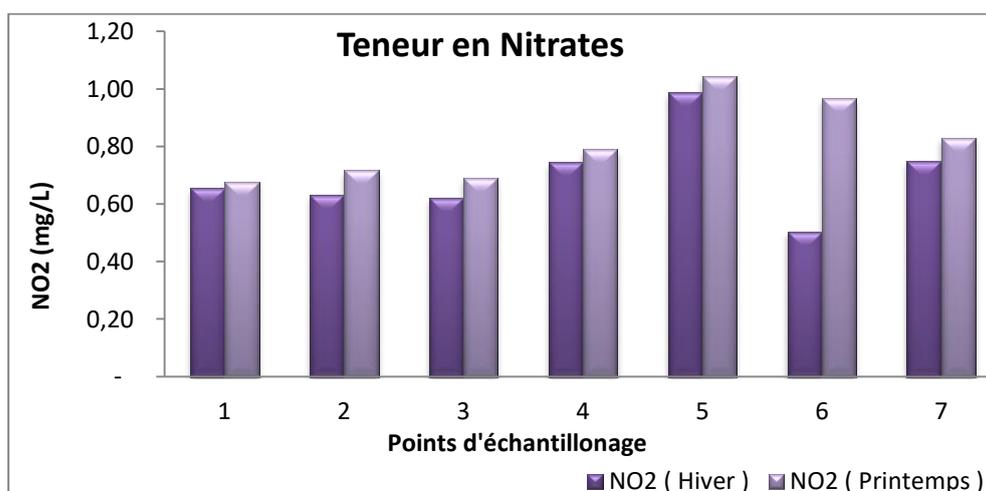


Figure 22. Variation de la teneur en nitrates dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane.

Le dosage de la concentration des nitrates (NO₃⁻), dans les eaux de rejets de la STEP

de différents points le long d'Oued, a montré en une teneur varie entre 0,50 à 0,99 mg/L (Figure 22) en Hiver ; ce qui signifié que ces résultats sont conformes aux normes de l'OMS et algériennes (< 1 mg/l). Au Printemps, la concentration de ce paramètre est de 0,68 à 1,04 mg/L (Figure 22) ; ce qui signifié que ces résultats ne sont pas conformes aux normes de l'OMS et algériennes.

En 2020, la concentration des nitrates (NO_3^-) au niveau de la sortie de la STEP est variée de 086 à 1.26 mg/L en Hiver et de 0.20 à 0.44 mg/L au Printemps ; ce qui signifié que les teneurs en NO_3^- , dans cette période, sont conformes aux normes de l'OMS et algériennes (< 1 mg/L)

Alors d'après ces résultats en constat que les eaux rejetées de la STEP de Kef Doukhane sont normalisées en Hiver et fortement polluées au Printemps.

Les éléments nutritionnels azote ammoniacal, nitrates et nitrites sont considérés parmi les facteurs environnementaux les plus importants qui affectent négativement la croissance, la reproduction et les activités métaboliques des organismes vivants (Perumal et *al.*, 2009). En général, la présence d'ammonium en concentrations élevées contribue au phénomène d'eutrophisation et donc, conduit à la destruction des écosystèmes aquatiques (Jeong et *al.*, 2013)

2.3. Nitrites (NO_2^+)

L'essai de dosage des nitrates (NO_2^+) au laboratoire, pour les eaux de rejets de la STEP de différents points le long d'Oued, a donné les résultats suivants (Figure 23)

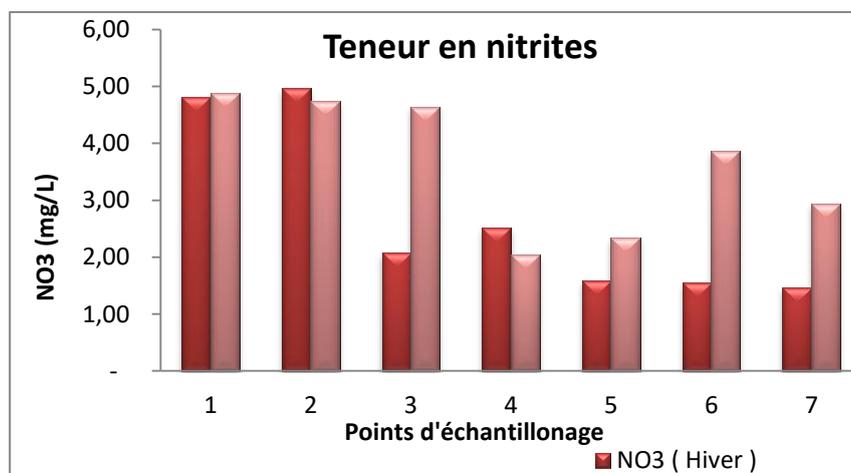


Figure 23. Variation de la teneur en nitrites dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane

Les résultats du dosage de la concentration des nitrites (NO_2^+), dans les eaux rejetées

de la STEP, ont donné des teneurs non conformes aux normes de l'OMS et algériennes (< 1 mg/l) pour les rejets des STEP ; où nous avons marqué en Hiver des valeurs variant de 1,47 à 4,82 mg/L avec un maximum de 4,98 mg/L proche de la sortie de ces eaux (P2) et au Printemps (Figure 23), nous avons enregistré des teneurs oscillent des 2,04 à 4,75 mg/L avec un maximum de 4,89 mg/L juste à la sortie de la STEP (P1) (Figure 23).

Ces résultats sont totalement différents de ceux qui sont enregistrés en auto-surveillance à la sortie de la STEP, en 2020, où ils ont marqué des concentrations conformes aux normes de l'OMS et algériennes (< 1 mg/l), varie de 0,35 à 0,45 mg/L en Hiver et de 0,29 à 0,30 mg/L au Printemps.

Alors d'après ces résultats en constat que les eaux rejetées de la STEP de Kef Doukhane sont fortement polluées au cours de l'année.

Les travaux de Fritsch et Saint-Blanquat en 1992 attribuent que l'ion des nitrites est une toxine dangereuse pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations et sa toxicité augmente avec l'augmentation de la température.

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

Le dosage d'Ortho-phosphates (PO_4^{3-}) au laboratoire, pour les eaux de rejets de la STEP de différents points le long d'Oued, a donné les résultats suivants (Figure 24)

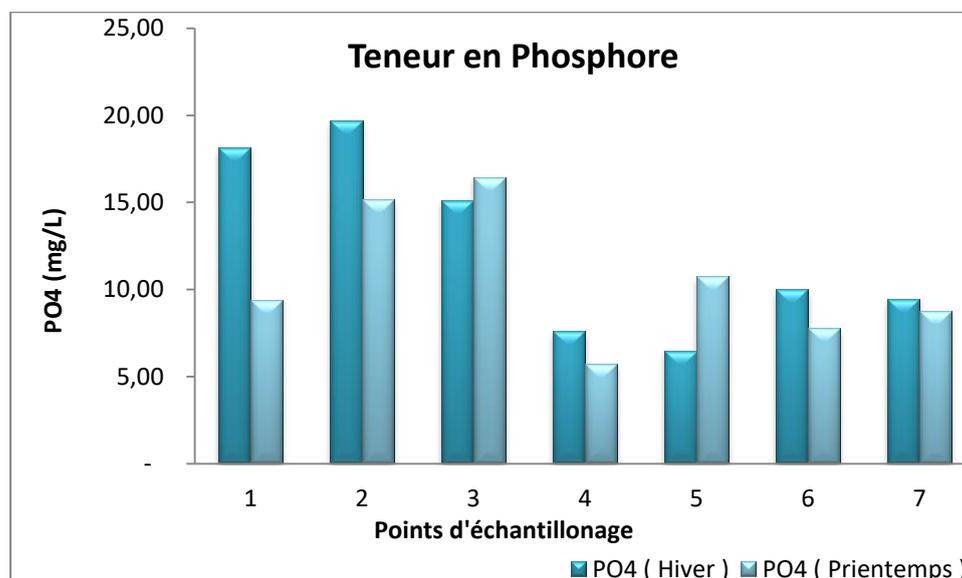


Figure 24. Variation de la teneur en Ortho-phosphate dans les rejets de la STEP de Kef Doukhane.

Les résultats des analyses et de dosage de la concentration moyenne de phosphore

(PO_4^{3+}), ont donné des teneurs non conformes aux normes de l'OMS et algériennes ($< 2 \text{ mg/l}$) pour les rejets des STEP et les rejets de la STEP sont fortement concentrés en phosphore, où nous avons marqué en Hiver des concentrations entre 6,46 et 18,13 mg/L et au Printemps elles se situent entre 5,69 et 16,45mg/L (Figure 24).

En 2020, les surveillants de la STEP enregistrent des concentrations, conformes aux normes de l'OMS et algériennes ($< 2 \text{ mg/l}$) pour les rejets des STEP, varient de 0.33 à 1.64 mg/L en Hiver et de 1.68 à 1.76 mg/L au Printemps.

Alors, d'après ces résultats on peut constater que les rejets de la STEP sont fortement pollués en phosphore.

Les travaux de Capblanc (1982) montrent que les organismes vivants utilisent les composés du phosphore sous forme d'ions orthophosphores et, selon Straskaba (1978), ces derniers jouent un rôle important dans le phénomène d'eutrophisation des lacs et des rivières. Potellon en 1998 mentionne que si la concentration de ce paramètre dépasse 0,2 mg/l, elle favorise la prolifération des algues et du phytoplancton, ce qui entraîne un enrichissement des lacs et donc une véritable dégradation de la vie aquatique.

3. Analyses bactériologiques

3.1. Paramètres microbiologiques

Les analyses microbiologiques sont effectuées sur les eaux traitées de la zone humide de Kef Doukhane qui sont prélevées de 7 points d'étude, sauf la zone 8 qui est exempte d'eau pendant les deux saisons. Ces analyses ont principalement porté sur le dénombrement des micro-organismes suivants : les germes totaux (GT), les coliformes fécaux (CF), les streptocoques fécaux (SF) et les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR). Ensuite, la vérification de la présence des bactéries pathogènes a été effectuée

3.2. Dénombrement des micro-organismes

L'analyse microbiologique des échantillons a été réalisée dès leur réception au laboratoire, afin d'éviter toute modification éventuelle de la concentration microbienne initiale.

Une série des dilutions a été effectuée. Seules les dilutions 10^{-3} sont utilisées pour le dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) pour les échantillons du Printemps.

La lecture finale des CF et des SF est effectuée suivant la méthode du Nombre Plus Probable (NPP), basée sur la table de Mac Grady

3.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

La flore mésophile aérobie totale est utilisée comme indicateur de pollution. La recherche et le dénombrement des germes se réalisent sur milieu gélose nutritive (GN) à une température ciblée (37 °C) pour les microorganismes mésophiles. Les résultats obtenus de cette opération sont interpolés sous forme d'histogramme ci-après (Figure 25)

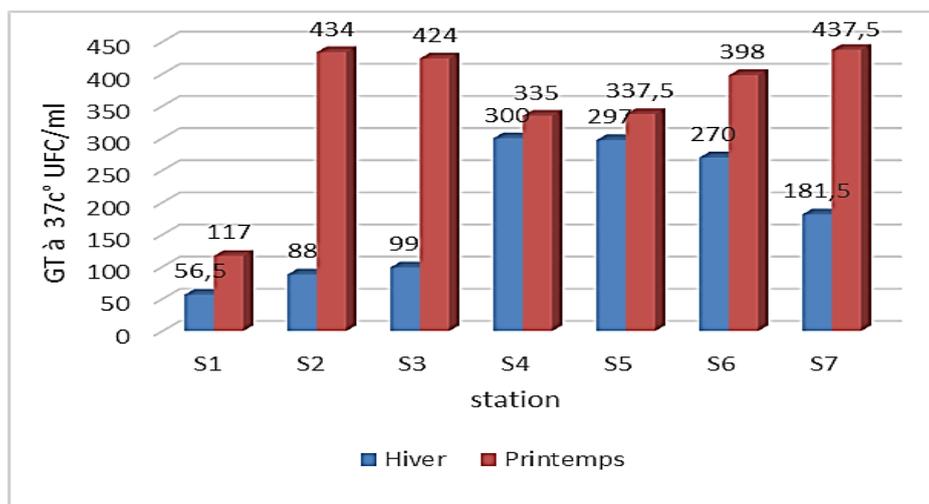


Figure 25. Résultats du dénombrement des GT à 37°C.

Le dénombrement des germes totaux à 37 °C montre que les concentrations les plus élevées de ces germes ont été enregistrées à la saison HIVER, dans les stations 4 et 5 avec des valeurs de (3.10^2 UFC/ml), tandis que les valeurs les plus moins faibles ont été observées dans la station 1 avec des valeurs de (6.10^2 UFC/ml) (Figure 25). Ces résultats ont montré une augmentation du taux de ces germes au Printemps, avec une valeur de (4.10^2 UFC/ml) dans les stations 2, 3 et 7 avec une valeur minimale de (2.10^2 UFC/ml) qui a été marquée dans la station 1 (Figure 25). Cette augmentation germes peut être causée par l'augmentation de la température, qui entraînant ainsi une croissance bactérienne accélérée.

3.2.2. Dénombrement des anaérobies sulfito-réducteur

La recherche et le dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs impliquent le développement de cette bactérie pour une période de 24 à 48 h et dans un milieu contenant de la viande foies (VF), ce qui génère des colonies typiques capables de réduire le sulfite de sodium (Na_2SO_3) en sulfure. En présence de Fe^{2+} , la présence de sulfure de fer (FeS) se produite de couleur noire. Les résultats obtenus de cette opération sont interpolés sous forme d'histogramme ci-après (Figure 26 et 27) :



Figure 26. Résultats du dénombrement des ASR (Hiver).

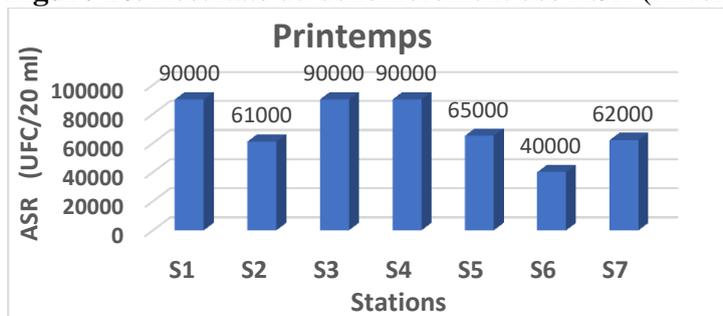


Figure 27. Résultats du dénombrement des ASR (Printemps).

Les deux figures ci-dessus (Figure et 26 et 27) regroupes les résultats obtenus des viande foies (VF) dans les différents points, où nous avons remarqué, lors de l'Hiver, la valeur la plus élevée à la station 1 (9.10^0 UFC/20ml) (Figure 26) et la valeur plus faible au point 7 (1.10^{-1} UFC/20ml). Durant la Printemps, les résultats ont été observés pour tous les stations après dilution. Nous remarquons pour cette saison des résultats supérieurs à la norme limite fixée par l'OMS (≤ 1000), avec des valeurs comprises entre 40.10^{-3} – 90.10^{-3} UFC/20ml (Figure 27).

L'apparition des Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) dans l'eau indique la présence de sulfite de fer, une source d'odeurs désagréables et de corrosion des conduites (Rodier, 2005).

3.2.3. Dénombrement des streptocoques fécaux

Les résultats obtenus sont interpolés sous forme d'histogramme ci-après (Figure 28).

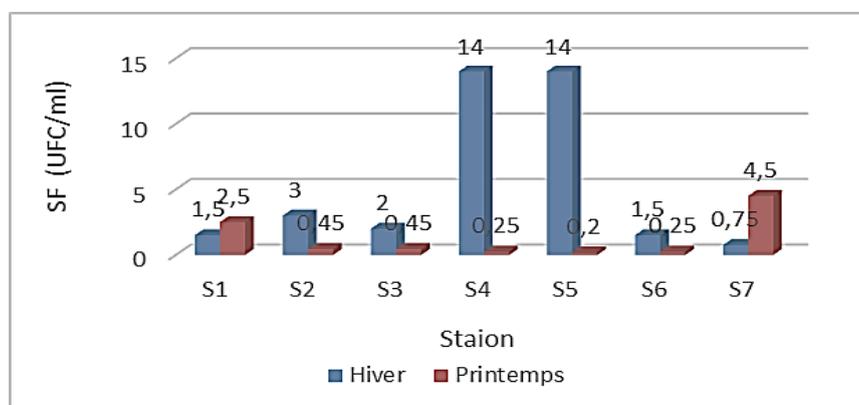


Figure 28. Résultats du dénombrement des SF.

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux, de la zone humide, a été effectué sur 7 points et en deux saisons différentes. Cette opération montre que tous les résultats obtenus sont positifs lors des deux saisons et confirmant ainsi leur apparition lors de troubles microbiens qui se caractérisent par une pastille violette au fond des tubes. Les stations présentent une concentration plus élevée lors de l'Hiver sont 4 et 5, avec une valeur de 140.10^{-1} UFC/ml. En revanche, lors de la Printemps, la valeur moins à environ (20.10^{-2} UFC/ml) a été enregistrée à la station 5 (Figure 28).

3.2.4. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

Les résultats de recherche et dénombrement de de ces micro-organismes sont présentés dans la figure suivante (Figure 29) :

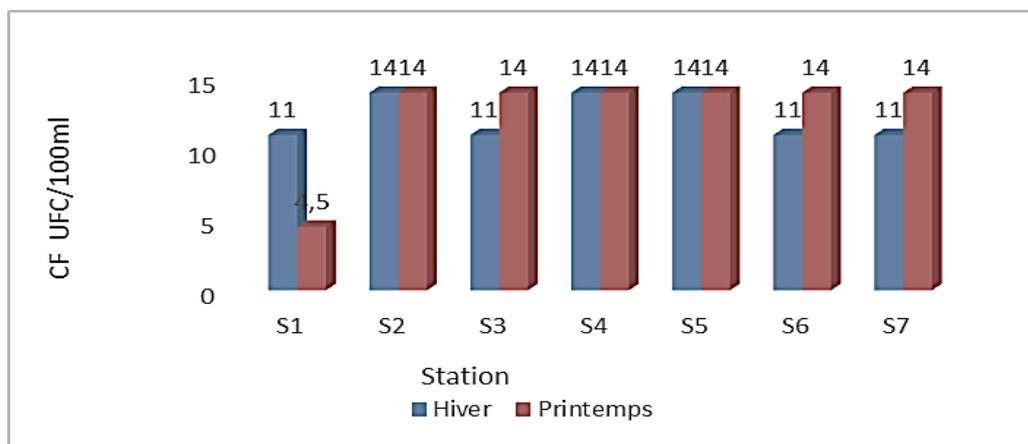


Figure 29. Résultats du dénombrement des CF.

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux (CF), généralement, se fait par : le test présomptif des coliformes sur milieu de bouillon lactosé au pourpre de bromocrésole (BCPL) et le test confirmatif des CF sur milieu Schubert pour les coliformes fécaux.

L'histogramme ci-dessus regroupe les résultats du dénombrement des CF et reflète que tous les résultats obtenus sont positifs et révélant une concentration élevée constante de 140.10^{-1} UFC/100 ml dans les stations 2, 4, 5 et 6 pendant les deux saisons. Dans l'Hiver, la même valeur a été observée pour les stations 2, 6 et 7, fortement influencées par les matières fécales humaines et animales. En revanche, une faible concentration a été observée entre les deux saisons à la station 1, avec une valeur de 110.10^{-1} UFC/100 ml lors de l'Hiver et de 45.10^{-1} UFC/100 ml lors de la Printemps (Figure 29).

4. Inventaire floristique

4.1. Liste floristique

La zone humide de Kef Doukhane renferme une richesse floristique importante. Les résultats de l'inventaire floristique réalisé dans cet endroit ont donné (Tableau 6) :

Tableau 7. Espèces inventoriées dans la zone humide de Kef Doukhane

Famille botanique	Espèce	Nom vernaculaire	N°
Tamaricaceae	<i>Tamarix gallica L</i>	(Tarfa)	1
	<i>Tamarix articulata</i>	(ethel)	
Brassicaceae	<i>Zilla spinosa subsp. macropter</i>		2
	<i>Zilla macroptera</i>	(Chebrok)	
	<i>Oudneya africana</i>	(Henat l'ibel)	
	<i>Savignya longistyla</i>	(goulglène)	
	<i>Diplotaxis acris</i>		
Asteraceae	<i>Launea glomerata</i>	(Harchaïa)	3
	<i>Echinops spinosus</i>	(Fougaa el djemel)	
	<i>Carthamus duvauxii</i>	(qurtum)	
	<i>Onopordum arenarium</i>		
zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris L</i>		4
	<i>Peganum harmala L</i>	(harmel)	
Amaranthaceae	<i>Suaeda aegyptiaca</i>		5
	<i>Amaranthus Albus L.</i>		
Apiaceae	<i>Pituranthos chloranthus</i>	(Guezah)	6
Poaceae	<i>Polypogon monspeliensis (L.)</i>		7
	<i>Cynodon dactylon (L.)</i>	(Nedjem)	
	<i>Phragmites communis</i>	(Guesab)	
Juncaceae	<i>Juncus maritimus</i>	(Semmar)	8
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i>		9
Portulacacées	<i>Portulaca oleracea L</i>	(Redjila)	10
Polygnoacées	<i>Rumex spinosus</i>		11
Frankeniaceae	<i>Frankenia pulverulenta L.</i>		12
araceae	<i>Lemna minor L</i>		13
Cistaceae	<i>Helianthemum lippii L.</i>	(Rguig)	14
Malvaceae	<i>Malva aegyptiaca L</i>	(Khobïze)	15
Chénopodiacées	<i>Chenopodium murale L.</i>	(Sarmak Abaid)	16
	<i>Sueda fructicosa</i>	(Souide)	
Arecaceae	<i>Phoenix dactylifera L.</i>	(El-Nakhla)	17
Campanuiaceae	<i>Campanula bordesiana</i>	(Djaraça)	18
Cucurbitaceae	<i>Colocynthis vulgaris L.</i>	(haja)	19
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca Graham.</i>		20
Fabaceae	<i>Retama raetam</i>	(Rtem)	21
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia guyoniana</i>	(lebina)	22
Asclpiadaceae	<i>Pergularia tomentosa L</i>	(Kalga)	23

4.2. Catégories biologiques des espèces

Les types biologiques des espèces inventoriées dans la zone humide de Kef Doukhane sont regroupés dans le tableau ci-après (Tableau 7)

Tableau 8. Types biologiques des espèces inventoriées

Type biologique	Espèce	Pourcentage
PhanérophYTE	Tamarix gallica L	8
	Phoenix dactyifera L.	
	Nicotiana glauca Graham	
	Tamarix articulata	
Thérophyte	Launea glomerata	39
	Campanula bordesiana	
	Lemna minor L.	
	Savignya longistyla	
	Chenopodium murale	
	Malva aegyptiaca	
	Euphorbia guyoniana	
	Colocynthis vulgaris	
Hémicryptophytes	Tribulus terrestris L	17
	Frankenia pulverulenta L.	
	Portulaca oleracea L	
	Amaranthus Albus L	
	Rumex spinosus	
	Polypogon monspeliensis (L.)	
	Juncus maritimus	
Oudneya africana		
Geophytes	Echinops spinosus	8
	Retama raetam	
	Onopordum arenarium	
Chaméphytes	Diptotaxis acris	19
	Peganum harmala	
	Typha domingensis	
	Cynodon dactylon	
	Zilla macroptera	
NanophanérophYTE	Pergularia tomentosa L	3
	Carduncellus devauxii	
	Helianthemum lippii (L.)	
	Sueda fructicosa	
Hydrophytes	Suaeda aegyptiaca	3
	Pituranthos chloranthus	
	Zilla spinosa subsp.Macroptera	3
	Phragmites communis	3

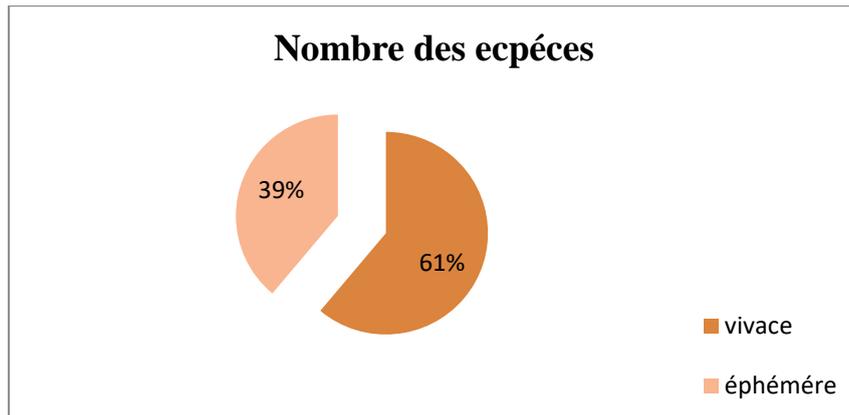


Figure 30. Répartition des espèces inventoriées en fonction des catégories biologiques.

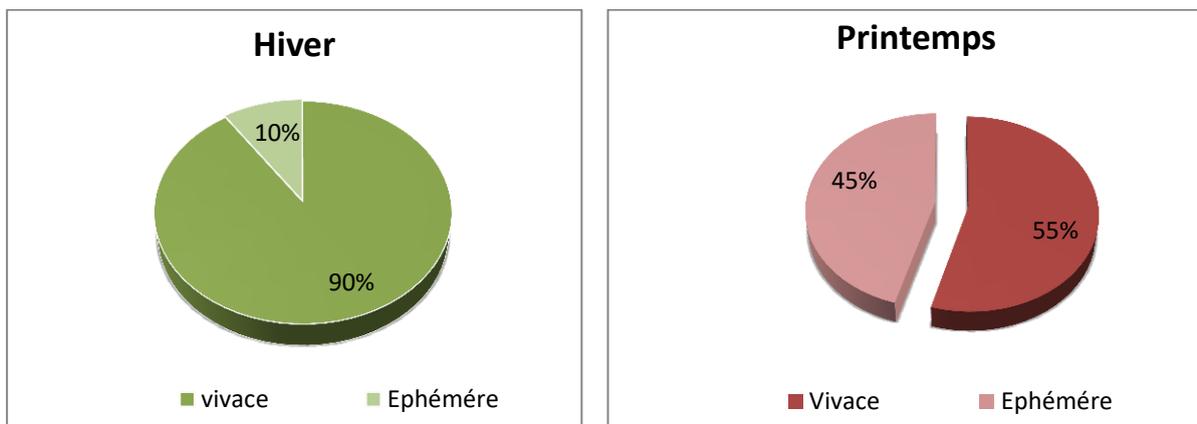


Figure 31. Répartition des espèces Inventoriées en fonction des catégories dans les deux saisons

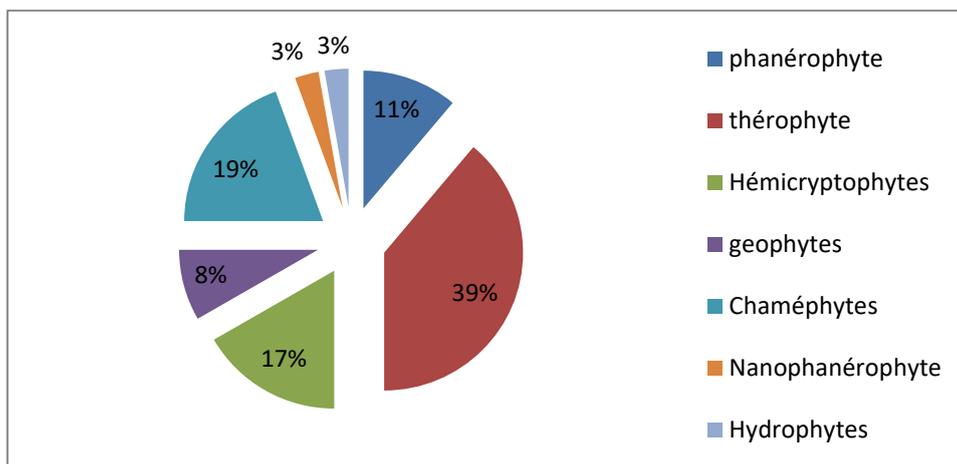


Figure 32. Spectre biologique dans les huit stations

La répartition des espèces recensées dans la zone humide de de Kef Doukhane, selon le nombre, a donné 39 % des plantes sont éphémères et 61 % sont vivaces (Figure 30) et par saison on aura 10 % des plantes sont éphémères et 90 % sont vivaces en Hiver et 45 % sont éphémères et 55 % sont vivaces au Printemps (Figure 31). Selon les catégories biologiques, le

nombre de plantes éphémères est 12 ce qui représente 61 % de l'ensemble et les plantes vivaces de 39 % représentées par 22 espèces. Cela se traduit par le fait que les plantes éphémères n'apparaissent qu'après la période de pluies (Tableau 7).

Le spectre biologique des 8 stations (Tableau 8 et Figure 32), montre que la dominance des Thérophytes atteint 39 % présenté par 14 espèce, des Chaméphytes 19 % pour 7 espèce, des Hémicryptophytes 17 % Comprend 6 espèces, des Phanérophytes 11 % présenté par 4 espèces, des Nanophanérophytes et des Hydrophytes 3 % d'une seule espèce.

4.3. Répartition des espèces en famille botanique

L'interpolation des résultats obtenus, de l'inventaire floristique effectué à la zone humide de Kef Doukhane, ont donné (Figure 33) les pourcentages suivants :

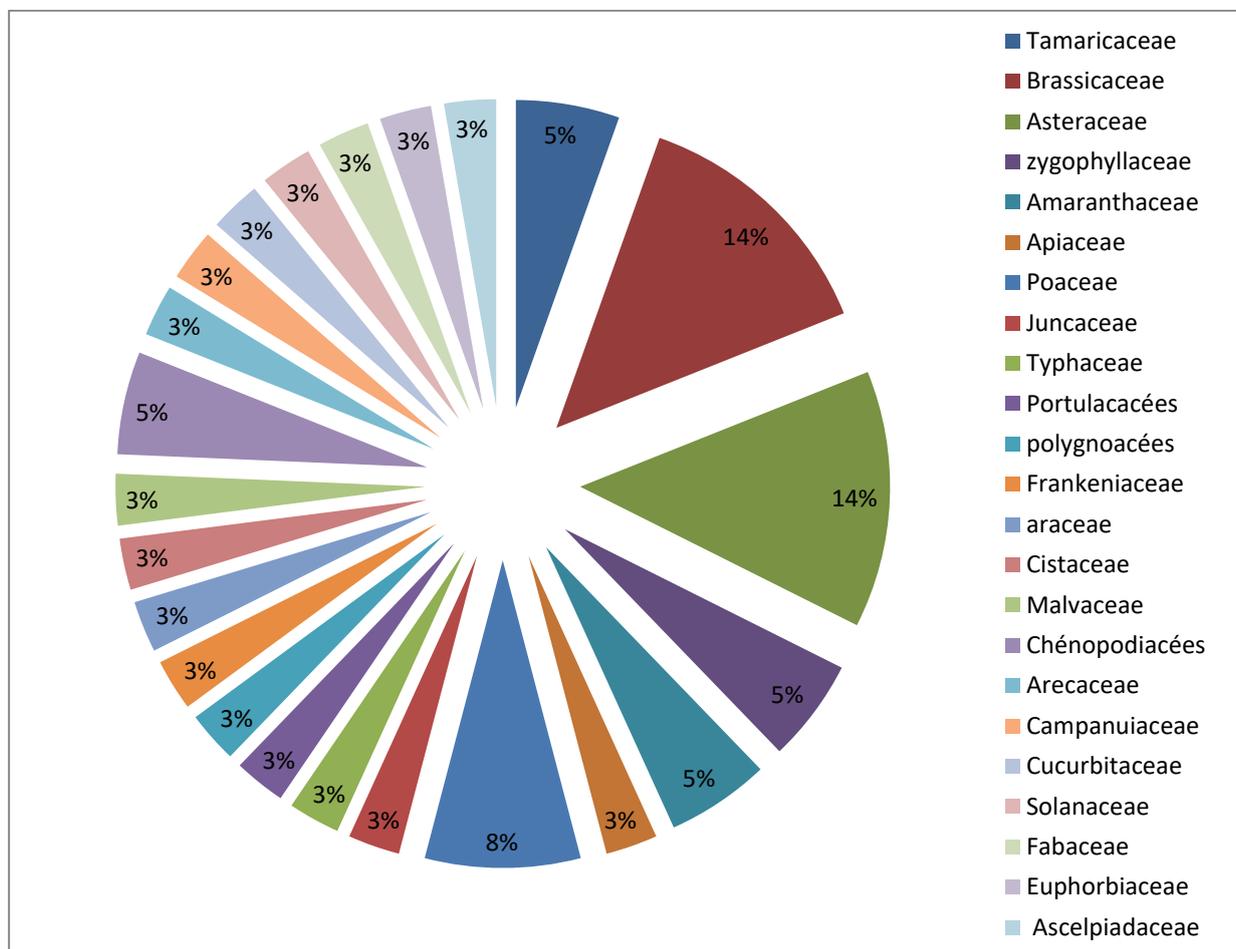


Figure 33. Distribution des espèces, selon les familles botaniques, caractérisant la zone humide de Kef Doukhane

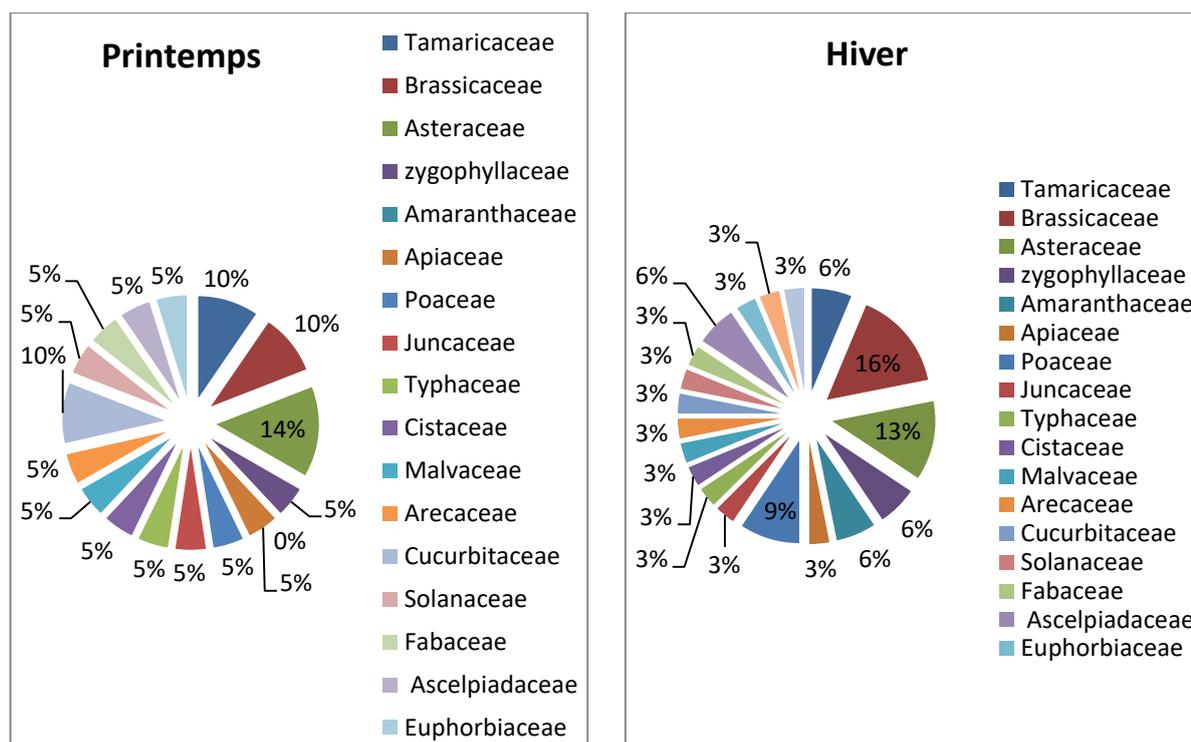


Figure 34. Répartition des espèces selon les familles botaniques entre les deux saisons

L'inventaire floristique effectué en février Mai 2024 (Hiver) et en Mai (Printemps), dans zone humide de Kef Doukhane pour 8 stations équidistantes, a donné pour les deux saisons 36 espèces végétales appartiennent à 23 familles botaniques (Tableau 7 et Figure 33). Mais on note, dans la première saison, la présence de 20 espèces appartenant au 16 familles où les plus abondantes sont les Asteraceae (14 %), Tamaricaceae (10 %), Brassicaceae (10 %) et Cucurbitaceae (10 %) et les moins abondantes (environ 5 %) sont les Zygophyllaceae, Apiaceae, Poaceae et Juncaceae, Typhaceae, Cistaceae, Malvaceae, Arecaceae, Cucurbitaceae, Solanaceae, Fabaceae, Ascelpiadaceae et Euphorbiaceae (Figure 34). Dans la Printemps, nous avons recensé 33 espèces réparties en 20 familles dont la plus dominante est la famille des Brassicaceae avec un taux de 16 % suivie par des Asteraceae (13 %) et des Poaceae (9 %) et les familles qui ont une faible contribution (avec 3 %) sont : Amaranthaceae, les Apiacées, les Juncaceae et les Typhaceae Portulacacées, polygnoacées, Frankeniaceae, araceae, Cistaceae, Malvaceae, Chénopodiacées, Arecaceae, Campanuiaceae et Cucurbitaceae (Figure 34).

4.4. Indices écologiques

Les indices écologiques ont une importance primordiale et sont souvent utilisés pour informer sur la diversité biologique pour une zone donnée. Parmi ces indices on cite :

4.4.1. Richesse spécifique

Le calcul de ce paramètre, des deux saisons, a donné les résultats suivants (Figure 35) :

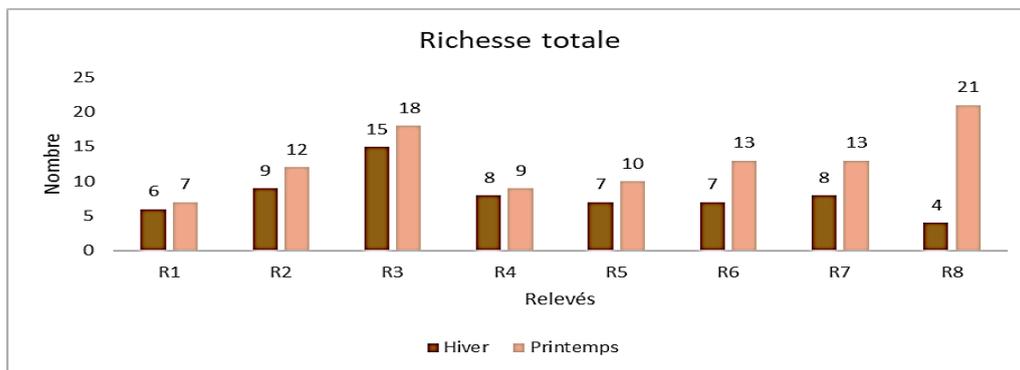


Figure 35. Richesse spécifique totale des stations d'étude

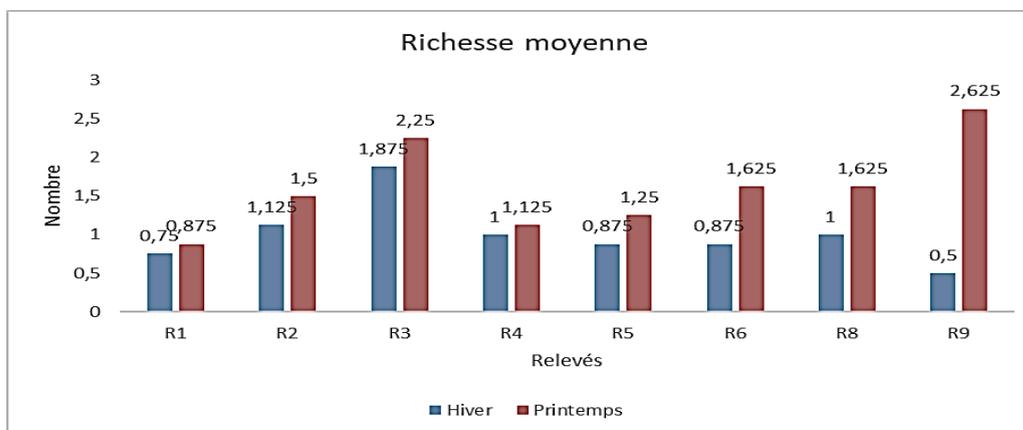


Figure 36. Richesse spécifique moyenne des stations d'étude

La représentation des résultats obtenus du calcul de la richesse spécifique totale et moyenne, pour 8 stations dans la zone humide de Kef Doukhane, montre une variation irrégulière des espèces végétales d'une relevée et autre, pour les deux saisons d'inventaire, et permet de dénombrer 36 espèces. Cette richesse, totale, varie de 21 espèces inventoriées à l'Hiver à 33 espèces à la Printemps. Cette variation montre, aussi, que le maximum des espèces, pour l'Hiver, a été enregistré à la station 3 avec 18 espèces pour une richesse moyenne de 1.875 et le minimum a été enregistré à la station 8 avec seulement 4 espèces avec une richesse moyenne de 0.5, par contre, lors la Printemps le maximum des espèces a été enregistré à la station 8 avec 21 espèces et une richesse moyenne de 2.625 et le minimum à la station 1 avec seulement 6 espèces pour une richesse moyenne de 0.875 (Figure 35 et 36).

4.4.2. Abondance relative

Les résultats obtenus de calcul de ce paramètre sont interpolés sous forme de l'histogramme ci-après (Figure 37) :

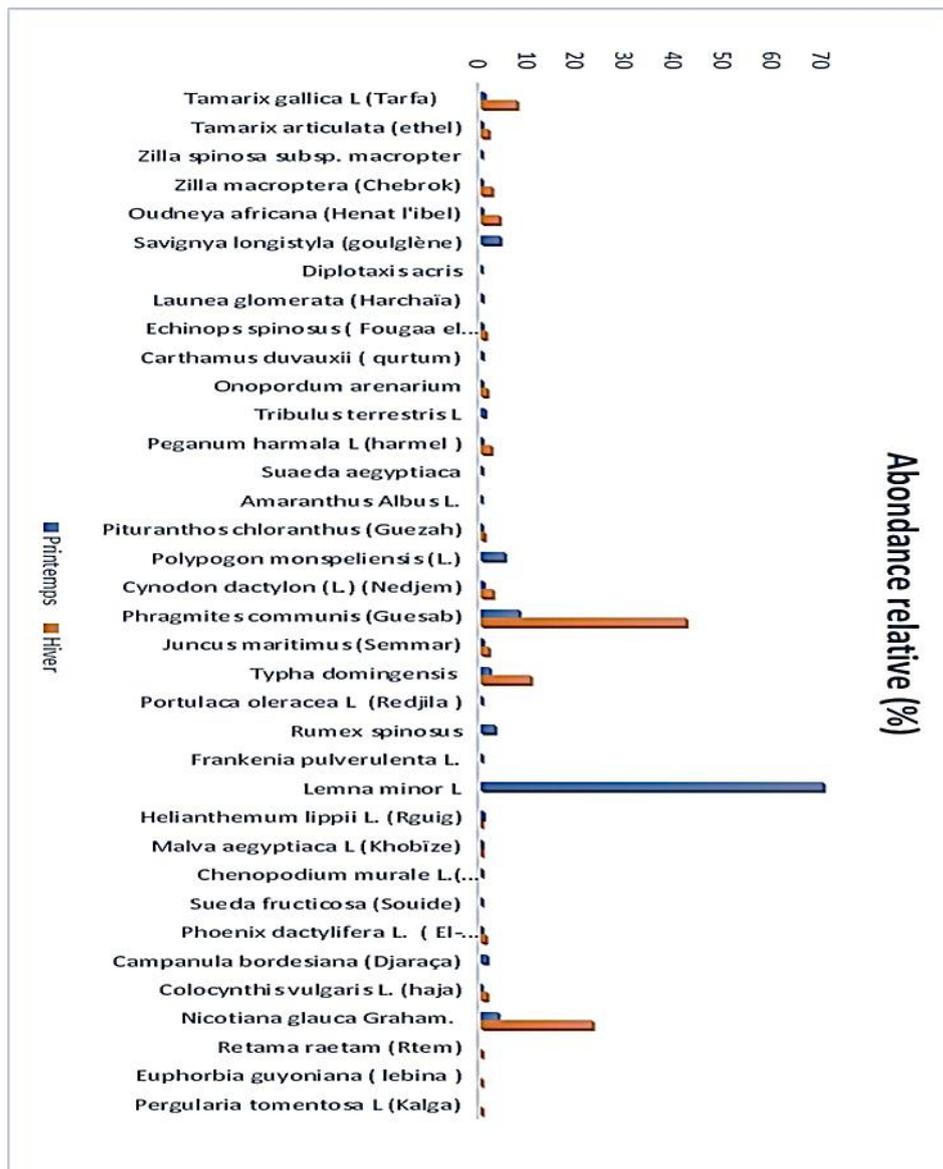


Figure 37. Abondance relative des espèces inventoriées lors des deux saisons d'étude

La représentation des résultats obtenus, de calcul de l'abondance relative des espèces inventoriées, dans la zone humide de Kef Doukhane lors de deux saisons, nous permettons de montrer une variation irrégulière et nette d'une station à l'autre et de distinguer que l'espèce abondante est *Lemna minor* qui a été apparue lors de la Printemps dans les stations P5, P6, P7 et P8) avec un pourcentage de 69,67 % et lors de l'Hiver cette classe est absente, l'espèce communis est le *Phragmites* de 41,73 %, l'espèce rare est *tamarix gallica* et les espèces très rare sont marquées dans de la Printemps : *Zilla spinosa subsp Macropter* (0,03 %), *Colocynthis vulgaris* L. (haja) (0,03 %) et por l'Hiver est de *Helianthemum lippii* L. (0,04 %), *Euphorbia guyoniana* (0,04 %) (Figure 37),

4.4.3. Fréquence relative (Fr)

Les résultats obtenus de calcul de ce paramètre sont interpolés sous forme de l'histogramme ci-après (Figure 38) :

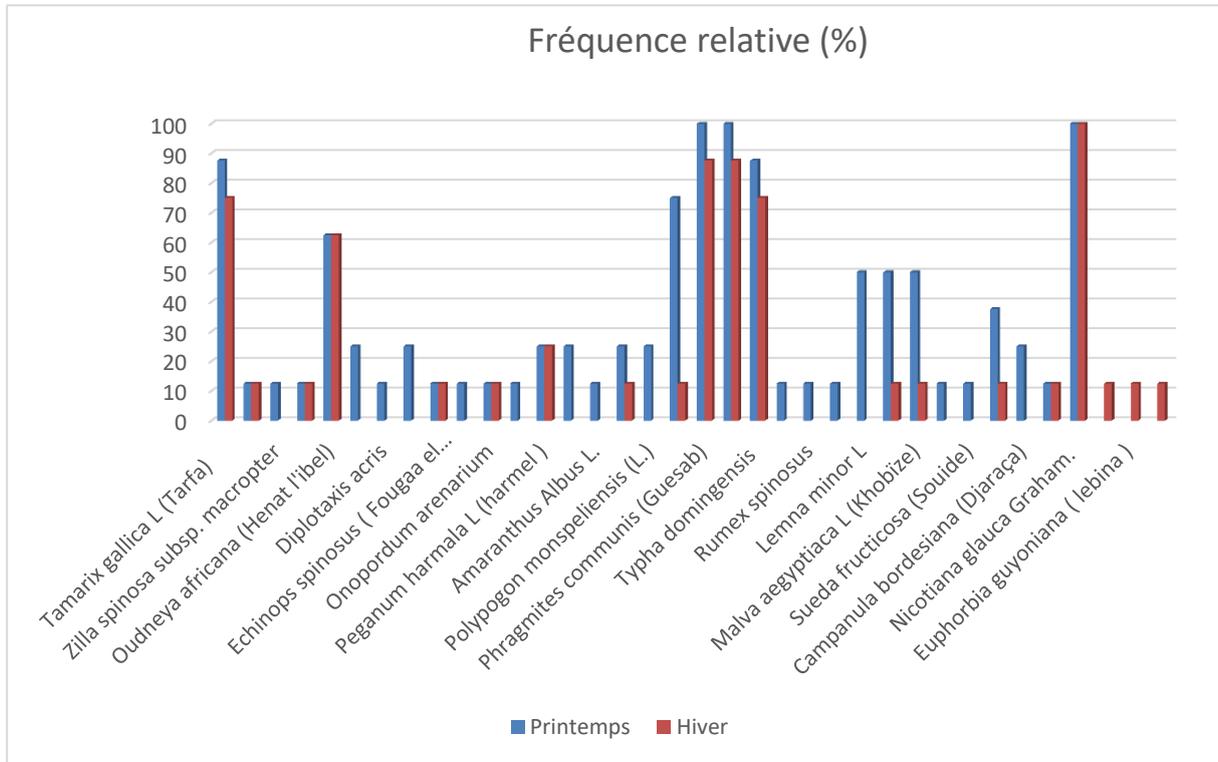


Figure 38. Fréquence relative des espèces inventoriées de la zone humide de Kef Doukhane

Les résultats de de calcul de la fréquence relative (Fr), des espèces inventoriées en 8 stations dans la zone humide de Kef Doukhane, révèlent que les deux saisons se caractérisent par la présence *Nicotiana glauca Graham*, qui est l'espèce la plus fréquente dans cette zone humide avec un pourcentage de 100 %, suivie par *Cynodon dactylon* (L.) avec 75 % suivie par *Oudneya africana* de 62,5 % et *Tamarix articulata*, *Zilla macroptera*, *Echinops spinosus*, *Onopordum arenarium* et *Colocynthis vulgaris* L. (*haja*) de 12,5 %. L'Hiver se particularise par le *Phragmites communis* et *Juncus maritimus* qui sont les espèces plus fréquentes avec un pourcentage de 100 % suivie par *Tamarix gallica* L. (*Tarfa*), *Typha domingensis* avec 87,5 % et *Phoenix dactylifera* L de 50 %. La Printemps se particularise par la présence de *Phoenix dactylifera* L de 50 % et *Lemna minor* L, *Helianthemum lippii* L, et *Malva aegyptiaca* L. de 12.5 % (Figure 38).

4.4.4. Indices perturbation

Les résultats obtenus de calcul de ce paramètre sont regroupés dans la tableau ci-après (Tableau 8) :

Tableau 9. Indice de perturbation d’Kef Doukhane

Station (Kef Doukhane)	Indice de perturbation	Totale
Hiver	29.6 %	43.77 %
Printemps	14.11 %	

Le calcul de la valeur de l’indice de perturbation, pour l’Hiver, a donné 29.6 % et pour la Printemps est de 14.11 %. Alors, pour les deux saisons, les calculs ont donné 43.77 % (Tableau 8) ce qui indique l’absence de la perturbation dans cet écosystème car cet indice il ne dépasse pas 50 %.

Ces résultats sont plus ou moins élevés par rapport à ceux qu’ils enregistrés en 2023, par Afou et Remma, où ils ont trouvé 35.48 % et en 2021, Ben Gaid et Darem ont mentionné 26.66 %.

Donc, d’après ces résultats on marque une perturbation de la végétation très nette de 2021 au 2024.

4.5. Corrélation des analyses physico chimique

4.5.1. Potentiel hydrogène (pH)

La corrélation, entre les mesures de pH et de la richesse floristiques, se traduit par la figure ci-après (Figure 39) :

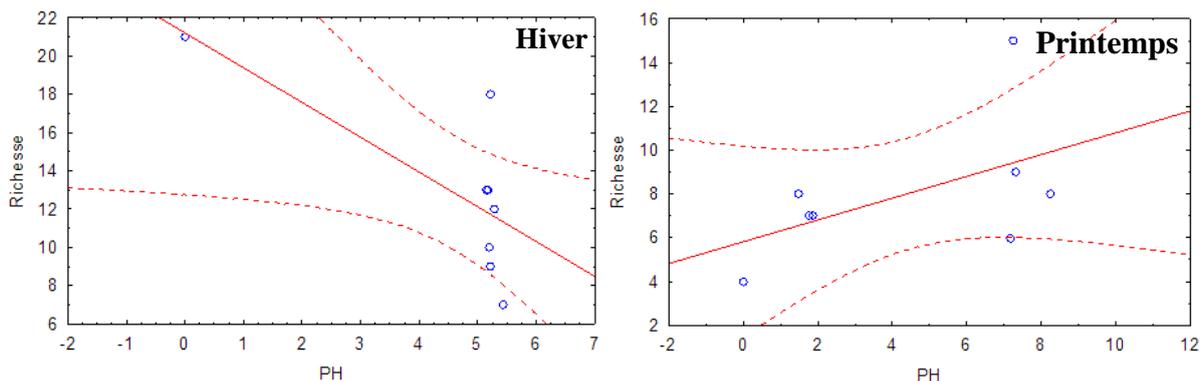


Figure 39. Corrélation entre le pH et la richesse spécifique

Les deux graphiques linéaires illustrés dans la figure 39, représentent la corrélation entre les mesures de pH et la richesse végétale des différents points étudiés et sur deux saisons (Hiver et Printemps). La figure 39 (Hiver) montre une corrélation de -0.72. Elle indique une descente, mais les points du nuage sont dispersés de manière irrégulière par rapport à la ligne. Son équation de corrélation est $[21.204 - 1.817 \times PH]$, démontrant ainsi une forte pente

descendante avec une relation linéaire négative. La figure 39 (Printemps) affiche une corrélation de 0.52, avec une équation $[5.8170 + 4.9784 \times PH]$. Le nuage de points est également dispersé de façon irrégulière, avec des points proches et d'autres éloignés de la ligne. Cela indique une relation linéaire moins forte.

On peut donc dire qu'il s'agit d'une relation positive modérée. Ainsi, la relation entre le pH et la richesse spécifique est influencée par le facteur saison, avec une différence significative entre les deux graphiques montrés dans la figure ci-dessous : en Hiver représentant une corrélation négative et au Printemps une corrélation positive.

4.5.2. Conductivité électrique (CE)

La corrélation, entre les mesures de Conductivité électrique et la richesse floristiques, se traduit par la figure ci-après (Figure 40) :

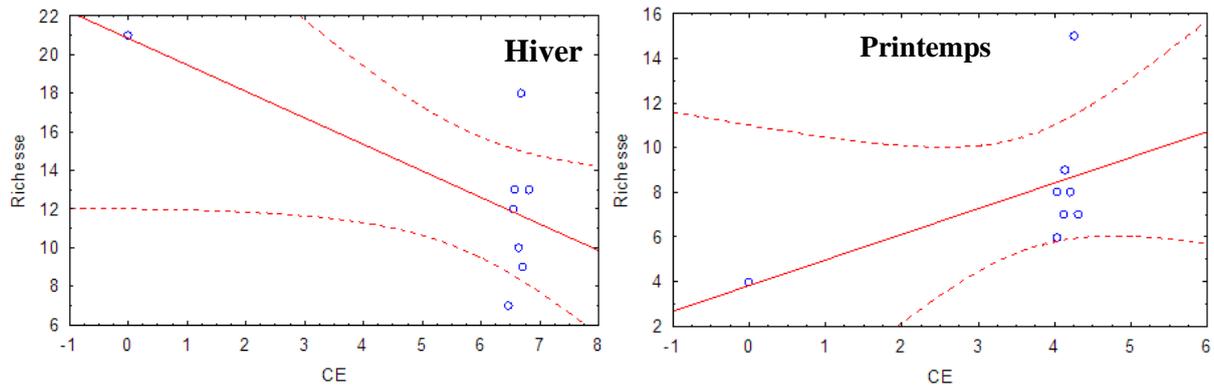


Figure 40. Corrélation entre la conductivité électrique et la richesse spécifique

Les deux graphiques linéaires illustrés dans la figure ci-dessous (Figure 40), qui représente la corrélation entre les mesures de CE et la richesse végétale des différents points étudiés et sur deux saisons (Hiver et Printemps), montrent une comparaison entre ces deux saisons. La figure 40 (Hiver) montre une corrélation de -0.69, ce qui indique une descente mais le nuage de points est dispersé d'une façon irrégulière par rapport à la ligne : des points proches de la ligne et d'autre éloignés, où son équation de corrélation est de $[20.843 - 1.347 \times CE]$ ce qui reflète une forte pente descendante avec une relation linéaire négative. La figure 40 (Printemps), montre une corrélation de 0.52 avec une équation de $[3.8193 + 1.1497 \times CE]$ et un nuage de points aussi dispersé d'une manière irrégulière par rapport à la ligne : des points proches de la ligne et d'autre éloignés. Donc la relation entre la CE et la richesse spécifique par point dans le Printemps est modérée positive.

Donc, la relation entre la CE et la richesse floristique dans la zone humide de Kef

Doukhane est positive modérée et la richesse spécifique est influencée par le facteur saison, avec une différence significative entre les deux graphiques montrés dans la figure ci-dessous : Hiver représentant une corrélation négative et Printemps une corrélation positive.

4.5.3. Température (T°)

La corrélation, entre les mesures de Conductivité électrique et la richesse floristiques, se traduit par la figure ci-après (Figure 42) :

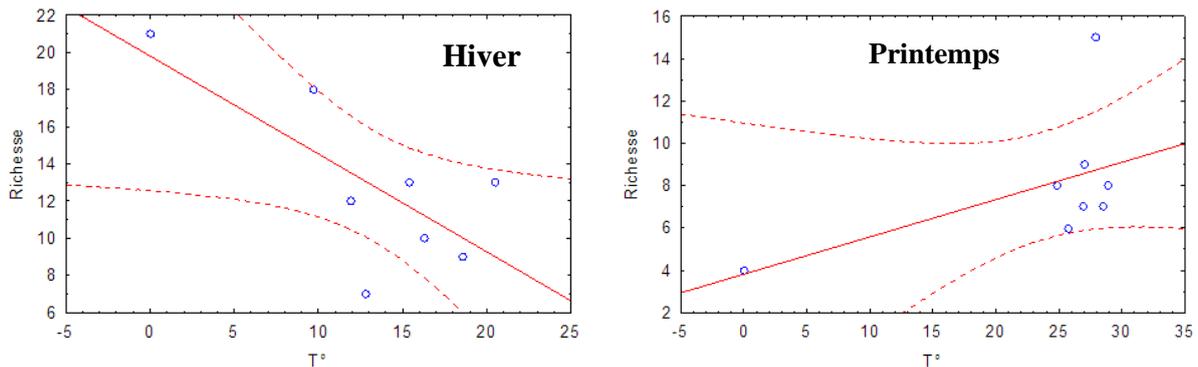


Figure 41. Corrélation entre la température et la richesse spécifique

La figure 42 illustre la corrélation entre les valeurs de T° et la richesse spécifique de différentes stations étudiées dans les deux saisons (Hiver et Printemps) de la zone humide de Kef Doukhane. Le graphique de Hiver montre une corrélation de -0.70, ce qui indique une descente mais le nuage de points est dispersé de façon irrégulière par rapport à la ligne et l'équation de cette corrélation est de $[19.807 - 5.271 \times T^{\circ}]$. Cette ligne montre une forte pente descendante ce qui indique une relation linéaire négative (des points proches de la ligne et d'autre éloignés). Le graphique de la Printemps montre une corrélation de 0.53 ce qui indique une descente mais le nuage de points de la saison, aussi, est dispersé de façon irrégulière par rapport ligne et l'équation de cette corrélation est de $[3.8226 + 1.7607 \times T^{\circ}]$. Donc la relation entre la T° et la richesse spécifique, par point, dans la Printemps est modérée positive.

Donc, la relation entre la CE et la richesse végétale, dans la zone humide de Kef Doukhane, négative en Hiver et positive Printemps ; ce qui signifié que la richesse spécifique dans cet endroit est influencée par le facteur saison.

4.5.4. Oxygène Dissous (O_2)

La corrélation, entre les valeurs mesurées d'Oxygène Dissous (O_2) et la richesse floristique, de la zone humide de Kef Doukhane, se traduit par la figure ci-après (Figure 42) :

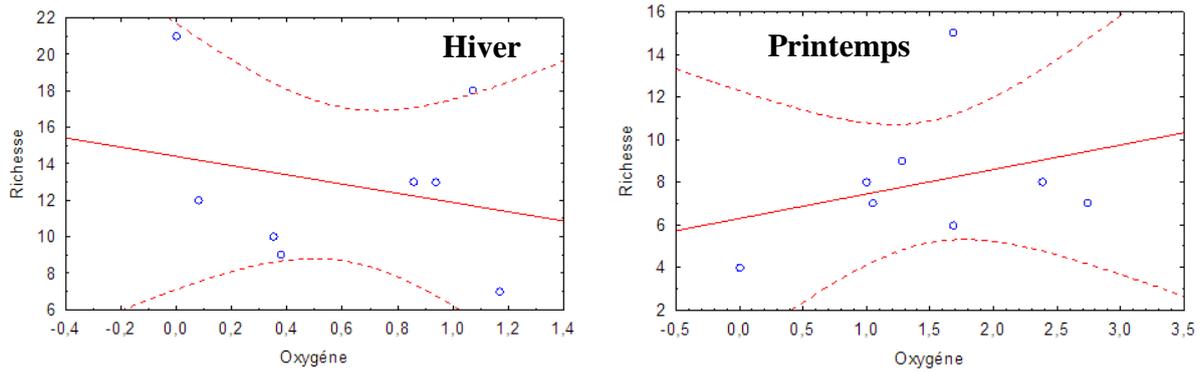


Figure 42. Corrélation entre l'O₂ et la richesse spécifique

Les deux graphiques linéaires illustrés dans la figure ci-dessous (Figure 42), qui représente la corrélation entre les mesures de CE et la richesse végétale des différents points étudiés et sur deux saisons (Hiver et Printemps), montrent une comparaison entre ces deux saisons. La figure 35 (Hiver) montre une corrélation de -0.24, ce qui indique une descente mais le nuage de points est dispersé d'une façon irrégulière par rapport à la ligne : des points proches de la ligne et d'autre éloignés, où son équation de corrélation est de $[14.407 - 2.526 \times \text{Oxygène dissous}]$ ce qui reflète une forte pente descendante avec une relation linéaire négative. La figure 42 (Printemps), montre une corrélation de 0.30 avec une équation de $[6.3028 + 1.1497 \times \text{Oxygène dissous}]$ et un nuage de points aussi dispersé d'une manière irrégulière par rapport à la ligne : des points proches de la ligne et d'autre éloignés. Donc la relation entre la CE et la richesse spécifique par point dans la Printemps est modérée positive.

Donc, la relation entre d'Oxygène Dissous (O₂) et la richesse floristique dans la zone humide de Kef Doukhane est positive modérée et la richesse spécifique est influencée par le facteur saison, avec une différence significative entre les deux graphiques montrés dans la figure ci-dessous : l'Hiver représentant une corrélation négative et Printemps une corrélation positive.

4.6. Les corrélations des analyses chimiques

4.6.1. Ammonium (NH₄)

La corrélation, entre les valeurs mesurées d'Ammonium (NH₄) et la richesse floristique, de la zone humide de Kef Doukhane, se traduit par la figure ci-après (Figure 43) :

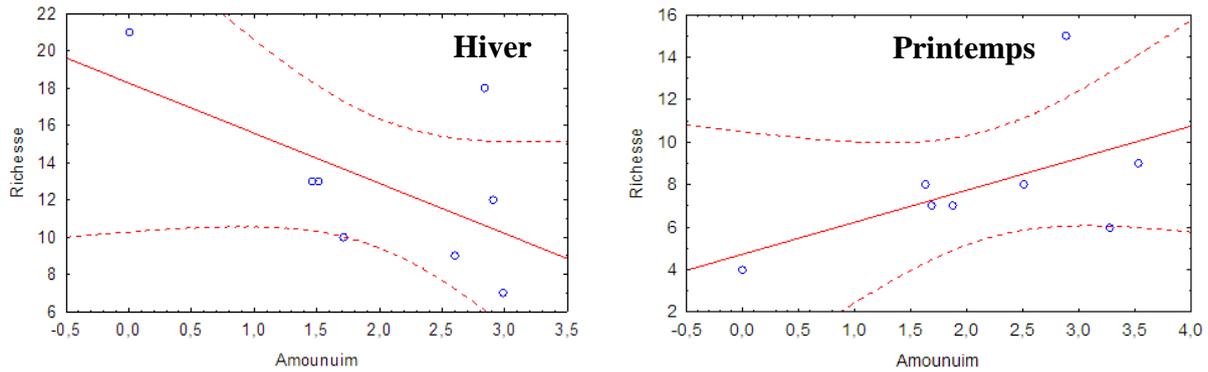


Figure 43. Corrélation entre l'ammonium et la richesse spécifique

La figure ci-dessus (Figure 36) montre les deux graphiques linéaires qui représentent la corrélation et la comparaison entre les valeurs mesurées de coefficient de d'Ammonium (NH_4), de différents points d'étude pour deux saisons (Hiver et Printemps), et la richesse spécifique. Le graphique de l'Hiver, montre une corrélation de -0.60 ; ce qui marque une descente mais le nuage de points est dispersé d'une manière irrégulière par rapport à la ligne (des points proches et d'autres éloignés). L'équation de corrélation entre les valeurs de ces deux paramètres dans, l'Hiver, est de $[18.275 - 2.695 \times \text{Ammonium}]$. Cela donc, montre une Forte pente descendante et la relation entre ces deux paramètres dans, l'Hiver, est linéaire négative. Par contre le graphique de la Printemps montre une corrélation 0.53 (descente) et le nuage de points est dispersé de façon irrégulière par rapport à la ligne. L'équation e corrélation entre les valeurs de ces deux paramètres (NH_4 et Rs), dans la Printemps, est de $[4.7177 + 1.5081 \times \text{Ammonium}]$ ce qui indique que la relation entre ces deux paramètres (NH_4 et Rs) par point et dans la Printemps est relation positive (Pente ascendante modérée).

Donc, la relation entre l'ammonium (NH_4) et la richesse floristique (Rs) dans la zone humide de Kef Doukhane est linéaire négative dans l'Hiver et linéaire positive dans la Printemps avec une différence significative entre les deux graphiques et la richesse spécifique est influencée par le facteur saison.

4.6.2. Nitrates (NO_3)

La corrélation, entre les valeurs mesurées des Nitrates (NO_3) et la richesse floristique, de la zone humide de Kef Doukhane, se traduit par la figure ci-après (Figure 44) :

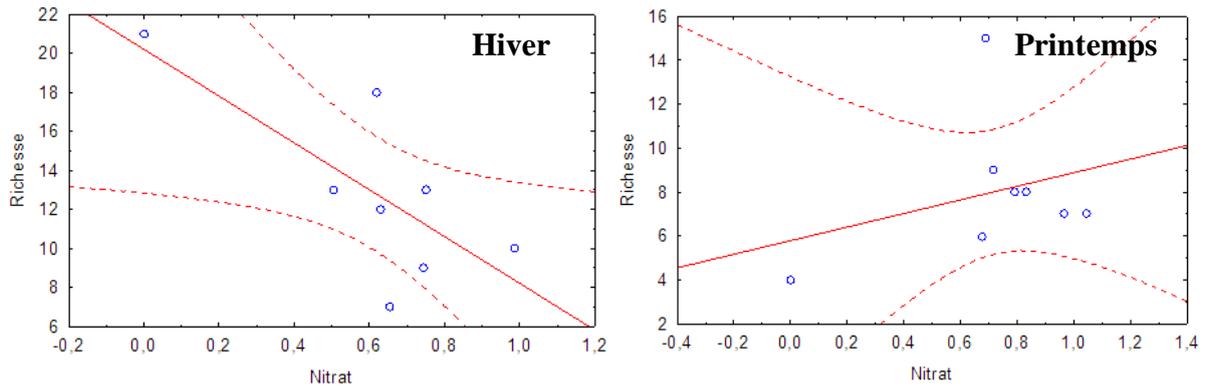


Figure 44. Corrélation entre les nitrates et la richesse spécifique

La figure 37 illustre la corrélation et la comparaison entre les valeurs de Nitrates (NO_3) et la richesse végétale de différentes stations étudiées dans les deux saisons (Hiver et Printemps) de la zone humide de Kef Doukhane. Le graphique de Hiver montre une corrélation de -0.70, ce qui indique une descente mais le nuage de points est dispersé de façon irrégulière par rapport à la ligne et l'équation de cette corrélation est de $[20.213 - 12.00 \times \text{Nitrates}]$. Cette ligne montre une forte pente descendante ce qui indique une relation linéaire négative (des points proches de la ligne et d'autre éloignés). Le graphique de la Printemps montre une corrélation de 0.30 ce qui indique une descente mais le nuage de points de la saison, aussi, est dispersé de façon irrégulière par rapport ligne et l'équation de cette corrélation est de $[5.7861 + 3.0985 \times \text{Nitrates}]$. Donc la relation entre les Nitrates (NO_3) et la richesse végétale, par point, dans la Printemps est modérée positive.

Donc, la relation entre Nitrates (NO_3) et la richesse végétale, dans la zone humide de Kef Doukhane, négative en Hiver et positive Printemps ; ce qui signifié que la richesse spécifique dans cet endroit est influencée par le facteur saison.

4.6.3. Nitrites (NO_2)

La corrélation, entre les valeurs mesurées des Nitrites (NO_2) et la richesse floristique, de la zone humide de Kef Doukhane, se traduit par la figure ci-après (Figure 45) :

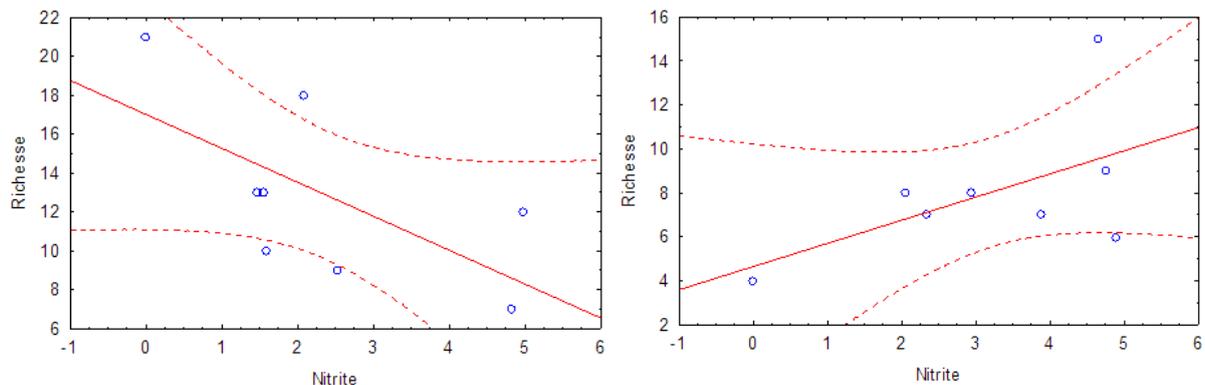


Figure 45. Corrélation entre les nitrites et la richesse spécifique

Les deux graphiques linéaires illustrés dans la figure 38, représentent le coefficient de corrélation entre les valeurs mesurées de Nitrites (NO_2) et la richesse végétale des différents points étudiés et sur deux saisons (Hiver et Printemps). Le graphique de la figure 38 (Hiver) montre une corrélation de -0.64. Elle indique une descente, mais les points du nuage sont dispersés de manière irrégulière par rapport à la ligne. Son équation de corrélation est $[17.020 - 1.747 \times \text{Nitrites}]$, démontrant ainsi une forte pente descendante avec une relation linéaire négative. La figure 45 (Printemps) affiche une corrélation de 0.55, avec une équation $[4.6434 + 1.0542 \times \text{Nitrites}]$. Le nuage de points est également dispersé de façon irrégulière, avec des points proches et d'autres éloignés de la ligne. Cela indique une relation linéaire moins forte.

On peut donc dire qu'il s'agit d'une relation positive modérée entre les valeurs mesurées de Nitrites (NO_2) et la richesse végétale des différents points étudiés et sur deux saisons (Hiver et Printemps). Ainsi, la relation entre ces deux facteurs est influencée par le facteur saison, avec une différence significative entre les deux graphiques montrés dans la figure ci-dessous : en Hiver représentant une corrélation négative et au Printemps une corrélation positive.

4.6.4. Phosphore (PO_4^{3-})

La corrélation, entre les valeurs mesurées du Phosphore (PO_4^{3-}) et la richesse floristique, de la zone humide de Kef Doukhane, se traduit par la figure ci-après (Figure 46) :

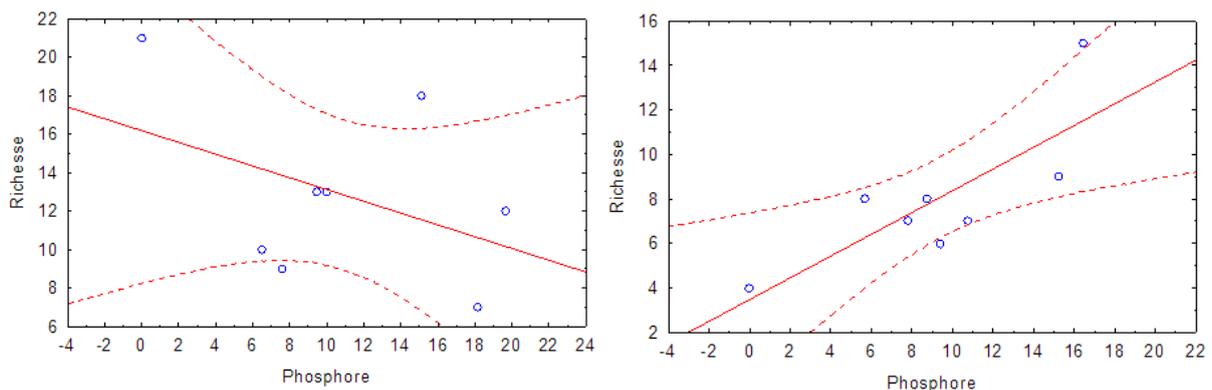


Figure 46. Corrélation entre le phosphore et la richesse spécifique

La figure 46 illustre la corrélation entre les valeurs du Phosphore (PO_4^{3-}) et la richesse spécifique de différentes stations étudiées dans les deux saisons (Hiver et Printemps), de la zone humide de Kef Doukhane. Le graphique de Hiver montre une corrélation de -0.40, ce qui indique une descente mais le nuage de points est dispersé d'une façon irrégulière par rapport à la ligne et l'équation de cette corrélation est de $[16.187 - 3.067 \times \text{Phosphore}]$. Cette ligne

montre une forte pente descendante ce qui indique une relation linéaire négative (des points proches de la ligne et d'autres éloignés). Le graphique de la Printemps montre une corrélation de 0.70 ce qui indique une descente mais le nuage de points de la saison, aussi, est dispersé de façon irrégulière par rapport ligne et l'équation de cette corrélation est de : $3.4689 + 4.8992 \times \text{Phosphore}$. Donc la relation entre le Phosphore (PO_4^{3-}) et la richesse spécifique, par point, dans la Printemps est modérée positive.

Donc, la relation entre le du Phosphore (PO_4^{3-}) et la richesse végétale, dans la zone humide de Kef Doukhane, négative en Hiver et positive au Printemps ; ce qui signifié que la richesse spécifique dans cet endroit est influencée par le facteur saison.

Conclusion

La zone humide de Kef Doukhane est localisée à l'Est de la commune d'El Atteuf (Ghardaïa). Elle occupe le lit d'Oued Noumer et elle est d'origine artificielle où ses eaux sont provenues de la STEP qui s'installe à 7 km de la commune. A cause de l'effet de ces eaux, cette zone humide est caractérisée par un couvert végétal très important et pour avoir une idée sur la distribution végétale dans cet endroit, nous avons évalué ces eaux pour deux saisons (Hiver et printemps).

L'analyse physico-chimique de ces eaux a montré que les eaux traitées au niveau de la STEP de Kef Doukhane sont acides en Hiver et basiques au Printemps, ont une température et un oxygène dissous conformes aux normes des eaux épurées et une forte salinisation.

Le dosage des paramètres de pollution reflète que les eaux épurées au niveau de la STEP sont fortement polluées en ammonium, en nitrites, en phosphore et en nitrates au cours de l'année

Les analyses bactériologiques des eaux épurées et rejetées dans la zone humide de Kef Doukhane permettent de recenser les micro-organismes contenant dans ces eaux :

1. Le dénombrement des germes totaux montre que les concentrations les plus élevées de ces germes ont été enregistrées en Hiver et leur augmentation au Printemps sous l'effet de l'augmentation de la température, qui entraînant ainsi une croissance bactérienne ;
2. Le dénombrement des anaérobies sulfite-réducteur a donné que lors de l'éloignement de la source de ces eaux, la valeur de viande foies est diminuée ce reflète que l'apparition de ces dans l'eau indique la présence de sulfite de fer, une source d'odeurs désagréables et de corrosion des conduites ;
3. Le dénombrement des streptocoques fécaux et des coliformes fécaux dans les eaux de la zone humide, montre que tous les résultats obtenus sont positifs lors des deux saisons et confirmant ainsi leur apparition lors de troubles microbiens.

L'inventaire floristique réalisé a donné :

1. Pour les deux saisons 36 espèces végétales appartiennent à 23 familles botaniques,
2. La présence de 20 espèces appartenant au 16 familles où la plus abondante est l'Asteraceae avec 14 %, dans l'Hiver mais dans le Printemps, 33 espèces réparties en 20 familles dont la plus dominante est la famille des Brassicaceae avec 16 %

3. La dominance des plantes vivaces (61 %) par rapport aux plantes éphémères en nombre et par saison.
4. Les indices écologiques et de diversité montre que la richesse spécifique totale et moyenne indique une variation irrégulière des espèces végétales, pour les deux saisons (Hiver et Printemps), l'abondance relative des espèces inventoriées montre une variation irrégulière et nette d'une station à l'autre et l'espèce abondante est *Lemna minor* qui a été apparue lors de la Printemps, la fréquence relative (Fr) révèlent la présence *Nicotiana glauca Graham* avec un taux de 100 % et l'indice de perturbation indique qu'il n'y a pas perturbation dans cet écosystème
5. La corrélation et la comparaison entre les valeurs des paramètres mesurés et la richesse floristique (Rs) dans la zone humide de Kef Doukhane est linéaire négative dans l'Hiver et linéaire positive dans la Printemps et la richesse spécifique est influencée par le facteur saison.

Références

Bibliographiques

1. **Abderrahim H., 2014.** Analyse physicochimique et microbiologique des eaux du lac de Reghaïa (W. d'Alger) après traitement par la station d'épuration de Reghaïa. Mémoire Master, Université Blida, 8p.
2. **Adje D.D. Gnohossou P. M. Akodogbo H.H. Gouissi M. Abahi S.K. Okoya G. J., 2019.** Étude de la pollution organique de la rivière Okedama dans la Commune de Parakou. *Afrique Science*, 15(4), pp 299 – 305.
3. **Agence Nationale des Ressources Hydrique (ANRH). 2011.** Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ghardaïa ; 15 p.
4. **Akpo Y., 2006.** Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Camberène (Dakar). Mémoire DEA, Université Cheick Anta Diop, P 31.
5. **Aminot A. Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. EdtCNEXO, Brest.395p3
6. **Bazizi N., 2008.** Étude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la sante cas de la ville de Batna. Mémoire Magister, Université Batna, 116 p
7. **Billen G. Garnier J. Némery J. Sebilo M. Sferratore A. Barles S. Benoit P. Benoit M., 2007.** A long-term view of nutrient transfers through the Seine river continuum. *Science of the total Environment*, 375:80–97
8. **Blondel J. Aronson, J., 1995.** Biodiversity and ecosystem function in the Mediterranean bassin. In Davis, G.et Richardson, D. Biodiversity and ecosystem function in the Mediterranean type ecosystems, Berlin : Spriger Verlag, 43-119
9. **Botta A., 2001.** Laurence BELLON. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-méditerranéen TEHYS.
10. **Boualaoui M., 2022.** Contribution à la caractérisation de la qualité physico-chimique et microbiologique des effluents traités de la station d'épuration (STEP). (Cas da willaya de Ghardaia). Mémoire Master, université Ghardaia, 94p.
11. **Bousmaha S. Bouchemma R., 2020.** Etude bibliographique sur la pollution bactériologique qui menace la qualité de l'eau du Barrage Beni Haroun, willaya de Mila. Mémoire Master. Université Frères Mentouri Constantin 1.10p.
12. **Bremond R. Vuichard R., 1973.** Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, SPEPE, Paris,179 p
13. **Chapman D. Kimstach V., 1996.** Selection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and waterin environment monitoring. Chapman edition, 2nd edition, E &FNSpon, London, pp 59-126.
14. **Charlotte P., 2011.** Transfert de matière dans un biofilm aéré sur membrane. Génie des procédés. Theses .hal. Science, Université Paul Sabatier - Toulouse III. Français. NNT
15. **Chedad A. Bouzid A. Samraoui B., 2022.** First successful nesting of the Little Egret *Egretta garzetta* in Ghardaïa (Algerian Sahara). *Zoology and Ecology*, 69-73, 32(1). <https://doi.org/10.35513/211658005.2022.1.8>
16. **Chenini S. Elgueroui F., 2019.** Variabilité spatiale et analyse physico-chimique des sols et des eaux de Dayat Oum-Souid (Commune d'El-Mansoura). Mémoire Master, Université Ghardaïa, 85p.
17. **Christian P. Beltrame C. Guelmami A. Vives P. T. Caessteker P., 2012.** “Existing Areas and Past Changes of Wetland Extent in the Mediterranean Region: An Overview.” *Ecologia Mediterranea*. 38(2) : 53–66
18. **Chehma A., 2005 .** Eude floristique et nutritive des parcours camelin du Sahara septentrional Algérien Cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa Thèse Doctorat. Université de Annaba. 16 p
19. **Clément D., 2018.** Les bactéries fixatrices d'azote libres du sol. Ecole d'horticulture de La Mouillère – Orléans

20. **Dahmani A., 2021.** Risque de la pollution marine au niveau de la cote d'Arzew. Mémoire Master, Université Mohamed Ben Ahmed, Oran 2.18p .
21. **Djermakoye M.M., 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintures : caractéristique des physico chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les souterraines. Thèse Doctorat, université de Bamako ; Mali, 119p.
22. **Dubief J., 1963.** Le climat du Sahara. Mém. hors-série. Tome I. Institut de recherche Saharienne, Algérie, 312 p.6
23. **Dupont A., 1981.** Hydrologie-captage et traitement des eaux. Hydraulique, Tome 1, Ed 5, Paris.
24. **Fritsch P. Saint-Blanquat G., 1992,** Les nitrates et les nitrites, apports alimentaires et leur devenir. Sci Alim, 12: 563-76
25. **Ghettas N., 2008.** Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt. Mémoire Ingénieur, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 5-6p.
26. **Guenouai R., 2018.** Suivi et Etude des procédés d'épurations des eaux usées urbaines au niveau de l'ONA Touggourt/Ouargla et caractérisation par méthode physico-chimiques. Mémoire Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 2p.
27. **Guermazi W., 2017.** Cours de pollution et nuisances LFSNA3. Université Gabes, 27p.
28. **Hakimi-Dedjell, Y., Orban, P., Chettih, M., and Brouyère, S., 2019.** Pour une exploitation raisonnée des ressources en eaux souterraines du Sahara algérien, région de Ghardaïa : état des lieux et recommandations. Special issue. Geo-Eco-Trop, 43(3), 375-384. http://www.geoecotrop.be/uploads/publications/pub_384_03.pdf
29. **Hayzoun H., 2014.** Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou. Thèse de Doctorat. Université de Toulon (France), 175 p
30. **Heller, ., 1969.** Influence des conditions d'engorgement du sol sur l'évolution de l'état hydrique de jeunes plants d'Épicéa (*Picea abies* L). 21p
31. **Jeong H. Park J. Kim H. 2013.** Determination of NH₄⁺ in Environmental Water with Interfering Substances Using the Modified Nessler Method, Journal of Chemistry Vol. 2013. pp.1-9
32. **Kouzrit D., 2016.** L'eau et l'espace agricole dans la vallée du M'Zab : cas de la palmeraie de Ghardaïa. Thèse magister. Université d'Ouargla. P22.
33. **Lachache A., 2021.** Interaction bactéries-Matériaux des systèmes de distribution d'eau potable Dans la région de Ouargla : rôle des propriétés physico-Chimiques de surface sur le pouvoir D'adhésion. Thèse Doctorat, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 42p.
34. **Lakeh M., 2022.** Étude de la qualité physico-chimique et bactériologie des eaux épurées issues de la station d'épuration de la ville de Saida. Mémoire Master, Université Moulay Tahar, Saida, 8p.
35. **Mekaoussi N., 2014.** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (est Algérien). Mémoire de Magister, Université de Batna (Algérie), 126 p.
36. **Merouani M. et Bouguedah A., 2013.** Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux Souterraines de la cuvette de Ouargla. Mémoire Mater, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 17p
37. **Metahri M., 2012.** Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse Doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 5-6p.
38. **Monod T., 1992.** Du désert. Sécheresse, 3 (1), pp. 7-24.
39. **Mourdi M. Rekhili O., 2021.** Contribution à l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux brutes et traitées au niveau de la station d'Azzaba (wilaya de Skikda). Mémoire Master, Université Frères Mentouri, Constantine, 11p.
40. **Oulmane K., 2016.** Contribution à l'étude de l'évolution et modalités

- d'occupation spatiale de l'avifaune aquatique du Sebket El Meleh (El Goléa, Wilaya de Ghardaïa). Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 140p.
41. **Ozenda P., 1977.** Flore du Sahara. Edition CNRS, Paris, 600p.
 42. **Ozenda P., 1991.** Flore du Sahara. Editions du C.N.R.S, 3^{ème} édition, Paris, 622 p.
 43. **Perumal N.V. Rajkumar M. Perumal P. Rajasekar K.T., 2009.** Seasonal variations of plankton diversity in the Kaduviyar estuary, Nagapattinam, southeast coast of India. *J. Environ. Biol*, 30(6), 1035-1046.
 44. **Potellon J.L., 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable. Paris, 156p
 45. **Rachedi H. Gueffal Z., 2019.** La bioindication de la pollution atmosphérique de la région de Ouargla par l'utilisation du pollen du palmier dattier. Mémoire Master. Université Kasdi Merbah, Ouargla, 5p.
 46. **Ramade F., 1984.** Éléments d'écologie - Écologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 pages.
 47. **Rapinel S., 2012.** Contribution de la télédétection à l'évaluation fonctionnelle des zones humides : de l'observation à la modélisation prospective. Thèse de doctorat, Université de Rennes 2, 18 p.
 48. **Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique, Sciences et techniques de l'environnement, 360p.
 49. **Remma A et Affou R., 2023.** Contribution à étude phytoécologique de la zone humide de Kaf Dokhane wilaya de Ghardaïa. Mémoire master. Université de Ghardaïa .14p .
 50. **Rodier J., 1984,** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7^{ème} Edition. Dunod, Paris, 1365 p.
 51. **Rodier J., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème}, édition. Dunod, Paris
 52. **Roy C., 2013.** Teneur en oxygène dissous du lac Memphrémagog, saison estivale, Memphrémagog Conservation Inc. (MCI), 50 p
 53. **Sassane A., 2017.** Comportement de certains polluants organiques dans les eaux de la région d'Annaba Nord-Est algérien ; vulnérabilité et risque de pollution. Thèse Doctorat. Université Badji Mokhtar – Annaba.50p.
 54. **Sellala A., 2018.** Etude de la pollution de Oued K'sob (région de Bordj Bou Arreridj) et de l'effet phyto-accumulateur de *Phragmites australis* (roseau). Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 7 p
 55. **Simoneau M., 2004,** Qualité des eaux du lac Memphrémagog, 1996-2002, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq no ENV/2004/0265, rapport no QE/149, 17 p.
 56. **Straskaba M., 1978,** Theoretical consideration on eutrophication, *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, 20: pp 2714-2420.
 57. **Vial Y. Vial M., 1974.** Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 44^e année, n°2, février 1975. Chapitre : Sahara milieu vivant. Ed Hatier, Paris, 39 p
 58. **Wilby R. L. Johnson M. F. Toone J. A., 2014.** Nocturnal river water temperatures: Spatial and temporal variations. *Science of The Total Environment*, 482-483, pp157–173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.123>
 59. **Zegait R ; 2020.** Eau et Assainissement dans les oasis du M'Zab: rejets urbains et pollution de la nappe (Cas de l'oasis d'El-Atteuf).Thèse de doctorat .ENSH-BlidaAlgérie, 43 p
 60. **Zorai A., 2023.** Réduction des polluants organiques des eaux usées de la région de Touggourt par des plantes épuratrices locales (Système à écoulement hybride). Thèse Doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 21p.

Sites web :

61. Site web 1 : <https://www.altis.swiss/fr/gestion-des-reseaux/reseau-public-d-eau/origine-sources-571/>

Annexes

Annexe 1

Points d'échantillonnage de la zone humide de Kef Doukhane



Point 1



point 2



Point 3



point 4



original

Point 5



original

point 6



original

Point 7



original

point 8

Annexe 2

Tableau. Table de NPP (Mac Grady)

2 tubes par dilution		3 tubes par dilution					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules						
000	0.0	000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.5	001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.5	010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.9	011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.9	020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.6	100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	1.2	101	0.7	221	3.0	321	15.0
110	1.3	102	1.1	222	3.5	322	20.0
111	2.0	110	0.7	223	4.0	323	30.0
120	2.0	111	1.1	230	3.0	330	25.0
121	3.0	120	1.1	231	3.5	331	45.0
200	2.5	121	1.5	232	4.0	332	110.0
201	5.0	130	1.6	300	2.5	333	140.0
210	6.0	200	0.9	301	4.0		
211	13.0						
212	20.0						
220	25.0						
221	70.0						
222	110.0						

5 tubes par dilution							
Nombre caractéristique	Nombre de cellules						
000	0.0	203	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0
131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	90.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0

Annexe 3

Espèce 01

Règne : Plantae
 Division : Magnoliopsida
 Classe : Magnoliopsida
 Ordre : violales
 Famille : Tamaricaceae
 Genre : Tamarix
 Espèces : *Tamarix gallica* L



Original

Espèce 02

Règne : Plantae
 Phylum : Tracheophyta
 Classe : Magnoliopsida
 Ordre : Gentianales.
 Famille : Apocynaceae.
 Genre : Pergularia
 Espèces : *Pergularia tomentosa* L



Original

Espèce 03

Règne : Plantae (Eucaryote)
 Sous-règne : Tracheobionta (Cormophytes)
 Embranchement : Spermatophytes (plantes à graine)
 Sous-embranchement : Angiospermes
 Division : Magnoliophyta
 Classe : Eudicots
 Sous-classe : Austéridées
 Ordre : Apiales
 Famille : Apiaceae (L)
 Genre : Pituranthos
 Espèce : *Pituranthos chloranthus*(Coss. & Dur.) Benth.
 et Hook



Original

Espèce 04

Nom scientifique : *Juncus maritimus*
Famille : Juncaceae
Règne : Plantae
Sous-règne : Tracheobionta
Classe : Liliopsida
Sous-classe : Commelinidae
Genre : Juncus
Nom vernaculaire arabe : (Semmar)
Cycle de vie : vivace



Original

Espèce 05

Nom scientifique : *Phoenix dactylifera L.*

Famille : Arecaceae

Règne : Plantae

Classe : Liliopsida

Genre : Phoenix

Ordre : Arecales

Nom vernaculaire arabe : El-Nakhla

Cycle de vie : vivace

**Espèce 06**

Règne : Plantae

Sous-règne : Trachebionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Mganoliopisida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae

Genre : Launaea

Espèces : *Launaea glomerata*

**Espèce 07**

Règne : Plantea

Division : Magnoliphyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : campnulales

Famille : campanulaceae

Genre : Campanula

Espèces : *Campanula bordesiana*

**• Espèce 08**

Règne : Planteae

Classe : Dicotylédone

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Genre : Retama

Espèces : *Retama raetam*



Espèce 09

Règne : Plantae
Division : Magnoliophyta
Classe : Liliopsida
Ordre : cyperales
Famille : poaceae
Genre : Phragmites
Espèces : *Phragmites communis*



• Espèce 10

Règne : Plantae
Classe : Magnoliopsida
Ordre : Brassicales
Famille : BRASSICACEAE
Genre : Dipolaxis
Espèces : *Dipolaxis acris*



Espèce 11

Règne : Plantae
Classe : Magnoliopsida
Ordre : Brassicales
Famille : BRASSICACEAE
Genre : Savignya DC
Espèces : *Savignya longistyla*



• Espèce 12

Règne : Plantae
Sous-règne : Tracheobionta
Division : Magnoliophyta
Classe : Magnoliopsida
Sous_classe : Caryophyllales
Ordre : Caryophyllales
Famille : CHENOPODIACEAE
Genre : Suaeda
Espèces : *Suaeda fruticosa*



• **Espèce 13**

Règne : Plantae

Division : Angiosperme

Ordre : Crayophyllales

Famille : Amaranthaceae

Genre : Chenopodiaceae

Espèces : *Chenopodium murale* L.



• **Espèce 14**

Règne : plantae

Ordre : Malpighiales

Famille : Picramniaceae

Genre : Oldfieldia

Espèces : *Oudneya africana*



Espèce 15

Règne : plantae

Famille : Tetradiclidaceae

Genre : Peganum

Espèces : *Peganum harmala* L.



Espèce 16

Règne : Plantae

Sous-règne : viridiplantae

Classe : Equisetopsida

Sous-classe : Magnoliidae

Famille : Poaceae

Genre : Cynodon

Espèces : *Cynodon dactylon* L.



• **Espèce 17**

Règne : Plantea

Ordre : Malvales

Classe : Magnoliopsida

Sous_classe : Dilleniidae

Famille : Malvaceae

Genre : Malva

Espèces : *Zilla macroptera*



• **Espèce 18**

Règne : Plantea

Sous-règne : Treacheobionta

Division : Magnoliophyta

Ordre : capparales

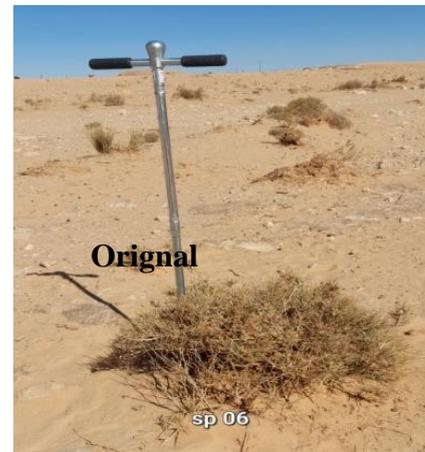
Classe : Magnoliopsida

Sous_classe : Dilleniidea

Famille : Brassicaceae

Genre : Zilla

Espèces : *Zilla macroptera*



• **Espèce 19**

Règne : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Malvales

Famille : Cistaceae

Genre : Helianthemum Mill

Espèce: *Helianthemum lippii* (L.)



• **Espèce 20**

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Caryophyllales

Famille : Euphorbiaceae

Genre : Euphorbia

Espèce : *Euphorbia guyoniana*



Espèce 21

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae

Genre : Echinops

Espèce : *Echinops spinosus*



• Espèce 22

Règne : Plantae

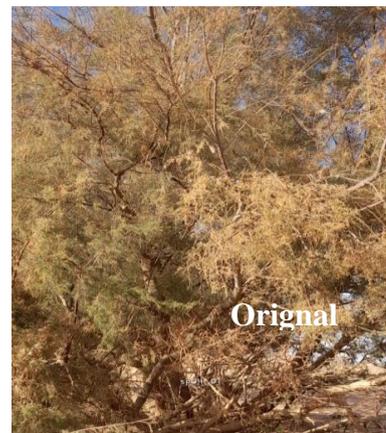
Classe : Magnoliopsida

Ordre : Caryophyllales

Famille : Tamaricaceae

Genre : Tamarix L

Espèce : *Tamarix articulata*



• Espèce 23

Règne : Plantae

Classe : Equisetopsida

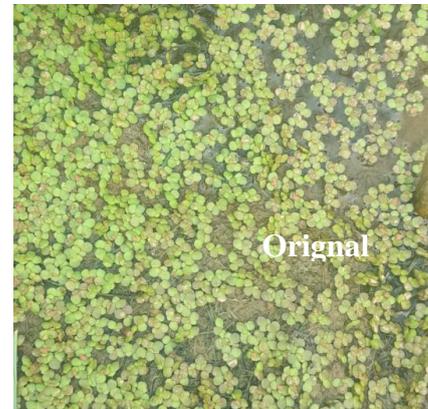
Sous-classe : Magnoliidae

Ordre : Alismatales

Famille : Araceae

Genre : Lemna L

Espèce : *Lemna minor L*



• Espèce 24

Classe : Equisetopsida

Sous-classe : Magnoliidae

Ordre : Brassicales

Famille : Brassicaceae

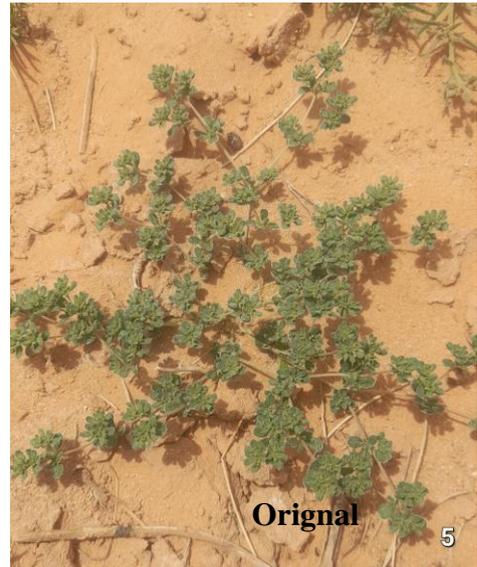
Genre : Zilla

Espèce : *Zilla spinosa subsp. Macropter*



• **Espèce 25**

Règne : Plantae
Classe : Equisetopsida
Ordre : Caryophyllales
Famille : Frankeniaceae
Genre : Frankenia L
Espèce : *Frankenia pulverulenta* L



• **Espèce 26**

Classe : Liliopsida - Monocotyledons
Sous – classe : Commelinidae
Ordre : Cyperales
Famille : Poaceae
Genre : Polypogon Desf
Espèce : *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf



• **Espèce 27**

Régne : Plantae
Sous régime : Viridaeplantae
Classe : Equisetopsida
Sous-classe : Magnoliidae
Ordre : Caryophyllales
Famille : polygnoacées
Genre : Rumex L
Espèce : *Rumex spinosus*



• **Espèce 28**

Règne : Plantae

Sous règne : Viridiaeplantae

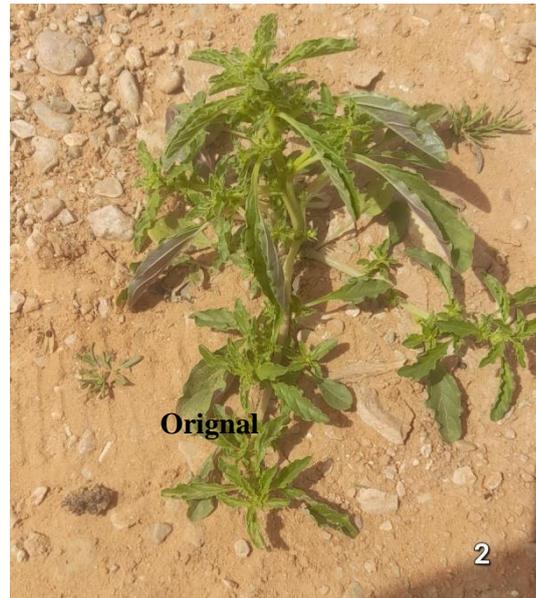
Classe : Equisetopsida

Sous-classe : Magnoliidae

Ordre : Caryophyllales

Famille : Amaranthaceae

Espèce : *Amaranthus Albus L*



• **Espèce 29**

Règne : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Caryophyllales

Famille : Portulacacées

Genre : Portulaca

Espèce : *Portulaca oleracea L*



• **Espèce 30**

Classe : Equisetopsida

Famille : Asteraceae

Ordre : Asterales

Genre : Carthamus

Espèce : *Carthamus duvauxii*



• **Espèce 31**

Classe : Angiospermae

Ordre : Caryophyllales

Genre : Suaeda

Famille : Amaranthaceae

Espèce : *Suaeda aegyptiaca*



• **Espèce 32**

Règne : Plantae

Ordre : Zygophyllales

Famille : Zygophyllaceae

Genre : Tribulus

Espèce : *Tribulus terrestris L*



• **Espèce 33**

Classe : Equisetopsida

Ordre : Asterales

Genre : Onopordum

Famille : Asteraceae

Espèce : *Onopordum arenarium*



• **Espèce 34**

Classe : Equisetopsida

Ordre : Poales

Genre : Typha

Famille : Typhaceae

Espèce : *Typha domingensis*



• **Espèce 35**

Règne : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Cucurbitales

Famille : Cucurbitaceae

Espèces : *Colocynthis vulgaris* (L.)



• **Espèce 36**

Règne : Plantae

Sous-Règne : Viridiplantae

Classe : Equisetopsida

Sous-Classe : Magnoliidae

Ordre : Solanales

Famille : Solanaceae

Genre : Nicotiana L

Espèces : *Nicotiana glauca* Graham.

