

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Université Abbès Laghrou Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire de fin d'étude
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Thème :

*Caractérisation et estimation de la charge
polluante des Eaux usée domestique de la
ville de Khenchela.*

Présenté par : SI TAYEB KHALDIA

Soutenu publiquement le :06 /07/2019

Devant le jury composé de :

<i>Président</i> : Mr.Larbaa Rabah	MCB	(Université Abbès Laghrou Khenchela)
<i>Promoteur</i> : Ms. Dib Dounia	MCB	(Université Abbès Laghrou Khenchela)
<i>Examineur</i> : Mr.Bouzou Mourad	MCB	(Université Abbès Laghrou Khenchela)

Promotion : 2018-2019

Remerciement

*Nous remercions **ALLAH** tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté et de nous avoir bénie jusqu'à la réalisation de ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier particulièrement notre encadreur Madame **DIB Dounia** d'avoir proposé et dirigé ce travail, pour toute l'aide qu'elle nous a fourni pendant la préparation de ce mémoire. Merci pour votre patience ainsi que votre générosité. Vraiment on n'a pas assez des mots pour décrire votre noblesse. Malgré vos multiples occupations, vous étiez toujours disponible. Apprendre à vos côtés a été un grand honneur. Que Dieu vous récompense.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury:

*MR **LARBAA Rabah**, Maître assistant à l'Université Abbés Laghrour Khenchela qui a honoré ce travail en acceptant de présider le jury. On l'en remercie profondément.*

*Mr **BOUZOU Mourad**, maître assistant à l'Université Abbés Laghrour Khenchela, nous vous sommes très reconnaissantes d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Dédicaces

*L'être le plus cher de ma vie: mon père Abed el Kader, qu'il puisse
reposer en paix, je prie Dieu le tout puissant de l'accepter dans son
vaste paradis.*

*A ma mère, symbole d'amour et de tendresse, qui a tant sacrifié pour
notre réussite, qu'ALLAH te protège.*

*Mes frère ramdhane -fodhil - mostafa - hicham- younes Mohamad
A tous mes enseignants et enseignantes durant mes 5 années d'études
universitaires.*

A toute ma promotion de 2014/2019

KHENCHÉLA 2019/2020.

Si tayeb khaldia

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE..... 1

LA PREMIERE PARTIE SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

GENERALITES SUR LES EAUX USEES

Introduction.....	04
I.1. Définition des eaux usées.....	04
I.2.Origine et composition des eaux usées	04
a) Les eaux usées domestiques	04
b) Les eaux usées industrielles	05
c)Les eaux usées agricoles	05
I.3. La Collecte et assainissement des eaux usées.....	06
a)Les réseaux unitaires	06
b)Les réseaux séparatifs.....	06
I.4.Composition des eaux usées	07
I.4.1.Les paramètres physiques.....	07
a)Matière en suspension et matière organique	07
b)Les matières volatiles en suspensions (MVS).....	07
c) Les matières minérales sèches (MMS)	08
d) Les éléments grossiers.....	08
- Les propriétés organoleptiques	08

la couleur.....	08
L'odeur.....	08
La Turbidité.....	08
La Température.....	08
Conductivité.....	08
I.4.2.Les paramètres chimiques.....	09
Le pH.....	09
L'oxygène dissous.....	09
Eléments traces métalliques.....	10
Les nitrates.....	10
Phosphore	11
Le potassium.....	11
Chlorure et sodium	11
La demande biochimique en oxygène (DBO).....	11
La demande chimique en oxygène (DCO).....	12
I.4.3.Paramètres de Qualité microbiologique.....	12
I.5. Impacts de la pollution des eaux usées sur l'environnement.....	15
Le rejet dans le sol.....	15
Les rejets dans les eaux douces superficielles.....	15
Les rejets dans le milieu marin	15
Risques sanitaires.....	15
I.6. Utilisation des eaux usée en Algérie.....	16

Conclusion.....	21
II.1. Présentation de la ville de khenchela.....	22
II.2. Population.....	22
II.3. Le climat.....	23
II.4.Description de la station d'épuration de la ville de khenchela	24
II.5. Matériels et méthodes	25
-Echantillonnage.....	25
Transport des échantillons.....	25
Méthodes analytiques.....	26
• pH, Température et Conductivité électrique	26
Les matières en suspension (MES)	26
La demande chimique en oxygène (DBO₅)	27
La demande chimique en oxygène DCO.....	27
Les Nitrates NO₃⁻.....	28
Les nitrites NO₂⁻.....	28
Le phosphore PO₄³⁻	28
Analyse bactériologique.....	28
Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	29
Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs	30
Recherche des staphylocoques totaux et fécaux.....	30
Résultatset Discussion.....	31
Evolution interannuelles des paramètres physico-chimiques.....	31

La Température.....	31
pH.....	31
Les matières en suspensions (MES).....	32
La Conductivité électrique.....	32
La demande chimique en oxygène (DCO).....	33
La demande biochimique en oxygène (DBO5).....	33
Les Formes d'azote (NO₃⁻, NO₂⁻).....	33
Orthophosphates.....	34
L'oxygénation.....	35
Evaluation de la pollution organique et origine des eaux usées.....	35
Ratio DCO/DBO₅.....	35
Ratio DBO₅/DCO.....	35
Ratio MES/DBO₅.....	36
Surveillance statistique de l'évolution de la qualité des eaux usées.....	36
En entrée de la STEP (eaux brutes).....	36
En sortie de la STEP (eaux épurées).....	37
Comparaison entrée-sortie et évolution de la chimie des eaux.....	38
Analyse bactériologique.....	39
Les résultats d'analyses microbiologiques.....	40
Comparaison avec les normes de l'OMS.....	41
Conclusion général.....	42
LISTE DES ANNEXES	

Liste des abréviations

MES	Matière en suspension
DBO	demande biochimique d'oxygène
DCO	demande chimique d'oxygène
COT	carbone organique total
TOD	la demande totale en oxygène
MVS	matières volatiles en suspensions
MMS	matières minérales sèches
MENA	Moyen Orient et de l'Afrique du Nord
JORA	le Journal Officiel de la République Algérienne
STEP	stations d'épurations des eaux usées
ONA	Office National de l'assainissement
CE	conductivité électrique
T°C	la Température en Degré Celsius
PH	potentiel d'hydrogène
MRE	Ministère des Ressources en Eau
ACP	l'analyse en composantes principales
OMS	Organisation mondiale de la Santé

Liste des figures

N°	Titer	page
Figure N°01	Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie	19
Figure N°02	Situation de la ville de kenchela et sa sectorisation (DPAT, 2014)	22
Figure N°03	Variation des températures mensuelles (max, min, et moye) de la station d'AL Hamma 2014-2018	23
Figure N° 04	les précipitations moyennes mensuelles de la période (2014-2019) .	24
Figure N°5	Situation de la station de la ville de Khenchela.	25
Figure N°6	Echantillon pris à l'entrée des eaux brutes	26
Figure N°7	Multi-paramètre HACH Q40D	27
Figure N°8	Armoire thermo régulatrice (DBO ₅)	28
Figure N°9	Mesure de la demande chimique en oxygène	30
Figure N°10	Recherche des streptocoques et coliformes par méthodes de 3 tubes de dilution	30
Figure N°11	Recherche du clostridium sulfito réducteur (addition du VF).	31
Figure N°12	Variation de la Température en (a) et du pH en (b) des eaux brutes et traitées.	32
Figure N°13.	Variation des teneurs en MES en (c), de la conductivité électrique en (d), de la DCO en (e) et de la DBO ₅ en (f) des eaux brutes et épurées.	33
Figure N°14	Variation interannuelle de teneurs en NO ₃ ⁻ des eaux brutes et traitées	34
Figure N°15	Présentation graphique des valeurs des ETM des eaux épurées de la STEP de Khenchela (2015) et les normes Algériennes et mondiales	35
Figure N°16	Projection des variables et des individus (échantillons d'eaux usées) sur le plan I-II	38
Figure N°17	Projection des variables et des individus (échantillons d'eaux brutes et épurées) sur le plan I-II	38
Figure N°18	Figure N°15 . Projection des variables et des individus (échantillons d'eaux brutes et épurées) sur le plan I-II	39

Liste des tableaux

N°	Titre	page
Tableau N°1	Quelques pathologies humaines transmises par Les eaux usées	14
Tableau N°2	la superficie, la densité et l'évolution de la population selon les recensements de 1998, 2002 et 2008	22
Tableau N°3	Méthodes utilisées pour le dosage de quelques paramètres	26
Tableau N°4	Paramètres physico-chimiques des eaux usées de STEP KHENCHELA	31
Tableau N°5	Comparaison entre les valeurs des ETM des eaux épurées de la STEP de Khenchela (2015) et les normes Algériennes et mondiales	35
Tableau N°6	Rations des eaux usées de STEP	36
Tableau N°7	Matrice de corrélation entre variables (Pearson)	38
Tableau N°8	Résultats d'analyses bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la STEP ville khenchela	40

Introduction générale

Introduction générale :

Longtemps, l'eau a été considérée comme une eau dépourvue de tout effet néfaste sur l'environnement. Seule la lutte contre les risques d'inondation était prise en compte, ce en quoi le domaine des eaux ne relevait que d'une vision purement quantitative (maîtrise hydraulique).

Or, depuis une décennie, il est clairement apparu que les rejets urbains par temps constituent le problème numéro un en matière de pollution des eaux. En effet, l'eau par lessivage et ruissellement mobilise la pollution accumulée par temps sec: matières en suspension, détritiques, micropolluants organiques et métalliques. En un laps de temps extrêmement bref, cette pollution, transportée dans les réseaux vers les déversoirs d'ouvrage et les stations d'épuration, finira pour 40 à 50 % du total par se déverser directement et sans traitement dans le milieu naturel, récepteur final.

L'eau est une denrée de plus en plus rare en Algérie et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution (Bourouache, 2015). La situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente pour l'agriculture. En revanche, la production des eaux usées s'accroît, et leur réutilisation se présente alors comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau pour l'irrigation (Gadda, 2013)

Les eaux usées sont une source précieuse de nutriments et de matières organiques (Al-Hamaiedeh et Bino, 2010.).

L'eau usée est un milieu très chargé en matières polluantes pernicieuses aussi bien au milieu récepteur qu'aux être vivants. Pour observer cette pollution funeste l'eau usée doit subir une épuration avant son rejet ou réutilisation.

Le développement de l'humanité est de plus en plus freiné par la pollution croissante de l'eau. La contamination des lacs et des rivières est un des problèmes de pollution de l'eau que l'on rencontre le plus fréquemment dans le monde, d'où la nécessité de traiter les eaux usées avant de les rejeter dans les milieux naturels.

La réutilisation des eaux usées épurées est pratiquée essentiellement par les agriculteurs, soit directement (13%) à partir des stations d'épuration ou indirectement (87%) à partir des oueds alimentant les barrages (Lehtihet, 2005). Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées reçoivent des eaux usées non traitées. Diverses cultures sont concernées par cette réutilisation: cultures fourragères, maraîchères, céréales et arboriculture). L'irrigation des cultures maraîchères à l'eau usée brute est interdite en Algérie. Cependant, on constate que

l'interdiction n'est pas respectée, la pratique d'irrigation n'est pas faite dans des conditions convenables; soumettant ainsi le consommateur des produits agricoles et l'agriculteur à des risques de contaminations chimiques et microbiologiques considérables (**Medkour, 2002; Lehtihet, 2005**).

Les effluents urbains sont riches en microorganismes pathogènes qui peuvent facilement nuire à la santé publique. En plus des éléments nutritifs favorables aux plantes, les eaux usées véhiculent également des éléments nocifs qui peuvent engendrer la baisse des rendements et de la qualité des produits. Ces éléments s'accumulent excessivement dans le sol, chargent les eaux de surface et souterraines provoquant la dégradation de leur qualité. Une fois traitée, la réutilisation de l'eau usée devient un instrument de préservation de la ressource et un moyen de réduction de la pollution résiduelle engendrée par les activités d'assainissement (**OMS, 1989**).

La politique environnementale du monde et le développement durable implique pour l'homme une maîtrise de ses rejets domestiques et urbains. En général, ces rejets sont identifiables mais lorsqu'ils se trouvent dans la nature sans traitement préalable, des accidents peuvent causer des pollutions aiguës entraînant une perturbation des conditions de vie de la flore et de la faune et compromettant l'utilisation de l'eau et l'équilibre du milieu récepteur.

C'est dans ce contexte de valorisation de cette ressource hydrique non négligeable que l'objectif de ce projet s'est et connaître les propriétés physiques et chimiques des eaux usées brutes et épure, chapitres :

Le chapitre I :

Est une revue de la littérature sur la problématique du thème traité. Il s'agit d'une synthèse de connaissances sur les expériences de la réutilisation des eaux usées brutes et épurées en Algérie, qui vise à donner un rappel sur les eaux usées, leurs origines et caractéristiques ainsi qu'un aperçu sur la situation de réutilisation des eaux usées en l'Algérie. Il décrit ensuite les caractéristiques physico-chimiques des effluents urbains brutes épure

Le chapitre II :

Décrit la zone d'étude en donnant un aperçu sur la situation géographique et climatologique. Cette description permet de comprendre la planification des campagnes de prélèvements et de justifier le choix de ces zones. Elle expose ensuite l'intégralité des

méthodes et techniques utilisées au cours de cette étude, de l'échantillonnage à l'analyse pour atteindre les objectifs visés : préparation du matériel d'échantillonnage, les mesures au laboratoire, le protocole de réalisation des paramètres physico-chimiques et bactériologique

Le chapitre III :

Traite aux résultats obtenus lors de L'étude de ces effluents. Seront présentés dans un premier temps, les résultats relatifs à la caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes. Une fois les résultats bruts donnés, des discussions et des conclusions sont tirées par comparaison des résultats obtenus à des normes nationales et universelles. Il s'occupe aussi du spectacle et l'identification de l'origine de l'eau usée brute.

Une synthèse sous forme de Conclusions des aspects les plus marquants de la Caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes.

Enfin, les différentes Perspectives concernant les pistes à suivre et à développer pour améliorer la compréhension des phénomènes liés à la contamination des eaux usées brutes sur les écosystèmes dans le présent et le future.

Chapitre I

**Généralité sur les
eaux usées**

Introduction

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargés de matières minérales ou organiques pouvant être en suspension ou en solution, et dont certaines peuvent avoir un caractère toxique (Hugo,2007). Les activités humaines, domestiques, agricoles et industrielles produisent toutes sortes de déchets et de souillures qui sont transportés par voie liquide. Ils sont susceptibles d'engendrer différentes sortes de pollution et de nuisance dans le milieu récepteur. Cet ensemble d'eau rejetée et de déchet constitue ce qu'on appelle les eaux usées (Rabeh, 2012).

I.1. Définition des eaux usées

Selon Ramade, les eaux usées sont des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout.

I.2.Origine et composition des eaux usées

Les eaux usées résultent de la pollution tant physico –chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles (Richard, 1996). Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées ;

- Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout -à- l'égout » (Baumont et al. 2004).

Elles contiennent les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène), mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que le soufre, le phosphore, le fer, etc.).

Les eaux usées urbaines sont d'abord formées par un mélange d'eaux usées domestiques et industrielles. Il s'y ajoute une troisième composante formée par les eaux de pluie et les effluents des installations à caractère collectif (hôpitaux, commerces, etc.). (Bountoux, 1993).

- Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées de différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir des graisses (industries agroalimentaires, équarrissages), des hydrocarbures (raffineries), des métaux (traitement de surface, métallurgies), des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques diverses, tanneries), de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) et des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations. (Metahri, 2012)

- Les eaux usées agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (Metahri, 2012).

Les eaux usées agricoles regroupent les eaux provenant de drainage ou d'animaux élevés entraînant une charge polluante. Parmi ces eaux, il faut distinguer :

- **Les eaux brunes** : eaux issues des aires non couvertes de parcours ou d'attente des animaux, souillées régulièrement par ces animaux.

- **Les eaux de cours** : eaux issues des aires en dur, souillées occasionnellement par les animaux lors de leur passage et par les engins agricoles lors de leur manoeuvre, à l'exclusion de toute aire de stockage proprement dite.
- **Les eaux vertes** : eaux de lavage des sols de salles de traitement.
- **Les eaux blanches** : eaux usées issues de lavage des installations de traitement.
- **Les eaux pluviales**

Normalement les eaux pluviales ne sont pas forcément polluées, On entend par eaux pluviales, les eaux issues du ruissellement des toitures, des terrasses, des parkings et des voies de la circulation. Elles sont presque de même nature que les rejets domestiques, mais peuvent contenir en plus, des éléments toxiques. (Tfyeche, 2014)

I.3.La Collecte et assainissement des eaux usées

- **Les réseaux unitaires**

Un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors a la station d'épuration sont très variables. Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive plus à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont repartis sur le réseau.

- **Les réseaux séparatifs:**

Deux réseaux sont mis en place, un pour collecter les eaux usées, l'autre pour les eaux de ruissellement. En principe, seules les eaux usées arrivent a la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées et rejetées directement. La station ne doit donc théoriquement recevoir qu'un effluent brut de qualité relativement régulière et de débit relativement bien déterminé.

Les deux types de réseau présentent des inconvénients et des avantages et sont adaptés a des situations différentes, De manière très générale, les vieux réseaux sont plus souvent des réseaux unitaires. Il est souvent très difficile de passer d'un réseau unitaire a un réseau séparatif, a cause des travaux très importants que cela nécessite. Les réseaux séparatifs sont donc le plus

souvent envisagés pour la construction de nouvelles zones urbaines que pour l'aménagement d'anciens quartiers.

I.4.Composition des eaux usées

I.4.1.Les paramètres physiques

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension :

- **Matière en suspension et matière organique**

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées, est associée aux MES. Les particules en suspension peuvent, par définition, être éliminées par décantation. C'est une étape simple et efficace pour réduire la charge organique et la teneur en germes pathogènes des eaux usées. La présence de matière organique dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols (Blaid., 2010). La matière organique d'une eau usée peut être mesurée en effectuant des tests de laboratoire. Chacun de ces tests permet aussi d'évaluer l'ampleur de l'activité biologique de l'échantillon d'eau donnée. Parmi ces tests, on peut citer les tests de la demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO) et la mesure du carbone organique total (COT). D'autres tests tels que le test de la demande totale en oxygène (TOD) et celui de la demande théorique en oxygène ont aussi été utilisés dans le même but (Bandu, 1999).

- **Les matières volatiles en suspensions (MVS)**

Elle représente la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2h. La différence de poids entre MES à 105°C et MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg /l) d'une eau

- **Les matières minérales sèches (MMS)**

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice.

- **Les éléments grossiers**

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont général : les brindilles, les feuilles, les arbres...etc.

- **Les propriétés organoleptiques**

•**la couleur**

La couleur des eaux résiduaires industrielles est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes.(**Thomas, 1995**)

• **L'odeur**

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur intense. Toute odeur est liée à une pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition.(**Mizi A, 2006**)

•**La Turbidité**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles).

•**La Température**

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur : ce sont par exemple, les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermiques induisant ainsi une forte perturbation du milieu. La température est mesurée par thermo- sonde (ou par thermomètre). (Gaujous, 1995)

•**Conductivité**

Elle permet de connaître la quantité globale de sels dissous (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{2-}) et traduit la facilité avec laquelle l'eau conduit un courant électrique. La

conductivité augmente avec la quantité de sels dissous et est fonction de la température. Elle est exprimée en micro siemens / cm. (**Gomella et Guerree, 1983**)

I.4.2. Les paramètres chimiques

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements de polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines (**Aroua, 1994**). Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuse. (**Boudeal et Djouid, 2003**)

L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact. La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certains paramètres de pollution dont les plus représentatives sont :

- **Le pH**

Il indique la concentration en ions H^+ présentés dans l'eau. Dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois dans les propriétés physico-chimique (acidité, agressivité) et dans les processus biologique dont certains exigent des limites très étroites de pH. L'épuration biologique, est le résultat d'une activité microbienne aérobie et anaérobie qui demande une ambiance équilibrée chimiquement. Les bactéries tolèrent une gamme de pH allant de 5 à 6 avec un optimum de 6 à 8.

- **L'oxygène dissous**

L'oxygène dissous responsable du mécanisme et de la vitesse de l'épuration (cinétique d'épuration). La saturation en oxygène de l'eau à la température considérée est assurée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface en eau. (**Leynaud, 1980**) L'oxydation biologique des matières organiques carbonées joue un rôle important dans la diminution du taux d'oxygène dans l'eau (**Eckenfelder, 1982**).

- **Eléments traces métalliques**

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques $\mu\text{g/l}$) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple : ils proviennent des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels. Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments. **(Cauchi, 1996)**

Les eaux usées urbaine contiennent des micropolluants métalliques dans les concentrations très supérieures à celles habituellement rencontrées dans les eaux claires (eau potable, eaux souterraines, de surface). Ils proviennent à la fois d'une utilisation domestique et d'un apport du au lessivage de surfaces imperméabilisées, exposées à la pollution atmosphérique, par les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux de lavage). **(Ademe, 1995 ; Karvelas et al., 2003)**

- **Les nitrates**

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg /L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation a plusieurs origines : agricole, issue de l'agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que de rejets d'effluents d'élevage, urbaine due aux rejets des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination non complète de l'azote et industrielle issus de rejets des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. **(Grosclaude, 1999)**

- **Phosphore**

Dans les eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphates) mais aussi sous forme de composés organiques. Ces différents composés sont soit solubilisés, soit fixés sur les matières en suspension. Ils pourront donc être dosés sur l'échantillon total et sur la phase soluble après séparation du phosphore insoluble par filtration sur membrane 0,45µm.

- **Le potassium**

Le potassium est présente dans les effluents secondaires à hauteur 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de k₂O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins. **(Faby, 1997)**

Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes **(Fao, 2002)**.

- **Chlorure et sodium**

Leur origine est :

- Naturelle (mer 27g/l NaCl, et terrains salés)
- Humaine (10à 15g/l NaCl dans les urines/j).
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire).**(Gaujous, 1995)**

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres. **(Faby, 1997)**

- **La demande biochimique en oxygène (DBO)**

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de cette demande permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution

La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates (ou nitrification) absorbe également de l'oxygène. Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de Jours. Pour ces deux raisons, on mesure la demande biochimique d'oxygène en 5 jours, ou DBO₅, c.-à-d., la quantité d'O₂ consommée. pendant ce laps de temps, pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des micro-organismes.

- La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est une mesure de toutes les matières organiques contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient ou non biodégradables. L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques par voie chimiques. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium), en milieu acide fort (H₂SO₄) et au reflux pendant deux heures. Dans ces conditions, la plupart des matières organiques sont oxydées — en CO₂ et H₂O- à 90 ou 100% Les hydrocarbures aliphatiques. stables. nécessitent cependant l'emploi d'un catalyseur (comme le sulfate d'argent Ag₂S)

La DCO constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées de rejets industriels La valeur de la DCO est exprimée en mg/l d'oxygène diffère de celle de la DBO. Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais, il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre 1.5 à 2). (GROSCLAUDE, 1999).

I.4.3. Paramètres de Qualité microbiologique

La plus grande partie de germes pathogènes provient des eaux vannes (Eaux d'égouts) collectées par les réseaux d'égout (pollution collective) ou déversées directement dans l'environnement (pollution individuelle).

La charge microbiologique des eaux usées est considérable. Certaines contiennent plus d'un milliard de bactéries par litre, dont 200 à 500 millions de coliformes fécaux, 10 à 100 millions de germes anaérobies et 10 à 20 millions de streptocoques fécaux. Chaque individu élimine quelque 300 milliards de bactéries par jour et des milliers de particules virales. Ces germes, hôtes habituels du tube digestif sont pour la plupart inoffensifs.

D'ailleurs une eau usée peut ne pas contenir du tout de germes pathogènes. Si elle en contient, leur nombre est très faible et ils sont nécessairement clairsemés. Leur recherche, leur isolement, leur identification et leur dénombrement présentent donc de grandes difficultés techniques. Ces difficultés seraient surmontables, mais les analyses engendreraient des coûts(HENRY AUGIERI' LE LIVRE NOIR DE L'ENVIRONNEMENT 2006)

Tableau N°01 .Quelque pathologies humaines transmises par Les eaux usées

Source ;(Gracieuseté de oclair environnement)

Maladie	Agent infectieux	Type d'organisme	Symptômes
cholera	Vibrio cholera	Bactérie	Diarrhée sévère, vomissements,, déshydratation par perte de 20 litres par jour causant des crampes et un collapsus
Dysenterie	Shigelladyseliteriae	Bactérie	Infection du côlon responsable de diarrhées douloureuses, mucus et sang dans les selles ; douleurs abdominales
Enterite	Clostridium per fringens Bactérie et autres bactéries	Bactérie	Inflammation de l'intestin grêle source de malaise général, perte de l'appétit, crampes abdominales et diarrhée
Typhoïde	Salmonella typhi	Bactérie	Les premiers symptômes incluent migraines, perte d'énergie, fièvre ; plus tard surviennent une éruption cutanée rose et une hémorragie des intestins
Hépatite virale	Virus A de l'hépatite	Virus	L'inflammation du foie cause une jaunisse, de la fièvre, des migraines,nausées, vomissements, perte importante de l'appétit, courbatures et malaise général
Poliomyélite	Poliovirus	Virus	Les premiers symptômes sont le mal de gorge, la fièvre, la diarrhée, douleur dans les membres et le dos ; quand l'infection s'étend à la moelle épinière, les muscles s'atrophient et sont paralysés.
Cryptosporidiose Dysenterie amibienne	Cryptosporidiumsp - Entamoebahistolytica	Protozoaire Protozoaire	Jusqu'à 22 jours de diarrhées et des crampes. Cette infection du côlon cause des diarrhées douloureuses, avec du mucus et du sang dans les selles ; douleurs abdominales
Bilharziose Ankylostomose	Schistosomasp Incylostornasp	-Vers plat -Vers nématode	Troubles graves du foie et de la vessie, avec sang dans l'urine, diarrhées, faiblesse, manque d'énergie, crises répétées de douleurs abdominales -grave anémie et parfois symptômes de la bronchite

I.5. Impacts de la pollution des eaux usées sur l'environnement

Les conséquences immédiates ou différées d'un rejet d'eau usée sur le milieu récepteur sont nombreuses. Elles sont dues à la présence d'éléments polluants contenues dans l'eau sous forme dissoutes ou particulaires, cependant, on peut distinguer trois grandes catégories de rejets. (Grabsi, 2002).

- **Le rejet dans le sol**

La contamination dans ce cas est la conséquence d'un double effet de Diffusion dans la couche superficielle d'un sol Assurant la percolation lente et de l'infiltration rapide dans les couches profondes.

- **Les rejets dans les eaux douces superficielles**

Les eaux douces superficielles constituent les milieux naturels les plus fréquemment sollicités pour servir d'exutoire aux eaux usées. L'admission des eaux usées dans une rivière provoque une modification des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des cours d'eau sur une distance plus ou moins grande, en particulier, une augmentation de la DBO, DCO, la turbidité.

- **Les rejets dans le milieu marin**

- Le milieu marin se différencie très sensiblement des milieux aquatiques d'eau douce, en raison de son comportement vis à vis de la pollution.
- Ce dernier est particulièrement sensible aux éléments toxiques, en supportant mal les matières en suspension susceptible de dégrader la qualité des fonds

- **Risques sanitaires**

Les risques sanitaires (pour l'homme et le cheptel) associés à une réutilisation des eaux usées comprennent une exposition aux maladies infectieuses, parasitaires, aux composés organiques en trace et aux métaux lourds. Dans les pays en développement, ces risques revêtent une importance particulière en raison de la concentration élevée de ces eaux en agents pathogènes (Nsomzamo, 2003). Ces derniers peuvent se retrouver sur des cultures irriguées et être à l'origine d'infections.

Parmi les agents pathogènes rencontrés, les œufs d'helminthes sont considérés comme la principale contrainte pour la réutilisation des eaux usées en agriculture. En effet, ces œufs sont doués d'une extrême résistance liée généralement à la présence d'une coque externe protectrice. De plus ces œufs ont une dose minimale infectante (DMI) faible mais aussi peuvent survivre pendant des mois sur les cultures et dans les sols (**Khallaayoune, 2005** et **Karamoko, 2000**)

I.6.Utilisation des eaux usée en Algérie

L'Algérie est un pays au climat essentiellement aride à semi-aride, où les précipitations sont faibles et irrégulières, et les ressources en eau sont très limitées .La croissance démographique, la fréquence d'apparition des épisodes de sécheresse, la croissance économique ont entraîné l'augmentation des besoins en eau et une pression accrue sur les ressources en eau conventionnelles (MRE, 2001).

En effet, pour une population estimée à 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de l'ordre de 550 m³/an par habitant (Medkour, 2002; Lehtihet, 2005). Ce chiffre est loin d'être comparable à la moyenne de certains pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) qui est de 1250 m³ et à la moyenne mondiale de 7500 m³ (Faruqui, 2003). Selon les normes mondiales, où le seuil critique de rareté de l'eau se situe à 1000 m³/an/habitant, l'Algérie est un pays pauvre en eau (Saghir et *al.*,2000 ; Tamrabet et *al.*, 2002). Cette situation est à l'origine de la recherche d'autres ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées.

En Algérie, peu d'importance est accordée aux services d'assainissement comparés aux services d'approvisionnement en eau potable, et encore moins à l'épuration des eaux usées (Hartani, 1998). En effet, la plupart des villes se construisent sans plans rigoureux d'assainissement, ceci rend complexe la recherche de solution à ce genre de problèmes. Devant une situation hydrique largement déficitaire,

L'accroissement de la demande sur les produits agricoles incite à l'irrigation directe à partir des eaux usées brutes, quoique interdite par la réglementation. En effet, elle est considérée par les agriculteurs comme une ressource en eau régulière, abondante, riche en éléments fertilisants et gratuite.

La réutilisation des eaux usées épurées est pratiquée essentiellement par les agriculteurs, soit directement (13%) à partir des stations d'épuration ou indirectement (87%) à partir des oueds alimentant les barrages (Lehtihet, 2005). Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées reçoivent des eaux usées non traitées. Diverses cultures sont concernées par cette réutilisation (cultures fourragères, maraîchères, céréales et arboriculture). L'irrigation des cultures maraîchères à l'eau usée brute est interdite en Algérie .

Cependant, on constate que l'interdiction n'est pas respectée, la pratique d'irrigation n'est pas faite dans des conditions convenables; soumettant ainsi le consommateur des produits agricoles et l'agriculteur à des risques de contaminations chimiques et microbiologiques considérables (Medkour, 2002).

Le décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne n° 35, 23 mai 2007, fixe les modalités d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation sous forme de concession ainsi que le cahier des charges-type y afférent (JO, 2007).

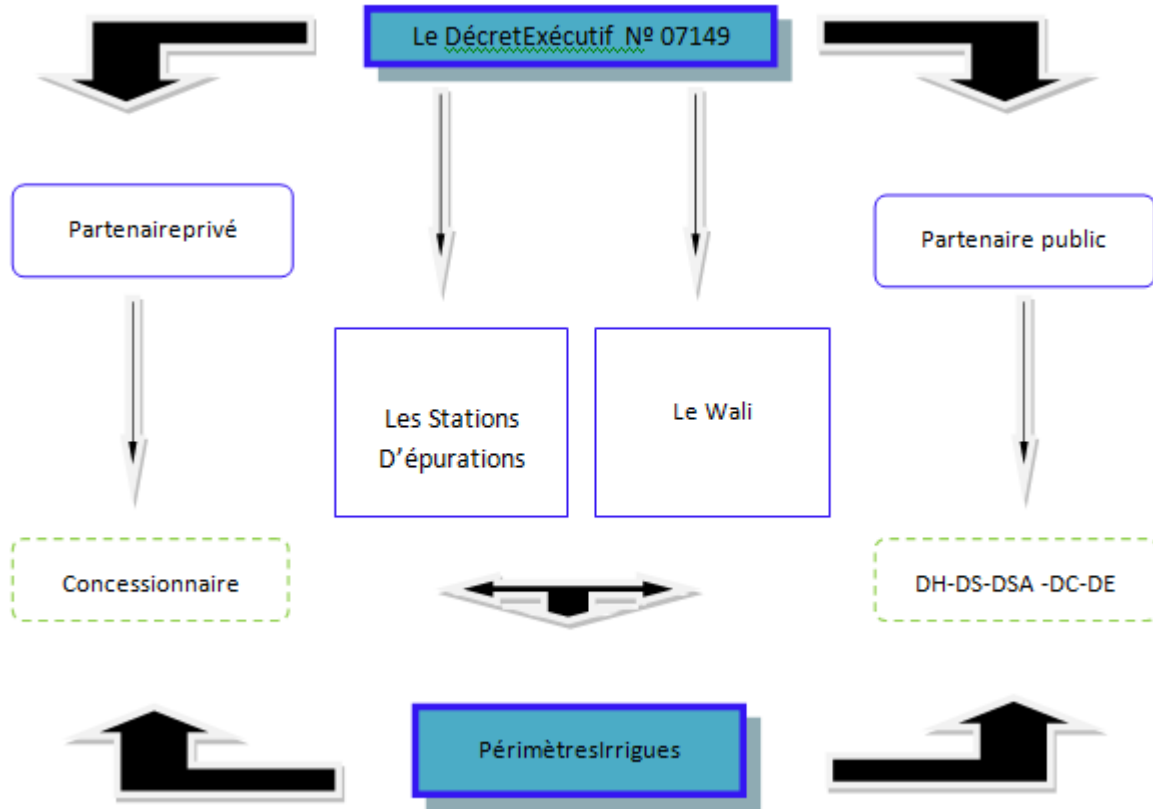
Ce décret règle tous les processus d'utilisation des eaux usées épurées par les stations d'épurations, par une demande adressée par un concessionnaire au Wali (premier responsable de la Wilaya ou département) de la région, cette demande comporte une convention avec la station d'épuration qui fournit les eaux usées épurées.

Le contrôle technique, la gestion des périmètres irrigués et le contrôle sanitaire ainsi que la qualité de l'eau épurée et des produits agricoles est assurée par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce.

La plupart des villes se construisent sans un plan rigoureux d'assainissement. Les systèmes de collectes et de traitement d'eaux usées sont peu développés. Ces dernières années, le secteur de l'assainissement a connu une redynamisation et une attention particulières des pouvoirs publiques et du secteur des ressources en eau (MRE, 2001; Lehtihet, 2005; Madkour, 2005; Baghdali, 2007). Selon Lahtihet (2005) 85% de la population agglomérées est raccordée à un réseau d'assainissement. La longueur totale du réseau d'assainissement avoisine 32.000 km (réseau urbain de 20 000, réseau semi rural de 7 500 et réseau rural aggloméré de 4 500 Km).

L'effort de réalisation d'assainissement a permis d'améliorer le cadre de vie à l'intérieur des agglomérations, mais il a entraîné une concentration des rejets d'eaux usées dans les exutoires qui les acheminent vers des oueds déjà étouffés par les charges de pollution (Lehtihet, 2005).

Parmi les grands objectifs de la politique de refonte du système d'organisation et de gestion du secteur de l'eau, figurent la réhabilitation et la réalisation des systèmes d'épuration des eaux usées des zones agglomérées dont la population est supérieure à 100 000 habitants, celles situées à l'amont des barrages en exploitation ou en construction, des agglomérations côtières, des agglomérations situées à proximité des périmètres agricoles et des agglomérations à haut risque de pollution environnementale (Medkour, 2002). Le volume global d'eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de $700 \times 10^6 \text{ m}^3$, dont $550 \times 10^6 \text{ m}^3$ par les agglomérations du Nord du pays. Ce volume passerait à près de $1150 \times 10^6 \text{ m}^3$ à l'horizon 2020 (Medkour, 2002; Baghdali, 2005). La capacité totale d'épuration des stations en exploitation est de $195 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. (Medkour, 2003; Lehtihet, 2005)



DH :direction de hydraulique

DS :Direction de la sante

DSA : Direction de service agricole

DC: direction de commerce

DE: direction de environnement

Figure N°01: Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie.

Le nombre de stations d'épuration des eaux domestiques réalisées en Algérie est estimé à: 29 STEP en exploitation dont 22 à boues activées et 07 par lagunage, 22 STEP en réalisation, 11 STEP en cours d'étude de diagnostic pour la réhabilitation et 08 STEP en projet (Programme 2006-2009).

Conclusion

En Algérie, la présence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par la eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 et l'arrête interministériel du 2 janvier 2012) constituent un promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées .Les dirigeants, publics et privés, ont des décisions à prendre en matière de réutilisation des eaux usées en agriculture. Ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des quantités en augmentation, afin de répondre à une demande toujours plus grande. La gestion intégrée des eaux usées épurées en Algérie, désormais institutionnellement reconnue comme un modèle de partenariat public- privé, est la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace et durable des eaux usées épurées, face à des demandes en eau en augmentation.

Chapitre: I.I

Matériel et Méthodes

II.1. Présentation de la ville de kenchela

La commune de kenchela et le lieu chef de la wilaya est située au Nord-est du pays et précisément 540 km à l'Est de la capitale. Limitée au Nord par la commune de Baghai, au Sud-Est par la commune de N'Sigha, et à l'Ouest par la commune de Elhamma de superficie égale à 32 km², soit 32000 hectares, ce qui représente 0.33% de la superficie totale de la wilaya. Elle occupe une position géographique entre la chaîne steppique et les hauts plateaux constantinois, ce qui lui donne un caractère forestier agro-pastoral et saharien (DPAT, 2014).

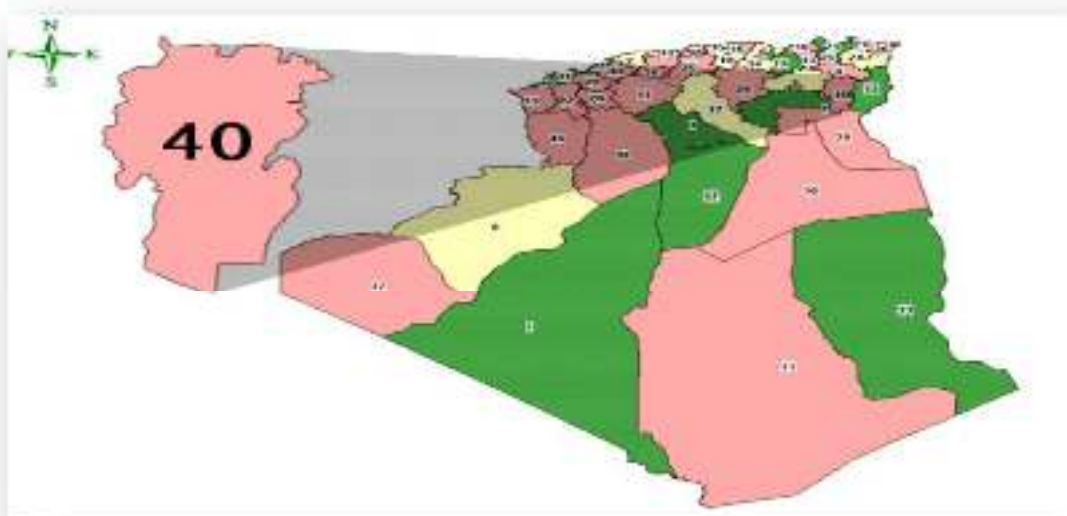


Figure N°02 Situation de la ville de kenchela et sa sectorisation(DPAT, 2014)

II.2. Population

Le tableau 2 ci-dessous représente la superficie, la densité et l'évolution de la population selon les recensements de 1998, 2002 et 2008. L'accroissement de la population est suivi par l'augmentation du volume d'eaux usées rejetées.

Commune	Superficie (Km ²)	Densité(hab/km ²)	Population 1998	Population 2002	Population 2008
Khenchela	32	3393	86600	87196	108580

Tableau N°2la superficie, la densité et l'évolution de la population selon les recensements de 1998, 2002 et 2008

II.3. Le climat

L'hétérogénéité du relief, la situation géographique et l'allongement du territoire Nord-Sud donnent une grande diversité aux aspects climatiques sur de (relativement) courtes distances. Globalement, le climat est de type continental au Nord et saharien au Sud. Les hivers sont très froids avec pluviosité très variable selon la zone et, les étés sont chauds et secs. Les températures tournent autour de : -2°C pour la moyenne des minima, $+24^{\circ}\text{C}$ pour la moyenne des maxima $-4,8^{\circ}\text{C}$ pour le minimum absolu $+42^{\circ}\text{C}$ pour le maxima absolu Les précipitations annuelles vont de quelques 200mm, sur toute la moitié Sud de la Wilaya, à des niveaux de 700 à 1200mm sur quelques zones restreintes des hautes montagnes des massifs du Nord-ouest. Il neige quelque 12,4 jours en moyenne annuelle au niveau du chef lieu de Wilaya situé à 1.116 m d'altitude et certainement plus dans les hautes montagnes du Nord-Ouest. On y enregistre aussi 31,2 jours d'orage en moyenne concentrés entre Mai et Septembre ainsi qu'une moyenne de 10 jours environ de grêle avec près de 80% entre Janvier et Juillet et une moyenne mensuelle maximum en Mars. (ONM, Khenchela) (Figure N°03-04)

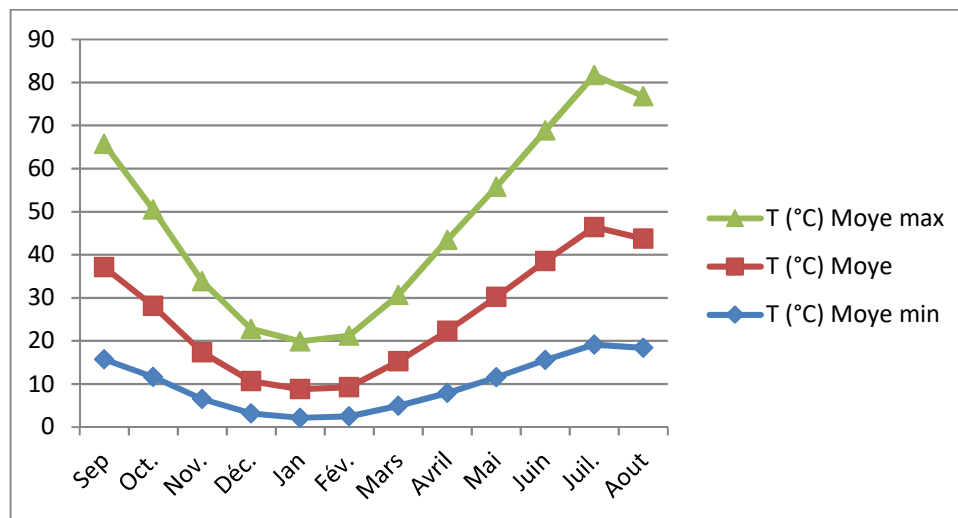


Figure N°03. Variation des températures mensuelles (max, min, et moye) de la station d'AL Hamma 2014-2018 .

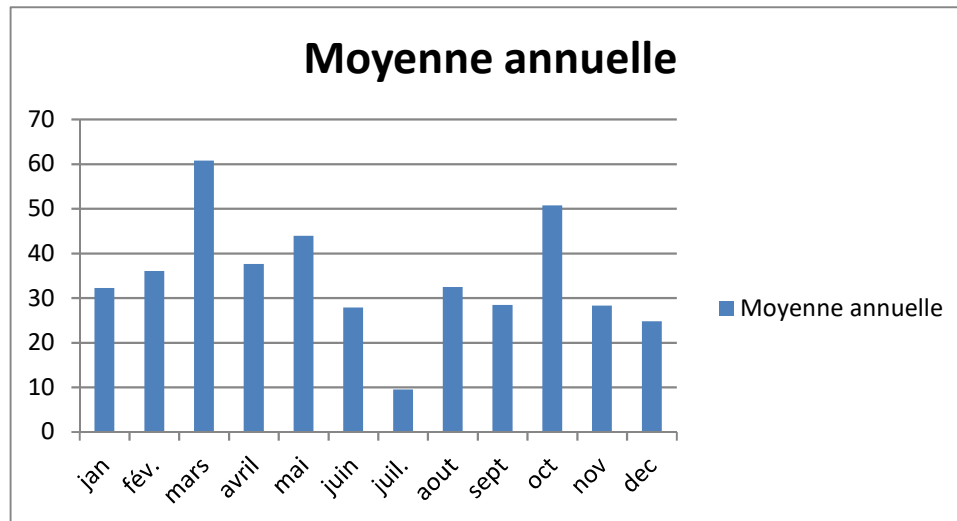


Figure N°04: les précipitations moyennes mensuelles de la période (2014-2019) .

II.4.Description de la station d'épuration de la ville de khenchela

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Khenchela situé à 02,5 km au Nord de la ville (Latitude : 35°27'37.3"N, Longitude : 7°08'55.1"E), été mise en service en janvier 2009 sa capacité est de 440 m³/j pour 192000 éq/hab. Elle est plantée sur un site limité par deux Oueds (oued Baghai et oued El monchar). (M.R.E, 2001)

Le principal système d'épuration de cette station est le traitement par boues activées à faible charge et le milieu récepteur après traitement est l'Oued Baghai (Figure N°3). (O.N.A., 2017) Actuellement les eaux usées de la ville de Khenchela sont transportées par deux collecteurs à écoulement gravitaire. Le collecteur Nord-Est fonctionne à 70% de sa capacité et celui du Sud-Est à 30% de sa capacité.



Figure N°05.Situation de la station de la ville de Khenchela.

Le rôle de cette station d'épuration est de minimiser la pollution de l'eau que nous salissons, et comme ça, nous contribuerons à la protection de notre environnement, à l'amélioration des conditions écologiques et la préservation des ressources en sol et les ressources en eaux superficielles et souterraines et surtout les eaux de l'Oued Baghai. La station d'épuration de Khenchela reçoit chaque jour un volume d'eau usée de 23000 m³.

II.5. Matériels et méthodes

Echantillonnage

Pour étudier la qualité des eaux usées traitées de la station d'épuration de la ville de Khenchela et vérifier son fonctionnement, des prélèvements ont été programmés durant plusieurs années sur l'entrée et la sortie de station. Le prélèvement de l'année 2019 a été effectué sur cinq mois seulement en utilisant des bouteilles de polyéthylène propres et secs. Pour les analyses bactériologiques, les eaux doivent être prélevées dans des flacons stériles. Ceux ci sont immergés en position verticale en le tenant par le fond, l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond et dirigé dans le sens contraire de courant, des flacons de 250 ml sont préconisés pour l'analyse bactériologique.

- Transport des échantillons

Les analyses bactériologiques doivent être effectuées moins de 6 heures après le prélèvement. Si le transport dépasse 6 heures, ainsi si la température extérieure est supérieure à 10°C, le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les prélèvements sont placés aux froids dès leurs arrivés au laboratoire avant de commencer les analyses (NA 762, 1990).



Figure N°6 .Echantillon pris à l'entrée des eaux brutes

Après la collecte, les échantillons sont immédiatement conservés dans une glacière à 4°C et transporté au laboratoire. Les échantillons prélevés ont été l'objectif des analyses physicochimiques *in-situ* tel que T°C, CE, pH, O₂dissous et TDS au moyen de sondes multiparamétriques et un oxymètre. La détermination des paramètres chimiques a été effectuée au laboratoire de la Station d'épuration. Le tableau ci-dessous résume les méthodes analytiques de quelques paramètres

Tableau N°3. Méthodes utilisées pour le dosage de quelques paramètres

Eléments	Méthodes d'analyse
MES	Norme AFNOR T90-105 (colorimètre de type DR 890)
Ca ²⁺ et Na ⁺	Photomètres de flamme PFP7 Industriel
Mg ²⁺ et K ⁺	Absorption atomique Perkin Elmer AA200 (FSAA)
SO ₄ ²⁻ et NO ₃ ⁻	Méthode colorimétrique
Cl ⁻ et HCO ₃ ⁻	Méthode Volumétrique
Cl ⁻	Le module de conductivité CM-150 du FIA Quikchem 8500 (Lachat)
TAC	Méthode titrimétrique
DHT	Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA

- Méthodes analytiques

•pH, Température et Conductivité électrique

Ont été mesurés à l'aide d'un multiparamètre de type HachHQ40D, muni de deux électrodes préalablement étalonnés. La méthode consiste à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bûcher, avec une agitation manuelle.



Figure N°07: Multi-paramètre HACH Q40D.

•Les matières en suspension (MES)

Pour la détermination des matières en suspension nous avons utilisé un filtre pré pesé de nitrocellulose de porosité $0,45\mu\text{m}$ pour la filtration d'eaux usées.

•La demande chimique en oxygène (DBO_5)

Le DBO_5 est mesurée par méthode manométrique. C'est la mesure de l'oxygène consommé en 5 jours (en mg/l) par un échantillon placé dans une enceinte thermo statée à 20°C et à l'obscurité après dilution appropriée avec une eau saturée en oxygène enrichie en sels minéraux etensemencée avec des germes microbiens. La concentration en oxygène avant et après incubation est mesurée avec une sonde asymétrique. La méthode utilisée est celle de système de mesure OxiTop. Ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs.



Figure N°08: Appareil thermo régulatrice (DBO_5)

•La demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée pour oxyder par voie chimique certaines matières oxydables contenues dans l'échantillon.

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium, $K_2Cr_2O_7$ dans une solution portée à ébullition, à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag^{2+} comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} permettant de complexer les ions chlorures (Norme NF T 90-10, équivalente ISO 6060) et les résultats sont obtenus par un colorimètre de type HACH



Figure N°09: Mesure de la demande chimique en oxygène

•Les Nitrates NO_3^-

La méthode de la réduction au cadmium a été appliquée pour la gamme 0 à 30.0 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Le cadmium réduit les nitrates en nitrites. L'ion nitrite réagit en milieu acide avec de l'acide sulfurique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Le sel réagit avec l'acide gentisique pour former une solution colorée ambre. L'absorbance est mesurée à 500nm. (Méthode colorimétrique n° 355 HACH)

•Les nitrites NO_2^-

Ils sont mesurés pour la gamme 0 à 0.3 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Les nitrites présents dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfurique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromo tropique. (La méthode colorimétrique n°375 HACH). L'absorbance est mesurée à 507nm et la couleur résultante est rose.

•Le phosphore PO_4^{3-}

Pour la détermination du phosphore réactif, le dosage a été réalisé selon la méthode colorimétrique n°490 HACH pour des teneurs comprises entre 0 et 2,5 mg /l, à l'aide d'un

spectrophotomètre de type DR2800. Les phosphores dans les eaux usées se trouvent uniquement sous forme de phosphate. La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'orthophosphate (réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate). La coloration résultante est bleue et l'absorbance est mesurée à 890nm.

•Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique d'une eau usée traitée consisterait logiquement, à la recherche de germes pathogènes qu'elle pourrait contenir. Les techniques nécessaires pour la réalisation de ce type d'analyse sont trop longues, difficiles à exécuter et trop onéreuses. Pour des simples analyses de contrôle, on préfère généralement la recherche des germes fécaux. Ces derniers, comme les germes pathogènes, sont éliminés par les matières fécales. De ce fait, leur mise en évidence dans l'eau permet d'estimer la possibilité de la présence de germes pathogènes qui sont éliminés par les matières fécales (Amouria et Medjouri, 2007) Les prélèvements d'analyses microbiologiques ont été réalisés une fois entrée et sortie de la STEP On prélève dans les meilleures conditions d'asepsie 1 ml de la solution mère et on l'introduit dans 9 ml d'eau distillée. Cela fait la dilution 10^{-1} , aussi obtenus on procède de la même manière jusqu'à atteindre la dilution 10^{-4} .

Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La méthode utilisée pour cette recherche est la méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation de tubes en milieux liquides (fermentation en tubes multiples) (Rodier et al. 2005).

Il s'agit d'un ensemencement de plusieurs dilutions de l'échantillon, chacune dans une série de tubes (série de 3) contenant un milieu de culture non véritablement sélectif mais permettant de mettre en évidence la fermentation du lactose avec production de gaz. (Rodier et al, 2005)

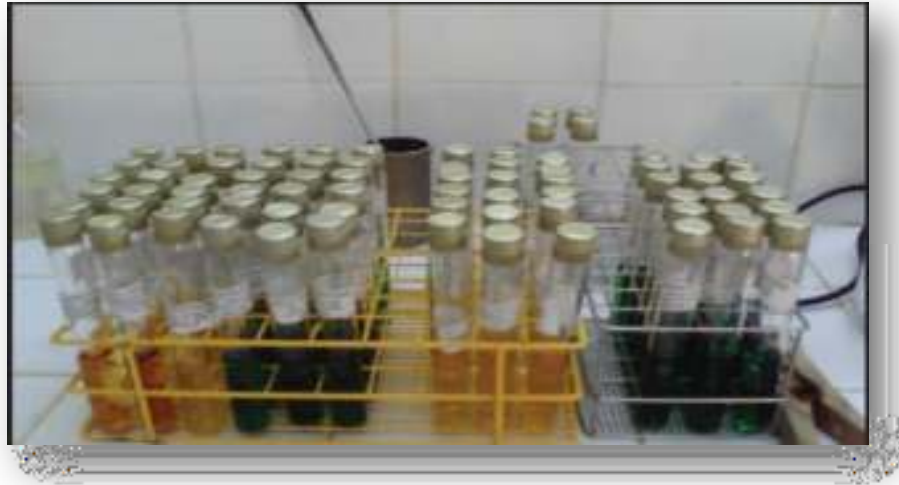


Figure N°10: Recherche des streptocoques et coliformes par méthodes de 3 tubes de dilution
Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

Pour ce genre de bactéries on effectue la méthode par incorporation en gélose (Rodier et al. 2005). Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80 °C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, régénéré et additionné de sulfite de sodium et de sel de fer. La composition du milieu est établie pour tenir compte d'un volume déterminé d'eau incorporé. (Rodier et al. 2005)



Figure N°11: Recherche du clostridium sulfite réducteur (addition du VF)

Recherche des staphylocoques totaux et fécaux

On a utilisé la même méthode que les coliformes et streptocoques. (Rodier et al. 2005).

Chapitre: J.J.J

Résultat et Discussion

Résultats Discussion

L'évaluation de la pollution d'une eau usée brute se fait d'après la détermination d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques caractérisant cette eau usée.

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées de STEP sont regroupées dans le Tableau N°4

Tableau N°4. Paramètres physico-chimiques des eaux usées de STEP KHENCHELA.

paramètre	Unité	Entrée (eaux brutes)					Sortie (eaux épurées)				
		min	max	moy	var	ecart	min	max	moy	var	ecart
T	°C	10,6	18,3	14,9	10,3	3,2	10,3	15,8	13,5	8,1	2,8
pH	/	7,3	8,3	7,9	0,2	0,4	7,4	8,0	7,6	0,1	0,2
MES	g/l	195,7	287,6	221,8	1219,8	34,9	20,1	35,7	26,6	35,0	5,9
CE	µS/cm	963,5	2366,0	1607,9	257290,8	507,2	913,5	1724,0	1320,5	131283,5	362,3
DB0 ₅	mg/l	221,0	414,0	276,8	5529,0	74,4	17,8	190,0	58,5	5427,7	73,7
DCO	mg/l	330,0	658,0	522,9	19195,2	138,5	68,7	359,0	169,4	13783,7	117,4
NH ₄	mg/l	15,8	51,3	35,4	246,3	15,7	10,7	50,5	24,2	520,3	22,8
NO ₂	mg/l	0,4	2,1	1,0	0,4	0,7	0,2	0,9	0,6	0,1	0,3
NO ₃	mg/l	2,5	16,0	8,7	28,5	5,3	2,0	7,0	3,6	3,9	2,0
NTK	mg/l	60,3	72,7	66,5	76,9	8,8	56,7	56,7	56,7	0,0	0,0
NT	mg/l	3,1	7,2	5,8	5,5	2,3	2,7	4,9	3,8	1,1	1,0
PT	mg/l	16,9	18,5	17,7	1,3	1,2	3,0	15,1	7,7	42,6	6,5
O ₂	mg/l	1,0	3,2	1,6	0,6	0,8	1,2	4,8	2,8	2,7	1,7
Salinité	g/l	0,7	2,1	1,3	0,5	0,7	0,6	1,0	0,8	0,0	0,2

Evolution interannuelles des paramètres physico-chimiques

La Température

Les variations de la température des eaux ont des effets importants car elles influencent le développement de colonies de micro-organismes. A l'entrée de la STEP, la température de l'eau est en moyenne de 23.66°C enregistrée en 2014. À la sortie de la STEP, la température de l'eau est en moyenne de 10.3°C. Ces valeurs sont inférieures au seuil préconisé par la réglementation Algérienne de 30°C. En général, en absence d'effluents provenant d'une station de refroidissement, la température des eaux usées est fortement influencée par la saison.

pH

Les échantillons des eaux usées analysées ont un pH relativement neutre. , pour l'eau usée épure le pH indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant de 6,5 à 7,5. Lorsque le

pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5, la croissance des microorganismes est directement affectée. En outre, le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration. Les valeurs de pH mesurés varient peu et restent autour de 7,6 en moyenne.

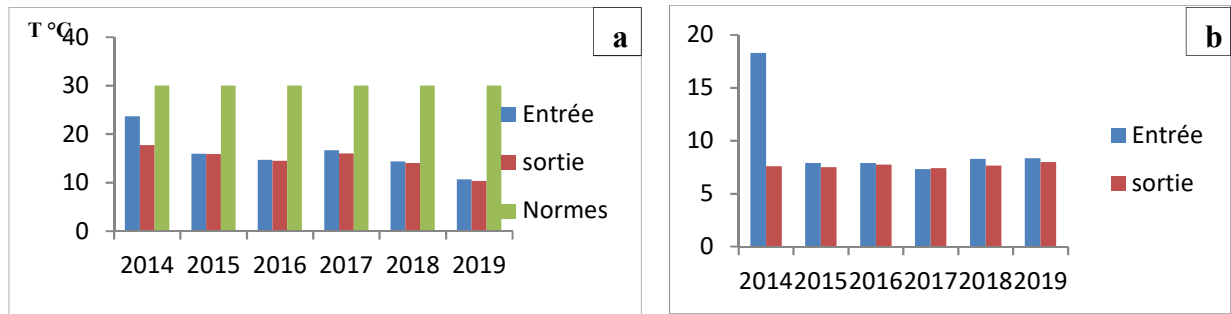


Figure N°12: Variation de la Température en (a) et du pH en (b) des eaux brutes et traitées.

Les matières en suspensions (MES)

Les teneurs en MES des eaux usées analysées varient entre 195,7mg/L et 287,6 mg/l avec une moyenne de 221,8 g/L (**Tableau N°4**). On note que les eaux usées épurées n'ont pas les mêmes charges, les eaux usées en entrée de la STEP sont classiquement plus chargées en matières en suspension. Après traitement, on enregistre des valeurs de MES, généralement, qui respectent les normes fixées à un maximum de 30 mg/l.

La Conductivité électrique

Traduisant le degré de minéralisation globale, la conductivité électrique nous renseigne sur le taux de salinité. C'est une expression numérique de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique exprimée en millisiemens par centimètre.

Les valeurs moyennes enregistrées pendant la période de suivi se situent entre 963,5 $\mu\text{S/cm}$ et 2366,0 $\mu\text{S/cm}$ avec une moyenne de 1607,9 $\mu\text{S/cm}$ (**Tableau 4**). Les résultats obtenus mettent en évidence une variation plus ou moins importante de la minéralisation exprimée en conductivité moyenne (Figure N°13-d). Les valeurs enregistrées en entrée qu'en sortie, ne dépassent pas la norme de rejet en milieu fixée à 3000 $\mu\text{S/cm}$. En règle générale, la conductivité des eaux usées suit celle des eaux potables tant que les ions organiques contribuent peu à son élévation.

Les variations inter-annuelles sont dues probablement aux fluctuations de précipitations (réseau unitaire).

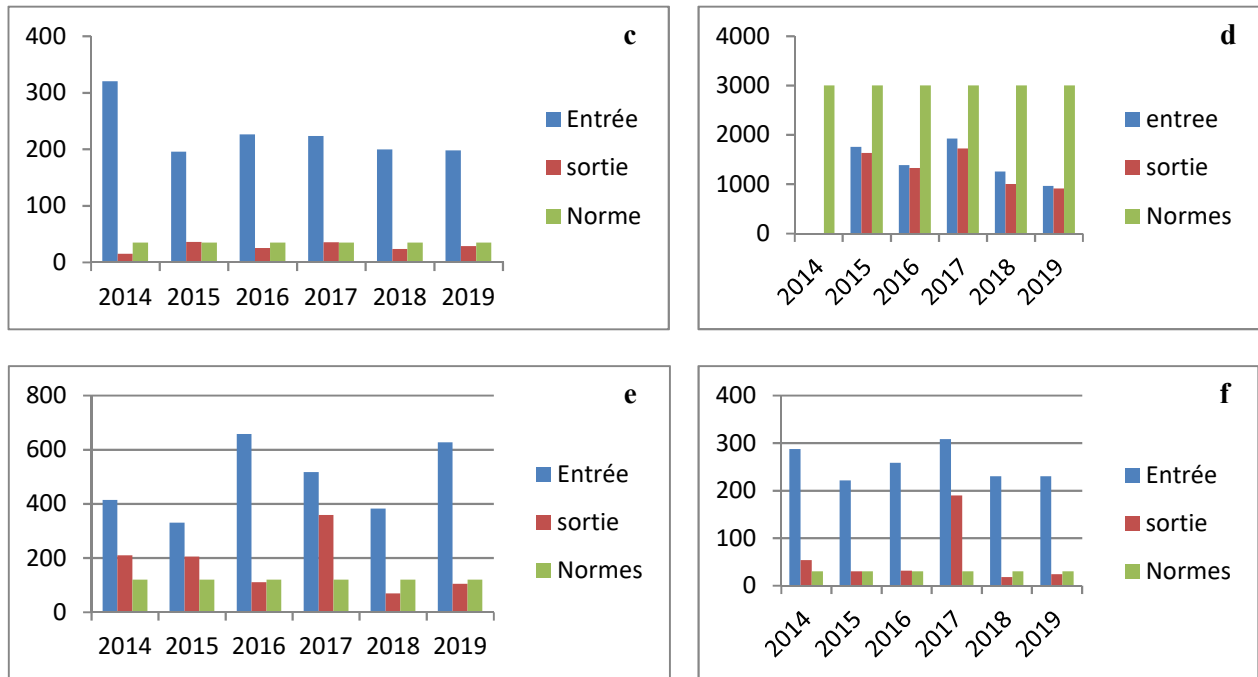


Figure N°13. Variation des teneurs en MES en (c), de la conductivité électrique en (d), de la DCO en (e) et de la DBO₅ en (f) des eaux brutes et épurées.

La demande chimique en oxygène (DCO)

La valeur minimale est enregistrée durant l'année 2015 (Figure N°13 –e) de l'ordre de 205,56 mg d'O₂/l en entrée et 110,46 mg d'O₂/l en sortie. Le maximum enregistré en 2016 avec 658,46 mg O₂/l en entrée et 110,46 mg d'O₂/l en sortie. En général, les valeurs sont supérieures à la concentration maximale admissible fixée à 120 mg/l.

La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

(Figure N°13 –f) représente la variation de la DBO₅ des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP durant la période 2014-2019. Notons que la DBO₅ les valeurs sont supérieures à la concentration maximale admissible selon la norme Algérienne (30 mg/l).

Les Formes d'azote (NO₃⁻, NO₂⁻)

Pour l'effluent brute L'azote présent dans l'eau usée peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement un constituant des protéines, des polypeptides, des acides aminés et de l'urée. L'azote minéral qui comprend l'ammonium (NH₄⁺), les Nitrites (NO₂⁻) et les Nitrates (NO₃⁻) constitue la majeure partie de l'azote total.

Les Nitrates comme les autres formes azotés évoluent très rapidement dans le milieu naturel selon le cycle d'azote. Les valeurs de Nitrates enregistrées au niveau du STEP présentent des variations considérables pendant la période d'étude.

A l'entrée, les teneurs des eaux en NO_3^- sont faibles. Les valeurs ne dépassent pas 17 mg/l. les eaux sortant du traitement montrent des valeurs encore plus faibles dont la valeur maximale est de l'ordre de 1,23 mg/l enregistrée en 2014 (Figure N°14). Les teneurs restent dans la majorité des cas inférieures à 30 mg/L.

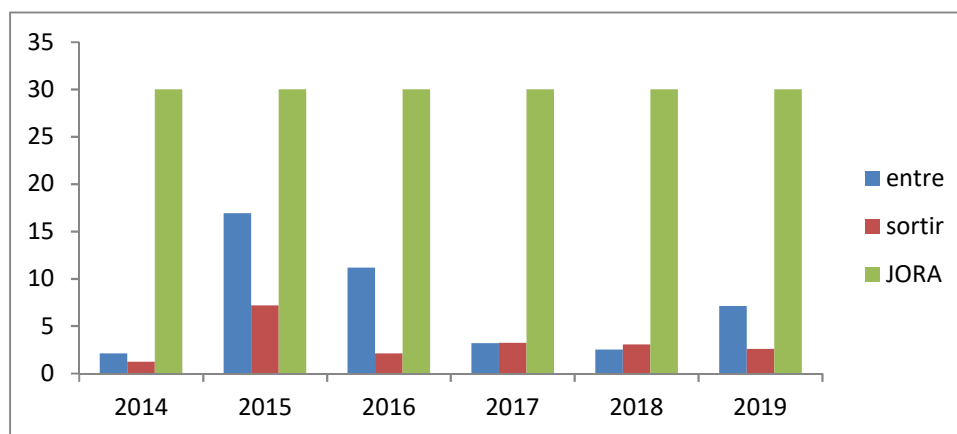


Figure N°14. Variation interannuelle de teneurs en NO_3^- des eaux brutes et traitées

Les Nitrites, qui constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, s'insèrent aussi dans le cycle d'azote entre l'ammonium et les nitrates. Les Nitrites proviennent généralement soit d'une dégradation incomplète d'Ammoniac soit d'une réduction des Nitrates, ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et facilement oxydés en nitrates (par voie chimique ou bactérienne).

Les faibles concentrations en moyenne 0,6 en Nitrites rencontrées au niveau des eaux usées des effluents étudiés, pourraient être expliquées par le fait que l'ion Nitrite (NO_2^-) est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium.

Orthophosphates

Les teneurs enregistrées en orthophosphates ne présentent pas de variations considérables au cours du cycle de prélèvement effectué. Les valeurs enregistrées varient entre 16,9 mg/L et 18,5 mg/L avec une valeur moyenne de 17,7 mg/L.

L'oxygénation

L'état d'oxygénation de ces rejets montre que, les valeurs extrêmes minimales et maximales de la teneur en oxygène dissous sont de 1,0 g/L et 3,2 mg/L avec une

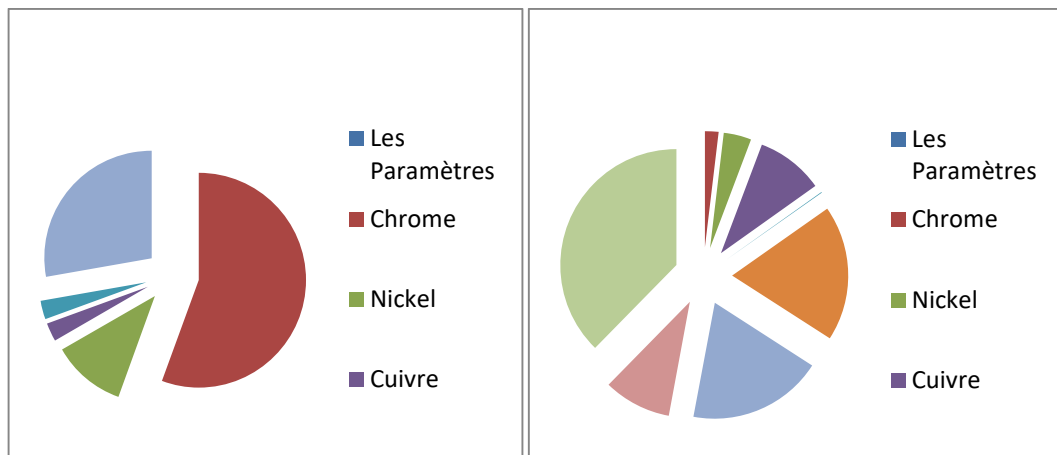
concentration moyenne de 1,6 g/L (**Tableau N°3**). La présence de l'oxygène joue un rôle dans la dégradation de la matière organique soit par voie chimique ou biologique.

Les éléments trace métallique :

La présence de métaux lourds ou d'éléments toxiques dans l'effluent de la station de traitement des eaux usées par boues activées affecte les mécanismes biologiques et biochimiques responsables de la dégradation de la matière polluante. En effet, l'arrivée d'une concentration importante de métaux lourds dans le réacteur risque de perturber le développement de la biomasse présente. **Tableau. N°05**

Tableau. N°05 : Comparaison entre les valeurs des ETM des eaux épurées de la STEP de Khenchela (2015) et les normes Algériennes et mondiales

Les Paramètres	Eau épurée (mg/l)	Normes JORAD (mg/l)
Chrome	0,2	1,0
Nickel	0,04	2,05
Cuivre	0,01	5,0
Cadmium	0,01	0,05
Plomb	<0,4	10,0
Zinc	0,1	10,0
Cobalt	<0,01	5,0
Fer	0,3	20



L'eau épurée

Normes JORAD

Figure N°15 Présentation graphique des valeurs des ETM des eaux épurées de la STEP de Khenchela (2015) et les normes Algériennes et mondiales.

Présentation graphique des valeurs des ETM des eaux épurées de la STEP de Khenchela (2015) et les normes Algériennes et mondiales.

D'après la présentation Les fortes concentrations des métaux lourds à la sortie ne pas conformes aux normes de **JORAD**

Evaluation de la pollution organique et origine des eaux usées

Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées de ces effluents étudiés, on a calculé les rapports DCO/DBO₅, DBO₅/DCO et MES/DBO₅ (**Tableau N°6**).

Tableau N°6: Rations des eaux usées de STEP

Rapport	Min	Max	Moy
DCO/DBO ₅	1.88	3.92	2.89
DBO ₅ /DCO	0.26	0.48	0.34
MES/DBO ₅	1.12	0.19	0.45

L'utilisation de ces paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour donner une image du degré de pollution des effluents bruts et épurés et afin de proposer un mode de traitement convenable.

Ratio DCO/DBO₅

Le rapport DCO/DBO₅ permet de déduire si les eaux usées traitées rejetées directement dans le milieu récepteur ont les caractéristiques des eaux usées domestiques (rapport DCO/DBO₅ inférieur à 3). Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables. (Rodier, 1996). Les eaux usées présentent un ratio DCO/DBO₅ variant de 1.88mg/L à 3.92 mg/L (**Tableau 6**).

En moyenne 2.89mg/l, ces valeurs restent conformes avec celui des eaux usées urbaines à dominance domestique présentant un rapport DCO/DBO₅ inférieur à 3.

Donc, on peut conclure que même si les eaux usées de ce rejet urbain présentent une charge organique élevée, elles sont facilement biodégradables. L'examen de ce rapport souligne bien le caractère biodégradable

Ratio DBO₅/DCO

Pour caractériser une pollution industrielle, on considère souvent le rapport DBO₅/DCO, qui donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement. Dans le cas de la présente étude, ce rapport est relativement élevé de l'ordre de 0.34 (**Tableau 6**). C'est le cas général pour les rejets chargés en matière organique. Cette charge organique rend ces eaux usées assez instables, c'est à dire

qu'elles évolueront vite vers des formes "digérées" avec le risque de dégagement d'odeurs. En effet, les eaux usées de ce collecteur sont à dominante organique.

Ratio MES/DBO₅

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. La connaissance de la concentration des éléments colloïdaux dans les eaux usées est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique.

Les valeurs du rapport MES/DBO₅ obtenues sont faibles en comparaison avec celles du rapport habituel et qui sont comprises entre 1,2 et 1,5. Elles sont autour d'une moyenne de 0,45 avec une valeur minimale de 0.19 et une valeur maximale de 1,12. Les valeurs faibles pourraient être expliquées par le fait que les matières en suspension sédimentent rapidement à l'amont des points de rejets provoquant ainsi une diminution de leur teneur dans l'effluent, cette diminution est d'autant plus grande que le débit du rejet est faible. En effet, si le débit est faible il va provoquer l'absence de la turbulence et par conséquent une sédimentation rapide de MES.

Surveillance statistique de l'évolution de la qualité des eaux usées

Les méthodes de projection statistique multi variées telles que l'analyse en composantes principales (ACP) sont les plus courantes dans le domaine de surveillance de la qualité des eaux usées et la vérification des procédés d'épuration.

En entrée de la STEP (eaux brutes)

Une étude statistique par l'analyse en composantes principales a été effectuée sur un tableau de 8 variables et de 6 observations qui présentent les eaux brutes. Cette analyse a été effectuée sur le plan factoriel I-II et exprime 78.28% de la variance.

Les variables les plus corrélées à l'axe I sont: **CE, DBO₅, MES** et **NO₂** avec des coefficients de corrélation qui dépassent 0.8. En plus de ces variables, on note d'autres qui contribuent ainsi à former la CP I avec des coefficients moins importants (0.4 à 0.6), on trouve les éléments : **pH** et **O₂ dissous**. La deuxième composante (axe II), est rassemblée par la **DCO** et **NO₃⁻**.

La projection des échantillons sur le plan I-II permet de distinguer, généralement, deux groupes : Le groupe des eaux corrélés à l'axe I (**E2014, E2018** et **E2019**) qui représente les éléments indicateurs de la pollution organique et le groupe des eaux riches en matières relativement difficilement biodégradables (**E2015, E2016** et **E2017**).

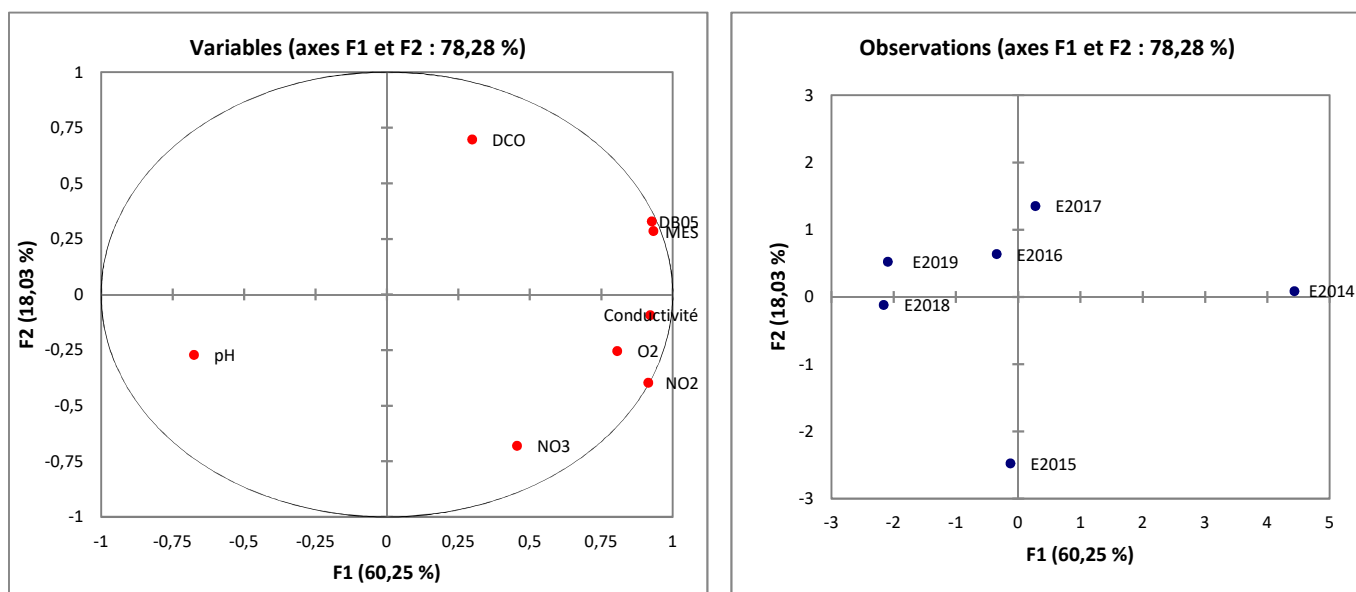


Figure N°16 .Projection des variables et des individus (échantillons d'eaux usées) sur le plan I-II

En sortie de la STEP (eaux épurées)

Sur un tableau de 8 variables et de 6 observations le plan factoriel I-II et exprime 91.25% de la variance.

Les variables les plus corrélées à l'axe I sont: **CE**, **DCO** et **O₂** avec des coefficients de corrélation qui dépassent 0.7. En plus de ces variables, on note d'autres qui contribuent ainsi à former la CP I avec des coefficients moins importants (0.5 à 0.6), on trouve les éléments : **MES** et **DBO₅** et **NO₂**. La deuxième composante (axe II), est rassemblée par les nitrates(**NO₃⁻**).

La projection des échantillons sur le plan I-II permet de distinguer, généralement, deux groupes : Le groupe des eaux corrélées à l'axe I (**E2017**, **E2018** et **E2019**) qui représente les éléments indicateurs de la pollution organique et inorganique et le groupe des eaux riches en matières relativement facilement biodégradables (**E2015**).

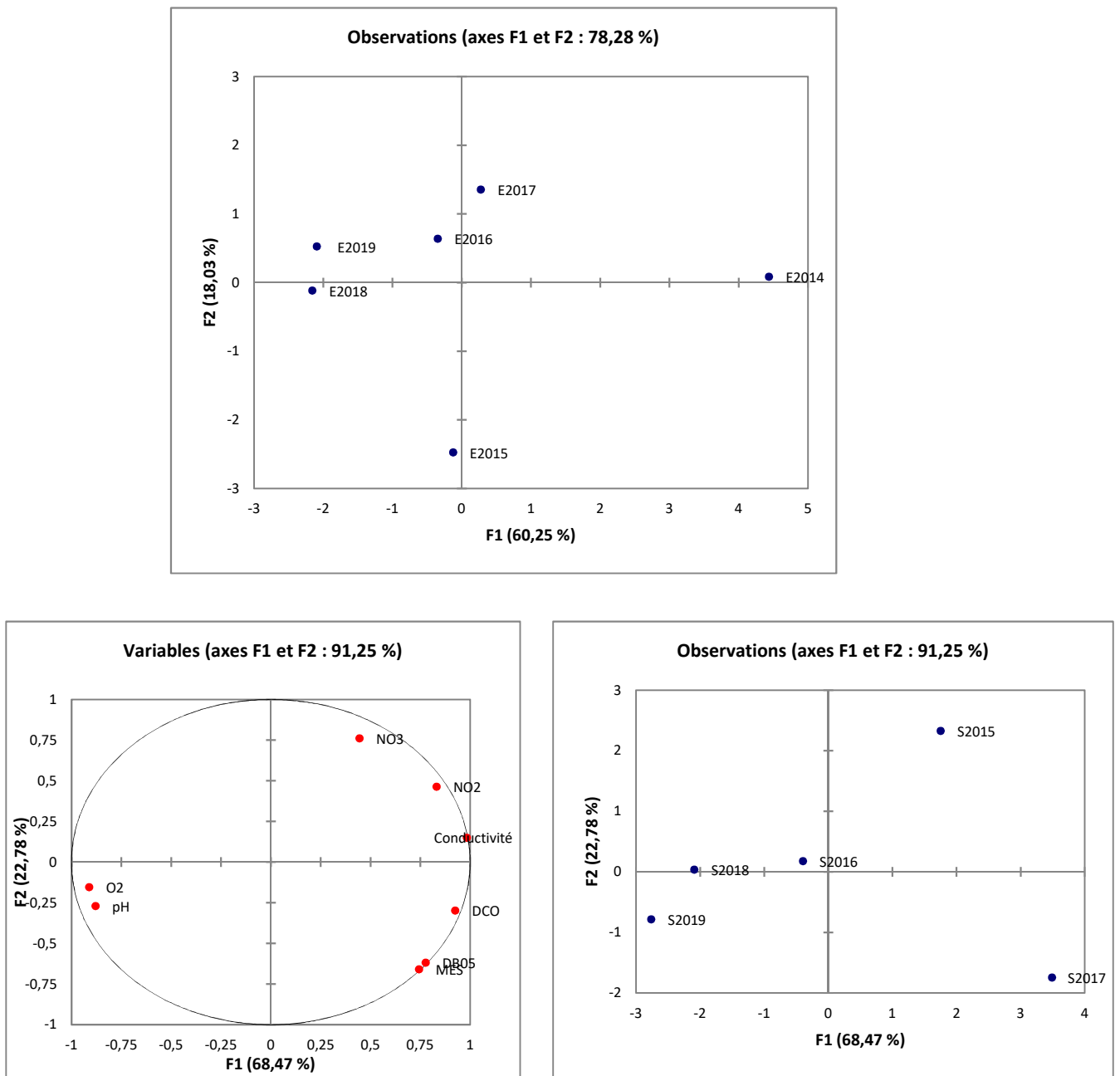


Figure N°17. Projection des variables et des individus (échantillons d'eaux épurées) sur le plan I-II

Comparaison entrée-sortie et évolution de la chimie des eaux

L'analyse en composantes principales permet de désigner les corrélations que font les différents éléments entre eux. La présente analyse globale porte sur 8 variables et 12 observations. Le choix des plans factoriels à retenir a été réalisé en se basant sur la méthode de calcul du ratio $n : p$ (n : nombre d'observations et p : nombre de variables).

La matrice de corrélation entre variables chimiques (Tableau N°7) révèle plusieurs corrélations significatives. Une corrélation fortement significative ($r > 0.8$) a été observée entre les éléments : **DBO₅**, **DCO** et **MES** ce qui indique que leurs augmentation est en fonction de quantité de charge polluante. Il semble que la conductivité électrique est influencée par l'ion nitrite avec un coefficient de corrélation qui atteint 0.87 du fait de l'intensité de l'activité biologique au niveau des canalisations et des bassins aérauliques. Une relation anion-anion importante a été observée entre les nitrates et les nitrites indiquant leur origine commune (dégradation de la matière organique).

Tableau N°6. Matrice de corrélation entre variables (Pearson)

Variables	pH	MES	Conductivité	DBO₅	DCO	NO₂	NO₃	O₂
pH	1							
MES	0,0830	1						
Conductivité	-0,5988	0,5868	1					
DBO₅	0,0234	0,9758	0,6594	1				
DCO	0,1416	0,9003	0,4189	0,8944	1			
NO₂	-0,3127	0,5645	0,8773	0,6402	0,4388	1		
NO₃	0,0693	0,4943	0,4722	0,5033	0,4880	0,7691	1	
O₂	0,0366	-0,5051	-0,3114	-0,4181	-0,5544	-0,1580	-0,1854	1

Le premier axe sur le plan factoriel I-II Figure N°17 exprime 56.21% de la variance dont le pôle des variables indicateurs de la pollution organique avec un ensemble de variables : **MES**, **DBO₅**, **DCO**, **CE**, **NO₃⁻** et **NO₂⁻**. Les individus qui présentent cet axe sont les échantillons **E2014**, **E2015**, **E2016**, **S2016**, **S2018**, **S2019**. La corrélation entre cet axe et les eaux brutes (entrée) est tout à fait normale car ces derniers sont chargés en matières organiques, en revanche, son corrélation avec les individus présentant les eaux épurées évoque un dysfonctionnement au niveau des infrastructures de la STEP qui aboutit au rejet d'eaux épurées encore riches en nutriments et matières non dégradées.

Le deuxième axe présent 20.45% de la variance est fortement corrélé avec le pH qui est négativement corrélé à la conductivité électrique et les nitrites. Les individus qui suivent cet axe (S2015, E2018 et E2019) présentent une alcalinité importante. Une alcalinisation de l'eau peut être causée par une hausse de l'activité photosynthétique (Serghini, 2010) pour les eaux épurées. Pour les eaux brutes l'alcalinisation peut être due à l'effet de la nature légèrement alcaline des eaux de la région.

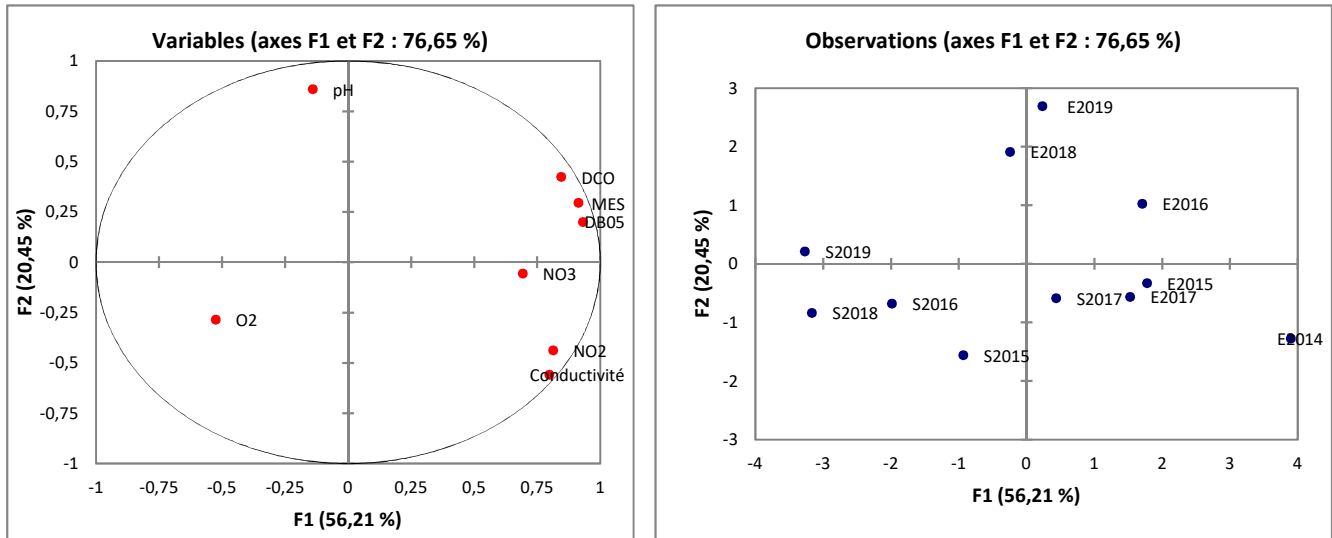


Figure N°18. Projection des variables et des individus (échantillons d'eaux brutes et épurées) sur le plan I-II

Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique vise à la recherche et le dénombrement des germes suivants : germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux, Clostridium sulfito-réducteurs. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes. L'identification et le dénombrement des germes pathogènes des eaux usées brutes et épurées ont été réalisés suivant la méthode liquide (Rodier, 2005).

Tableau N°8 : Résultats d'analyses bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la STEP ville khenchela

Date de réception de l'échantillon 23 /05/2019

Analyse	entrée	sortie	Normes'OMS	référence
Coliformes aérobie a 37°c /100ml	210	93	-	RODIER J 2005
Coliformesfécaux/100ml	150	48	103/100ml	
Streptocoque D/50ml	75	28	-	
Clostridium sulfito- réducteurs a46/ml	Indénombrable	05	-	

Les résultats d'analyses microbiologiques:

Ces germes présentent fréquemment des concentrations importantes dans les matières fécales de l'homme et des mammifères les plus susceptibles d'héberger des pathogènes. Par gramme de fèces,. Ce sont donc des témoins sensibles, du fait de leur grande quantité dans les fèces, et complémentaire du fait de la concentration plus importante des coliformes fécaux chez l'homme, et des streptocoques fécaux chez l'animal.

Les résultats obtenus montrent la présence de certains germes comme les coliformes totaux et les streptocoques (totaux et fécaux), et staphylocoques Clostridium sulfito-réducteurs n'est pas conforme au normes(absence totale dans Léau épure),ainsi que l'absence des salmonelles pour le genre Coliformes fécaux/100ml généralement reste inférieure 48/100ml ,qui respectent les normes fixées à un maximum de103/100ml(Tableau N°8)

La présence des genres(les coliformes totaux et les streptocoques (totaux et fécaux), et staphylocoques Clostridium sulfito-réducteurs) indiqués peut être justifiée par l'absence de la dernière étape de traitement qui est la désinfection par le chlore. La présence de ces genres est pas recommandée pour les eaux de rejets, car elles peuvent contaminer l'Homme par les espèces animales sauvages qui rentrent en contact avec d'autres domestiquées.

Les autres genres ne sont pas présent (salmonelles et staphylocoques) car ces genres se caractérisent par une fragilité contre la variation de leur conditions favorables de vie. Elles ne peuvent pas résister les conditions de milieu où elles se trouvent.

D'après le (Tableau N°8) nous remarquons que les eaux usées épure sont chargées en germes pathogènes et que leur nombre et élève . Il apparaît également que le traitement biologique utilisé dans la STEP n'est pas efficace pour l'abattement des germes pathogènes.

Les résultats obtenus peuvent s'expliquer d'une part par le fait que le traitement biologique utilisé dans la STEP favorise la croissance bactérienne pour dégrader la pollution carbonée ou azotée et d'autre part par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes. De plus, l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne

Comparaison avec les normes de l'OMS

La réglementation de l'OMS se base plus particulièrement sur la qualité microbiologique de l'eau en raison du risque qu'elle provoque (OMS, 1989). Ces recommandations sont destinées à une utilisation internationale et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée (Belaid, 2010).

En examinant le (Tableau N°7)on peut constater que les valeurs des paramètres microbiologiques des eaux épurées par la STEP de la ville de kenchela restent inférieures aux normes de l'OMS. Selon ces normes, la qualité sanitaire de ces eaux serait alors acceptable dans le cas d'une réutilisation

Conclusion général

Conclusion général

Ce travail a été réalisé dans le but d'établir un diagnostic , une caractérisation et estimation de la charge polluant des eaux usée c'est a dire de l'état physicochimique et bactériologique des eaux usées brute et épurées de la STEP de Khenchela, de déduire la performance de cette station et d'étudier si la qualité de ces eaux sont conformes aux normes ou non.

La première partie du mémoire a donc consisté en un état des connaissances sur les différents types des eaux usées, les paramètres de pollution et les procédés de traitement des eaux usées les différents méthodes d'analyses des eaux présentent dans le laboratoire de l'ONA .

La seconde partie de notre travail a été consacrée à la présentation des résultats d'essais expérimentaux que nous avons réalisés dans le cadre de cette étude structurés en plusieurs diagrammes et des présentation statistique (Surveillance statistique de l'évolution de l'qualité des eaux usées).

Au terme de notre étude, et selon les résultats d'analyses effectuées dans le laboratoire de la station et durant la période (2014-2019), nous remarquons la grande différence entre les valeurs des eaux traitées et celles des eaux brutes, cela reflète le degré d'efficacité du traitement des eaux résiduaires de Khenchela qui a un rendement pouvant atteindre 90 %.

La comparaison entre les valeurs des différents paramètres physicochimiques (pH, température, CE, DCO, DBO₅, NO₂, NO₃, ...Etc.) des eaux usées épurées de la station d'épuration de Khenchela avec les normes fixées par l'OMS et le journal national montrent que toutes les valeurs sont inférieures aux limites a l'exception de DCO et DBO₅ qui reste supérieur a la normes .

D'après le résultat de l'analya bactériologique , nous remarquons que les eaux usées épure sont chargées en germes pathogènes et que leur nombre et élève . Il apparaît également que le traitement biologique utilisé dans la STEP n'est pas efficace pour l'abattement des germes pathogènes.

Les résultats obtenus peuvent s'expliquer d'une part par le fait que le traitement biologique utilisé dans la STEP favorise la croissance bactérienne pour dégrader la pollution carbonée ou azotée et d'autre part par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes. De plus, l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne.

On peut conclure que les eaux usées de ce rejet sont facilement biodégradable même si que les rapports DBO₅/DCO et MES/DBO₅ sont élevés.

L'examen du rapport DCO/DBO5 souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées. Mais elles recommander un traitement biologique paraît tout à fait convenable au niveau de STEP afin de produire un effluent qui respecte les normes de rejets directs et indirects. Cependant, il faut tenir compte les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

LISTE DES ANNEXES

Annexe.1.Résultats d'analyse physico-chimique des eaux usée entrée (2014-2019)

Paramètre	Entrée 2015	Entrée 2016	Entrée 2017	Entrée 2018	Entrée 2019
D m(m3/j)		/	/		/
MES	195,72	226,505	223.4	199.67	197.85
DB0 ₅	221,25	258,3325	308	230	230
DCO	330,3625	658,465	517	382.67	627.75
N-NH ₄ (mg/l)	/		51.3	30.34	15.83
N-NO ₂ (mg/l)	15,3325	0,9925	0.79	0.46	0.39
N-NO ₃ (mg/l)	16,935	11,16	3.18	2.53	7.12
NTK (mg/l)	/		60.3	/	/
NT (mg/l)	/	48,1	/	/	14.07
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	7,03		/	3.07	7.23
PT (mg/l)		4,985	16.88	/	/
O ₂ dissous (mg/l)	1,7825	1,03	1.04	1.44	1.41
Salinité (mg/l)	1,765	2,08	/	0.71	0.65
Ce(US/cm)	1755,5	1385,5	1924	1254	963.5
T (°C)	15,9325	14,645	/	14.33	10.62
PH	7,9	7,89	7.3	8.29	8.34

Annexe.2.Résultats d'analyse physico-chimique des eaux usée sortie (2014-2019)

Paramètre	Sortie 2014	Sortie2015	Sortie2016	Sortie2017	Sortie 2018	Sortie 2019
D m(m3/j)	27,14		/	/		9362
MES	35,87	25,095	35,715	201.2	23.66	28.54
DB0 ₅	53,33	29,9425	31,3825	190	17.83	24
DCO		205,562	110,465	359	68.67	104.25
N-NH ₄ (mg/l)	0,13075	/	/	50.52	10.67	11.36
N-NO ₂ (mg/l)	214,40	9,065	0,7925	0.71	0.32	0.15
N-NO ₃ (mg/l)		7,19	2,11	3.22	3.05	2.59
NTK (mg/l)		/	/	56.65	/	/
NT (mg/l)		/	32,5	/	/	12.53
PO ₄ ⁻³ (mg/l)		4,4	3	/	2.74	4.89
PT (mg/l)		/	3,25	15.13	/	/
O ₂ dissous (mg/l)		/	2,0225	1.23	4.77	4.33
Salinité (mg/l)		1	0,74	/	0.65	0.62
Ce(US/cm)		1631,25	1330,25	1724	1004	913.5
T (°C)	17,7375	15,88	14,4875	/	14	10.33
PH	7,59666666 7	7,485	7,7475	7.4	7.64	7.98

Annexe. 3. les normes de rejets des effluents liquides selon l'OMS

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
pH	6,5-8,5
DBO₅	< 30 mg/l
DCO	< 90 mg/l
MES	< 20 mg/l
NH₄⁺	< 0,5 mg/l
NO₂	1 mg/l
NO₃	< 1 mg/l
P₂O₅	< 2 mg/l
Température	< 30°C

Annexe.4. les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6.5-8.5
DBO5	mg/l	30
DCO	mg/l	120
MES	mg/l	35
Azote total	mg/l	30
Phosphor total	mg/l	10
Furfural	mg/l	50
Hydrocarbures	mg/l	10
Plomb	mg/l	0.5
Fer	mg/l	3
Mercure	mg/l	0.01
Cuivre	mg/l	0.5
Plomb	mg/l	0.5
Zinc	mg/l	3

Annexe.5. Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères

Paramètre	Unité	Degré de restriction imposé à l'utilisation		
		Aucun	Faible à modéré	Important
Salinité, EC _w ^a	dS/m	<0,7	0,7-3,0	>3,0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
TSS	mg/l	<50	50-100	>100
SAR ^b	0-3	meq/l >0,7 EC _w	0,7-0,2 EC _w	<0,2 EC _w
SAR	3-6	meq/l >1,2 EC _w	1,2-0,3 EC _w	<0,3 EC _w
SAR	6-12	meq/l >1,9 EC _w	1,9-0,5 EC _w	<0,5 EC _w
SAR	12-20	meq/l >2,9 EC _w	2,9-1,3 EC _w	<1,3 EC _w
SAR	20-40	meq/l >5,0 EC _w	5,0-2,9 EC _w	<2,9 EC _w
Sodium (Na ⁺)	Irrigation par aspersion	meq/l <3	>3	
Sodium (Na ⁺)	Irrigation superficielle	meq/l <3	3-9	>9
Chlorure (Cl ⁻)	Irrigation par aspersion	meq/l <3	>3	
Chlorure (Cl ⁻)	Irrigation superficielle	meq/l <4	4-10	>10
Chlore (Cl ₂)	Total résiduel	mg/l <1	1-5	>5
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)		mg/l <90	90-500	>500
Bore (B)		mg/l <0,7	0,7-3,0	>3,0
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)		mg/l <0,5	0,5-2,0	>2,0
Fer (Fe)	Irrigation par goutte-à-goutte	mg/l <0,1	0,1-1,5	>1,5
Manganèse (Mn)	Irrigation par goutte-à-goutte	mg/l <0,1	0,1-1,5	>1,5
Azote total (AT)		mg/l <5	5-30	>30
pH		Plage normale: 6,5-8		
Éléments traces (voir Tableau A1.2)				

TDS: matières solides dissoutes totales; TSS: matières solides en suspension totales.

Sources: Ayers & Westcot (1985); Pescod (1992); Asano & Levine (1998).

^a EC_w: conductivité électrique moyenne en déciSiemens par mètre à 25°C.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A	
Ademe. 1995 :	Les micropolluants métalliques dans les boues résiduares des stations d'épuration urbaines. Paris: ADEME Edition, 209p.
AROUA A. (1994)	L'homme et son milieu. Edition société national. Alger, 73-85p.
B	
Baghdali (2007)	rapporte qu'en 2006 Baghdali L. (2007). La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation en Algérie. Exposé à Rabat, 9-12 Juillet 2007. 13 p.
Bandu J.L.1999	Étude des options de traitement secondaire des eaux usées pour la région du Grand Moncton, Thèses Doctorat Faculté des études supérieures et de la recherche Centre universitaire de Moncton.241p.
BAUMONT ET AL .2004	BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. (2004)- Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p
BELAID N. (2010)	Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, Thèse de Doctorat en co-tutelle de l'université de Sfax et de Limoges
Bourouache M., 2015.	Etude de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux usées de la station mzar et impact de leur réutilisation en Irrigation des espaces verts du grand Agadir. Mémoire de fin d'études de Master. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Agadir .39P.
BOUDEAL et DJOUID, 2003	Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèse ing, tatho des écosystèmes universitaires, Stif. 6-13p.
BOUNTOUX J. (1993)	Introduction à l'étude des eaux douces (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson) qualité et santé 2eme édition CEBEDOC éditeur. Paris.167p
E	
Eckenfelder, 1982	gestion des eaux usées urbaines et industrielles. caractérisation, techniques d'épuration, aspects économiques, édition paris épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118.
F	
Faby J.A. Bissaud F . 1997	l'utilisation des épurées en irrigation. Office international de l'eau, 76 P.
Faruqui, 2003.	La gestion de l'eau selon l'Islam. Éditions Karthala, Paris. 144 p.
G	

Gaujous, 1995.	La pollution des milieux aquatique, aide-mémoire, Paris.
GOMELLA C. ;	Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales : le traitement.- 2e
GUERREE H., 1983	édition.- Paris : EYROLLES.- 260 p.
Gadda N.2013	Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physicochimiques des sols dans la région d'Ouargla, Mémoire Master Académique. Université Kasdi Merbah
Grabsi fouzi 2002	Mémoire de fin d'étude diplôme d'ingénieur en agronomie dimensionnement de la station de traitement des eaux de la ville de Khenchela 2002
GROSCLAUDE G., 1999	L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p.
H	
Hartani T. 1998.	La réutilisation des eaux usées en irrigation. Situation actuelle et LE LIVRE NOIR DE L'ENVIRONNEMENT état des lieux de la pollution sur les lieux plantés 2006 P244-P250
Hugo V. 2007.	Modélisation et commande floues de type takagi-sugeno appliquées à un bioprocédé de traitement des eaux usées. Doctorat de l'Université Paul Sabatier - Toulouse III et l'Université de los Andes, Colombie.11P.
K	
Karamoko Y. 2000	Caractérisation parasitologique de deux rejets d'eaux usées dans l'Oued Martil (Tétouan). Mémoire de DESA Biotechnologies Toxico-génétique et santé, FST : Tétouan ; 57
Karvelas, M., Katsoyiannis, A, Sammara, C., 2003	Occurrence and fate of heavy metals in the wastewater treatment process. Chemosphere 53, 1201-1210
Khallaayoune K. 2005	Epidémiologie des maladies parasitaires liées aux eaux usées : situation au Maroc et stratégies de prévention (4) <u>in</u> compte rendu Atelier-séminaire sur traitement et réutilisation des eaux usées : impact sur la santé et l'environnement du 3- 6 mars.
L	
Lehtihet, L., 2005.	La réutilisation des eaux usées en Algérie : Situation actuelle et Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Scientifiques et Ediscience international, Paris, 689p
M	

Medkour, M. 2002.	Réutilisation des eaux usées épurées. Forum de la gestion de la demande en eau : réutilisation des eaux usées. Rabat, 26 et 27 mars 2002, p11.
Metahri M.S., 2012.	Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat, Université mouloud mammeri de Tizi-Ouzou. 5-6 Pp.
Mills, R.A.T. Asano. 1998	Planning and analysis of water reuse projects. Etats-Unis.
MRE, 2001.	Les ressources en eau d'Algérie. Ministère des Ressources en Eau
N	
NSOM ZAMO A. C., 2003	Pollution par les eaux usées : Analyse parasitologique des eaux usées brutes et des cultures maraîchères, étude de la viabilité des helminthes et évaluation du risque sanitaire humain dans la région du Gharb (Kénitra). Thèse de Doctorat de Parasitologie : Kénitra ; 152. perspectives de développement. Document : 30 p. perspectives. Séminaire sur les ressources en eau non conventionnelles, Alger
R	
Rabah A.A., 2012	Elimination des métaux lourds (Cd, Pbn, Cr, Zn et As) des eaux industrielles par le procédé d'infiltration percolation. Thèse doctorat, université ibn zohr, Agadir. 149P.
RAMADE F. (2000)	Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed.
RICHARD C. (1996)	médicale Elsevier. Paris.
RODIER J. (2005).	Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition Dunod, Paris, 1384p.
S	
Saghir et al., 2000	Saghir, J., Schiffer, M. and Woldu, M. (2000) Urban water and sanitation in the Middle East and North Africa: the way forward. The world Bank, MENA Infrastructure Development Group, 24 p. synthèse (Algérie) : 73 p.
Serghini A.,et al 2003	Fekhaoui M., El Abidi A., Tahri L., Bouissi M., El Houssine Z., Contamination métallique des eaux souterraines de la ville de Mohammedia (Maroc), Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé, 13, 3 (2003)
T	
Tamrabet et al., 2002	L., D., Goléa, H., Bouzerzour (2002). La réutilisation des eaux usées en agriculture: insuffisances et solutions des méthodes de traitement des effluents en

	Algérie. Watmed2002, Monastir, Tunisie. Pp. 295-302
Tfyeche L., 2014.	Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement, Mémoire master professionnel, Université kasdi Merbah Ouargla .47P
THOMAS O. 1995.	Métarologie des eaux résiduaire, Edition cedeboc, 1995 p 135.

Résumé

L'objectif de ce travail s'insère dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux usées et d'estimer leur charge polluante en temps que le de passément de normes a une grande influence sur le milieu récepteur.

La caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes et épurées est portée sur les variables T°.PH.MES.CE.DBO₅.DCO.NH₄.NO₂.NO₃.NTK.NT.PT.O₂.Salinité Pendant la période 2015-2019.

Les résultats ont révélé, en terme de DBO₅ et DCO, que ce rejet liquide est très chargé en matière organique et en même temps il présente une biodégradabilité satisfaisante.

L'examen de rapport et l'évaluation statistique ACP souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées aux quelles un traitement biologique paraît tout à fait convenable.

Les résultats obtenus peuvent s'expliquer d'une part par le fait que le traitement biologique utilisé dans la STEP favorise la croissance bactérienne et d'autre part par l'absence d'un traitement efficace qui sert à la destruction des germes pathogènes. De plus, l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne

Les mots clés :STEP , DBO₅ et DCO, croissance bactérienne, germes pathogènes

ملخص

الهدف من هذا العمل يندرج في إطار مراقبة نوعية مياه الصرف الصحي ويقدر وقت التحميل التلوث على أنها تتفوق على المعايير لديها تأثير كبير على المدى المتوسط الاستقبال.

ونظرا لخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الخام والمعالجة لمتغيرات

T°.PH.MES.CE.DBO₅.DCO.NH₄.NO₂.NO₃.NTK.NT.PT.O₂. خلال الفترة 2015-2019.

وأظهرت النتائج، من حيث BOD₅ وCOD، يتم تحميل هذه النفايات السائلة بشكل كبير مع المواد العضوية، وفي الوقت نفسه لديها التحلل البيولوجي مرضية.

تقرير الفحص من ACP والتقييم الإحصائي يؤكد التحلل البيولوجي لمياه الصرف الصحي والمعالجة البيولوجية تبدو مناسبة تماما.

نتائج يمكن تفسيره جزئيا بحقيقة أن المعالجة البيولوجية المستخدمة في الخطوة تشجع نمو البكتيريا وأيضا بسبب عدم وجود

علاج فعال يستخدم لتدمير مسببات الأمراض. وبالإضافة إلى ذلك، تعتبر مياه الصرف الصحي على البيئة المثلى لنمو الجراثيم

الكلمات المفتاحية: الخطوة ، BOD₅ و COD ، النمو البكتيري ، الجراثيم المسببة للأمراض

Summary

The purpose of this work is to monitor the quality of wastewater and to estimate their pollutant load as the overrun of standards has a great influence on the receiving environment.

The physicochemical characterization of raw and purified wastewater is carried out on the variables T°.PH.MES.CE.DBO₅.DCO.NH₄.NO₂.NO₃.NTK.NT.PT.O₂. During the period 2015-2019.

The results revealed, in terms of BOD₅ and COD, that this liquid discharge is very heavy in organic matter and at the same time it has a satisfactory biodegradability.

The report review and the ACP statistical evaluation highlight the biodegradable nature of the wastewater to which biological treatment seems quite suitable.

The results obtained can be explained on the one hand by the fact that the biological treatment used in the WWTP promotes bacterial growth and, on the other hand, by the absence of an effective treatment that serves to destroy the pathogenic germs. In addition, wastewater is considered the optimal medium for microbial growth.

Key words: STEP, BOD₅ and COD, bacterial growth, pathogenic germs