

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1995-سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecotoxicologie Animale

Intitulé

Contrôle de qualité des eaux usées épurées dans la station
d'épuration de la wilaya de Guelma utilisées à des fins
d'irrigation agronomiques

Présenté Par :

- BOULECHFAR Hana
- BOUKHEMIS Kelthoum
- CHERAITI Marwa

Membre de Jury:

Dr. BOUCETTA Sabrina	(MCA)	Présidente	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda
Dr. BECHIRI Loubna	(MCB)	Promotrice	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda
Dr. LAIB Imen	(MCA)	Examinatrice	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.

Nous remercions en premier notre encadreur BICHIRI Loubna. Qui n'a cessé de nous prêter son soutien scientifique et moral depuis qu'il accepté de diriger ce travail. Nous le remercions pour sa gentillesse et ses conseils judicieux tout long de cette période et nous le pourrions jamais lui exprimer notre reconnaissance.

Nous remercions ensuite l'ensemble des membres du jury, qui ont fait l'honneur de bien vouloir étudier avec attention notre travail : BOUCETTA Sabrina & LAIB Imene

Nous remercions aussi les professeurs de l'université de 20 AOUT 1955 SKIKDA, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

DEDICACES

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce thème...

A mon très cher père l'homme le plus parfait dans le monde que dieu ait pitié de lui, le secret de ma réussite et mon grand exemple qui a rêvé toujours de me voir heureux.

A la lumière de mes de mes jours, la source de mes efforts, la femme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, ma mère à qui je souhaite une longue vie pleine de bonheur et de santé.

*A mes très chères sœurs qui ont été toujours à mes côtés :
Islah, Irchad & Safa*

A mes très cher frère : Oussama

A tous la famille : Boulechfar & Bourbia

A toute mes camarades

Hana

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma mère et mon père en particulier, et je les remercie du haut de cette tribune pour leur travail acharné en mon nom.

Je remercie également mes sœurs et frère pour leur soutien.

Et tous ceux qui ont contribué à m'encourager de près ou de loin.

*A tous la famille : **BOUKHEMIS***

A toute mes camarades

Kelthoum

DEDICACES

J'aimerais en premier lieu remercier mon dieu ALLAH qui m'a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce travail.

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, à mon très cher père tout ce qu'il a fait pour moi, par leur soutien moral et matériel, leur encouragement, pour ça patience.

A ma très chère mère celle qui m'a transmis la vie, le courage, et l'amour pour leur soutien, pour ça tendresse, et pour l'encouragement qu'elle a me donnée pendant mon parcours.

A mes très chères sœurs

A mon très cher frère

A tous ma famille et mes très chères amies

à mon mari

A tous ceux et celles qui m'ont encouragé, entourés de leur soutient durant les moments difficiles avec tant d'amour et de compréhension.

Marwa

Liste des tableaux

Titre	page
Tableau 01 : Principaux ions présents dans l'eau d'irrigation (Rome, 2008) Page ...	10
Tableau 02 : classes de minéralisation d'après la conductivité électrique (Rodier,2009)	31
Tableau 03 : Quantité de chlore a Dosé	51

Liste des figures

Titre	page
Fig. 01: Cycle de l'eau. (Dubois, 2014). page 02	07
Fig. 02: Schématique de la STEP de Guelma	42
Fig. 03: Dégrilleur	43
Fig. 04: Dessablage – Déshuilage	44
Fig. 05: Décanteur primaire	45
Fig. 06: Bassin d'aération	47
Fig. 07: Clarificateur	48
Fig. 08: lit de séchage	50
Fig. 09: Bassin de désinfection	50
Fig. 10: Points du prélèvement	52
Fig. 11: Conductimètre à électrode	54
Fig. 12: Etuve (105°C)	55
Fig. 13: Balance électronique	55
Fig. 14: Equipement de filtration	56
Fig. 15: pH mètre	57
Fig. 16: Spectrophotomètre	58
Fig. 17: Boite de réactif de Nitrites	60
Fig. 18: Equipement utilisé pour déterminer le phosphate total	61
Fig. 19: Boite du réactif d'ortho-phosphate	63
Fig.20 : kit de réactif d'ammonium pour l'entrée	64
Fig. 21: kit de réactif d'ammonium pour la sortie	64
Fig. 22: Installation pour DCO	65

Liste des abréviations

pH	potentiel d'hydrogène
NO ₃ -	l'azote de nitrate
NO ₂ -	l'azote de nitrite
PT	phosphate totale
PO ₄ -3	l'ortho-phosphate
NH ₄ ⁺	Ammonium
DCO	demande chimique en oxygène
TC°	température
CE	conductivité électrique
MES	matière en suspension
DBO ₅	demande biologique en oxygène
OMS	L'organisation mondiale de la santé
ECW	Conductivité électrique de l'eau
TDS	Quantité totale de matière dissoute
SS	Solides en suspension
CaSO ₄	Sulfate de calcium
NaCl	Chlorure de sodium
NaHCO ₃	Bicarbonate de sodium
NTU	Turbidité
H ₂ O	EAU
Station d'épuration	STAP
Stations de relevages	SR

Titre	page
Remerciement	
Dédicace	
Liste des tableaux	
Listes des figures	
Liste des abréviations	
Table de matière	
Introduction Générale	1
CHAPITRE 01 QUALITE DES EAUX POUR L'IRRIGATION AGRICOLE	
1-DEFINITION DE L'AGRONOMIE	6
2-DEFINITION D'IRRIGATION	6
3- DEFINITION DE L'EAU	6
4- CYCLE DE L'EAU	6
5-EAUX D'IRRIGATION	7
6-PENURIE D'EAU EN ALGERIE	7
7-POLLUTION DE L'EAU	8
8-CLASSIFICATION DE LA QUALITE DES EAUX POUR L'IRRIGATION	8
8-1- Qualité chimique des eaux d'irrigation	9
8-1-1-Composition et concentration en sels solubles	9
8-1-2- Effets des sels solubles sur les plantes	11
8-1-3- Problèmes de salinité et carences en eau	11
8-1-4- Problèmes de toxicité	11
8-2 Qualité physique des eaux d'irrigation et leur traitement (filtration)	12
8-2-1-Filtration	13
8-3-Qualité des eaux usées traitées pour l'irrigation (physique, biologique et chimique)	14
7-3-1-Critères et paramètres d'évaluation	14
8-4- Impact sur les sols et les plantes	15
8-5- Effets sur l'environnement	16
8-6- Effets sur le système d'irrigation	16
8-7-Protection sanitaire (selon l'OMS)	16
8-7-1-Catégorie A	17
8-7-2-Catégorie B	17
8-7-3-Catégorie	17

CHAPITRE 2 GENERALITE SUR L'EAU USEE ET SON TRAITEMENT D'EPURATION

Tables des matières

1- DEFINITION DE L'EAU USEE	20
2- ORIGINE DES EAUX USEES	20
3-EAU USEE URBAINE	20
4- TYPES DES EAUX USEES	20
4-1- Eaux usées domestiques	20
4-2- Eau pluviale	20
4-3- Eau de ruissellement	20
4-4- Eaux usées industrielles	21
5- DEFINITION DE L'EPURATION	21
6- PROCEDE D'EPURATION DES EAUX USEES UTILISE AU NIVEAU DES STATIONS D'EPURATION	21
6-1-Traitement préliminaire	21
6-2- Dégrillage	21
6-3- Dessablage	22
6-4- Déshuilage	22
6-5-Traitement primaire	22
6-6- Traitement secondaire (traitement biologique)	23
6-6-1- Voie anaérobie	23
6-6-2 - Voie aérobie	23
6-6-3-Boues activées	23
6-6-4 -Lit bactérien	24
6-6-5 -Lagunage	24
6-7- Traitement tertiaire	25
CHAPITRE 03 CONTROLE DE QUALITE DES EAUX USEES EPUREES	
1- DEFINITION DE CONTROLE DE QUALITE	27
2-TECHNIQUES DE PRELEVEMENT ET D'ECHANTILLONNAGE	27
3-PRECAUTION CONCERNANT L'ECHANTILLONNAGE	27
4- DIFFERENTS ANALYSES, EXAMENS ET MESURES DE SECURITE DE LABORATOIRE UTILISES POUR LE CONTROLE DE QUALITE DES EAUX USEES EPUREE	28
4-1 - Analyses et examens de laboratoire pour le contrôle de qualité des eaux usées	28
4-2- Mesures de sécurité dans le laboratoire de contrôle de qualité des eaux usées	28
4-3- Analyses physiques	30
4-3-1 Température	30
4-3-2- Turbidité	30

Tables des matières

4-3-3- Matières en suspension	30
4-3-4- Conductivité électrique	30
4-4-Analyses chimiques	31
4-4-1-Potentiel Hydrogène (pH)	31
4-4-2 - Ammonium (NH ₄ ⁺)	31
4-4-3- Demande chimique en oxygène (DCO)	31
4-4-4-Demande biologique en Oxygène (DB05)	32
4-4-5-Nitrates (NO ₃)	32
4-4-6- Nitrites (NO ₂)	32
4-4-7- Phosphate (PO ₄ ³⁻)	32
4-5-Métaux lourds	33
4-5-1-Plomb	33
4-5-2- Mercure	33
4-5-3-Fer	33
4-5-4-Aluminium	34
4-5-5-Bore	34
4-5-6-Fluor	34
3-4-7- Phénol	34
4-5-8-Sélénium	35
4-5-9-Lithium	35
4-5-10-Zinc	35
4-5-11-Cuivre	35
4-5-12-Cadmium	35
4-5-13-Chrome	35
4-5-14-Nickel	36
4-6- les analyses parasitologiques	36
4-6-1-Nématodes	36
4-7-Analyses microbiologiques	36
4-7-1- Coliformes totaux	36

MATERIEL ET METHODES

1- PRESENTATION DU LIEU DE STAGE	41
1-1-Localisation	41
1-2-Caractéristique et nature des effluents	42
1-3-Points de rejet de l'eau épurée (destination)	42
1-4 Sous-produits issus de l'épuration	42

Tables des matières

1-5- Objectif de la STEP	43
2- PROCEDE D'EPURATION DES EAUX USEES AU NIVEAU DE LA STATION	43
STEP DE GUELMA	
2-1 Prétraitement	43
2-1-1-Dégrillage	43
2-1-2- Dessablage	44
2-1-3 Dégraissage ou déshuilage	44
2-2-Traitement primaire	44
2-2-1- Décantation primaire	44
2-3-Traitement secondaire	45
2-3-1 -Traitement biologique	46
2-3-2- Décantation secondaire	48
3- CONTROLE DE QUALITE DES EAUX EPUREES	52
3-1-Prélèvement et techniques d'échantillonnage	52
3-1-1-Techniques du prélèvement	52
3-1-2-Techniques d'échantillonnage	52
3-1-3-Mesure de sécurité	53
4- DIFFERENTES ANALYSES DE CONTOLE DE QUALITE DES EAUX EPUREES	53
4-1-Analyses physico-chimiques	53
4-1-1-Analyses physiques	53

RESULTAT ET DISCUSSION

1- Détermination du potentiel hydrogène (pH)	68
2- Détermination de la température	68
3- Détermination de la matière en suspension (MES)	69
4- Détermination de la conductivité électrique (CE)	70
5- Détermination de la Nitrate (NO_3^-)	71
6- Détermination de la Nitrite (NO_2^-)	72
7- Détermination de l'ammonium (NH_4^+)	72
8- Détermination de l'ortho-phosphates (PO_4^{-3})	73
Conclusion générale	78
Référence bibliographique	80
Annexes	83
Résumé	

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est une ressource naturelle très importante pour l'humanité et pour tous les êtres vivants. Il est donc nécessaire et important d'en garantir sa disponibilité dans le temps au moyen de formes d'exploitation durables qui permettent de faire face aux exigences actuelles sans menacer l'équilibre environnemental (*Bennouna, 2001*).

L'irrigation est un apport artificiel d'eau douce sur des terres à fins agricoles. Elle est une forme de précipitation artificielle, souvent automatisée avec une irrigation mais aussi manuelle. L'irrigation est utilisée pour favoriser la croissance des cultures agricoles, l'entretien des paysages, et la re-végétalisation des sols perturbés dans les zones arides et pendant les périodes de pluies insuffisantes. Le terrain irrigué devient plus fertile (*Parta, 2015*).

A mesure que la population de la terre augmente, le monde a besoin de plus de sources d'eau pour l'agriculture et l'alimentation des millions de personnes dans le monde. Ce qui a ajouté à la difficulté de la crise est la pollution croissante des quantités d'eau disponibles pour l'homme, que ce soit par les engrais et pesticides, pollution domestique et industrielle, ou encore l'utilisation excessive de l'eau, qui provoque une diminution des aquifères dans les villes super peuplées (*Deutsche, 2000*).

Pour résoudre ce problème, en 1989, l'OMS a édité : « L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture recommandations à visée sanitaire » (Health Guidelines for the Use of wastewater in Agriculture and Aquaculture). Au cours de la même année, le Programme des Nations unies pour l'environnement(PNUE) et l'OMS ont conjointement édité : « Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excréta en agriculture et aquaculture » (Guidelines for the Safe Use of Wasterwater and Excreta in Agriculture and Aquaculture).

En 1991, le PNEU et la FAO ont conjointement édité : «Guide environmental pour la réutilisatuion de l'eau usée en région méditerranéenne » (Environmental guidelines for wastewater reuse in the Mediterranean Region). Ce document a été suivi d'une publication de la FAO sur le traitement des eaux résiduaires et leur emploi en agriculture : « Waster Treatment and Use in Agriculture ». En 1992, ces directives ont aidé beaucoup de pays en voie de développement dans la mise en application ou l'amélioration de systèmes de réutilisation d'eau usée sains et surs, adaptés à leurs propres conditions techniques, socio-économiques et culturelles (*Cotruvo,2001*).

Introduction

Les eaux usées sont définies comme l'eau qui a été utilisée à des fins domestiques, industrielles ou peut être agricoles, constituant ainsi un effluent pollué. Ce dernier est rejeté dans un exutoire d'égout vers le milieu naturel (*Ramade, 2000*).

L'épuration des eaux usées consiste en un traitement biologique et comporte trois étapes: Pré-traitement, traitement primaire et traitement secondaire (*STEP, 2003*).

L'Algérie est un pays confronté à un important déficit en ressources hydriques. En effet, avec l'expansion des villes, l'industrialisation et l'évolution des modes de consommation, d'un climat de plus en plus aride que connaît le pays, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées chaque année. Les eaux usées industrielles ne sont épurées qu'à 40% et rejetées (*Boumediene, 2013*). Actuellement, il existe plusieurs stations d'épuration en Algérie environ 160 stations d'épuration à travers 44 wilayas du pays, dont 21 stations utilisées à des fins agricoles (*JO, 2020*).

Notre travail a été réalisé dans la station d'épuration des eaux usées au niveau de la wilaya de Guelma. Notre but recherché par ce travail est d'évaluer la qualité des eaux usées épurées après épuration pour confirmer leur utilisation pour l'irrigation à fins agronomiques selon les normes et recommandations.

Les objectifs de notre étude sont :

- Suivre les étapes du processus d'épuration des eaux usées dans la station d'épuration de la wilaya de Guelma ;
- Effectuer le contrôle de qualité des eaux usées de la station d'épuration de Guelma avant et après traitement et par conséquent voir la fiabilité, l'efficacité et le bon fonctionnement des procédés de traitement utilisés dans cette station ; qui fonctionne avec procédé des boues activées ;
- Réaliser les analyses physiques et chimiques sur les eaux usées épurées en amont et en aval de la station d'épuration au niveau du laboratoire de la même station ;
- Comparer les résultats d'analyses retrouvés aux normes recommandées et juger la qualité des eaux usées épurées afin de les destiner à l'irrigation agricole ;

PARTIE THEORIQUE

- **Chapitre I**
- **Chapitre II**
- **Chapitre III**

CHAPITRE 01

**QUALITE DES EAUX POUR L'IRRIGATION
AGRICOLE**

1-DEFINITION DE L'AGRONOMIE

L'agronomie est l'ensemble des sciences exactes, naturelles, économiques sociales, et des techniques auxquelles il est fait appel dans la pratique et la compréhension de l'agriculture. Les sciences vétérinaires sont parfois exclues de cette définition. L'agronomie ne doit pas être confondue avec l'agrorologie. Le terme vient des mots grecs agro, campagne ou champs et noms, loi ou règle (*Agulhon, 1976*).

2-DEFINITION D'IRRIGATION

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides (*Chaabouni, 1984*).

3- DEFINITION DE L'EAU

L'eau est une substance chimique constituée de molécules H₂O, ce composé est très stable mais aussi très réactif et un excellent solvant à l'état liquide. Dans de nombreux contextes le terme eau est employé au sens restreint d'eau à l'état liquide (eau douce, eau potable, eau mer, eau de chaux,...etc.) (*Benoit, 2020*).

L'eau est un ubiquitaire sur terre et dans l'atmosphère sous ses 3 états solide, glace liquide et gazeux, l'eau extraterrestre et également abondante sous forme de vapeur d'eau dans l'espace. Il est sous forme condensée solide ou liquide à la surface ou à l'intérieur d'un grand nombre d'objets célestes (*Benoit, 2020*).

4- CYCLE DE L'EAU

Le cycle de l'eau, ou cycle hydrologique correspond à l'ensemble des transferts d'eau (liquide, solide ou gazeuse) entre les réservoirs d'eau sur Terre (les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eau souterraine et les glaciers). Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui, en favorisant l'évaporation de l'eau, entraîne tous les autres échanges. La science qui étudie le cycle de l'eau est l'hydrologie. Elle peut se décomposer en hydrogéologie, hydrologie de surface, hydraulique urbaine,...etc. (*Dubois, 2014*).

La figure N° 01 présente le cycle de l'eau.

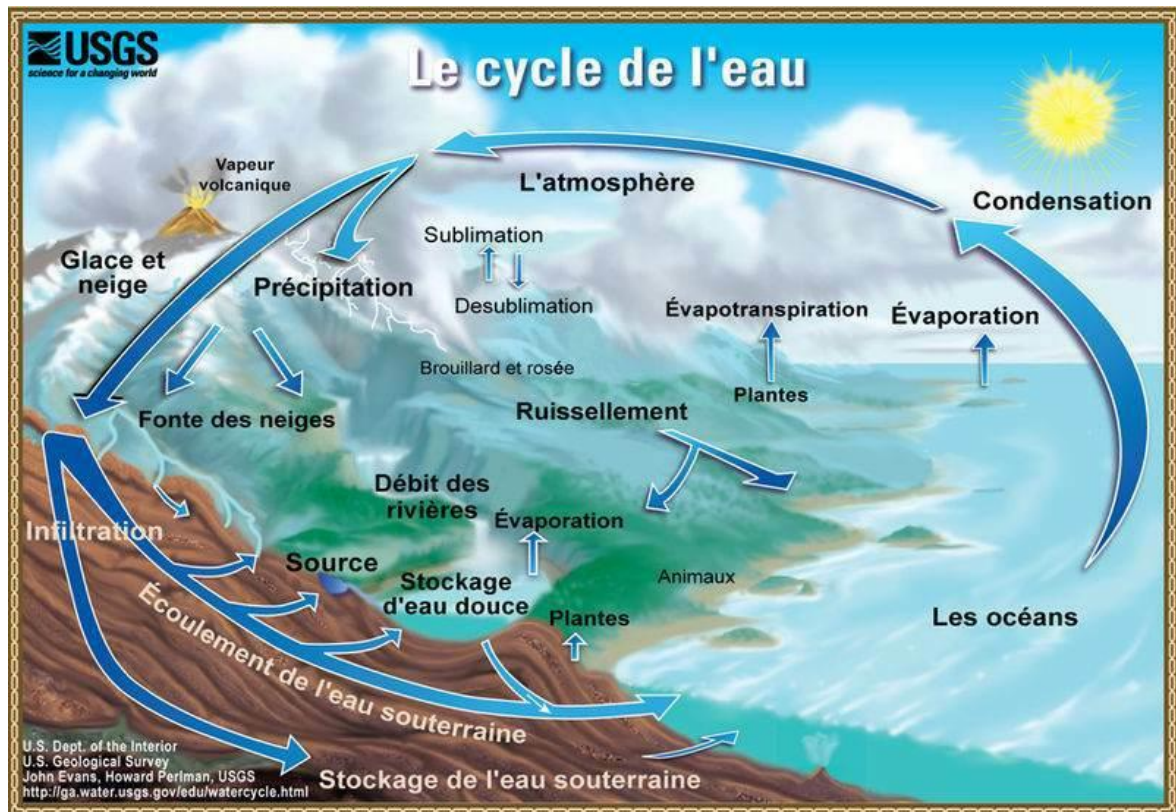


Fig. 01: Cycle de l'eau

5-EAUX D'IRRIGATION

Les eaux d'irrigation, qu'elles proviennent de sources, qu'elles soient dérivées de cours d'eau ou qu'elles soient pompées dans des forages, contiennent d'appréciables quantités de substances chimiques en solution susceptibles de réduire les rendements des cultures et de détériorer la fertilité des sols. En plus des sels dissous, problème majeur récurrent depuis des siècles, l'eau d'irrigation transporte toujours des substances dérivées de son environnement naturel ou des déchets des activités humaines (effluents domestiques et industriels). (Rome, 2008).

Ces substances peuvent varier dans de larges mesures, mais se composent principalement d'impuretés et de matières solides en suspension qui provoquent le bouchage des distributeurs des systèmes de micro-irrigation, ainsi que de populations bactériennes et de coliformes dangereux pour les humains et les animaux (Rome, 2008).

6-PENURIE D'EAU EN ALGERIE

L'Algérie présente un climat de type méditerranéen caractérisé par une grande variabilité saisonnière et régionale. L'importance de cette irrégularité pluviométrique ainsi que la croissance de la demande de consommation accentuent le problème des disponibilités en eau. Toutefois, pour maintenir l'approvisionnement en eau et accroître la disponibilité de la

ressource, le gouvernement a mis en place plusieurs projets depuis le début des années 2000. Ainsi, de nombreux efforts ont été employés pour réaliser de nouvelles capacités de stockage des eaux de surface (*Benblidia, 2010*).

Aujourd'hui, à cause de l'incapacité à couvrir les besoins en eau grâce aux ressources hydriques conventionnelles. Le gouvernement tend vers le recours aux eaux non conventionnelles, à savoir le dessalement des eaux de mer et saumâtres (pour l'alimentation en eau potable des villes du littoral et permettre également de réserver une partie plus importante des eaux de barrages à l'agriculture), et la réutilisation des eaux usées épurées pour un usage agricole. Cette dernière pratique a longtemps été entravée en raison de la vétusté des stations d'épuration du pays (*Mozas, 2013*).

7-POLLUTION DE L'EAU

La pollution de l'eau est une dégradation physique biologique et bactériologique et ses qualités naturelles perturbe les conditions de vie la flore de la faune aquatique et comprennent les utilisations de l'eau (*Bernard, 1998*).

8-CLASSIFICATION DE LA QUALITE DES EAUX POUR L'IRRIGATION

Dans plusieurs études réalisées dans les années 80 sur les diverses causes de colmatage des distributeurs, les ingénieurs, en se basant sur les trois principaux facteurs associés responsables de ce problème spécifique, ont classé les eaux selon leurs qualités chimiques, physiques et biologiques (*Rome, 2008*).

Cette classification, bien que simple, semblait adéquate pour une évaluation relativement étendue permettant de couvrir la gamme entière des qualités d'eau d'irrigation pour la production de cultures. Avec la réutilisation agriculture des eaux municipales usées et traitées, l'évaluation de la qualité des eaux a été élargie afin de couvrir toutes les propriétés physico-chimiques, biologiques et microbiologiques de l'eau, qui pourraient avoir un impact sur les sols, les plantes, l'environnement ainsi que sur les consommateurs (hommes ou animaux) (*Rome, 2008*).

Selon Rome (2008), les méthodes d'évaluation de la qualité des eaux se basent u d'importants paramètres et critères pour faire l'évaluation pratique des qualités chimiques, physiques et biologiques de l'eau d'irrigation distribuée sous conduites (*Rome, 2008*) :

- Paramètres chimiques : risques de salinité et toxicité pour les sols, les plantes et les systèmes d'irrigation, tels la corrosion des tuyaux et le colmatage chimique des distributeurs ;

- Paramètres physiques : problèmes de bouchage des distributeurs par des particules solides en suspension et autres impuretés ;
- Paramètres biologiques : problèmes de bactéries et autres éléments dangereux pour la santé humaine et animale, ainsi que pour les sols, les plantes et les systèmes d'irrigation.

L'information sur l'évaluation physique et biologique est présentée sous forme moins complète que l'évaluation chimique. En réalité, un examen exhaustif et en profondeur devrait inclure les propriétés physiques des sols et les conditions climatiques, ainsi que bien d'autres facteurs ayant des influences directes ou indirectes sur l'utilisation de l'eau en agriculture et pour l'aménagement du paysage (*Rome, 2008*).

8-1- Qualité chimique des eaux d'irrigation

8-1-1-Composition et concentration en sels solubles

La salinité est un problème qui se pose couramment aux exploitants irriguant dans les climats arides, en raison des sels solubles contenus dans toutes les eaux d'irrigation. Toutes les eaux provenant de sources, de rivières ou pompées à partir de puits contiennent d'appréciables quantités de substances chimiques en solution, dissoutes au travers des couches géologiques, et sur lesquelles les eaux se sont écoulées. Les eaux avec une forte concentration en sels peuvent provenir d'un aquifère salin. Dans les zones d'agriculture intense, la fertilisation est une cause majeure de salinisation des aquifères (*Rome, 2008*).

La composition des sels dans l'eau varie selon la source et les propriétés des composés chimiques constituants. Ces sels incluent des substances telles que le gypse (sulfate de calcium CaSO_4 , le sel de table (chlorure de sodium NaCl) et la poudre à lever (bicarbonate de sodium NaHCO_3) qui sont dissous dans l'eau. Les sels se séparent en ions, par exemple ; le chlorure de sodium se divise en ions sodium et ions chlore. C'est pour quoi on parle plus couramment d'ions que de sels (*Rome, 2008*).

Les principaux ions de l'eau d'irrigation et leurs caractéristiques sont présentés dans le tableau 01.

Tableau 01: Principaux ions présents dans l'eau d'irrigation (Rome, 2008)

Lions	Symboles chimique	Poids équivalent
Anions (ions acides)		
Chlorure	Cl ⁻	35,5
Sulfate	SO ₄ ²⁻	48,0
Carbonate	CO ₃ ²⁻	30,0
Bicarbonate	HCO ₃ ⁻	61,0
Nitrate	NO ₃ ⁻	62,0
Cations (ions basiques)		
Sodium	Na ⁺	23,0
Potassium	K ⁺	39,1
Calcium	Ca ²⁺	20,0
Magnésium	Mg ²⁺	12,2

Tous les ions sont exprimés en milligrammes par litre ou partie par million (mg/l ou ppm) et milliéquivalents par litre (meq/l). Cette dernière unité est préférable car les critères de qualité de l'eau impliquent des calculs en milliéquivalents par litre (meq/l).

La formule de conversion est :

$$meq/litre = \frac{mg/litre}{poid\acute{e}quivalent}$$

Le bore est également présent dans les eaux d'irrigation sous forme d'acide borique non ionisé, exprimé comme élément de bore (B) en milligramme par litre. La concentration en sels de la majeure partie des eaux d'irrigation est comprise entre 200 et 4 000 mg/l de la quantité totale de matière dissoute (TDS) (Rome, 2008)

Le pH de l'eau, qui est également un indicateur de qualité, est habituellement compris entre 6,5 et 8,4. La méthode la plus communément utilisée pour évaluer le contenu total des sels dans l'eau consiste à mesurer la conductivité électrique de l'eau (ECW) à 25°C.

La conductivité électrique s'exprime en déci Siemens par mètre (ds/m). Il y a une relation entre la conductivité électrique et la concentration en sels en milliéquivalents par litre (meq/l) et en milligrammes par litre. Lorsque l'ECW est comprise entre 1 et 5 ds/m. Ainsi chaque 10 meq/l de sels (concentration en cations) crée une ECW de 1ds/m. La relation

Liant la conductivité électrique et la quantité totale de sels dissous (TDS) est la suivante :

$$ECW (ds/m) \times 640 = TDS (mg/litre)$$

La somme des cations doit égaler la somme des anions. La précision des analyses chimiques de l'eau doit être vérifiée au moyen des relations ci-dessus (*Rome, 2008*).

8-1-2- Effets des sels solubles sur les plantes

L'application d'eau d'irrigation sur un sol entraîne des sels dans la zone racinaire de la plante ; celle-ci puise l'eau, mais n'absorbe que peu de sels de la solution. D'une manière similaire, l'eau s'évapore de la surface du sol, mais les sels restent et s'accumulent. Les deux processus conduisent à un accroissement graduel des sels dans la zone racinaire, même avec une eau de faible salinité. Cette situation peut affecter les plantes de deux manières) en créant des problèmes de salinité et de carences en eau, en causant une certaine toxicité et d'autres problèmes (*Rome, 2008*).

8-1-3- Problèmes de salinité et carences en eau

L'accroissement de la salinité dans la zone racinaire augmente la pression osmotique de la solution du sol et cause une réduction aussi bien dans le taux d'absorption de l'eau par les plantes que dans la disponibilité en eau du sol. Ainsi, une carence continue en eau peut se produire même si le sol est abondamment irrigué. Même si la plante ne montre pas de symptômes de flétrissement, son développement et son rendement s'en ressentiront (*Rome, 2008*).

Dans de telles conditions, il n'est pas possible de maintenir des conditions favorables à un bon développement des cultures et d'obtenir des rendements élevés, la croissance est retardée et le rendement est considérablement réduit. La germination des semences est aussi affectée par la présence des sels, elle est en général retardée et peut même ne pas se produire du tout. Le niveau d'accroissement de la salinité dépend aussi bien de la concentration que de la composition des sels dans l'eau. Le chlorure est très soluble et reste dans la solution du sol, alors que les sulfates et bicarbonates se combinent avec le calcium et le magnésium, s'ils sont présents, pour former des sulfates et carbonates de calcium, des composés modérément solubles (*Rome, 2008*).

8-1-4- Problèmes de toxicité

Beaucoup d'arbres fruitiers et d'autres cultures sont susceptibles de souffrir de la toxicité des sels. Les chlorure, sodium et bore sont absorbés par les racines et transportés jusqu'aux feuilles dans lesquelles ils s'accumulent. A des taux nocifs, ils conduisent à une nécrose et une brûlure des feuilles. En outre, les gouttes d'eau avec une haute teneur de chlorure projetées pendant l'aspersion peuvent causer des brûlures aux feuilles dans des conditions d'évaporation élevée. Même le bicarbonate est également toxique dans une certaine mesure. D'autres symptômes de toxicité incluent une chute des feuilles prématurées, une

croissance réduite et un rendement diminué. Dans beaucoup de cas, les plantes ne montrent pas de problème évidents de toxicité, jusqu'à ce qu'il soit trop tard pour y remédier. (Rome, 2008)

Les ions de chlorure et de sodium sont tous deux présents dans la solution. Ainsi, il est difficile de distinguer si le dommage est causé par l'un ou l'autre. Les ions de chlorures en concentration élevée sont réputés dangereux pour les agrumes et d'autres plantes ligneuses et feuillues. Un taux de chlorure supérieur à 10 meq/l peut causer de sérieux dommages aux cultures. Les effets toxiques du sodium sont mal connus. On a toutefois observé qu'il peut causer des dégâts directs ou indirects à beaucoup de plantes (Rome, 2008)

Le bore est un élément essentiel pour les plantes. Toutefois, lorsqu'il est présent en trop grandes quantités, il est extrêmement toxique, même à un taux de concentration relativement faible de 0,6 mg/l. La toxicité intervient avec l'absorption du bore à partir de la solution du sol. Le bore tend s'accumuler dans les feuilles, jusqu'à ce qu'il devienne toxique pour le tissu de la feuille, ce qui provoque la mort de la plante. Dans les zones arides, le bore est considéré comme l'élément le plus dangereux de l'eau d'irrigation (Rome, 2008).

8-2 Qualité physique des eaux d'irrigation et leur traitement (filtration)

L'eau d'irrigation ne se trouve généralement pas à l'état pur, mais portant la plupart du temps des particules étrangères solides et d'autres impuretés. Le contenu solide des eaux d'irrigation se compose essentiellement de matériaux terreux, de matières inorganiques en suspension (limon, sable, feuilles, fines argiles et poussières de rouille) et de substances organiques (algues, bactéries, protozoaires) d'origine végétale, d'organismes vivants et de populations de bactéries. L'introduction de systèmes d'irrigation améliorés avec l'utilisation de réseaux de conduites fermées et de distributeurs à petits orifices, vulnérables au blocage, requiert l'élimination des solides en suspension pour protéger les distributeurs des risques de colmatage (Rome, 2008).

Le taux des matières en suspension dans l'eau d'irrigation peut varier dans de grandes proportions en fonction de la nature de la source. Les quatre principales sources d'eau utilisées dans les réseaux sous pression et les principaux types de solides en suspension (SS) qu'on y trouve sont (Rome, 2008):

- Barrages et réservoirs de surface : algue verte (phytoplancton), bactéries et zooplancton de différents types et vase bactérienne (sulfates, fer et autres), fer et manganèse dissous, et autres types d'impuretés d'origine inorganique (débris)

- Eaux souterraines (puits et forages): sable, limon, fer, manganèse, sulfate, carbonate et bactéries
- Eaux usées traitées ; particules solides en suspension de diverses dimensions et formes
- Eaux des réseaux de conduites; zooplancton (se développant dans les conduites depuis des années, en colonies pouvant atteindre 5 mm et se transformant en deux ou trois jours en vers qui bloquent les filtres).
- Les diverses matières contenues dans l'eau, qui contribuent au colmatage des systèmes de micro-irrigation, peuvent être divisées en trois groupes principaux (*Rome, 2008*) :
- Particules en suspension de matières organiques ou inorganiques ;
- Eléments constituants précipités (fer, manganèse, calcium, magnésium) ;
- Vases bactériennes.

8-2-1-Filtration

La filtration de l'eau d'irrigation est essentielle pour éviter le blocage du passage étroit des distributeurs, goutteurs, asperseurs et diffuseurs. Le type et degré de filtration dépendent du (*Rome, 2008*):

- Type de matières en suspension dans l'eau d'irrigation ;
- Besoin de filtration du système (des distributeurs, en particulier).

Les principaux filtres disponibles pour l'eau d'irrigation sont (*Rome, 2008*):

- **Filtres à gravier (à sable)**, qui fonctionnent sur le principe d'une filtration en profondeur et retiennent efficacement les grosses particules de matières organiques non fractionnées (algues) et poussières.
- **Hydro-cyclones (ou séparateurs de dessablage)** fonctionnant sur le principe du flux à vortex et utilisés pour récolter les grandes quantités de sable présentes dans les eaux souterraines pompées.
- **Filtres à tamis (ou à disques ou anneau rainuré)** efficaces pour filtrer les matières en suspension inorganiques. Ils sont équipés d'éléments filtrants dont les perforations sont plus petites que les orifices de sortie (diodes) des distributeurs (jusqu'à 70 pour cent).

8-3-Qualité des eaux usées traitées pour l'irrigation (physique, biologique et chimique)

Les eaux usées traitées constituent une nouvelle source d'eau, qui devrait couvrir progressivement plus de 10% des besoins en eau de l'irrigation pour l'agriculture et l'aménagement du paysage. Les eaux traitées peuvent contenir divers contaminants chimiques (sels, éléments nutritifs et oligo-éléments) et des constituants biologiques indésirables (éléments pathogènes de l'eau, c'est-à-dire helminthes, protozoaires, bactéries et virus contenus dans les excréments de personnes saines et malades) (*Rome, 2008*)

L'utilisation incontrôlée de ce type d'eau est souvent associée avec d'importants impacts négatifs sur la santé humaine et l'environnement. Ceux-ci peuvent être minimisés par des pratiques de bonne gestion. Ce phénomène introduit ainsi un nouvel élément dans l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation. L'expression «eaux usées» se réfère aux égouts domestiques et aux eaux usées municipales ne contenant pas de quantités substantielles d'effluents industriels (*Rome, 2008*).

8-3-1-Critères et paramètres d'évaluation

L'utilisation d'eaux usées traitées doit toujours être planifiée, projetée et gérée de façon rationnelle. Dans le cas contraire, elle peut être dangereuse pour les humains, le bétail et l'environnement. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a publié en 1989 des directives pour une utilisation sans danger des eaux usées et excréments pour l'agriculture et l'aquaculture (*Guidelines for the Safe Use of Waste water and Excreta in Agriculture and Aquaculture*) (*Rome, 2008*).

Ces directives sont actuellement en cours de révision et leur version réactualisée devrait être publiée en 2004. Dans ce contexte, on a défini certains critères supplémentaires de qualité des eaux, fondés sur la validité des eaux pour leur réutilisation dans l'irrigation en agriculture et dans l'aménagement du paysage et sur les manières et méthodes d'amélioration et de gestion, pour satisfaire les besoins des installations des gestionnaires et des consommateurs. L'évaluation des effluents traités est basée sur des critères mondialement établis et reconnus, se référant aux valeurs limites de certains paramètres physiques, chimiques et biologiques, de façon à éviter de possibles conséquences néfastes, lors de leur utilisation ou de leur rejet. Les paramètres suivants seront considérés afin de donner une vision correcte de la possibilité d'utiliser les eaux usées traitées et du niveau de leur validité pour les besoins de l'irrigation (*Rome, 2008*).

➤ **Paramètres chimiques**

Selon Rome (2008), les paramètres chimiques sont représentés par :

- Salinité totale, ECW (ds/m), TDS (mg/l) ;
- Acidité/basicité, pH; dureté CaCO₃ (mg/l) ;
- Types et concentration en anions et cations (me/l) ;
- Taux d'adsorption du sodium, (SAR) ;
- Nitrate – azote(NO₃⁻) N(mg/l);
- Phosphate phosphoreux, PO₄⁻ (mg/l) ;
- Oligo-éléments, (mg/l) ;
- Métaux lourds, (mg/l.)

➤ **Paramètres physiques et biologiques**

Selon Rome (2008), les paramètres physiques et biologiques sont représentés par :

- Couleur ;
- Odeur ;
- Turbidité (NTU) ;
- DBO5, mg/l (demande biochimique en oxygène) ;
- DCO, mg/l (demande chimique en oxygène) ;
- Solides en suspension (SS), mg/l ; coliformes totaux /100 mg ;
- Coliformes totaux et fécaux ;
- Nématodes intestinaux.

8-4- Impact sur les sols et les plantes

L'évaluation des eaux usées et en particulier de leur qualité chimique, telle qu'elle est décrite ci-dessus, est une opération bien comprise, mise en place pour anticiper tous les effets à long terme possibles sur les sols et plantes irrigués, ainsi que pour protéger les eaux souterraines. L'expérience acquise jusqu'à ce jour indique qu'avec une gestion correcte (système d'irrigation amélioré, calendrier d'irrigation adapté), les effets de la salinité, de la toxicité et de l'azote sur les sols peuvent être maîtrisés (Rome, 2008).

L'excès de NO₃⁻ peut toutefois causer certains problèmes pour les plantes. Les oligo-éléments et les métaux lourds, présents dans bien des eaux traitées, ne sont que rarement à l'origine de sérieuses toxicités, bien que pour de nombreux végétaux ils s'accumulent dans les plantes elles-mêmes. Lorsque ces plantes sont consommées par le bétail, des risques sanitaires peuvent se développer. Par exemple, le plomb et le vanadium sont toxiques pour les cultures fourragères à des taux déconcentration respectifs normaux et bas. Toutefois, le développement de risques sanitaires pour le bétail se fait sur de très longues périodes, 20 à

50 ans, et nécessite des applications répétées de métaux lourds au-dessus des taux maximums autorisés. Même dans ce cas, cela ne signifie pas qu'une phyto-toxicité va apparaître. Aucun problème n'a été enregistré avec l'accumulation de métaux lourds dans les cultures ou les sols. En fait, il a été observé que les engrais conventionnels apportent de plus grandes quantités de métaux lourds (*Rome, 2008*).

8-5- Effets sur l'environnement

En ce qui concerne les effets sur l'environnement, les valeurs des paramètres chimiques et biologiques des effluents traités doivent être maintenues à des niveaux acceptables en vue de leur utilisation ou de leur rejet. Il existe toujours un risque que les eaux résiduelles utilisées pour l'irrigation puissent faciliter la transmission des infections par nématodes intestinaux et des maladies causées par les bactéries fécales, aux consommateurs aussi bien qu'aux travailleurs agricoles. (*Rome, 2008*).

8-6- Effets sur le système d'irrigation

Les eaux résiduelles traitées contiennent généralement d'importantes quantités de matières organiques en suspension, d'autres immondices contenues dans l'eau et des impuretés d'origine inorganique, qui peuvent entraîner des obstructions et colmatages dans les distributeurs des systèmes *d'irrigation* (*Rome, 2008*).

8-7- Protection sanitaire (selon l'OMS)

Du point de vue de la protection de la santé publique, les mesures disponibles peuvent être groupées selon les quatre grandes catégories suivantes (*Rome, 2008*):

- Processus de traitement et degré d'élimination des pathogènes, l'élimination des pathogènes est l'objectif principal du traitement des eaux usées en vue de leur utilisation pour l'irrigation. Les divers processus conventionnels de traitement primaire et secondaire sédimentation simple, boues activées, bio-filtration (filtres goutte-à-goutte), lagons aérés, fossés d'oxydation, désinfection des eaux brutes, et étangs de stabilisation des rejets, ne peuvent éliminer efficacement les œufs des bactéries et des helminthes. Des désinfections et filtrations supplémentaires (traitement tertiaire) sont requises pour produire une eau de qualité acceptable pour satisfaire les recommandations permettant une irrigation sans restriction. Dans les régions arides et semi-arides, on utilise plutôt les étangs déstabilisation des eaux d'égouts. Avec une durée minimale de rétention de 11 jours, selon la température, ce procédé de traitement peut conduire, en comptant environ deux fois plus de temps, à un taux acceptable d'élimination des pathogènes (helminthes et bactéries),

conforme aux normes de réutilisation. Il faut prévoir d'autres étangs de purification, en plus des installations conventionnelles de traitement ;

- Sélection des cultures ; en fonction de la qualité des eaux traitées, les diverses cultures pouvant être cultivées sans risque pour le consommateur sont classées en catégories (A, B et C), en accord avec les mesures requises pour la protection de la santé publique. (directives de l'OMS sur la qualité microbiologique recommandée pour l'utilisation des eaux usées en agriculture - 1989).

8-7-1-Catégorie A

Protection pour les travailleurs agricoles incluant les cultures industrielles, les cultures céréalières et les forêts, ainsi que les cultures alimentaires pour la mise en conserve (*Rome, 2008*).

8-7-2-Catégorie B

Protection pour les consommateurs, les fermiers et le public en général, qui porte sur les pâturages, les fourrages verts et les cultures arbustives, ainsi que sur les fruits et légumes, pelés ou cuits avant consommation (*Rome, 2008*).

8-7-3-Catégorie

Irrigation sans restriction pour les légumes frais, les fruits irrigués par aspersion, les herbages et pelouses de parcs publics et terrains de sport, ...etc.

Il faut noter que la sélection en catégorie B fournit une protection seulement aux consommateurs, et non aux exploitants et travailleurs agricoles.

Des mesures additionnelles doivent être prises, telles que des contrôles de l'exposition humaine (*Rome, 2008*) :

- Méthode d'application de l'irrigation, l'irrigation au moyen de systèmes sous pression a beaucoup d'avantages par rapport aux méthodes traditionnelles de surface. Les méthodes gravitaires de surface exposent les fermiers à de plus grands risques, qui sont éliminés avec les systèmes de distribution par conduites posées en surface. Toutefois, si les eaux traitées ne sont pas recommandées pour l'irrigation sans réserve, les méthodes d'aspersion et de pulvérisation ne doivent pas être utilisées pour des cultures susceptibles d'être mangées crues, les fruits, et pour l'herbe et les pelouses des parcs publics et les terrains de sport. L'irrigation par goutte-à-goutte conventionnelle ou par barboteurs peut donner un degré plus élevée protection sanitaire. L'irrigation par goutte-à-goutte sur paillis et l'irrigation souterraine procurent une protection maximale.

- Exposition humaine, la population potentiellement touchée par les risques de l'utilisation de l'eau résiduelle traitée est les exploitants et leurs familles, les manutentionnaires des récoltes, les consommateurs des produits et les personnes vivant près des champs irrigués. Le risque peut être réduit par plusieurs mesures de protection telles qu'une bonne gestion, l'immunisation contre la typhoïde, l'hépatite et d'autres infections, l'exposition réduite par l'utilisation de vêtements et chaussures appropriés, une cuisson appropriée des aliments et d'autres mesures d'hygiène.

CHAPITRE 2

**GENERALITE SUR L'EAU USEE ET SON TRAITEMENT
D'EPURATION**

1- DEFINITION DE L'EAU USEE

Les eaux usées sont définies comme l'eau qui a été utilisée à des fins domestiques, industrielles ou peut être agricoles, constituant ainsi un effluent pollué. Ce dernier est rejeté dans un exutoire d'égout vers le milieu naturel (*Ramade, 2000*)

2- ORIGINE DES EAUX USEES

Une eau peut être classée comme une eau usée si elle est d'origine urbaine constituée par des eaux ménagères (lavage corporel et des linges, lavage des locaux, eau de cuisine) et l'eau vannes chargées des fèces et d'urines, toute cette masse de l'effluent est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Elles peuvent s'y ajouter suivant les cas des eaux d'origine industrielle et agricole généralement grisâtre contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique (teneurs extrêmement variables) (*Rodier, 2005*)

3-EAU USEE URBAINE

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux domestiques, eaux de ruissellement, eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux des marchés et des cours. Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînant toutes sorte de déchets minéraux et organique de la terre. Ils peuvent être des limons, boues, silts, sables, déchets végétaux et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopiques de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules (*Dekhil, 2012*).

4- TYPES DES EAUX USEES

4-1- Eaux usées domestiques

Les origines domestiques comprenant les eaux ménagères (eau de toilette, de lessive de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales). Ces eaux contiennent des matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates,...etc.) et des matières organiques (constituées de composés de terre noire tel que le sucre et les graisses) (*Villant, 1974*)

4-2- Eau pluviale

Ce sont les eaux de ruissellement (eau pluviales, eau de lavage des caniveaux, des marchés et des cours), les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins des espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînant toute sorte de déchets minéraux et organique de la terre de Limons déchets végétaux,...etc. Ainsi que toutes sortes de micropolluants (hydrocarbure, pesticide, détergents.. etc.) (*Desjardines, 1997*).

4-3- Eau de ruissellement

L'eau de ruissellement provient de la pluie, de la fonte de neige ou d'autres sources. Elle s'écoule à la surface du sol et constitue une composante majeure du cycle de l'eau (*François, 2012*)

4-4- Eaux usées industrielles

Ils sont très différents des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre, les eaux usées industrielles contiendront également des produits toxiques des micropolluants organiques et hydrocarbures. En plus des matières organiques, azote ou phosphore. (*Audic, 2002*)

Une variété d'entre eaux industrielles doit être prétraitée par les industries avant d'être rejetée dans les réseaux de collecte. Ils sont mélangés à l'eau domestique, seulement ils ne présentent pas de danger pour les réseaux de collecte ne perturbant pas le fonctionnement de l'usine de dépollution des grandes entreprises sont toutes équipées des unités de traitement internes (*Audic, 2002*)

5- DEFINITION DE L'EPURATION

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de le rejeter dans l'environnement.

L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore...) (*Saadi, 2013*).

6- PROCEDE D'EPURATION DES EAUX USEES UTILISE AU NIVEAU DES STATIONS D'EPURATION

6-1-Traitement préliminaire

En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices cette opération facilitant leur dispersion (*Desjardins, 1997*).

6-2- Dégrillage

Le dégrillage et le tamisage permettent de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, serviettes hygiéniques,...etc. En effet, ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont en général équipées de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aurait un système de pompage).

(Legube, 1996).

6-3- Dessablage

Le dessablage consiste à éliminer les sables présents au sein de l'effluent brut pour arrêter leur dépôt au sein des canalisations induisant leur colmatage et permet de redimensionner l'ensemble des boues et d'éviter de perturber les étapes opposées du traitement, notamment le réacteur biologique (Badai, 2003).

6-4- Déshuilage

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations (Bonnin., 1977).

6-5-Traitement primaire

Il consiste à faire un enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que les matériaux flottants (FAO, 2003). La décantabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohan. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système. (Bontaux, 1994).

A la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO₅ supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires (Bontaux., 1994).

6-6- Traitement secondaire (traitement biologique)

C'est un enlèvement des matières organiques solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires (FAO, 2003). Le procédé d'épuration secondaire (ou biologique) comprend des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées

La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en absence d'oxygène). (Desjardins, 1997).

6-6-1- Voie anaérobie

Si les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, en milieu réducteur. Le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO₂, méthane et biomasse. Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentré en pollution carbonées, de type industriel (basserie, sucrerie, conserverie ...) (Degrémont., 1972).

6-6-2 - Voie aérobie

Si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO₂ et de biomasse (Degrémont., 1972).

6-6-3-Boues activées

Les traitements réalisés en station d'épuration consistent à dégrader et séparer les polluants de l'eau (particules, substances dissoutes, microorganismes) par des procédés physiques, chimiques et biologiques pour ne restituer au milieu aquatique qu'une eau de qualité suffisante au regard du milieu récepteur (Pernin ,2003).

Le résultat de ces opérations est la production de boues qui représentent le principal sous-produit du cycle du traitement de l'eau. Donc les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un prétraitement obligatoire (Pernin ,2003).

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas (Degrémont, 1972):

- Bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice ;

- Clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne ;
- Dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique récupérée dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaires pour assurer le niveau d'épuration recherché ;
- Dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat,
- Dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération,
- Dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture.

6-6-4 -Lit bactérien

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies au bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. (*Rodart, 1989*).

Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO5 (*Rodart, 1989*).

6-6-5 -Lagunage

- Parmi les divers procédés d'épuration des eaux usées, dont l'application dépend des caractéristiques des eaux à traiter et du degré de dépollution souhaité, figure le lagunage naturel. Moyen rustique d'épuration des eaux usées, il se distingue des autres techniques de traitement réputées intensives par de nombreux avantages. Ce procédé écologique, simple et peu onéreux se base sur les phénomènes responsables de l'autoépuration des cours d'eau (*Degrémont, 1972*).

6-7- Traitement tertiaire

- A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REVE), les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les microorganismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires (*Degrémont, 1972*).

CHAPITRE 03

CONTROLE DE QUALITE DES EAUX USEES EPUREES

1- DEFINITION DE CONTROLE DE QUALITE

Le contrôle de qualité de l'eau usée est le suivi des eaux usées tout au long de la collecte, du traitement et de l'acheminement fournit des données en continu pour mieux contrôler le processus garantir la conformité aux réglementations et réaliser des économies. Chaque étape du processus doit être surveillée pour produire un effluent de haute qualité et réduire la consommation d'énergie associée au traitement (*Rodier, 2009*).

2-TECHNIQUES DE PRELEVEMENT ET D'ECHANTILLONNAGE

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vis métallique. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de surface (eau superficielle), le flacon débouché et immergé complètement en position verticale renversé en le tenant par fond: il est alors retourné jusqu'à ce que l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond et dirigée sans le sens contraire du courant .Après le prélèvement les flacons doivent être soigneusement rebouchés, il faut éviter, le fond, la proximité de la surface(au moins 30cm) (*Guiraud, 1998*).

Le flacon ne sera jamais complètement rempli afin de permettre l'homogénéisation de l'ensemble au moment de la mise en culture (*Delarras, 2003*).

Le prélèvement devra avoir le maximum de renseignements en relation avec la qualité bactériologique de l'eau : origine de l'eau, nature du captage, nature du traitement éventuel, causes probables de contamination, température lors du prélèvement (*Bourgeois, 1980*).

3-PRECAUTION CONCERNANT L'ECHANTILLONNAGE

Les flacons doivent être soigneusement étiquetés et transmis sans retard au laboratoire, il importe de procéder à l'analyse dans un délai très court, inférieur à 2heur .En aucun cas, l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24heur. En principe, la température de l'eau ne doit pas être modifiée jusqu'à son traitement au laboratoire. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérants (*Guiraud, 1998*).

4- DIFFERENTS ANALYSES, EXAMENS ET MESURES DE SECURITE DE LABORATOIRE UTILISES POUR LE CONTROLE DE QUALITE DES EAUX USEES EPUREE

4-1- Analyses et examens de laboratoire pour le contrôle de qualité des eaux usées

les paramètres mesurés sont les suivantes :

paramètres physiques : température, turbidité, matière en suspension et conductivité électrique ;

paramètres chimiques: pH, ammonium (NH_4^+), demande chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène (DBO_5), Nitrates (NO_3), Nitrites (NO_2), phosphate.

Les métaux lourds : plomb, mercure, fer, aluminium, bore, fluor, phnéol, sélénium, lithium, zinc, cuivre, cadmium, chrome et nickel.

analyses microbiologiques:

Coliformes totaux

analyses parasitologiques :

nématodes

4-2- Mesures de sécurité dans le laboratoire de contrôle de qualité des eaux usées

Celui qui est chargé de faire le prélèvement doit avoir les mesures de sécurité suivantes (*Burgot, 2017*):

- Se laver soigneusement les mains en entrant/sortant du laboratoire, avant de prendre un repas, ou avant d'aller aux toilettes ;
- Repérer les emplacements des matériels de sécurité : douche fixe de premiers secours, douche portative de secourisme, extincteur, rince-œil, couverture antifeu, robinet d'incendie armé, ...etc ;
- Retire tous ses bijoux, ne pas porter de maquillage, attacher les cheveux ;
- Porter une blouse en coton et non en polyster (le coton brule en cas de contact avec une flamme , alors que le polyster fond et adhère à la peau) ;

- Se protéger pendant les manipulations (porter lunettes de protection, masque , gants, tablier,etc)(protection contre les produits chimiques , la chaleur , les coupures, les chocs ,les radiations, etc.) ;
- Ne rien laisser trainer au sol sur les paillasses ;
- Ne pas stocker des contenants dangereux (flacons en verre....) près d'un bord de paillasse, ou sur un bord d'étagère ;
- Eviter les accumulations de grandes quantités (solvants, emballages, déchets...etc) au laboratoire ;
- Arrimer solidement les bouteilles de gaz et les éloigner de toute source de chaleur ou de projections de produits corrosifs. Les stocker à l'extérieur (une alimentation extérieur) ;
- Ranger le matériel dès qu'il n'est plus nécessaire afin de ne pas être gêné lors des prochaines manipulations, apprendre également à gérer l'espace de travail et le temps dont on dispose ;
- Tous les flacons et emballages doivent sans exception avoir une étiquette sur laquelle on retrouve le nom , la formule , le (s) pictogramme(s) et le (s) code(s) de sécurité définis par le système général harmonisé.

4-3-Analyses physiques

4-3-1 Température

Est une réflexion écologique cruciale sur l'environnement .Elle Permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont associées à la température (notamment conductivité). Il est important de comprendre la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, la température joue un rôle au sein de la solubilité des sels et particulièrement des gaz, au sein de la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, au sein de la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (*Rodier, 1996*).

Elle agit également comme un facteur physiologique travaillant sur le métabolisme d'expansion des microorganismes vivant dans l'eau (*Rodier, 1996*).

4-3-2- Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales, argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (*Rodier, 1996*).

4-3-3- Matières en suspension

Constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée, elle correspond à la concentration en éléments nom dissouts d'un échantillon (*Ramade, 2000*).

La concentration maximale admissible de MES= 30(mg/l) (*JORA ,2012*).

3-3-4- Conductivité électrique

La conductivité électrique mesure la puissance de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matériaux dissous dans l'eau se trouvent dans le type d'ions chargés électriquement.La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.(*Rodier,2009*).

La concentration maximale admissible de la conductivité =3 (ds/m) (*JORA, 2012*).

Le tableau présente: classes de minéralisation d'après la conductivité électrique

Tableau 02 : classes de minéralisation d'après la conductivité électrique (Rodier,2009)

Conductivité	Minéralisation
Conductivité < 100uS/cm	Très faible
100uS/cm < <i>conductivities</i> < 200us/cm	Faible
200uS/cm < <i>conductivities</i> < 333uS/cm	Moyenne
333uS/cm < <i>conductivities</i> < 666uS/cm	Moyenne accentuée
666uS/cm < <i>conductivities</i> < 1000uS/cm	Importante
Conductivité > 1000uS/cm	Elevée

Tableau 02 : classes de minéralisation d'après la conductivité électrique (Rodier,2009)

4-4-Analyses chimiques

4-4-1-Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH peut être un paramètre utilisé pour mesurer l'alcalinité ou la basicité de l'eau (Rodier, 2009). Le pH constitue un facteur dont le rôle est crucial pour la mobilité des ions métalliques, car il influence le nombre de charges négatives pouvant être mises en solution (Mclaughlin, 2000).

Les protons proviennent majoritairement de la respiration végétale et microbienne, ainsi que de l'oxydation des sulfures. A l'inverse, ils sont consommés par l'hydrolyse des minéraux altérables. D'une façon générale, lorsque le pH augmente, les cations sont moins solubles et les anions sont plus solubles (Blanchard, 2000).

La concentration maximale admissible du pH = $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$ (JORA, 2012).

4-4-2- Ammonium (NH₄⁺)

L'ion ammonium de formule brute NH₄⁺ est un ion polyatomique de charge électrique positive. Ce cation polyatomique possède une structure tétraédrique, l'atome d'azote N occupant le centre et les quatre atomes d'hydrogène occupant les sommets équivalents du tétraèdre (David, 2009).

4-4-3- Demande chimique en oxygène (DCO)

Ce paramètre représente la consommation en dioxygène (O₂) par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. C'est l'une des méthodes les plus utilisées pour évaluer la charge globale en polluants organiques d'une eau (rivières, lacs, mer, ou eaux usées ou résiduaires industrielles). C'est l'un des paramètres des normes de rejet d'eaux dans le milieu naturel (Thomas, 1986).

La concentration maximale admissible de la DCO=90 mg/l (JORA, 2012)

4-4-4-Demande biologique en Oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (graisses, hydrates de carbone, tensioactifs,...etc.) (Savary, 2005).

Ce prélèvement d'oxygène se fait au détriment des autres organismes vivants du milieu aquatique. En ce qui concerne les eaux domestiques, environ 70% des composés organiques sont généralement dégradés après cinq jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de vingt (20) jours. L'indicateur utilisé est généralement la DBO₅ qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en cinq jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. Plus la DBO₅ n'est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée (Savary, 2005).

La concentration maximale admissible de la DBO₅=30g/ml (JORA, 2012).

4-4-5-Nitrates (NO₃)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier, 2009).

. La concentration maximale admissible de nitrates = ≤ 15mg/L (STEP, 2003)

4-4-6- Nitrites (NO₂)

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont une étape intermédiaire entre les ions ammonium (NH₄⁺) et nitrate (NO₃⁻) les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites sont des poisons dangereuses pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier, 2009). La concentration maximale admissible de nitrites = ≤ 5mg/ (STEP, 2003)

4-4-7- Phosphate (PO₄³⁻)

Est un composé dérivé de l'acide phosphorique H₃PO₄ par perte ou substitution d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène, par d'autres atomes ou groupe fonctionnels (Golterman 1994).

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l (soit 15 à 35mg/l) en P_2O_5 . Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (FAO, 2003). La concentration maximale admissible de la phosphate $\leq 2mg/L$ (STEP, 2003)

4-5-Métaux lourds

Les métaux lourds sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique (Keck., 2000).

4-5-1-Plomb

Appartient au groupe 14 et à la période 6 du tableau périodique. C'est le plus « lourd » des éléments stables. Le plomb est un élément toxique, mutagène et reprotoxique, sans valeur connue d'oligoélément. Il a en effet été classé comme potentiellement cancérigène en 1980, classé dans le groupe 2B par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), puis comme probablement cancérigène pour l'humain et l'animal en 2004. Deux sels de plomb, le chromate et l'arséniate, sont considérés comme carcinogènes certains par le CIRC. Le plomb est un contaminant de l'environnement, toxique et écotoxique dès les faibles doses. Les maladies et symptômes qu'il provoque chez l'humain ou l'animal sont regroupés sous le nom de « saturnisme » (Cordero, 2008).

La concentration maximale admissible du plomb=10(mg/l) (JORA, 2012).

4-5-2-Mercure

Est l'élément chimique de numéro atomique 80, de symbole Hg. Le corps simple mercure est un métal, liquide et peu visqueux dans les conditions normales de température et de pression. On l'a appelé vif-argent jusqu'au début du XIXI siècle. Le mercure (métallique) a longtemps été utilisé dans divers médicaments, dans les thermomètres et les batteries, avant d'être interdit (en France en 1999) car trop toxique. En 2021, il serait encore dans le monde la cause de 250 000 cas de déficience intellectuelle par ans, principalement via l'ingestion de produits de la mer (Cordero, 2008).

La concentration maximale admissible de mercure= 0,01 mg/l (JORA, 2012).

4-5-3-Fer

Est l'élément chimique de numéro atomique 26, de symbole Fe. Le corps simple est le métal et le matériau ferromagnétique le plus courant dans la vie quotidienne, le plus souvent sous forme d'alliages divers. Le fer pur est un métal de transition ductile, mais l'adjonction de très

faibles quantités d'éléments additionnels modifie considérablement ses propriétés mécaniques. Allié au carbone et avec d'autres éléments d'addition il forme les aciers, dont la sensibilité aux traitements thermomécaniques permet de diversifier encore plus les propriétés du matériau (Cordero, 2008).

La concentration maximale admissible de fer = 20(mg/l) (JORA, 2012).

4-5-4-Aluminium

L'aluminium est l'élément chimique de numéro atomique 13, de symbole AL. Il appartient au groupe 13 du tableau périodique ainsi qu'à la famille métaux pauvres. Le corps simple aluminium est un métal malléable, argenté, peu altérable, à l'air et peu dense. C'est le métal le plus abondant de l'écorce terrestre et le troisième élément le plus abondant après l'oxygène et le silicium, il présente en moyenne de 8% de la masse de matériaux de la surface solide de la planète (Cordero, 2008). La concentration maximale admissible d'aluminium = 20 mg/l (JORA, 2012).

4-5-5-Bore

Est un élément chimique de numéro atomique 5, de symbole B. C'est la tête de file du groupe 13 du tableau périodique. Il fait partie, avec le lithium et le beryllium, de quelques éléments légers absents des principaux processus de la nucléosynthèse. La présence du Bore, en faible abondance, dans l'espace imputable à la spallation cosmique (Vengosch, 1898).

La concentration maximale admissible de bore = 2mg/l (JORA, 2012).

4-5-6-Fluor

Est l'élément chimique de numéro atomique 9 de symbole F. C'est le premier élément du groupe des halogènes. Le corps simple correspondant est le difluor, souvent appelé simplement fluor. Le seul isotope stable est ^{19}F . Le radioisotope le moins instable est ^{18}F , dont la demi-vie est un peu moins de 2h et qui se transmute en oxygène 18. (Vinicius 2016).

La concentration maximale admissible de fluor = 15 mg/l (JORA, 2012).

4-5-7- Phénol

En chimie organique, les phénols sont des composés constitués d'un cycle aromatique hydrocarboné et d'un ou plusieurs groupes hydroxyle-OH qui y sont attachés. Les polyphénols, composés constitués par exemple de plus d'un cycle phénolique, font partie des phénols (Delfino, 1976).

La concentration maximale admissible de phénol = 0,002 mg/l (JORA, 2012).

4-5-8-Sélénium

Est un élément chimique de numéro atomique 34, de symbole SE. Ce troisième élément du groupe 71a est un non-métal. La chimie du corps simple et de ses principaux composés présente une grande analogie avec celle du soufre ; mais aussi avec celle du tellure (*Cordero, 2008*).

La concentration maximale admissible de sélénium = 0,02 mg/l (*JORA, 2012*).

4-5-9-Lithium

Est un élément chimique de numéro atomique 3 ; de symbole LI. C'est un métal alcalin ; du premier groupe du tableau périodique des éléments. Les noyaux atomiques des deux isotopes stables du lithium (${}^6\text{Li}$ et ${}^7\text{Li}$) comptent parmi ceux ayant l'énergie de liaison par nucléon la plus faible de tous les isotopes stables, ce qui signifie que ses noyaux sont assez peu stables comparés à ceux des autres éléments légers (*Cordero 2008*).

La concentration maximale admissible de lithium = 2,5 mg/l (*JORA, 2012*).

4-5-10-Zinc

Est un métal ductile, bleu gris, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène. La teneur moyenne en zinc de la croûte terrestre serait comprise entre 70 et 132 mg/kg. (*Richardson, 2001*).

La concentration maximale admissible de zinc = 10 mg/l (*JORA, 2012*).

4-5-11-Cuivre

Est un élément métallique de symbole Cu; il appartient au groupe (IB) de la classification périodique des éléments (*Prunet, 1996*.)

La concentration maximale admissible de cuivre = 5 mg/l (*JORA, 2012*).

4-5-12-Cadmium

C'est un métal chimique blanc argenté avec des teints de bleu appartenant à la famille des métaux de transition. Le cadmium élémentaire a un numéro atomique de 48 et une masse atomique de 112,4 g/mol (*Melaughlin, 1999*).

La concentration maximale admissible de cadmium = 0,05 mg/l (*JORA, 2012*).

4-5-13-Chrome

Le chrome est un élément chimique, métallique de symbole Cr. De numéro atomique 24 et de masse atomique 51,996 (u.m.a), Il appartient au groupe 6 (ou VI b) du tableau périodique. Cet élément est un métal de transition dur et d'une couleur gris acier argenté. Il résiste à la corrosion et au ternissement. Il est souvent en substitution du fer (rayons ioniques très proches) Fe (III)=0,067 nm. . Cr (III)=0,0631 nm. Cr (VI)=0,044 nm. Les traces de chrome

présentes dans ces minéraux sont souvent responsables de leurs couleurs : le vert de l'émeraude ou le rouge du rube (*Allouaw, 1995*).

La concentration maximale admissible de chrome = 1mg/l (*JORA, 2012*).

4-5-14-Nickel

Le nickel est un métal blanc argenté qui est employé dans une variété d'industrie. Dans nos vies journalières, nous sommes le plus susceptibles de rencontrer le nickel dans les pièces de monnaie et les produits d'acier inoxydables. Le nickel est également une partie importante de beaucoup de hauts dispositifs de technologie. Il est rarement trouvé comme métal pur en nature (*Sparrow, 2005*).

La concentration maximale admissible de nickel= 2 mg/l (*JORA, 2012*).

4-6-Analyses microbiologiques

3-6-1- Coliformes totaux

Les coliformes décrivent des bactéries à coloration de gram négative fermentant le lactose avec production de gaz à 35-37°C en 48 h, ce sont des bacilles non sporulants, donnant une réponse négative au test à l'oxydase, aérobies biliaires ou équivalent. La norme ISO4831 de 1991 précise que la fermentation du lactose avec production de gaz doit être recherchée dans un milieu nutritif spécifique additionné de sels biliaires et de vert brillant.

Les coliformes sont recherchés dans les aliments et dans les eaux de consommation humaine car ils comprennent de nombreux microorganismes d'origine fécale et sont des marqueurs de l'hygiène des aliments et de l'eau, des bactéries vivant dans les intestins d'animaux à sang chaud (*OMS, 2016*).

Parmi les coliformes totaux (à 36°C), on distingue les coliformes thermotolérants (dits fécaux) qui fermentent le lactose à (44°C) (*JORA, 2012*).

4-7- les analyses parasitologiques

4-7-1-Nématodes

Les nématodes (Nematoda), ou vers ronds et effilés, constituent un embranchement de vers non segmentés. Classés parmi les ecdysozoaires, ils sont recouverts d'une épaisse cuticule. Ils représentent une part très importante de la diversité biologique sur terre et constituent, en nombre d'individus, les 4/5 du règne animal. Ubiquistes, on les trouve dans les sols du monde entier, mais ils sont plus nombreux en zone subarctique (38% du total). Plus de 3 000 espèces actuellement décrites vivent « libres » (dans les sols, l'eau, les sédiments, le bois mort ou dans la nécromasse où ils sont bactérivores ou détritivores ou micro-prédateurs). Certains parasitent des végétaux, des champignons ou des animaux (dans ce dernier cas, ils sont le plus souvent des parasites gastro-intestinaux mais quelques espèces colonisent d'autres types de

tissus, musculaires notamment). Certains posent problème en agriculture parce qu'ils parasitent des plantes ou des animaux d'élevage, mais la plupart contribuent au bon fonctionnement des agrosystèmes et en sont des bio indicateurs, des cycles du sol et des plantes dont ils stimulent la croissance en améliorant le cycle des nutriments. La nématofaune désigne les différentes espèces de vers nématodes présents dans un espace donné (*Haegeman, 2019*)

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

➤ **CHAPITRE 04**

➤ **CHAPITRE 05**

PARTIE PRATIQUE

MATERIEL ET METHODES

1- PRESENTATION DU LIEU DE STAGE

Notre travail a été fait au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma

1-1-Localisation

La Station d'épuration des eaux usées est située dans la wilaya de Guelma, qui se situe au Nord-Est du pays, elle est limitée par la wilaya d'Annaba au Nord, El Tarf au Nord Est, Skikda au Nord-Ouest, Souk Ahras et Oum El- Bouaghi au Sud-Est et enfin Constantine à l'Ouest.

La station d'épuration des eaux usées est située sur la route nationale N° 21 reliant Guelma à Annaba, à proximité du pont Guelma- Héliopolis, et s'étend une superficie de 7,8 hectare. La STEP a deux stations de relevages (SR) 01 et 02 refoulant les eaux usées vers la STEP au moyen de deux conduites.

- SR1: Oued El-Maiz, avec un débit de 1575 m³/h.
- SR2: Oued Skhoun, avec un débit de 1125 m³/h.

La station est implantée sur un terrain agricole de 08 Hectares à (01) kilomètre environ au nord de la ville de Guelma, sur le flanc droit de la vallée développée par oued SEYBOUSE, et sans habitations existantes à la proximité.

Elle est alimentée par 02 conduites de refoulement, l'une en diamètre 700 en provenance du premier poste de refoulement SP1 (OUED MAIZ) avec un débit de 1575m³ /h, l'autre en diamètre 500 en provenance du second poste de refoulement (SP2) (OUED SKHOUNE) son débit est de 1125m³/h. et l'emplacement de ces 02 postes était également pris en considération(*STEP, 2003*).

La station est implantée sur un terrain agricole de 08 Hectares à (01) kilomètre environ au nord de la ville de Guelma, sur le flanc droit de la vallée développée par oued SEYBOUSE, et sans habitations existantes à la proximité.

Elle est alimentée par 02 conduites de refoulement, l'une en diamètre 700 en provenance du premier poste de refoulement SP1 (OUED MAIZ) avec un débit de 1575m³ /h, l'autre en diamètre 500 en provenance du second poste de refoulement SP2 (OUED SKHOUNE) son débit est de 1125m³/h. et l'emplacement de ces 02 postes était également pris en considération (*STEP, 2003*).



Fig.02: Schéma de la STEP de Guelma

1-2- Caractéristique et nature des effluents

La station est alimentée par des effluents d'origine domestique (Equivalent-Habitants Guelma, 2003).

Les eaux usées domestiques de la ville de Guelma sont collectées gravitairement sur deux bassins versant par un ensemble de réseaux d'assainissement existant (ou il y'a les deux postes de refoulement).

Le réseau d'assainissement est de type unitaire (c'est-à-dire ; englobe tous en même temps ; les égouts, les rejets industriels, individuels...etc.) (STEP, 2003).

Les effluents sont collectés par le réseau d'assainissement existant, mais ne subissaient pas de traitement particulier.

1-3- Points de rejet de l'eau épurée (destination)

Le rejet est réalisé dans l'Oued SEYBOUSE situé en contrebas de la station d'épuration à 331 m de distance, les effluents sont acheminés jusqu'à l'Oued par une canalisation de rejet (STEP, 2003).

1-4 Sous-produits issus de l'épuration

- **Boues** : Les boues sont épaissies puis hydratées sur lits de séchage avant leur envoi en décharge ou utilisation Agricole.
- **Produits de dégrillage** : Les refus de dégrillage sont évacués par un tapis transporteur, ou une vis de convoyage dans une benne à ordure.
- **Graisses et huiles** : Elles sont stockées dans une fosse à graisse avant enlèvement.

-**Sables** : Ils sont extraits de l'ouvrage du prétraitement, séparés de leur eau par un classificateur, puis stockés dans une benne relevable (*STEP, 2003*).

1-5- Objectif de la STEP

Le rôle principal de la station de traitement des eaux usées est de réduire la pollution des eaux usées domestiques de façon à rejeter à la rivière des eaux traitées compatibles avec la qualité souhaitée et dans les normes idéales.

2-PROCEDE D'EPURATION DES EAUX USEES AU NIVEAU DE LA STATION STEP DE GUELMA

Les étapes d'épuration des eaux usées de la wilaya de Guelma sont présentées comme suit (*STEP, 2003*) :

2-1- Prétraitement

Il est destiné à préparer l'effluent au traitement biologique ultérieur. Il comporte une sécession d'opérations physiques ou mécaniques destinées à séparer les eaux usées des matières volumineuses. Cette étape comporte les trois opérations suivantes :

2-1-1-Dégrillage

Le dégrillage est la première opération du prétraitement des eaux usées. Il consiste à éliminer les déchets plus ou moins volumineux 3 cm tels que les chiffons, textiles, papiers, plastiques, ou encore les branches et feuilles entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. La figure 03 présente un dégrilleur.

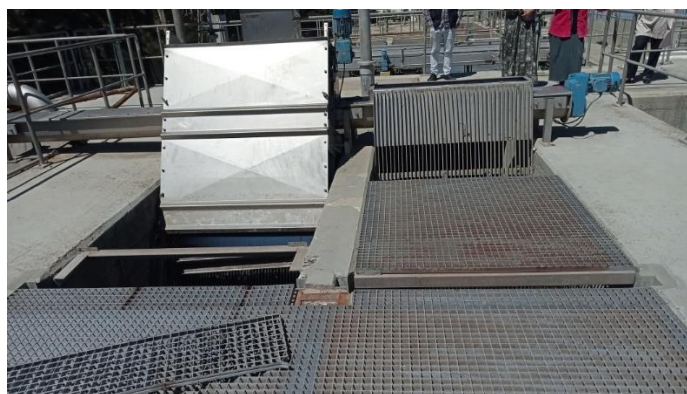


Fig. 03 : Dégrilleur (Photo personnelle)

- Espace des barreaux : 20 mm pour le dégrilleur automatique et 30mm pour la grille fixe ;
- Epaisseur des barreaux : 10mm maximum ;
- Grille sera dimensionnée pour un colmatage maximum de 30 cm ;
- Surface immergée sera égale à 2,49 m².

2-1-2- Dessablage

Consiste à débarrasser les eaux des solides de taille supérieure à 0,5 à 1,5 cm (sables, graviers, matières minérales lourdes) par décantation sous l'effet de la gravité. A la différence de la décantation primaire, il n'élimine pas les matières volatiles en suspension.

2-1-3- Dégraissage ou déshuilage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide. Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées. La figure 04 présente cette étape.



Fig. 04 : Dessablage – Déshuilage (Photo personnelle)

2-2-Traitement primaire

Il est utilisé en général comme moyen de traitement complémentaire, Cette phase permet d'éliminer une fraction des matières en suspension, jusqu'à 60%, et de la matière organique. Ce procédé combine des procédés physiques, avec décantation plus ou moins aboutie.

2-2-1- Décantation primaire

La décantation primaire classique consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 30 à 40 % des matières en suspension et réduit d'environ 30 % la DBO et la DCO. La figure 05 présente le décanteur primaire.



Fig. 05 : Décanteur primaire (Photo personnelle)

- Forme : cylindro-conique ;
- Surface totale minimum : 1,394m² ;
- Surface /Bassin minimum : 697m² ;
- Diamètre d'une bassine minimum : 30,00 m ;
- Hauteur d'eau : 3,0m.

2-3-Traitement secondaire

C'est lors de ce traitement que s'élimine l'essentiel des agents polluants dans les eaux usées à savoir l'élimination de la pollution carbonée biodégradable. Il consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice qui est en fait un écosystème simplifié et sélectionné ne faisant appel qu'à des micro-organismes. Elle est constituée d'être vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires.

Dans le cas des eaux usées urbaines, on favorise le développement de bactéries aérobies, c'est-à-dire, qui utilisent l'oxygène pour se développer. Il comporte deux étapes principales :

2-3-1 -Traitement biologique

Le traitement biologique se déroule au niveau de bassin d'aération et comporte :

➤ Elimination de carbone

La boue activée est constituée essentiellement de bactéries et de protozoaires, parfois de champignons, de rotifères et de nématodes. Les bactéries y constituent le groupement le plus important, responsable principalement de l'élimination de la pollution d'une part et de la formation des flocons d'autre part. La nature des composés organiques constituant la pollution influe naturellement sur le genre dominant, de même les conditions du milieu :

pH, température, oxygène dissous... Pour l'élimination du carbone dans les effluents la voie aérobie est utilisée car l'oxygène est associé aux réactions de dégradation et elles s'instaurent spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO_2 et de biomasse. Après la dégradation des matières organique la cellule passe par différentes phase de croissance et décroissance. Mais la croissance bactérienne nécessite la présence d'autres éléments nutritifs en particuliers l'azote et le phosphore contenus dans les effluents et dont l'élimination est également nécessaire.

➤ Bassin d'aération

La figure 07 Présente le bassin d'aération.



Fig.07 : Bassin d'aération (Photo personnelle)

Il comporte les caractéristiques suivantes :

- Débit journalier des eaux usées : $32,000 \text{ m}^3 / \text{j}$;
- L'aération s'effectue dans deux bassins longitudinaux fonctionnant en parallèle. Donc volume total d'aération : $9,33 \text{ m}^3$;
- Volume d'un bassin d'aération dans des ouvrages rectangulaires de rapport $L / l = 4$;
- Surface du bassin : $1,037 \text{ m}^2$;
- Longueur du bassin : $64,40 \text{ m}$;
- Largeur du bassin : $16,10 \text{ m}$.

2-3-2- Décantation secondaire

➤ Clarification

A la sortie des bassins d'aération la liqueur biologique sera soumise à une clarification de façon à séparer les boues activées de l'eau épurée, et à les recycler vers les bassins d'aérations :

- Surface de clarification est calculée pour permettre une vitesse ascensionnelle de 0,9 m/h (pour débit de pointe) ;
- Surface = Débit de point e / vitesse ascensionnelle = $418/0,95 = 4,402.10 \text{ m}^2$;
- Nombre de décanteurs : 02 ;
- Surface /bassin = $2,201 \text{ m}^2$;
- Diamètre : 53,00 m ;
- Flux massique : $17,0 \text{ kg/m}^2/\text{h}$;
- Temps de séjour : 2,5 h ;

La figure 08 présente le clarificateur.



Fig.08: Clarificateur (Photo personnelle)

➤ Traitement des boues

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès à fin de rendre leur destination finale fiable et sans nuisance.

On distingue trois grands types de traitement :

Stabilisation : de type biologique, chimique ou thermique. Dont l'objectif est de réduire la fermentescibilité des boues pour atténuer ou supprimer les mauvaises odeurs.

Traitements de réduction de la teneur en eau des boues : visant à diminuer la quantité de boues à stocker et à épandre, ou améliorer leurs caractéristiques physiques par épaissement vise à augmenter la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue qui peut se faire simplement par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation, déshydratation).

Qui correspond en fait à une augmentation forte de siccité, modifie l'état physique des boues, celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Le séchage élimine en grande partie ou en totalité l'eau par évaporation, soit par voie naturelle (lits de séchage), soit par voie thermique.

La figure 09 présente le lit de séchage.



Fig.09 : Lit de séchage (Photo personnelle)

Elimination des germes pathogènes : désinfection par chloration. La chloration se fait dans un bassin à l'aide d'hypochlorite de calcium équipée de chicane pour permettre un temps de contact suffisant. La figure10 présente le bassin de désinfection.



Fig.10 : Bassin de désinfection (Photo personnelle)

La désinfection se fera dans un ouvrage longitudinal muni de chicanes.

- Temps de contact : 20 mn ;
- Volume de désinfection : 726 m² ;
- Longueur : 24,2 m ;
- Largeur : 15 m ;
- Hauteur des chicanes : 2,00m ;
- Chloration - Débit a' traiter : 2,18 m³ /h ;
- Dose de chlore : 05 mg/l ;
- Choix de l'oxydant : NACLO.

Le tableau 02 présente la quantité de chlore a dosé.

Tableau 02 : Quantité de chlore a Dosé

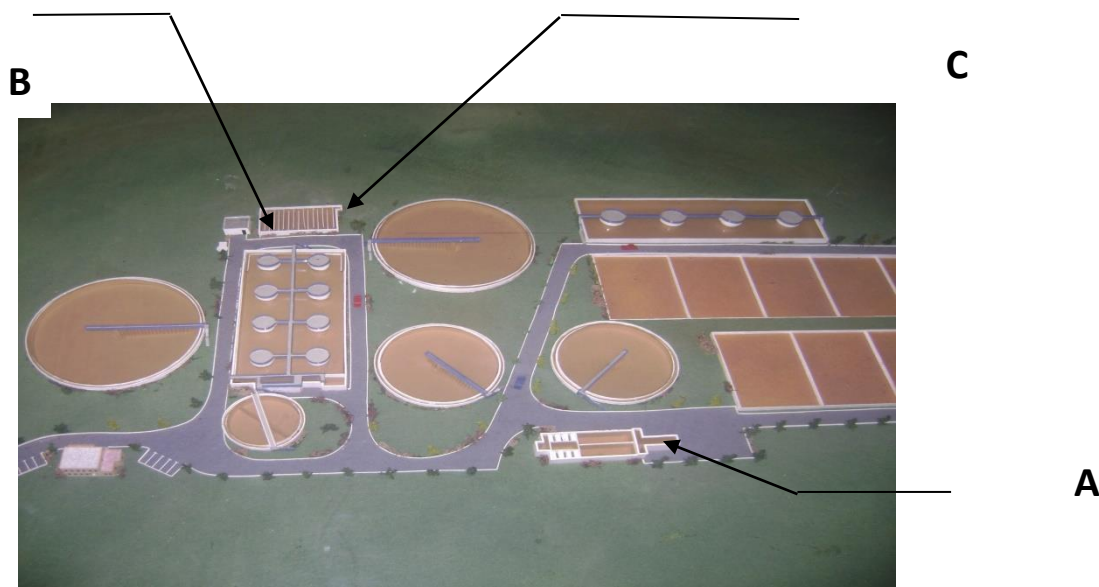
Dose moyenne	Débit moyen	Débit de chlore	Débit d'hypochlorite de calcium
05 ppm	1,333 m ³ /h	6,665 kg/h	48,30 kg/h

3- CONTROLE DE QUALITE DES EAUX EPUREES

3-1-Prélèvement et techniques d'échantillonnage

3-1-1-Techniques du prélèvement

Le lieu du prélèvement des échantillons se fait dans trois points qui sont l'entrée de la station, entrée et sortie du bassin de désinfection. La figure 11 présente ces trois points.



A : Entrée de station.

B : Entrée de bassin de désinfection.

C : Sortie de bassin de désinfection.

Fig.11 : Points du prélèvement

3-1-2-Techniques d'échantillonnage

Les échantillons doivent être prélevés dans des conditions stériles en utilisant des bouteilles en plastique d'un volume d'un demi- litre.

Les techniques d'échantillonnage varient en fonction de l'objectif visé et de la nature de l'eau à analyser. Pour les eaux de surface, le ballon (la bouteille) est débouchée et complètement immergée en position verticale à l'envers, en évitant le prélèvement du fond, et près de la surface d'au moins 30 cm. La bouteille est tenue par le bas, puis retournée de sorte que l'ouverture soit légèrement au-dessus du fond et pointée sans sens contraire au courant. Après prélèvement, le flacon doit être soigneusement refermé.

3-1-3-Mesure de sécurité

Celui qui est chargé de faire le prélèvement doit avoir les mesures de sécurité suivantes :

- lave soigneusement les mains ;
- porte une blouse en coton ;
- porte des lunettes de protection, gants ;

Avec l'utilisation de sauts et d'un masque pour se protéger contre les maladies.

4- DIFFERENTES ANALYSES DE CONTROLE DE QUALITE DES EAUX EPUREES

4-1-Analyses physico-chimiques

4-1-1-Analyses physiques

➤ Détermination de la température

Principe

Réglementairement, les eaux usées, autres que domestique, doivent être ramenées. A une température inférieure à 30°C (*JO, 1998*)

La température est mesurée au même temps avec la conductivité électrique ou le pH avec le conductimètre ou bien le pH mètre.

Matériel

- Eau à analyser ;
- Conductimètre à électrode.

Mode opératoire

- Allumer le conductimètre avec électrode ;
- Plonger l'électrode dans le récipient qui contient l'eau à examiner en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée ;
- Laisser stabiliser un moment.

Expression du résultat

Lecture directe de l'afficheur (écran) du conductimètre.

➤ Détermination de la conductivité électrique (CE)

Principe

Elle se base sur l'ensemble des sels présents dans la solution et leur ionisation (la salinité) en ions (cations et anions). Elle constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa conductivité spécifique (*Makhoukhet et al., 2011*).

Matériel et réactif

- Récipient contient l'eau à analyser ;
- Eau déminéralisé ;
- Conductimètre à électrode

La figure 12 présente le conductimètre à électrode.



Fig. 12 : Conductimètre à électrode (Photo personnelle)

Mode opératoire

- Allumer le conductimètre avec électrode ;
- Plonger l'électrode dans le récipient qui contient l'eau à examiner en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée ;
- Laisser stabiliser un moment.

Expression du résultat

Lecture directe de l'afficheur (écran) du conductimètre.

➤ Détermination des matières en suspension (MES)

Principe

On évalue le poids sec du résidu, obtenu par filtration de l'échantillon d'eau après passage à l'étuve à 105°C.

Matériels utilisés

- Eau à analyser ;
- Papier filtre ;
- Rampe de filtration sous vide ;
- Pompe à vide ;
- Etuve (T=105°C) ;

- Dessiccateur ;
- Verrerie de laboratoire ;
- Balance de précision.

Les figures 13, 14 et 15 présentent certains appareils de la mesure de la MES.



Fig. 13: Etuve (105°C) (Photo personnelle)

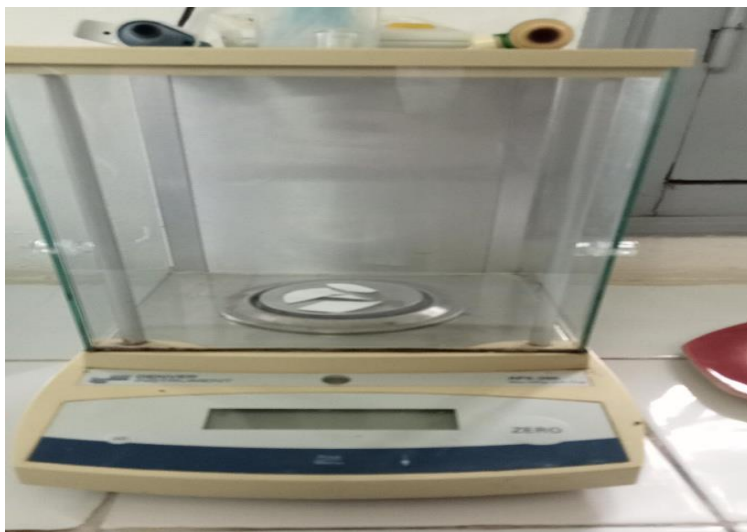


Fig. 14: Balance électronique (Photo personnelle)



Fig. 15: Equipement de filtration (Photo personnelle)

Mode opératoire

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Placer le filtre sur les verres de montre puis les sécher à l'étuve à 105°C pendant au moins deux (02) heures ;
- Laisser refroidir les filtres dans dessiccateur ou à l'air libre près de la balance quelque minute pour éviter la contamination par la poussière ;
- Peser le filtre sur la balance (m_0 en mg) ;
- Placer le filtre sur le système de filtration. Le filtre d'un volume (Ex : $V=100\text{ml}$) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée ;
- Récupérer le filtre par des pinces et remis dans son verre de montre ;
- Placer le filtre dans l'étuve à 105 °C pendant 2 heures ;
- Retirer le filtre de l'étuve et laisser s'équilibrer à température ambiante ;
- Peser le filtre dans la balance de précisions (m_1 en mg).

Expression du résultat

Lecture directe de l'afficheur de la balance électrique ($m_0 = 0\text{mg}$). La matière en suspension est pesée en milligramme (mg) selon la formule suivante :

$$\text{MES (mg)} = (m_1 - m_0) * 1000 / v$$

m_1 = la masse du disque de filtration avant utilisation ;

m_0 = la masse du disque de filtration après utilisation ;

V = volume d'échantillon versé sur le filtre en ml.

➤ **Détermination potentiel d'hydrogène (pH)**

Principe

Le pH est la concentration des ions hydrogènes (H^+) présent dans l'eau ou la solution à analyser, est mesuré à l'aide d'un pH mètre, cela permet également de mesurer la température qui s'affiche sur l'écran du pH mètre en fonction de la température ($^{\circ}C$).

Matériel et réactifs

- Eau à analyser
- PH mètre ;
- Récipient contient l'eau à analyse ;
- Eau déminéralisée ;
- Solutions Tampon d'étalonnage pH = 7 ; pH = 4 et pH= 10

La figure16 montre un pH mètre.

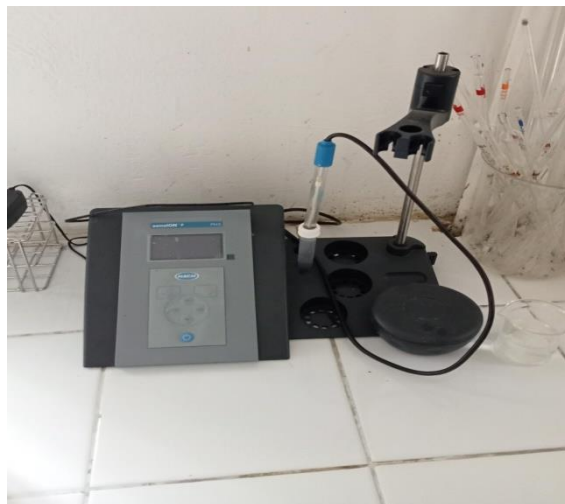


Fig. 16: pH mètre (Photo personnelle)

Mode opératoire

- Allumer le PH mètre ;
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée ;
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon ;
- Agiter bien la solution ;
- Tremper l'électrode de PH dans la solution tampon pH = 7 ;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2 ;
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée ;
- Ré-étalonner de la même manière avec les solutions tampon PH = 10 où PH = 4. Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

Dosage de l'échantillon

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
- Agiter la solution bien ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment.

Expression du résultat

Lecture directe de l'afficheur du pH mètre.

➤ Détermination du nitrate (NO_3^-)

Le dosage des nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), ammonium (NH_4^+), phosphate total (PT), l'ortho-phosphate (PO_4^{3-}) et la demande chimique en oxygène (DCO) est fait par le spectrophotomètre.

Principe

En présence de salicylate de sodium, le nitrate donne du paranitrosalicylate de sodium en présence d'un oxygène dissous qui devient orange et capable de doses.

Les nitrites sont considérée comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et au animaux (le taux de NO_2 devient nocif quand il dépasse 0.5 mg /l) taux doit être contrôlé régulièrement, un taux important survient en générale lorsque l'eau est sur chargée en matières aussi parfois lorsque vous rajoutez de nouvelles pierres vivantes. En milieu chlorhydrique, et en présence d'ion ammonium il se forme un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite.

Réactif et matériel

- Réactif (Sodium salicylate) ;
- Eau à analyser ;
- Spectrophotomètre.

La figure 17 présente le spectrophotomètre.



Fig. 17 : Spectrophotomètre (Photo personnelle)

Mode opératoire

Les dosages des éléments des nitrates, nitrites, ortho-phosphate, DCO et le phosphate totale se font dans deux points à l'entrée et à la sortie ;

- Nitrate, avec test en Kit (0,23-13,50mg ; 1-60 mg/l) ;
- Placer à la valeur zéro, livrée dans la chambre de mesure ;
- Appuyer sur la touche ZERO. Positionnement ;
- Retirer la Kit de la chambre de mesure ;
- Ouvrir une Kit de réaction et ajouter 01 ml d'échantillon ;
- Refermer le kit avec son couvercle et de mélanger le contenu en agitant légèrement ;
(Attention : Le tube devient chaud)
- Ajouter de 0,2 ml de nitrate (Réactif A) ;
- Refermer la Kit avec son couvercle et mélanger le contenu en agitant légèrement. ;
- placer la Kit échantillon dans la chambre de mesure. Positionnement ;
- Appuyer sur la touche TEST. Respecter un temps de réaction de 15 minutes.

Expression du résultat

- Lecture directe de l'afficheur de spectrophotomètre ;
- Le résultat de la mesure s'affiche et indique le nitrate en mg/l.

➤ Détermination de nitrite (NO₂⁻)

Principe

Dans une solution acide, les ions nitrites forment avec l'acide sulfonique en sel de diazonium qui réagit avec le N-(naphtyle-1)-éthylène diamine di-hydro-chlorure pour donner un colorant azoïque rouge violet. Ce colorant est dosé par photométrie.

Réactif et matériel

- Réactif ;
- Eau à analyser ;
- Spectrophotomètre.

La figure 18 montre le réactif de Nitrite.



Fig. 18 : Boîte de réactif de Nitrites (Photo personnelle)

Mode opératoire

Nitrite avec test en Kit (0,015 -0,600 mg/l ; 0,05-2,00 mg/l).

- Placer le Kit à valeur zéro, livrée dans la chambre de mesure. Appuyer sur la touche ZERO. Positionnement ;
- Retirer le kit de la chambre de mesure ;
- Ouvrir une Ket de réaction et ajouter 2 ml d'échantillon ;
- Refermer le Kit avec son couvercle et mélanger le contenu en agitant légèrement ;
- Mettre le kit dans la chambre de mesure. Positionnement ;
- Attendre 10 minutes de temps de réaction.

Expression du résultat

Lecture directe de l'afficheur du spectrophotomètre.

➤ Détermination de phosphate Total (PT)

Principe

Dans une solution sulfurique les ions ortho phosphates forment avec les ions molybdates l'acide phosphore-molybdique. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore-molybdène (PMB) qui est dosé par photométrie.

Matériel et réactif

- Spectrophotomètre ;
- Réactif ;
- Eau à analyser.

La figure 19 présente le réactif de phosphate total.



Fig. 19 : Equipement utiliser pour déterminer le phosphate total (Photo personnelle)

Mode opératoire

Phosphate total avec test en Kit (0,5-5,0 mg/l ; 1,5-15,0 mg/l) ;

- Ouvrir le kit de réaction et ajouter 0,5 ml d'échantillon ;
- Refermer Kit avec son couvercle et mélanger le contenu en agitant légèrement ;
- Exposer pendant 30 minute le Kits à une température de 100°C dans le réacteur thermique préchauffé ;
- Retourner le tube et le laisser refroidir jusqu'à la température ambiante ;
- Placer le kit a valeur ZERO, livrée dans la chambre démesure. Positionnement ;
- Appuyer sur la touche ZERO ;
- Retirer le Kit de la chambre de mesure ;
- Ajouter 2 gouttes (0,2ml) de phosphate dans le tube prépare à l'avance ;
- Refermer le kit avec son couvercle et mélanger le contenu en agitant légèrement ;
- Ajouter une cuillère graduée, remplie à ras bord de phosphate ;
- Refermer le Kit avec son couvercle et mélanger son contenu en l'agitant jusqu'à cheque le réactif soient complètement dissout ;
- Mettre le Kit dans la chambre de mesure. Positionnement ;
- Ajouter Une Cuillère graduée, remplie aras bond de phosphate ;
- Respecter un temps de réaction de 10 minutes.

Expression du résultat

- Lecture directe de l'afficheur du spectrophotomètre ;

- Résultat s'affiche pour le phosphate total en mg/l.

➤ Détermination d'ortho phosphate (PO_3^{4-})

Principe

Sont les formes chimiques les plus fréquentes du phosphate dans l'environnement (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), tous dérivés de l'acide phosphorique. Ils sont utilisés dans certains engrais, produits lessiviels, additifs alimentaires, ou comme inhibiteurs de corrosion. Présents en excès dans l'eau.

Le phosphore peut être présent dans l'eau sous la forme ionisée (ortho phosphates) ou plus ou moins polymérisé (poly phosphates minéraux et/ou organiques). IL n'est pas directement toxique pour les poissons et le milieu aquatique, mais il est généralement responsable de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation. Les phosphates ont une origine principalement domestique (contamination fécale et détergents) mais aussi agricole (engrais) et industrielle (industrie chimique).

Matériel et réactifs

- Spectrophotomètre ;
- Réactif ;
- Eau à analyser.

La figure20 présente le réactif d'ortho-phosphate.



Fig. 20 : Boîte du réactif d'ortho-phosphate (Photo personnelle)

Mode Opérateur

L'ortho-phosphate avec test (0.5-5.0 mg/l ; 1.5-15 mg/l)

- Place le kit à valeur ZERO (Portant l'étiquette rouge) livrée dans la chambre de mesure.

Positionnement ;

- Appuyer sur la touche ZERO ;
- Retirer le Kit de la chambre de mesure ;
- Ouvrir une Kit de réaction à visser et y ajouter 0,5ml d'échantillon. ;
- Ajouter 02 goutte (0,2 ml) de phosphate dans le tube préparé à l'avance ;
- Refermer le Kit avec son couvercle et mélanger le contenu en agitant légèrement ;
- Mettre le Kit dans la chambre de mesure dans sa place et le faire bien positionner.

Expression du résultat

- Lecture directe de l'afficheur du spectrophotomètre ;
- Le résultat s'affiche pour l'ortho phosphate en mg/l.

➤ Détermination de l'ammonium (NH_4^+)

Principe

L'azote ammoniacal (NH_4^+) se présente en partie sous la forme d'ions ammonium et en partie sous la forme d'ammoniaque. Il existe un équilibre PH-dépendant entre ces deux formes.

Dans une solution fortement alcaline ne contenant pratiquement que de l'ammoniaque, ce dernier réagit avec les ions hypochlorites pour donner de la mono-chloramine. De la couleur jaune mesurée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 676 nm.

Matériel et réactifs

- Spectrophotomètre ;
- Réactif d'ammonium ;
- Eau à analyser ;

La figure 21 et 22 présente le réactif d'ammonium.



Fig. 21 : kit de réactif d'ammonium



Fig. 22 : kit de réactif pour l'entrée pour la sortie

(Photo personnelle)

Mode opératoire

Entrée :

- Ammonium, avec teste en Kit (2-47 mg/l ; 2,4-60 mg/l) ;
- Ouvrir le Kit de réaction et ajouter 0,2 d'échantillon ;
- Refermer le kit avec son couvercle et mélanger le contenu en agitant légèrement ;
- Mettre le kit dans la chambre de mesure – positionnement ;
- Respecter Une temps de réaction 15 minutes.

Sortie :

- Ammonium avec teste en kit. (0,015-2,0 mg/l ; 0,02 - 2,50 mg/L) ;
- Ouvrir le kit de réaction et ajouter 5ml d'échantillon ;
- Refermer le kit avec son couvercle et mélanger le Contenu en légèrement ;
- Mette le kit dans la chambre de mesure, positionnement ;
- Respecter un temps de réaction 15 minute.

Expression du résultat

- Lecture directe de l'afficheur du spectrophotomètre (mg/l) ;

➤ **Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)**

Principe

La demande chimique en oxygène permet d'apprécier la concentration en organique ou minérales dissoutes et en suspension dans l'eau au travers de quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matière organique avant et après un traitement physique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité de microorganismes.

Matériel et réactifs

- Spectrophotomètre ;
- Micropipette ;
- Hotte à filtration ;
- Réactif de DCO ;
- Eau à analyser.

La figure23 montre l'installation pour mesurer la DCO.



Fig.23 : Installation pour DCO (Photo personnelle)

Mode opératoire

Demande chimique en oxygène (DCO),(15- 150 mg ; 150-1000 mg/l)

- Ouvrir le kit de réaction et ajouter 02ml d'échantillon ;
- Refermer le kit avec Son couvercle et mélanger le contenu en agitant légèrement ;
- Exposer pendant 02 heures le kit a température 148C° ;
- Laisser refroidir jusqu'à la température ambiante (15 min) ;

- Mettre le kit dans la chambre de mesure positionnement.

Expression du résultat

Lecture directe de l'afficheur du spectrophotomètre (mg/L).

Notre étude a pour but d'évaluer la qualité

RESULTAT ET DISCUSSION

RESULTAT ET DISCUSSION

Les résultats de notre étude sont présentés comme suit :

1- Détermination du potentiel hydrogène (pH)

Le résultat concernant la mesure du pH est présenté dans le tableau 01.

Tableau 03 : Mesure du pH

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (JO, 2012)
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6,5-8,5
Eau entrée	7,50	7,80	8,50	8,14	7,92	7,76	7,64	6,57	7,73	
Eau sortie	7,70	7,60	8,10	8,05	7,97	7,70	7,52	7,72	7,10	

Sur les 09 échantillons analysés, nous avons constaté que les valeurs du potentiel hydrogène (pH) :

- Pour l'entrée : Elle varie d'une valeur minimale 6,57 jusqu'à une valeur maximale 8,5 avec moyenne de 7,53.
- Pour la sortie : Elle varie d'une valeur minimale 7,6 jusqu'à une valeur maximale 8,1 avec une moyenne de 7,85.

D'après les résultats obtenus nous constatons que le pH est resté dans domaine de neutralité avec des valeurs comprises entre (6,5 et 8,1). Les valeurs du pH de l'eau épurée sont conformes avec les normes algériennes (JO, 2012) qui sont entre 6,5 et 8,5

2- Détermination de la température

Le résultat concernant la mesure de la température (T°C) présenté dans le tableau 03.

Tableau 04 : Mesure de la température

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (JO, 2009)
T°C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	30°C
Eau entrée	12,60	12,01	17,30	17,20	17,40	17,40	16	17,88	17,76	
Eau sortie	12,90	12,50	18,70	18,30	18,60	17,65	15,70	17,44	17,66	

RESULTAT ET DISCUSSION

Sur les 09 échantillons analysés nous avons constaté que les valeurs de la température (T°C)

- Pour l'entrée : elle varie d'une valeur minimale 12,1°C jusqu'à une valeur maximale 17,88°C, avec moyenne de 14,99.
- Pour la sortie : elle varie d'une valeur minimale 12,5°C jusqu'à une valeur maximale 18,7°C, avec moyenne de 15,6.

Vu que « les variations de la température ont des effets importants car elles influencent le développement des colonies de micro-organismes »

on peut dire que ces températures ne constituent aucun risque de pollution thermique pour le milieu récepteur durant le procédé d'épuration, au contraire on peut affirmer qu'elles sont en faveur d'une accélération des procédés biologiques de traitement des eaux usées et des boues, du point de vue où elles contribuent à l'augmentation de la cinétique de dégradation des matières organiques (*Bakir, 2021*).

L'analyse de ce paramètre est très importante, car elle s'accompagne toujours d'une modification de nombreux paramètres, tel que la conductivité électrique, l'oxygène dissous et le pH, ainsi que les réactions de dégradation et minéralisation de la matière organique

La température se situe dans l'intervalle (12°C à 19°C). Ces conformes avec les normes algériennes (30°C), cette température est favorable à l'activité microbienne de la station et le suivre du traitement (*JO, 2009*).

3- Détermination de la matière en suspension (MES)

Le résultat concernant la mesure de (MES) est présenté dans le tableau 04.

Tableau 05 : Mesure de la matière en suspension

Mois	Février			Mars		Avril			Norme (JO, 2012)
MES	1	2	3	4	5	7	8	9	30 ml/L
Eau entrée	207	225	289	269	194	224	163	320	
Eau sortie	20,35	16,70	26,00	21,50	10,00	30,60	44,00	30,40	

RESULTAT ET DISCUSSION

Sur les 09 échantillons analysés on remarque que les valeurs de la MES.

- A l'entrée de la station: varie d'une valeur minimale 163mg/l jusqu'à une valeur maximale 320 mg/l avec moyenne de 241,5 mg/l. Cette variation est due à une instabilisation de la qualité des eaux à l'entrée.
- Pour la sortie : elle varie de valeur minimale 10 mg/l Jusqu'à valeur maximale 44 mg/l avec une moyenne de 27mg/l.

On observe une diminution importante dus à l'élimination des particules par le dégraisseur ainsi que le phénomène d'absorption des MES sur le floc biologique et d'autre part la bonne sédimentation au niveau de clarificateur. Les valeurs sont conformes à la norme algérienne (30mg/l) (JO, 2012).

4- Détermination de la conductivité électrique (CE)

Le résultat concernant la mesure de la CE est présenté dans le tableau 05.

Tableau 06 : Mesure de la conductivité électrique

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (JO, 2012)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
CE										
Eau entrée	1,16	1,20	1,80	1,14	1,17	1,26	1,26	1,02	1,15	3 ds/m
Eau sortie	1,18	1,22	1,20	1,15	1,17	1,85	1,29	1,24	1,23	

Sur les 09 échantillons analysés on constate que les valeurs de la CE ne sont pas stable.

- Pour l'entrée : elle varie d'une valeur minimale 1.02 Jusqu'à une valeur maximale 1.26 avec une moyenne de 1,14 ;
- Pour la sortie : elle varie d'une valeur minimale 1.17 Jusqu'à une valeur maximale 1.85 avec une moyenne de 1,51.

Les résultats obtenus sont conformes aux normes algérienne (3ds/m) (STEP, 2008)

Ces résultats sont en accord avec les résultats de (Banouch, 2016). Cette variation peut être expliquée par la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur qui sont concentrés dans les boues. La mesure de ce paramètre constitue une bonne appréciation du degré de

RESULTAT ET DISCUSSION

minéralisation d'une eau ou chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique (*Bakir, 2021*). A partir des résultats obtenus, il ya une variation des valeurs et une diminution de la quantité totale de la CE en sortie car la matière organique a été décomposée et dégradée par les bactéries en ses dérivés (*STEP, 2003*).

5- Détermination de la Nitrate (NO_3^-)

Le résultat concernant la mesure du Nitrates NO_3^- est présenté dans le tableau 06.

Tableau 07 : Mesure du nitrate

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (<i>STEP, 2008</i>)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NO_3^-										
Eau entrée	1,04	1,22	1,02	0,79	1,01	0,89	0,90	0,88	0,67	1,5 mg/L
Eau sortie	0,33	0,09	0,73	0,49	0,37	0,71	0,67	0,45	0,30	

Sur les 09 échantillons analysées constate que les valeurs de la Nitrate on remarque :

- Pour l'entrer : elle varie d'une valeur minimale 0,67 mg/l Jusqu'à une valeur maximale 1,22 mg/l avec une moyenne de 0.94 mg/l.
- Pour la sortie : elle varie d'une valeur minimale 0,09 mg/l Jusqu'à une valeur maximale 0,73 mg/l avec une moyenne de 0,41 mg/l.
- Les resultats obtenues sont conformes aux normes algérienne <1,5 mg/L (*STEP ,2008*).

Le tableau présenté dans le document, nous voyons des changements continus.,Cela indique que le traitement est valide, en raison de la démolition et de la faible consommation de Nitrate (NO_3^-) car le dernier se dégrade et se transforme complètement en azote total.

RESULTAT ET DISCUSSION

6- Détermination de la Nitrite (NO_2^-)

Le résultat concernant la mesure de la Nitrite (NO_2^-) est présenté dans le tableau 07.

Tableau 08 : Mesure des nitrates

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (STEP, 2008)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NO_2^-										05 mg/L
Eau entrée	1,03	0,56	1,02	0,22	1,2	0,92	0,57	1,03	1,29	
Eau sortie	0,5	0,2	0,7	0,7	0,3	0,55	0,5	0,4	0,1	

Sur les 09 échantillons analysés nous avons constaté que les valeurs du nitrites NO_2^-

- Pour l'entrée: elle varie d'une valeur minimale 0,22 mg/l Jusqu'à une valeur maximale 1,29 mg/l
- Pour la sortie: elle varie d'une valeur minimale 0,1 mg/l Jusqu'à une valeur maximale 0,7 mg/l

D'après les résultats obtenues on remarque une variation dans les valeurs entre l'entrée et la sortie (diminution dans la sortie par rapport l'entrée).

Les résultats obtenues sont conformes aux normes algérienne < 0,5 mg/l

7- Détermination de l'ammonium (NH_4^+)

Le résultat concernant la mesure de l'ammonium (NH_4^+) est présenté dans le Tableau 08.

Tableau 09 : Mesure de l'ammonium

Mois	Février			Mars			Avril			Norme
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NH_4^+										05 mg/L
Eau entrée	2,03	1,76	1,8	1,5	2,03	1,95	2,00	1,15	1,94	
Eau sortie	0,90	0,32	0,70	0,81	1,05	0,94	0,80	0,99	0,97	

RESULTAT ET DISCUSSION

Sur les 09 échantillons analysés on constate que les valeurs de l'ammonium NH_4^+ :

- Pour l'entrée : elle varie d'une valeur minimale 1,5mg/l Jusqu'à valeur maximale 2,3 mg/l avec une moyenne de 1,9mg/l.
- Pour la sortie : elle varie de valeur minimale 0,32 mg/l Jusqu'à valeur maximale 1,05 mg/l avec une moyenne de 0.68mg/l.

nous avons observé des changements dans l'ammonium dans l'eau de l'entrée et l'eau de sortie, indiquant une diminution de l'échantillon et donc un bon traitement. Ceci est dus à l'analyse du NH_4^+ se transforment en Azote.

8- Détermination de l'ortho-phosphates (PO_4^{-3})

Le résultat concernant la mesure de l'ortho-phosphates (PO_4^{-3}) est présenté dans le Tableau 09.

Tableau 10 : Mesure de l'ortho-phosphate

Mois	Février		Mars	Avril			Norme (STEP, 2008)
PO_4^{-3}	1	2	3	4	5	6	
Eau entrée	1,70	0,86	1,64	3,06	1,02	1,72	2,5mg/L
Eau sortie	1,65	2,40	2,25	5,76	1,84	2,57	

Sur les 06 échantillons analysés on constate que les valeurs d'ortho-phosphate PO_4^{-3}

- Pour l'entrée : elle varie d'une valeur minimale 0.86 mg/l Jusqu'à une valeur maximale 3.06 mg/l avec une moyenne de 1,96mg/l
- Pour la sortie : elle varie d'une valeur minimale 1.65 mg/l Jusqu'à une valeur maximale 5.76 mg/l et avec une moyenne de 3 ,70mg/l

Les resultats obtenues sont conformes aux normes algérienne La déphosphatation n'est pas validé C pour cela on ajoute le chlorure de fer ($FeCl_3$) Pour la diminution de sa concertation

L'opération de déphosphation

➤ **Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)**

Le résultat concernant la mesure de la DCO est présenté dans le Tableau 10:

Tableau 11 : Mesure la demande chimique en oxygène

Mois	Février			Mars		Avril			Norme (JO, 2012)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
DCO	1	2	3	4	5	6	7	8	90-150mg/L
Eau entrée	736	236	557	462	409	367	292	353	
Eau sortie	46,5	43,1	42,3	34,5	43	43,5	69,1	119	

Sur les 08 échantillons analysés on constate que les valeurs DCO

Pour l'entrée : elle varie d'une valeur minimale 736 mg/l Jusqu'à une valeur maximale 236 mg/l avec une moyenne de 486mg/l. Cela est dus probablement à la surcharge des effluents par la matière organique et minérale.

Pour la sortie : après épuration, elle varie d'une valeur minimale 42,3 mg/l Jusqu'à une valeur maximale 119 mg/let avec une moyenne de 80,65mg/l.

Les resultats obtenues sont conformes aux normes algérienne <150mg/l

En effet une valeur importante du rapport de la DCO implique la présence d'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et dans ce cas il est préférable d'envisager un traitement physico- chimique (Fathalla,2014) et (Bakir,2021), Ces résultats expliquent par la bonne oxydation des matières organique biodégradable et non biodégradable au niveau du bassin d'aération (l'efficacité des étapes de traitement).

CONCLUSION

CONCLUSION

Ce travail a pour but de contrôler la qualité des eaux usées épurées après épuration dans une station d'épuration au niveau de la wilaya de Guelma et confirmer leur utilisation pour l'irrigation agronomique.

Au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Guelma

Notre travail a été basé sur le suivi de toutes les étapes d'épuration qui sont : pré-traitement, traitement primaire, traitement secondaire.

L'eau épurée a subi un ensemble d'analyses physico-chimiques qui sont comparés aux normes algériennes (*JORA, 2012 ; JORA, 2009 ; STEP, 2008*).

Les résultats retrouvés ont concerné les paramètres de :

température = 17,88°C (T) , pH=8.1 mg/l CE= 1.85ds/cm MES = 44 mg/l DCO =119 mg/l NO₂⁻ =1.85 mg/l et les nitrates NO₃⁻ = 1.85mg/l -NH₄⁺ = 1,05 mg/l (po₄³⁻) et l'orthophosphate (po₄-)=5.76 mg/l

Tous les résultats obtenues montrent que la plupart des teneurs des paramètres physicochimiques, sont conformes aux normes Algériennes des effluents urbains.

Ces résultats peuvent évaluer les performances de fonctionnement de la STEP.

Alors on peut dire que le traitement de la station d'épuration est très efficace qui permet de suivre et contrôler la charge polluante,

Il est donc possible d'après ces résultats obtenus d'utiliser cette eau épurée dans l'irrigation agricole.

Il est recommandé d'effectuer leurs actions suivantes :

-compléter les analyses physico-chimiques restantes (dosage des métaux lourds), les analyses microbiologique (coliformes totaux) et les analyses parasitologiques (nématodes) afin d'affecter cette eau au type de culture correspondante (culture à fruits crus, culture à fruits cuits.....)

-Les stations d'épuration, devraient récupérer toutes les eaux épurées pour les rendre utilisables dans le domaine de l'agriculture et l'irrigation ou renforcer les ressources naturelles sans présenter un danger pour l'environnement, ni à la santé humaine.

-Le développement d'un système d'assainissement des eaux usées urbaines, au niveau des grandes agglomérations qui prennent un grand débit de charge des eaux usées polluantes des boues qui peuvent être utilisés dans le secteur agricole

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

- 1- Agulhon M., Désert G. et Seclin R. (1976).** Histoire de la France rurale.tome 3.
- 2- Alloway B.J. (1995).** Heavy the tales in soils second edition Blackis academic and professional, London, 368.
- 3-Audic J.M. (2002).** Guide de traitement des eaux usées urbaines, édition lyonnaise des eaux 428p.
- 5-Bontaux J. (1994).** Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle 2^{ème} édition Lavoisier technique et documentation 225p.
- 6-Bordient D., Prund R. (1996).** Prévôtiaux édition 1996 structure de la matière chimie inorganique sciences et technologies de laboratoire édition.
- 7-Baumont S., Camard J.P., Lefranc A. et Franconi A. (2004).** Réutilisation deseaux usées: risque sanitaires et faisabilité en ile _de France _rapport ors ,220p.
- 8-Saint Girons B. (2020).** La qualité de l'eau paris médias, 218p.
- 9-Burgdorf G. (2017).** Le politique de sécurité de laboratoire.
- 10-Chaabouni Z. (1984).**L'irrigation traditionnelle par jarres comme moyen d'économie d'eau dans le condition arides de bassin d'eau dans les conditions arides de bassin méditerrané perspect. Méditerranene 3 (17)p17,25,26.
- 11- Rodil CH. (1996).** Analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaires, eau de mer8ème éditiondunod paris 2dition 1529p.
- 12- Codros B., Veronica G., Ara E. Echveria G et Gremades E. (2008).** Covalent radurevisited dalton transactions, p 10.
- 13- Clean D. (2012).** Medicine manuel7edition, New York Mc grow-Hill professional, p 969.
- 14-Degrémont. (1972).** Degrémont mémento « technique de l'eau « paris.
- 15- Dreyhaupt F. Desjardin (1997) .**Le traitement des eaux, 2^{ème} édition ed. Ecole polytechnique lausanne.
- 16- David R. (2009).** Handbook of chemistry and physico bocacrcpres stauylor francais.
- 17- Dubois Avignon M., Escudior P.H. (2014).** Observer la terre depuis l'espace .enjeux des données spatiales pour la société, p 256.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

- 18-FAO (2003).** L'irrigation avec des eaux usées traitées :manuel d'utilisation .Fao irrigation.
- 19-Francoit G., Bière (2012).** Distribution et collecte des eaux pressent inter polypechimique.
- 20-Legube (1996).** Le traitement des eaux superficielles pour la production d'eau potable « agence de l'eau loir-Bretagne.
- 21- Lacheche B. (1998).** Edition synthèse agricole.
- 22-Makhouk M. Sbaa M. Berrahou A. clooster Van M. (2011).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de L'oued Moulouya (Maroc oriental).Larhyss Journal , no 09,149-p.
- 23- Rodier J,Chambanp B.Brontin.JP**
- 24-Champsand B., Rodil (1996).** Analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduares, eau de mer8ème édition DUNOD PARIS 2DITION 1529P.
- 25-Ramade F. (2000).**Dictionnaire encyclopédique des pollutions Edi science international paris .689p.
- 26-Ramade F. (2000).** Réutilisation des eaux épurées, risques sanitaires et faisabilité.
- 27-Rome (2008).**Manuel des techniques d'irrigation sous pression, chapitre7.
- 28- Rodier (2009).** L'analyse de l'eau ,9ème édition Dumont, paris.
- 29-Sparrow G. (2005).** The elements nikel, new York benchmark books/marshall Cavendish.

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE 01: LISTE DES FIGURES

Pour M^{re} Belmef-Reviu -

25 Chaâbane 1433
15 juillet 2012

20 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE	
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$	
	MES	mg/l	30	
	CE	ds/m	3	
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE	3 - 6	ds/m	0.2
		6 - 12		0.3
		12 - 20		0.5
20 - 40		1.3		
Chimiques	DBO5	mg/l	3	
	DCO	mg/l	30	
	CHLORURE (Cl)	meq/l	90	
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	10	
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	30	
		mg/l	8.5	
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0	
	Arsenic	mg/l	2.0	
	Béryllium	mg/l	0.5	
	Bore	mg/l	2.0	
	Cadmium	mg/l	0.05	
	Chrome	mg/l	1.0	
	Cobalt	mg/l	5.0	
	Cuivre	mg/l	5.0	
	Cyanures	mg/l	0.5	
	Fluor	mg/l	15.0	
	Fer	mg/l	20.0	
	Phénols	mg/l	0.002	
	Plomb	mg/l	10.0	
	Lithium	mg/l	2.5	
	Manganèse	mg/l	10.0	
	Mercur	mg/l	0.01	
	Molybdène	mg/l	0.05	
	Nickel	mg/l	2.0	
	Sélénium	mg/l	0.02	
	Vanadium	mg/l	1.0	
Zinc	mg/l	10.0		

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

Pour Mr Belouif Peotem

25 Chaâbane 1433
15 juillet 2012

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41

19

ANNEXE
SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES
UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION

1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

ANNEXES

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive.		
Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits.		
Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1).		
Cultures et arbustes fourragers (2).		
Cultures céréalières.		
Cultures industrielles (3).		
Arbres forestiers.		
Plantes florales et ornementales (4).		
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

Fig. 01 : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°41
(JORA ,2012)

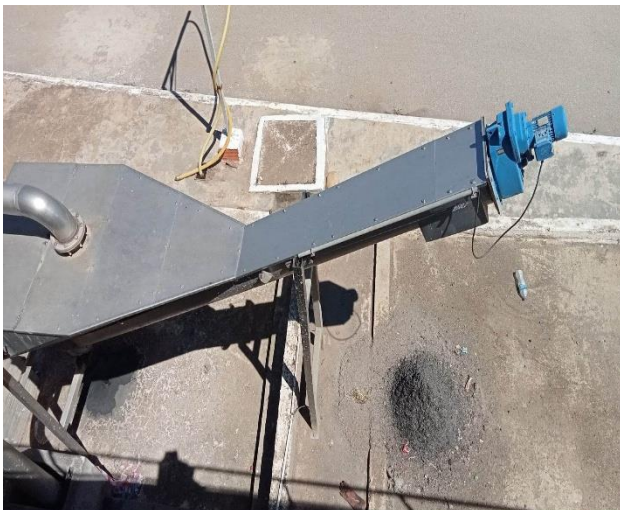


Fig. 02 : Prétraitement



Fig. 03: Bassin de sortie



Fig.04 : les micro-organismes existants au niveau de deux bassin-biologique

ANNEXES

ANNEXE 02 : LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Mesure du pH

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (JO, 2012)
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6,5-8,5
Eau entré	7,50	7,80	8,50	8,14	7,92	7,76	7,64	6,57	7,73	
Eau sortie	7,70	7,60	8,10	8,05	7,97	7,70	7,52	7,72	7,10	

Tableau 02 : Mesure de la température

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (JO, 2009)
T°C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	30°C
Eau entrée	12,60	12,01	17,30	17,20	17,40	17,40	16	17,88	17,76	
Eau sortie	12,90	12,50	18,70	18,30	18,60	17,65	15,70	17,44	17,66	

Tableau 03 : Mesure de la matière en suspension

Mois	Février			Mars		Avril			Norme (JO, 2012)
MES	1	2	3	4	5	7	8	9	30 ml/L
Eau entrée	207	225	289	269	194	224	163	320	
Eau sortie	20,35	16,70	26,00	21,50	10,00	30,60	44,00	30,40	

ANNEXES

Tableau 04 : Mesure de la conductivité électrique

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (JO, 2012)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
CE										3 ds/m
Eau entrée	1,16	1,20	1,80	1,14	1,17	1,26	1,26	1,02	1,15	
Eau sortie	1,18	1,22	1,20	1,15	1,17	1,85	1,29	1,24	1,23	

Tableau 05 : Mesure du nitrate

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (STEP, 2008)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NO ₃ ⁻										1,5 mg/L
Eau entrée	1,04	1,22	1,02	0,79	1,01	0,89	0,90	0,88	0,67	
Eau sortie	0,33	0,09	0,73	0,49	0,37	0,71	0,67	0,45	0,30	

Tableau 06 : Mesure des nitrites

Mois	Février			Mars			Avril			Norme (STEP, 2008)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NO ₂ ⁻										05 mg/L
Eau entrée	1,03	0,56	1,02	0,22	1,2	0,92	0,57	1,03	1,29	
Eau sortie	0,5	0,2	0,7	0,7	0,3	0,55	0,5	0,4	0,1	

ANNEXES

Tableau 07 : Mesure de l'ammonium

Mois	Février			Mars			Avril			Norme
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NH_4^+										
Eau entrée	2,03	1,76	1,8	1,5	2,03	1,95	2,00	1,15	1,94	05 mg/L
Eau sortie	0,90	0,32	0,70	0,81	1,05	0,94	0,80	0,99	0,97	

Tableau 08 : Mesure de l'ortho-phosphate

Mois	Février		Mars	Avril			Norme (STEP, 2008)
	1	2	3	4	5	6	
PO_4^{-3}							
Eau entrée	1,70	0,86	1,64	3,06	1,02	1,72	2,5mg/L
Eau sortie	1,65	2,40	2,25	5,76	1,84	2,57	

Tableau 09 : Mesure de la demande chimique en oxygène

Mois	Février			Mars		Avril			Norme (JO, 2012)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
DCO									
Eau entrée	736	236	557	462	409	367	292	353	90-150mg/L
Eau sortie	46,5	43,1	42,3	34,5	43	43,5	69,1	119	

Abstract

Objective: Our work aims to follow the stages of wastewater treatment and control its quality in comparison with the standards (JORA, 2009; JORA 2012).

Equipment and techniques: Process: wastewater goes through the following t3: pretreatment, primary treatment, secondary treatment and sludge treatment. The physico-chemical parameters measured in the treated water are: temperature (TC°), electrical conductivity (EC) , Suspended Solids (SS) Potential Hydrogen (pH), Nitrate (NO_3^-), Nitrite (NO_2^-), Total Phosphate (PT), Ortho-Phosphate (PO_4^{3-}), Ammonium (NH_4^+) and La chemical oxygen demand (COD). The results found are: pH = 8.5, $TC^\circ = 18.70^\circ C$, SS = 44, EC = 1.85, $NO_3^- = 0.73$, $NO_2^- = 0.70$, $NH_4 = 1.05$, $PO_4^{3-} = 5.76$ and finally COD = 119. this study showed that after purification of wastewater are relatively suitable for irrigation, It is. It is necessary to complete the measurement of other parameters to properly affect this purified irrigation water on the corresponding crops (cooked, raw fruit, etc.).

Key words: Irrigation - wastewater - purification - quality control - physicochemical parameters - Guelma

ملخص

الهدف: يهدف عملنا إلى متابعة مراحل معالجة مياه الصرف الصحي والتحكم في جودتها مقارنة بالمعايير (جورا ، 2009 ؛ جورا 2012).

المعدات والتقنيات: العملية: تمر مياه الصرف الصحي من خلال t3 التالي: المعالجة المسبقة والمعالجة الأولية والمعالجة الثانوية ومعالجة الحمأة. المعايير الفيزيائية والكيميائية المقاسة في المياه المعالجة هي: درجة الحرارة (° TC)، والتوصيل الكهربائي (EC)، والمواد الصلبة العالقة (SS) الهيدروجين المحتمل (الأس الهيدروجيني)، النترات (-NO₃)، النتريت (-NO₂)، إجمالي الفوسفات (PT)، أورثو الفوسفات (PO₄-3)، الأمونيوم (NH₄+) والطلب الكيميائي للأكسجين (COD). النتائج التي تم العثور عليها هي pH = 8.5 ، ، NH₄ = 18.70 ، درجة مئوية TC = 18.70 ، SS = 44 ، EC = 1.85 ، NO₂- = 0.70 ، NO₃- = 0.73 ، PO₄-3 = 5.76 وأخيراً COD = 119. أظهرت هذه الدراسة أنه بعد تنقية مياه الصرف الصحي تكون مناسبة نسبياً للري ، فهي كذلك. من الضروري إكمال قياس المعلمات الأخرى للتأثير بشكل صحيح على مياه الري النقية هذه على المحاصيل المقابلة (المطبوخة ، والفاكهة النيئة ، وما إلى ذلك)

الكلمات المفتاحية: الري - مياه الصرف - التنقية - ضبط الجودة - البارامترات الفيزيائية والكيميائية - قالمة

Résumé

Objectif : Notre travail a pour objectifs de suivre les étapes de l'épuration des eaux usées et contrôler sa qualité en comparaison avec les normes (JORA, 2009 ; JORA 2012).

Matériel et techniques : Process : l'eau usée passe par les t3 suivants : prétraitement, traitement primaire traitement secondaire et traitement des boues. Les paramètres physico-chimiques mesurées dans les eaux épurées sont : température (TC°), conductivité électrique (CE), matière en suspension (MES) potentiel d'hydrogène (pH), nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), phosphate totale (PT), l'ortho-phosphate (PO_4^{-3}), Ammonium(NH_4^+) et la demande chimique en oxygène (DCO). Les résultats retrouvés sont : pH = 8,5, TC° = 18,70°C, MES = 44, CE = 1,85, NO_3^- = 0,73, NO_2^- = 0,70, NH_4 = 1,05, PO_4^{-3} = 5,76 et enfin DCO = 119. cette étude a montré qu'après épuration des eaux usée sont relativement adaptées à l'irrigation, Il est. Nécessaire de compléter la mesure d'autres paramètres pour bien affecter cette eau épurée d'irrigation sur les cultures correspondantes (fruits cuits, crus.....).

Mots clés : Irrigation- eaux usées- épuration- contrôle de qualité- paramètres physicochimiques- Guelma