

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en sciences agronomiques.

Spécialité: Hydraulique rurale

Thème:

*Diagnostic de fonctionnement de la STEP
d'Azeffoun, en vue d'une réutilisation des effluents
traités en irrigation.*

Présenté par:

❖ Mr. AÏT KADI idir

Soutenu devant le jury d'examen composé de:

❖ Mr Larbi A: Maitre assistant 'A' U.M.M.T.O

Président

❖ Mr Metahri Med.S: Maitre de conférences 'A' U.M.M.T.O

Encadreur

❖ Mr Smail A: Maitre de conférences 'B' U.M.M.T.O

Examineur

Soutenu : Novembre 2020

Année universitaire 2011-2012



Remerciements

C'est avec humilité et gratitude que nous reconnaissons ce que nous devons :

Nos grands remerciements avant tout vont à dieu tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté de mener à bon terme ce travail.

Nos remerciements et gratitudes vont également à mon encadreur Mr Metahri Med. Saïd, Maitre de Conférences Classe A, à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour avoir fait confiance, pour sa disponibilité, ses conseils et son aide tout au long de ce travail.

Nos derniers remerciements vont aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'examiner notre mémoire.

Sans oublier mes parents

Ma tante Dahbia

Me. Medjkan fatima , secrétaire de chef de département.



Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à la personne la plus
Chère dans le monde, ma mère, et mon père, le plus noble,
qui ont consacré tous leurs efforts pour m'aider à accomplir
ce mémoire.*

Mon grand père

Ma tante Dahbia

A mes sœurs, Massissilia,

Sonia, Thanina

Et plus spécialement Fafouch

JBJR

Liste des abréviations :

CE : Conductivité électrique
DBO : Demande biochimique en oxygène
COT : Carbone organique total
DCO : Demande chimique en Oxygène
EH : Equivalent habitant
J : Jour
JORA : Journal officiel e la république algérienne
K : Coefficient de biodégradabilité
M³ : Mètre cube
MES : Matières en suspension
MG : Milligramme
MRE : Ministère des ressources en eau
MVS : Matières volatiles en suspension
M.O : Matières organique
N : Azote
NOrg : Azote organique
NH₄⁺ : Ammonium
NO₂⁻ : Nitrite
NO₃⁻ : Nitrate
NTK : Azote total kjeldahl
O₂ : Gaz Oxygène
OMS : Organisation mondiale de la santé
ONA : Office nation d'assainissement
P : Phosphore
P.B.F : Procédé a biomasse fixée
P.B.S : Procédé a biomasse en suspension
pH : Potentiel Hydrogène
REUE : Réutilisation des eaux usées épurées
STEP : Station d'épuration
T° : La température

Liste des figures :

Figure 1:Composition de boue activée. (LAZAROVA, 2003)	16
Figure 2:Schéma des étapes de prétraitement	19
Figure 3: Dégrileur	19
Figure 4:Schéma d'un lit bactérien	22
Figure 5:Schéma d'un disque biologique	22
Figure 6:schéma explicatif de traitement a boues activées	24
Figure 7:Schéma explicatif de lagunage aéré.....	25
Figure 8:Irrigation de surface (a la raie).....	41
Figure 9:Irrigation par aspersion	41
Figure 10:Irrigation localisée (goutte à goutte).....	42
Figure 11:Photo satellitaire de la STEP d'Azeffoun.....	43
Figure12:DBOmètre	48
Figure13:Prélèvement de l'échantillon au niveau du canal de sortie	49
Figure 14: centrifugeuse avec tubes conique.....	50
Figure 15:Variations des valeurs moyennes de température, d'eau usée brute et traitée de la STEP d'Azeffoun.....	53
Figure 16:Variations des valeurs moyennes de pH, de l'eau brute et épurée de la STEP d'Azeffoun	54
Figure 17:Variation des valeurs moyennes de conductivité électrique, des eaux brutes et traitées de la STEP d'Azeffoun.....	55
Figure18:Variation des valeurs moyennes de la turbidité, des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun.....	55
Figure 19:Variation des valeurs des MES , des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun	56
Figure20: Variation des valeurs de la DCO, des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun	57
Figure 21:Variation des valeurs de la BDO ₅ , des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun	57
Figure 22:Variation des valeurs de NH ₄ ⁺ des eaux usées brute et épurée de la STEP d'Azeffoun	58
Figure 24:Variation des valeurs de NO ₃ ⁻ , des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun	59
Figure 25:Variation des valeurs des orthophosphates des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun.....	60

Liste des tableaux :

Tableau 1:Normes de rejets.....	12
Tableau 2:Normes de rejets en Algérie.	13
Tableau3:Fiche technique de la STEP d'Azeffoun.....	44
Tableau 4:Valeurs moyennes des paramètres physicochimiques et biochimiques, des eaux usées brutes de la STEP d'Azeffoun.....	52
Tableau 5:Valeurs moyennes des paramètres physicochimiques et biochimique, des eaux usées traitées de la STEP d'Azeffoun.....	52
Tableau 6:Concentrations en éléments métalliques des eaux épurées de la STEP d'Azeffoun	60
Tableau 7:Recherche d'œufs d'helminthes	61

Sommaire

Introduction général :	1
-------------------------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE :

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées

Introduction :	2
1. Définition et origines des eaux usées :	3
1.1. Définition :	3
1.2. Origines des eaux usées :	3
1.2.1. Eaux usées domestiques :	3
1.2.2. Eaux usées industrielles :	3
1.2.3. Eaux usées agricoles :	3
1.2.4. Eaux de ruissellement :	4
2. Réseaux d'assainissement :	4
2.1. Réseau unitaire :	4
2.2. Réseau séparatif :	4
2.3. Réseau pseudo séparatif :	4
3. Paramètres de pollution des eaux usées :	5
3.1. Paramètres physiques :	5
3.1.1. La température :	5
3.1.2. Les matières en suspension (MES) :	5
3.1.3. Les matières volatiles en suspension (MVS) :	5
3.1.4. Les matières minérales :	5
3.1.5. Les matières décantables et non décantables :	6
3.2. Paramètres organoleptiques :	6
3.2.1. La turbidité :	6
3.2.2. La couleur :	6
3.2.3. L'odeur :	6
3.3. Paramètres chimiques et biochimiques:	6
3.3.1. Le potentiel hydrogène :(pH)	6
3.3.2. L'oxygène dissous :	7
3.3.3. Conductivité électrique :(C.E)	7
3.3.4. La demande biochimique en oxygène (DBO) :	7
3.3.5. La demande chimique en oxygène (DCO) :	7
3.3.6. La biodégradabilité :	8
3.3.8. Les huiles et graisses :	8
3.4. Les éléments nutritifs :	9
3.4.1. L'azote :	9

Sommaire

3.4.2. Les nitrates :.....	9
3.4.3. L'azote ammoniacal :.....	9
3.4.4. L'azote kjeldhal :	9
3.4.5. Le phosphore :.....	9
3.5. Paramètres microbiologiques:	10
3.5.1. Les bactéries :	10
3.5.2. Les virus :.....	10
3.5.3. Les protozoaires :.....	10
3.5.4. Les helminthes :	11
4. Estimations des rejets d'eaux résiduaires :.....	11
4.1. L'équivalent habitant (E.H) :.....	11
4.2. Normes de rejets :.....	11
4.2.1. Normes internationales (OMS) :.....	11
4.2.2. Normes de rejets algériennes :	12
Conclusion :.....	13
Chapitre 2:procédés d'épuration biologique	
Introduction :.....	15
1. Critères de pollution organiques :	15
2. Principes de l'épuration biologique :	15
3. Structure de boues activées :	16
3.1. Matières organiques :.....	16
3.2. Les éléments fertilisants et amendements :	17
3.3. Contaminants chimiques organiques et inorganiques :	17
3.4. Les microorganismes pathogènes :.....	17
4. Procédés d'épuration des eaux usées :.....	17
4.1. Les prétraitements :	18
4.1.1. Le dégrillage :	18
4.1.2. Le dessablage :.....	19
4.1.3. Dégraissage déshuilage :.....	19
4.2. Les traitements primaires:	20
4.2.1. Traitement physicochimique :.....	20
4.2.1.1. La coagulation :.....	20
4.2.1.2. La floculation :	20
4.2.1.3. La décantation :	20
5. Les traitements secondaires (biologiques) :	21
5.1. Procédé à biomasse fixé (P.B.F) :.....	21
5.1.1. Le lit bactérien :	21

Sommaire

5.1.2. Les disques biologiques (bio disque) :.....	22
5.2. Les procédé à biomasse en suspension (PBS) :.....	22
5.2.1. Les boues activées :	23
5.2.2. Le lagunage :.....	24
6. Traitement tertiaire :.....	24
6.1. L'élimination de l'azote :	25
6.1.1. Ammonification :.....	25
6.1.2. Assimilation :.....	25
6.1.3. Nitrification –dénitrification :	25
6.2. Elimination de phosphate :	26
6.2.1. La déphosphatation biologique :.....	26
6.2.2. La déphosphatation physicochimique :.....	26
6.3. La désinfection :	26
6.4. Le traitement des odeurs :.....	27
7. Le traitement des boues :.....	27
7.1. Epaissement des boues :.....	27
7.2. La déshydratation :	28
7.3. Elimination finale des boues :	28
7.3.1. Incinération des boues :.....	28
7.3.2. Valorisation agricole :.....	29
7.3.3. Mise en décharge :	29
Conclusion :.....	29

Chapitre 3: la réutilisation des eaux usées en irrigation

Introduction :.....	32
1. Définition de la REUE :	32
2. Objectifs de la REUE :	32
3. Historique de la REUE :.....	33
4. Etat de la REUE :	33
4.1. Dans le monde :	33
4.2. En Algérie :.....	33
5. Avantages et inconvénients de la REUE :.....	34
5.1. Avantages :	34
5.2. Inconvénients de la REUE :.....	34
6. La qualité des eaux usées traitées pour l'irrigation :.....	34
6.1. Qualités physicochimiques :.....	34
6.1.1. Les MES :	34
6.1.2. Les éléments nutritifs :.....	35

Sommaire

6.1.3. La salinité :.....	35
6.1.4. L'alcalinité :.....	35
6.1.5. Les traces métalliques :.....	36
6.2. Qualités microbiologiques :.....	36
6.2.1. Les bactéries :	36
6.2.2. Les virus :.....	36
6.2.3. Les protozoaires :.....	37
6.2.4. Les helminthes :	37
7. Domaines de la REUE :	37
7.1. La REUE agricole :.....	37
7.2. La REUE industrielle :	38
7.2. La REUE en zones urbaines :.....	38
8. Contraintes liée à la réutilisation des eaux usées en irrigation :.....	38
8.1. Risque microbiologiques :	38
8.2. Le risque chimique :	39
8.3. Risque environnemental :.....	39
9. Les bonnes pratiques d'irrigation :.....	39
9.1. La qualité de l'eau :	39
9.2. La quantité de l'eau :	39
9.3. Les caractéristiques du sol :.....	39
9.4. La sélection des cultures :.....	40
9.5. La lixiviation :	40
9.6. Pratiques de gestion :	40
9.7. Techniques d'irrigation :	41
9.7.1. L'irrigation de surface (à la raie) :	41
9.7.2. L'irrigation par aspersion :.....	41
9.7.3. L'irrigation localisée (la micro irrigation) :.....	42
Conclusion :.....	43

PARTIE EXPERIMENTAL:

Chapitre 1:Matériels et méthodes

1. Présentation de la STEP d'azeffoun :.....	44
1.1. Situation géographique :.....	44
1.2. Fiche technique de la STEP :.....	45
2. L'échantillonnage :.....	45
3. Mesure des paramètres physiques :.....	46
3.1. La température :.....	46

Sommaire

3.2. Le pH :	46
3.3. La conductivité électrique :	46
3.4. La turbidité :	47
3.5. Les M E S :	48
4. Mesure des paramètres chimique et biochimique :	48
4.1. La DCO :	48
4.2. La BDO ₅ :	48
5. Les paramètres parasitologiques:	49
a)Le prélèvement :	49
b) Recherches des œufs nématodes :	50
6. Eléments et traces métalliques :	51

Chapitre 2:Résultats et discussion

Résultats et discussions :	52
1. Paramètres physicochimique et biochimique :	53
La température :	53
1.2. Le pH :	53
1.3. La conductivité électrique :	54
1.4. La turbidité :	55
1.5. Les MES :	55
1.6. La DCO :	56
1.6. La DBO ₅ :	56
1.7. NH ₄ ⁺ :	57
1.8. NO ₂ ⁻ :	57
1.9. NO ₃ ⁻ :	58
1.10. Les orthophosphates :	58
Les éléments et traces métalliques :	59
3. Paramètres microbiologique :	60
3.1. Recherche des nématodes (œufs d'helminthes) :	60
4. Paramètres de calculs :	60
4.1. La charge hydraulique de la STEP :	60
4.2. La charge organique de la STEP :	60
4.3. Le coefficient de biodégradabilité :	61
4.4. Les éléments nutritifs :	61
4.5. La matière organique :	61
Conclusion :	62
Conclusion générale :	64

Introduction générale

Introduction générale :




L'eau, de par son importance et sa rareté, est devenue un enjeu stratégique à l'échelle mondiale. Pour son aisance ou son agriculture, l'homme surconsomme cette denrée vitale, poussant les instances mondiales à tirer la sonnette d'alarme et à prospecter des alternatives pour palier au déficit. Les pressions anthropiques sur les ressources hydriques de toutes origines ne cessent malheureusement de croître et de se densifier. La répartition inégale des eaux conventionnelles et les déficits poussent ces ressources à leurs limites quantitatives et qualitatives.

Afin de protéger les milieux naturels récepteurs et assurer des quantités suffisantes pour les différents usages, l'Algérie à l'instar des autres pays, a mis en place un réseau de stations d'épuration pour traiter le maximum d'effluents résultants de l'activité humaine. L'objectif principal étant sanitaire puis écologique, il est aussi important de mentionner que la réutilisation de ces effluents traités en irrigation est une alternative très intéressante, vue le déficit hydrique important que connaît notre pays.



Notre étudiant porte ainsi sur : la caractérisation des effluents bruts et traités d'Azefoun, afin d'établir un diagnostic de fonctionnement de la station, et vérifier une éventuelle réutilisation des effluents traités en irrigation.

Notre travail est divisé en deux parties :

La partie bibliographique : divisée en trois chapitres :

-  Généralités sur les eaux usées
-  Procédés d'épuration biologique
-  Réutilisation des eaux usées traitées en irrigation

La partie expérimentale : divisée en deux chapitres :

-  Matériels et méthodes
-  Résultats et discussions

Et enfin une conclusion générale avec des recommandations.

Partie bibliographique

Chapitre I :

Généralités sur les eaux usées.

Introduction :

L'eau doit posséder pour être utilisable un certain nombre de qualités, et doit être en particulier exempté d'éléments toxiques. Dans la nature, les eaux sont régénérées soit par filtration à travers le sol (eaux souterraines), soit par oxydation des substances organiques par des micros organismes (eaux de surface, grâce à l'oxygène de l'air).

De nos jours, les effluents urbains sont très complexes du point de vue de composition chimiques, physiques et biologiques ; donc on a recourt à l'épuration de ces eaux par procédés physicochimiques et biologiques, les plus adaptés et les moins coûteux et les moins nocives du point de vue sanitaire et écologique.

Ainsi le rôle principal de l'épuration des eaux usées est de rendre ces eaux épurées (traitées) conformes aux normes de santé humain et, animale et respectent les caractéristiques des milieux récepteurs.

1. Définition et origines des eaux usées :

1.1. Définition :

Les eaux usées sont des eaux chargées de polluants solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes, dispersées ou dissoutes dans l'eau, qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. (REJSEK, 2002)

Et selon (GROSSCLAUDE, 1999), ce sont des eaux d'origine très diverses qui ont perdu leurs puretés, c.à.d. leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants, après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestique, industriels ou agricole).

1.2. Origines des eaux usées :

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eau usées :

1.2.1. Eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents appelées eaux grises, eaux chargées de matières organique azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires. (METAHRI, 2012)

1.2.2. Eaux usées industrielles :

L'eau est caractérisée par une grande diversité de composition suivant son utilisation. Elle contient des matières organiques et graisses (industrie agroalimentaire), des hydrocarbures (raffineries), métaux lourds (métallurgie), acides, bases et produits chimiques (industries chimiques, tanneries), eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques). (GOUJOUX, 1995)

1.2.3 Eaux usées agricoles :

Elles proviennent essentiellement des travaux agricoles, elles se caractérisent par leurs fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium). Issues essentiellement des purins et lisiers d'élevage, et de l'utilisation irrationnelle des engrais lors de l'épandage.

Les différents polluants d'origine agricole, ne peuvent pas donc être recueillis en surface, ils peuvent atteindre les cours d'eau par ruissellements de surface, ou par écoulements souterrains.

1.2.4. Eaux de ruissellement :

Comprennent l'eau de pluie, les eaux de lavages et les eaux de drainage; ces eaux sont polluées par des matières qu'elles entraînent en provenance de trottoirs et des chaussées (huiles, mazoutes, graisses, sables,...), elles contiennent également du Zinc, du Plomb et du Cuivre. Les eaux de drainage peuvent provenir de la montée d'une nappe phréatique dans le sol, elles sont généralement peu polluées. (BOUTOUX, 1993)

2. Réseaux d'assainissement :

L'assainissement est une technique qui consiste à l'évacuation par voie hydraulique, le plus rapidement possible, et sans stagnation les déchets provenant d'une agglomération humaine, ou plus généralement d'activités économiques. (GUERREE,H et GOMELLA,G., 1978)

Ils existent ainsi 3 principaux types de réseaux d'assainissement :

2.1. Réseau unitaire :

Ce réseau consiste à la collection dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales. Il est dimensionné pour supporter les variations importantes de débits lors des pluies ; il cumule les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer) et de la simplicité.

2.2. Réseau séparatif :

Dans ce système, il y a évacuation des eaux usées domestiques dans un réseau spécifique, qui permet d'évacuer rapidement et efficacement les eaux polluées, sans aucun contact avec l'extérieur. Il assure un débit régulier à la STEP, les eaux pluviales dans un autre réseau séparé comme elles peuvent être dispersées sur place.

2.3. Réseau pseudo séparatif :

Ce système divise les apports d'eaux de pluies en 2 parties :

L'une provenant uniquement des surfaces de voiries, qui s'écoule par des ouvrages particuliers, déjà conçus pour cet objet par les services de la voirie municipale : caniveaux, aqueducs, fossés avec évacuations directe dans la nature. L'autre provenant des toitures et cours intérieures qui sont raccordées au réseau d'assainissement, à l'aide de mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques.

On regroupe ainsi les eaux d'un même immeuble.

3. Paramètres de pollution des eaux usées :

La pollution des eaux usées, c'est la dégradation de la qualité de l'eau, en modifiant ces propriétés physiques, chimiques et biologiques par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers, ou matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques et les déchets industriels.

3.1. Paramètres physiques :

3.1.1. La température :

C'est un facteur très important, elle joue un rôle dans :

- . La solubilité des gazes (telles que l'Oxygène)
- . La dissociation des sels dissous (conductivité électrique)
- . La détermination de pH
- . La connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuelles

*la température de l'eau est aussi influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes). (RODIER, 2005)

3.1.2. Les matières en suspension (MES) :

La pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à $10\mu\text{m}$ en suspension dans l'eau et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). Les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyennes de débit des effluents correspondant à une vitesse minimale de $0,5\text{m/s}$. (REJSEK, 2002)

3.1.3. Les matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des (MES), et elles sont obtenues par calcination des (MES) à 525 °C pendant deux heures.

La différence de poids entre MES à 105°C et MES à 525°C donne la (la perte au feu) est correspond à la teneur en MVS en (mg /l) d'une eau usée.

3.1.4. Les matières minérales :

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau c.à.d. son extrait sec, constituée à la fois de matières en suspension et de matières solubles telles que les Chlorures, les Phosphates, etc....

3.1.5. Les matières décantables et non décantables :

On les distingue après 2 heures (suivant les conditions opératoires définies). Et les matières non décantables sont dirigées vers le traitement biologique.

3.2. Paramètres organoleptiques :

3.2.1. La turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes.

Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes.

Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. (REJSEK, 2002)

3.2.2. La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due seulement aux substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égal à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (RODIER, 2009)

3.2.3. L'odeur :

L'odeur peut être définie comme :

- a) l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ;
 - b) la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.
- (RODIER, 2009)

3.3. Paramètres chimiques et biochimiques:

3.3.1. Le potentiel hydrogène :(pH)

Permet de mesurer l'alcalinité de l'eau. Sa mesure doit s'effectuer sur place de préférence par la méthode potentiométrique, la mesure électrique, quoique délicate, peut seule donner une valeur exacte, car elle est indépendante :

- du potentiel d'oxydoréduction,
- de la couleur du milieu,
- la turbidité et des matières colloïdales. (RODIER, 1996)

3.3.2L'oxygène dissous :

C'est un composé essentiel dans l'eau usée, pour le traitement biologique, il est utilisé par les microorganismes. La solubilité de l'oxygène dans L'eau dépend de :

- la température.
- la pression.
- la force ionique du milieu.

*l'Oxygène dissous s'exprime en mg d'O₂ /l. (REJSEK, 2002)

3.3.3. Conductivité électrique :(C.E)

Vu la présence dans l'eau des ions mobiles dans un champ électrique, l'eau a la capacité de favoriser le passage d'un courant électrique, elle dépend de nature des ions dissous et leur concentration. (REJSEK, 2002)

3.3.4. La demande biochimique en oxygène (DBO)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques présentes dans l'eau.

-la DBO₅ : exprime la quantité d'Oxygène nécessaire pour la destruction des matières organiques consommées pendant 5 jours d'incubation, à 20°C.

Ce paramètre définit l'altération de milieu par les matières organiques biodégradables, et établit un classement qualitatif des eaux. (GROSSCLAUDE, 1999)

3.3.5. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies.

En fait, la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quelque soit leurs origines organique ou minérale.

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation.

DCO = 1.5 à 2 fois DBO → Pour les eaux usées urbaines ;

DCO = 1 à 10 fois DBO → Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires ;

DCO > 2.5 fois DBO → Pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO₅ et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$MO = (2 DBO_5 + DCO)/3. \text{ (METAHRI, 2012)}$$

3.3.6. La biodégradabilité :

C'est l'aptitude d'une eau usée à être biodégradée par des microorganismes qui existent dans le milieu, elle est mesurée par l'indice K, $K = DCO/BDO$. Et pour en juger des chances de réussite de l'épuration biologique des eaux résiduaires, on peut établir le classement suivant :

- $DCO/BDO_5 < 1,66$ —————> l'eau est susceptible d'être facilement traitée biologiquement.
- $1,66 < DCO/DBO_5 < 2,5$ —————> l'eau susceptible de subir un traitement biologique.
- $2,5 < DCO/DBO_5 < 5$ —————> l'eau est non susceptible d'être traitée biologiquement., ou nécessite une acclimatation des microorganismes. (METAHRI, 2019)

3.3.8. Les huiles et graisses :

Elles sont présentes dans l'eau souvent sous forme d'émulsions ou saponifiées, grâce à l'action des produits chimiques, détergents, etc...

Ces huiles et graisses présentent un problème dans le traitement des eaux dans une STEP, pour cela elles sont éliminées au stade de prétraitement (déshuileage). (RODIER, 1996)

3.4. Les éléments nutritifs :

3.4.1. L'azote :

L'azote est présent dans l'eau usée sous forme organique tel que les protéines, acides aminés, urées à très faible concentration. Quant à l'azote minéral (ammoniacque, nitrites et nitrates), il constitue la majeure partie de l'azote totale.

$NGL = N \text{ total} = N \text{ organique} + N \text{ minéral} = N \text{ organique} + N \cdot NH_4^+ + N \cdot NO_2^- + N \cdot NO_3^-$.
(RODIER, 2009)

3.4.2. Les nitrates :

C'est le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau, sous l'action des Nitrobacters, elles ne sont pas toxiques, mais provoquent le phénomène d'eutrophisation du milieu, et la prolifération des algues. (RODIER, 2009)

3.4.3. L'azote ammoniacal :

Comprends les 2 formes ionisées, et non ionisées.

Suivant les conditions de pH et de température, l'ammoniac (NH_3), sous forme gazeuse se transforme suivant cette réaction :



3.4.4. L'azote kjeldhal :

Il comprend l'azote sous forme organique et ammoniacale :

$$\text{NTK} = \text{N}_{\text{organique}} + \text{N}_{\text{ammoniacal}}$$

$\text{NK} = \text{N}_{\text{organique}} + \text{N} - \text{NH}_4^+ = \text{azote réduit}$. (RODIER, 2009)

3.4.5. Le phosphore :

Il existe en état minéral et organique, les orthophosphates sont composées sans hydrolyse ou minéralisation qui repend au test spectrophotométrique .

Ainsi grâce à l'hydrolyse en milieu acide, on distingue deux formes phosphore hydrolysable et phosphore organique, la teneur en phosphore, peut s'exprimer en (mg/l) de PO_4 ou de P_2O_5 .

$1\text{mg/l PO}_4 = 0,747 \text{ mg/L P}_2\text{O}_5 = 0,326 \text{ mg/l P}$. (RODIER, 2005)

3.5. Paramètres microbiologiques:

Les microorganismes pathogènes sont majoritairement d'origine fécale, donc on cherche certaines espèces de bactéries comme témoins de contamination fécale.

Ces bactéries sont commensales, elles existent naturellement dans les intestins des hommes, et animaux à sang chaud. (DEGREMONT, 2005)

3.5.1. Les bactéries :

Il existe plusieurs types de bactéries, mais on s'intéresse surtout aux coliformes fécaux et coliformes totaux, car leurs présences signifient une contamination fécale ou une proximité de décharge d'égout sanitaire.

a) Les coliformes totaux :

C'est un indicateur de qualité microbiologique, s'ils sont présents à 10 coliformes /100ml d'eau ou plus, l'eau est contaminée.

b) Les coliformes fécaux :

Is sont présents dans le tube digestif de l'homme et des animaux, is peuvent causées de grave problèmes de santé !

3.5.2 .Les virus :

Ils sont des agents pathogènes, d'une taille trop petite, lorsqu'une cellule s'attaque par un virus elle devient un amas granuleux de nouveaux virus qui infectent les autres cellules saines. (DEGREMONT, 2005)

3.5.3. Les protozoaires :

Tels que les :

**entamoebahistolytica*, responsables de la dysenterie amibienne.

**giardia lamblia* .

**kystes*

....

3.5.4. Les helminthes :

Elles sont très fréquentes dans ces eaux, les espèces les plus présentes sont :

-*Ascaris lumricadis* .

-*oxyurisvermiculus* .

-*trichuristrichuria* .

-*taeniasagitana* .

Les helminthes nécessitent un hôte pour leur survie, elles sont présentes sous formes de larves ou œufs, elles présentent un risque si elles sont présentes dans l'eau à réutiliser.

4. Estimations des rejets d'eaux résiduaires :

4.1. L'équivalent habitant (E.H) :

Un équivalent habitant, correspond à la pollution quotidienne de l'eau que génère un individu, en fonction des dotations journalières en eau, chacun est sensé utiliser une quantité d'eau par jour.

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP).

Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml.

4.2. Normes de rejets :

Elles varient selon la législation de chaque pays, elles concernent les débits de rinçage, et les concentrations des polluants. Ces législations sont de plus en plus strictes. (DEGREMONT, 2005)

4.2.1. Normes internationales (OMS) :

Elles sont définies par l'organisation mondiale de la santé (OMS), le tableau .1. Représente l'essentiel de ces normes

Tableau 1:Normes de rejets.

Caractéristiques	Normes de rejet (OMS)
Ph	6,5- 8,5
DBO ₅	<30
DCO	<90
MES	<30
NH ₄ ⁺	<0,5
NO ₂ ⁻	1mg/l
NO ₃ ⁻	45mg/l
PO ₄ ⁻³	<10
Température	30c
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

4.2.2. Normes de rejets algériennes :

Les normes algériennes sont inspirées des normes (OMS), mais avec spécificité des besoins en eau en Algérie ; selon le décret exécutif n°.06. 141. Du rabie al aouel 1427, qui correspond au 19 avril 2006, le tableau n°2 , résume les principaux paramètres :

Tableau 2:Normes de rejets en Algérie.

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6.5- 8.5
MES	Mg/l	35
DBO ₅	Mg/l	35
DCO	Mg/l	120
Azote kjeldahl	Mg/l	30
Phosphate totale	Mg/l	10
Phosphates	Mg/l	02
Fer	Mg/l	03
Composées organiques chlorée	Mg/l	05
Manganèse	Mg/l	01
Huiles et graisses	Mg/l	20
Détergents	Mg/l	02
Plomb totale	Mg/l	0.5
Hydrocarbures totaux	Mg/l	10

Conclusion :

L'eau est une richesse qui devienne stratégique, vue l'augmentation démographique qui engendre sa pollution, donc le traitement de ces eaux est une nécessité, qui a deux buts essentiels : éviter de polluer l'environnement, et un but économique qui est la réutilisation de ces eaux en agriculture.

Chapitre II :

procédés d'épuration biologique.

Introduction :

L'épuration des eaux usées, vise à éliminer les impuretés contenues dans l'eau, cette filière recommande différentes techniques : physiques, chimiques, et biologiques. Elles se déroulent dans une station d'épuration qui est équipée de différentes installations pour le traitement de l'eau, et de différents dispositifs de traitement des boues.

1. Critères de pollution organiques :

La pollution organique est engendrée par le versement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires des industries de bois, des raffineries, des papeteries, des industries textiles, des abattoirs et des industries agroalimentaires.

Pour évaluer et mesurer globalement la pollution des eaux résiduaires, ils existent plusieurs méthodes dites « critères globaux de pollution ».

La pollution des eaux résiduaires urbaines est généralement évaluée par la mesure des matières en suspension (MES, MVS), la turbidité, de la pollution organique carbonée (DCO, DBO₅, COT), des différentes formes d'azote (NK, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻) et des principales formes de phosphore (PT, orthophosphates, polyphosphates).

Par temps de pluie, les hydrocarbures et certains métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd...) pourront être aussi détectés et quantifiés. (RODIER, 2009)

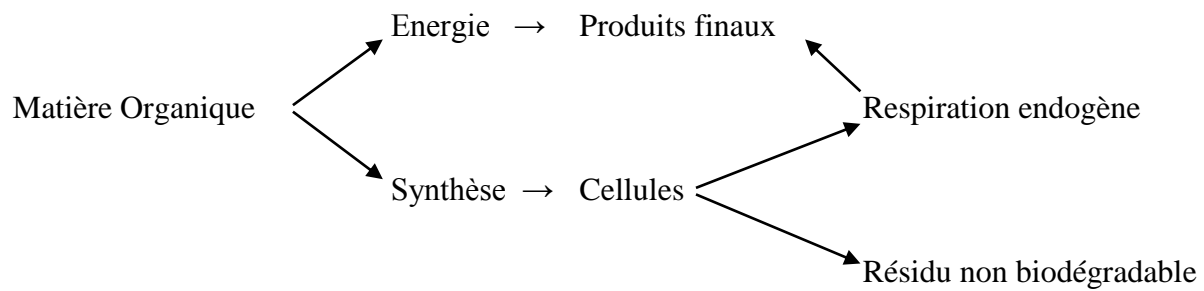
2. Principes de l'épuration biologique :

Le traitement biologique consiste à provoquer une prolifération microbienne plus ou moins contrôlée au dépend des matières organiques apportées par les effluents, en présence d'oxygène ou non.

Les microorganismes, opèrent dans des conditions de pH, et de température spécifique, elles se décomposent par oxydation des matières non séparables par décantation, qui n'ont pas pu être éliminées par des procédés mécaniques des eaux usées, et grâce à cette décomposition, de nouvelles cellules se forment.

Le bilan global de l'épuration se traduit par :

Poll.Org + MVS + O₂ → Boues en excès + CO₂ + H₂O + NH₃.....(3) (METAHRI, 2019)



3. Structure de boues activées :

La boue activée est constituée par floccs de bactéries agglomérées emprisonnées dans une matrice organique.

Dans les eaux usées, les bactéries sont sous alimentées, et pour résister, elles secrètent des polymères exocellulaires composés d'un mélange polyosides principalement. (LAZAROVA,2003)

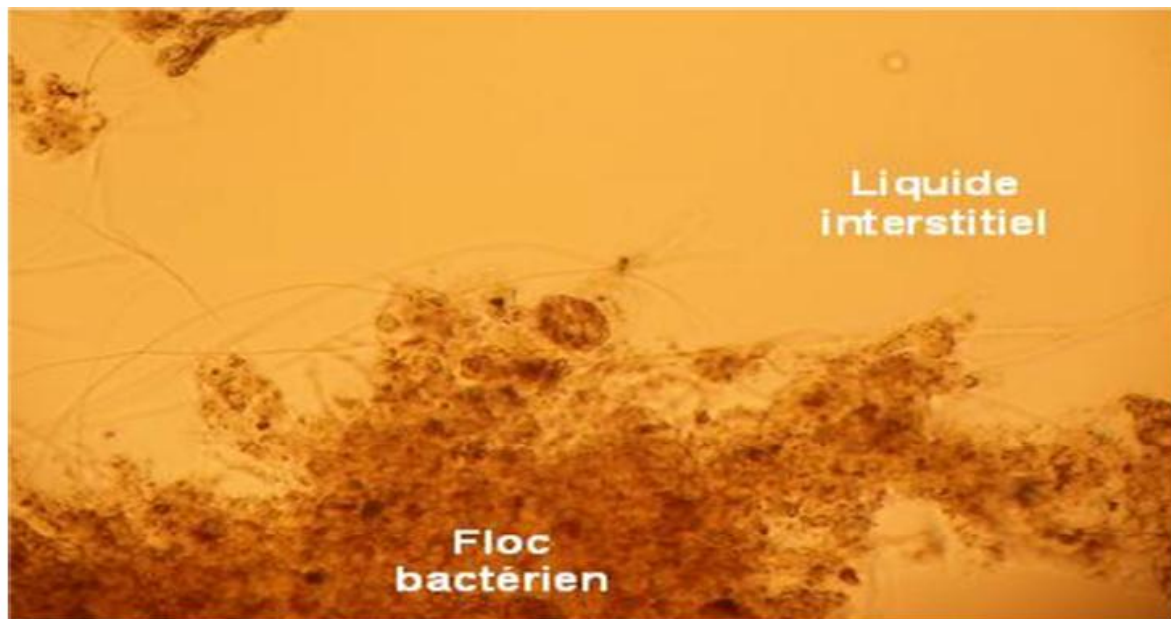


Figure 1:Composition de boue activée. (LAZAROVA, 2003)

3.1. Matières organiques :

La matière organique des boues est constituée de matières particulières éliminées par gravité dans les boues primaires. Il en résulte du traitement biologique de ces boues (après digestion, stabilisation) ces éléments suivants :

- des lipides (06 % à 19%).

- polysaccharides.
- protéines et acides aminées (jusqu'à 33% de la matière organique).
- la lignine.

La concentration des matières organiques dans les boues varient entre 30% à 80%.

3.2. Les éléments fertilisants et amendements :

Ils existent dans les boues, par différents dosages. Ils comprennent l'azote, phosphore, magnésium et soufre. Ces éléments sont indispensables pour les végétaux, leurs dosages parfois suffisants et même plus, pour les besoins des cultures.

3.3. Contaminants chimiques organiques et inorganiques :

Un polluant peut être défini comme un élément chimique ordinaire, dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration, ces éléments tels que le cuivre, le zinc, le chrome le nickel, etc...., sous formes de traces métalliques, sont indispensables pour le développement des végétaux, mais une forte teneur en ces éléments devient toxique. Dans les boues on trouve plusieurs polluants organiques (HAP, Phthalates, PCB, etc.). La plus part des contaminants chimiques viennent des rejets industriels.

3.4. Les microorganismes pathogènes :

Les boues contiennent des microorganismes qui jouent un rôle primordial dans l'épuration, mais une partie de ces microorganismes sont pathogènes. Elles proviennent essentiellement des excréments humains et animaux ; les boues doivent subir un prétraitement avant de les utiliser en agriculture, afin d'éliminer les germes pathogènes, (les eaux usées qui proviennent des abattoirs sont les plus contaminées).

4. Procédés d'épuration des eaux usées :

Dans une STEP, on distingue deux circuits : le circuit de l'eau et le circuit des boues.

- Le circuit de l'eau dans lequel l'eau est débarrassée de tous les polluants avant leur rejet dans le milieu naturel ;
- Le circuit de boue dans lequel les résidus générés par la filière eau sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

La filière eau comprend généralement :

1. Un prétraitement pour l'élimination des objets de taille comprise entre 0,1 et 50 mm (Dégrillage, tamisage), des graisses et du sable,
 2. Un traitement primaire pour l'élimination des matières en suspension facilement décantables,
 3. Un traitement secondaire composé d'un réacteur biologique pour l'élimination de la pollution biodégradable organique (DBO_5) ou minérale (NH_3 , NO_3^- , P).
3. Certaines stations sont également équipées d'un traitement tertiaire pour l'élimination des microorganismes ou du phosphore résiduel.
- Les boues provenant du décanteur primaire (Boues primaires) et du traitement biologique (Boues biologiques) seront ensuite traitées et conditionnées sur la filière boues.
- (GROSSCLAUDE, 1999)

4.1. Les prétraitements :

Les prétraitements sont indispensables au bon fonctionnement de la station. Mais ils génèrent de fortes contraintes d'exploitation (récupération des refus, salubrité, entretien, ...). L'accessibilité, la facilité des opérations manuelles doivent présider dans les choix Technologiques. Dans le cas des petites stations, ces impératifs militent en faveur d'un rehaussement général des prétraitements qui se situeront à 1,5 m à 2 m au-dessus du sol. Toute disposition visant à diminuer la fréquence des interventions manuelles sera préconisée, dans la mesure où elle ne risque pas d'induire des dysfonctionnements ultérieurs. Toute filière permettant une meilleure prise en compte du traitement et du devenir des déchets, issus des prétraitements, doit être privilégiée :

- Compactage des refus de dégrillage,
- Lavage des sables,
- Bio digestion des graisses,

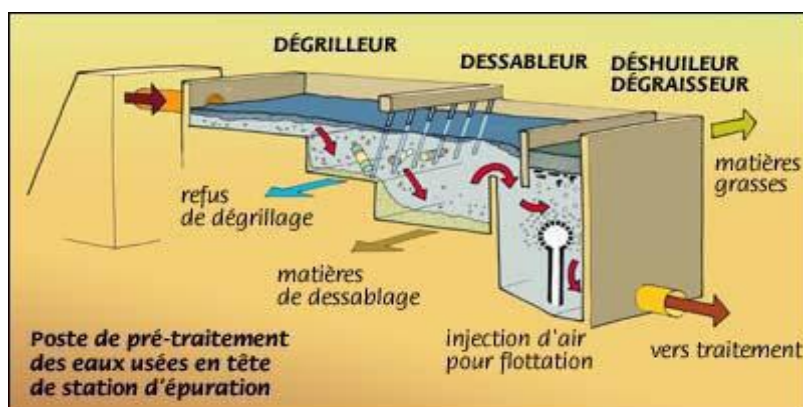


Figure 2:Schéma des étapes de prétraitement

4.1.1. Le dégrillage :

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques, et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Le plus souvent, il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux, entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. Une grande diversité de grilles est disponible sur le marché (droite, courbe, nettoyage amont, aval, ...).

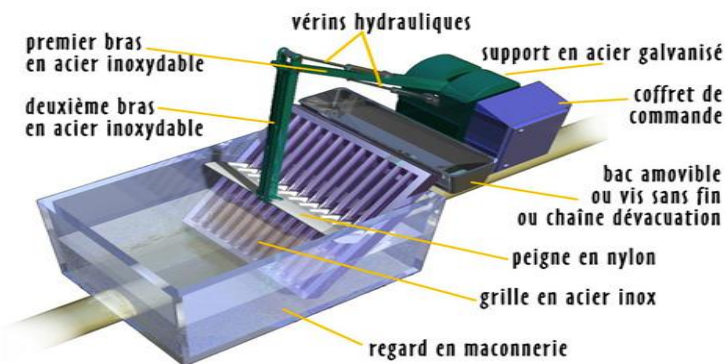


Figure 3: Dégrilleur

4.1.2. Le dessablage :

Cette opération concerne les particules de diamètre supérieur à $100\mu\text{m}$, elle consiste à débarrasser les eaux usées des sables et graviers par sédimentation, ces particules sont aspirées par une pompe puis récupérées, essorées et puis lavées avant d'être envoyées à la décharge pour être réutilisées. (METAHRI, 2012)

4.1.3. Dégraissage déshuilage :

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation.

Le dégraissage est une opération de séparation liquide-solide réalisant un compromis entre une rétention maximale des graisses et un dépôt minimale de boues de fonde fermentescibles. Le terme déshuilage est habituellement réservé à l'élimination d'huiles présentes en quantité notable dans les eaux résiduaires, c'est une opération de séparation liquide-liquide.

4.2. Les traitements primaires:

4.2.1. Traitement physicochimique :

4.2.1.1. La coagulation :

Ce procédé vise à faciliter l'agglomération de particules en suspension, il est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques, les principaux coagulants sont :

- Sulfate d'aluminium.
- Aluminate de sodium.
- Chlorure d'aluminium.
- Chlorure ferrique.
- Sulfate ferrique.
- Sulfate ferreux.
- Sulfates du cuivre.
- Les polyélectrolites.

Les plus utilisés sont les sels d'aluminium et de fer.

4.2.1.2. La floculation :

Ce procédé vise à faciliter l'agglutination de particules déstabilisées sous forme de floes ; ces derniers sont facilement éliminables par décantation et filtration.

4.2.1.3. La décantation :

C'est un procédé qui vise à éliminer les particules en suspension qui ont une densité supérieure à celle de l'eau. Elle est utilisée dans tous les types de STEP. Il existe 3 types de décantations :

a)La décantation des particules discrètes (individuelles) :

Caractérise les déssableurs , dont ce procédé conserve les propriétés physiques initiales (formes , dimensions ,densités) ; au cours de la chute, la vitesse des particules est indépendante de la concentration en solide. C'est pour ça que les lois classiques de *NEWTON* et *STOKES* s'appliquent ici.

b) La décantation des particules floculantes :

Ce procédé est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leurs chutes ; donc leurs propriétés physiques sont modifiées (volume, densité, vitesse) ; il est utilisé dans les décanteurs des STEP, et décanteurs d'usine de traitement des eaux.

c) La décantation en compression de boues :

Ce procédé est caractérisé par un phénomène de consolidation qui est relativement lent, où les particules reposent sur les couches inférieures.

Ce type de décantation se trouve dans les épaisseurs de boues par gravité.

5. Le traitement secondaire (biologique) :

C'est un traitement qui vise à l'élimination de carbone et MES ; il existe plusieurs variantes d'épuration biologique, qui s'inspirent toutes de principe de l'autoépuration naturelle.

Ils existent deux grands types de procédés :

1. procédé à biomasse fixé (P.B.F)
2. procédé à biomasse en suspension (P.B.S)

*Notion d'autoépuration :

Le milieu édaphique (sol), et le milieu aquatique, ont un pouvoir autoépurateur grâce aux microorganismes en suspension dans l'eau qui absorbent l'oxygène nécessaire avec agitation de l'eau, ainsi :

-La pollution aquatique se fait par dilution et biodégradation.

-La pollution de sol se fait par filtration et biodégradation. (YAHY, 2012)

5.1. Procédé à biomasse fixé (P.B.F) :

5.1.1. Le lit bactérien :

Le lit bactérien est constitué d'une colonne cylindrique en béton armé de quelque mètre de hauteur (<15m), et de diamètre (<12m). Garni d'un matériau solide granulaire organique ou minéral. La colonne est constituée de sa base par une dalle perforée, d'un dispositif d'évacuation d'eau épurée et un autre permettant d'alimenter la colonne en air (O₂) à l'entrée de la colonne, un dispositif de répartition de l'eau, qui permet une répartition homogène de l'eau ; il est mené d'un déversoir latéral.

Le principe d'épuration repose sur la biodégradation de substrat pollué, cette biodégradation s'accompagne par une filtration sur le plan physique.

La biomasse épuratrice est fixée sur le garnissage (bio film), ainsi un bio film trop épais peut dégager des métabolites qui seraient issues de fermentation anaérobie (méthane) ; les microorganismes qui se trouvent sur la partie superficielle du bio film sont les plus actifs.

Ils existent des garnissages minéraux tels que : le sable, la chamotte, le mâchefer, la coke etc. Des garnissages organiques en plastique et polystyrène.

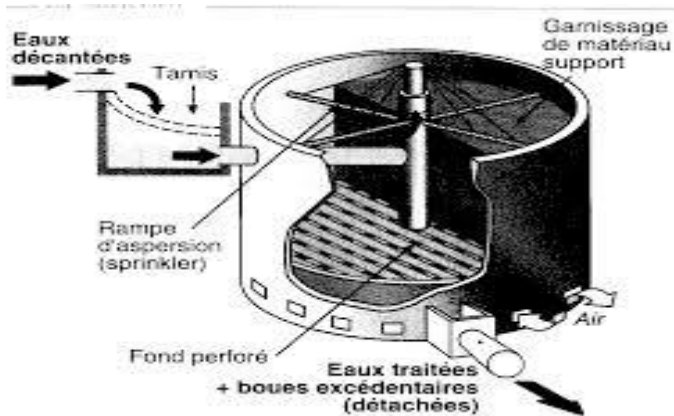


Figure 4:Schéma d'un lit bactérien

5.1.2. Les disques biologiques (bio disque) :

Dans ce procédé l'eau circule à travers un bassin dans lequel des disques sont à moitié immergés ; ces disques assurent un support au développement de la biomasse et leurs rotations lentes autour d'un axe permettent l'aération des cultures fixées, mis à part la conception, le principe de fonctionnement est le même que le lit bactérien.

La performance dépend de la surface des disques et de la charge polluante appliquée, ces systèmes sont plus adaptés aux petites STEP.

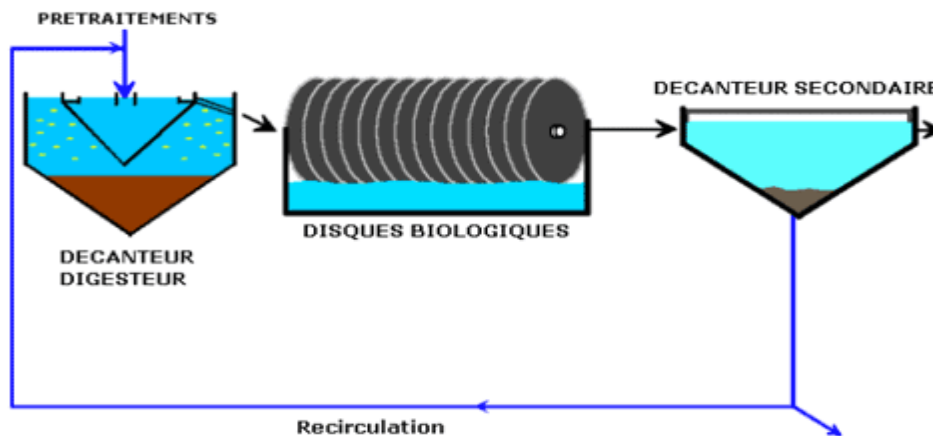


Figure 5:Schéma d'un disque biologique

5.2. Les procédé à biomasse en suspension (P.B.S) :

Les procédés à biomasse en suspension (PBS) ont lieu dans des ouvrages à écoulement horizontal . Contrairement au lit bactérien, il n'ya aucun garnissage fixant la biomasse ; cette dernière est maintenue en suspension, libre dans l'eau, en raison de sa masse volumique inférieure ou égale à celle de l'eau ; les (PBS) s'inspirent de principe de l'épuration naturelle dans les cours d'eaux, visant à reproduire ce phénomène en les intensifiant, par maîtrise de l'aération en augmentant la concentration en bactéries . (YAHY, 2012)

5.2.1. Les boues activées :

Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte). L'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène par (le brassage, l'injection d'air comprimé, voire même d'oxygène pur), elle a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues ; une partie de ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices ; l'excédent (boues secondaires en excès) est extrait du système et évacué vers le traitement des boues . Une boue activée de bonne qualité a une couleur blonde légèrement rougeâtre. Le temps de séjour des organismes actifs dans le système est plus élevé que celui de l'eau. Ce qui facilite le contrôle de la minéralisation de la matière organique.

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu (WHO, 1989). (METAHRI, 2012)

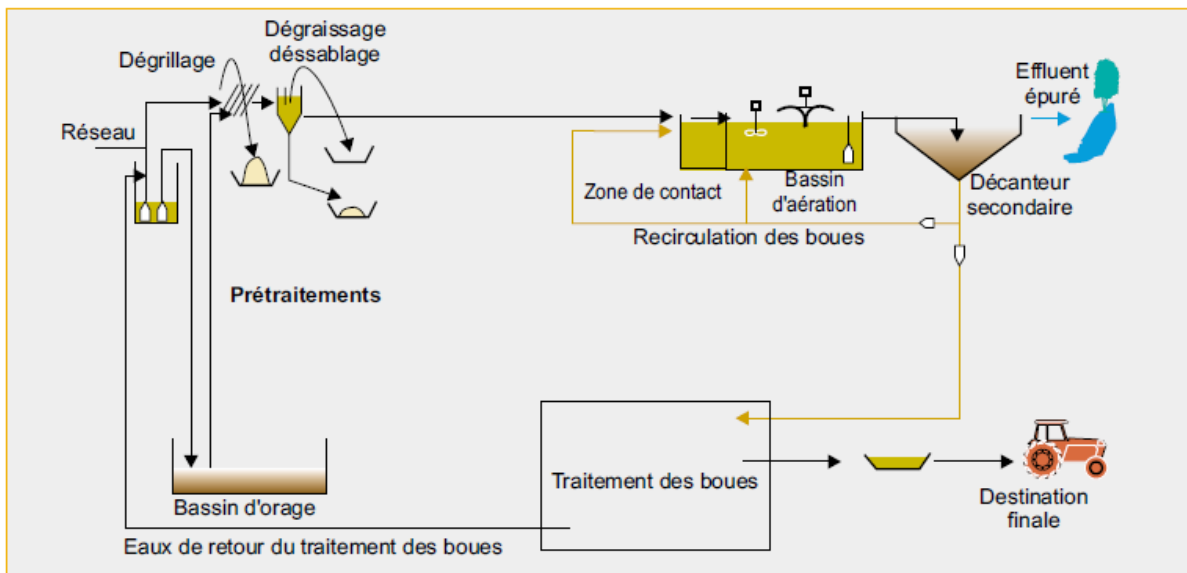


Figure 6:schéma explicatif de traitement a boues activées

5.2.2. Le lagunage :

C'est un procédé naturel extensif d'épurations des eaux usées dont le principe repose sur la symbiose algobactérien, les bactéries dégradent la matière organique en sels minéraux ; les algues par phénomène photosynthétique fournissant l'oxygène aux bactéries toute en utilisant les métabolites tant que la période diurne (luminosité), et la température permettant cette symbiose.

L'épuration de l'eau aboutie à la production d'une liqueur constituée d'une biomasse bactérienne sédimentable, et une biomasse alguale en suspension. Au fur et à mesure de l'écoulement à travers les bassins successifs l'eau finit par la contenir les algues en suspension ; pour se débarrasser des algues, ils existent deux moyens :

- Un moyen physicochimique.
- Par peuplement de ces derniers avec des espèces de poissons algueales (carpes, barbeau ...)

Le lagunage nécessite des surfaces importantes de terrain, un ensoleillement prolongé et intense. Le rendement d'un lagunage est plus important le jour que la nuit, l'été que l'hiver. (YAHI, 2012)

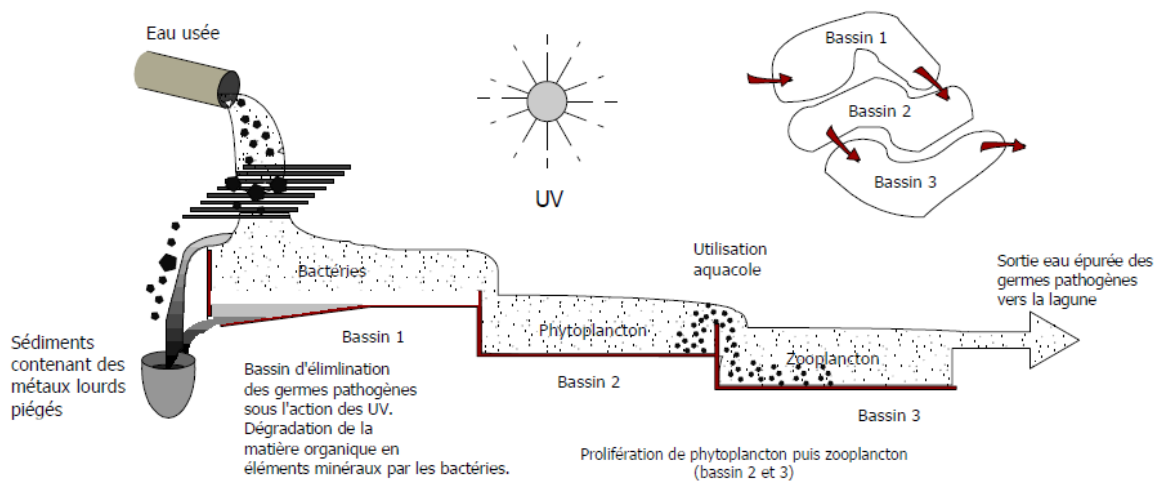


Figure 7:Schéma explicatif de lagunage aéré

6. Traitement tertiaire :

Après les traitements physicochimiques et biologiques, on procède aux traitements tertiaires qui permettent d'améliorer la qualité des eaux usées traité., Ce procédé est utilisé

lorsque les eaux épurées doivent avoir des normes pour la protection des milieux récepteurs, notamment la réutilisation en agriculture, ils précédées ont pour but :

*L'élimination de l'azote.

*L'élimination de phosphate

*La désinfection.

*L'amélioration générale de la qualité de l'eau (la DBO, DCO, couleur, odeur ...).

6.1. L'élimination de l'azote :

Une élimination poussée de l'azote nécessite la mise en place d'une filière de traitement dite (nitrification, dénitrification), car dans les STEP conventionnelles, seul 20% de l'azote est éliminé, l'élimination biologique de l'azote, se fait en 3 étapes suivant le cycle biologique de l'azote :

6.1.1. Ammonification :

Grace aux bactéries hétérotrophes, l'azote organique est transformé en azote ammoniacal

$N \text{ organique} \rightarrow NH_4^+ + OH^- + \text{produits carbonés.}$

6.1.2. Assimilation :

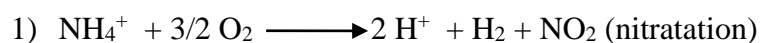
C'est la transformation de la matière organique en matière vivante (biomasse épuratrice).La forme assimilable de l'azote c l'azote ammoniacal.

6.1.3. Nitrification –dénitrification :

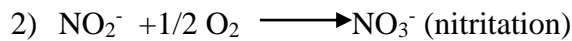
a. Nitrification :

Grace aux bactéries autotrophes aérobies, l'azote ammoniacal est transformé en azote nitrique (nitrates), par oxydation. Ces bactéries tirent leur énergie de l'oxydation d' NH_4^+ , et utilisent le carbone minéral, pour synthétiser la matière vivante.

Elle s'effectue en deux étapes :



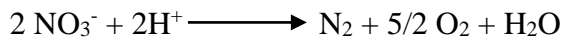
Grace aux bactéries nitrozomonas



Grace aux nitrobacters.

b. La dénitrification :

c'est élimination totale de l'azote , et la réduction des nitrates et nitrites en azote gazeux :

**6.2. Elimination de phosphate :**

Due au fait que le phosphore n'est pas suffisamment éliminé suivant les traitements primaire et secondaire, pour certains milieux récepteurs, on procède à la déphosphatation.

Ils existent deux voies :

6.2.1. La déphosphatation biologique :

La déphosphatation biologique, de développement récent, est basée sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique ; mais son rendement est en générale moins bon que celui de la déphosphatation physico-chimique. (REJSEK, 2002)

6.2.2. La déphosphatation physicochimique :

La déphosphatation peut aussi être réalisée par précipitation physico-chimique en présence de sels minéraux comme le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique et s'effectue soit simultanément aux réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit en traitement final. (GROSSCLAUDE, 1999)

6.3. La désinfection :

Lors des traitements secondaires, les germes pathogènes ne sont pas détruits totalement

Ce procédé permet donc de désactiver ces germes pathogènes (bactéries, virus, parasites).

Leurs rejet dans le milieu récepteur, ou dans un réactif désinfectant peut être ajouté aux eaux traitées avant leurs rejets dans les milieux récepteurs, on distingue ainsi :

*la désinfection par Ozone ou Brome.

*la désinfection par rayonnement ultraviolet.

*la désinfection par membrane.

*la désinfection par dioxyde de Chlore.

Mais le plus utilisé est le Chlore. (DEGREMONT, 2005)

6.4. Le traitement des odeurs :

Ce procédé consiste à limiter les odeurs dégagées par traitement, il existe des installations de désodorisation chimique ou biologique, mise au sein des STEP.

La désodorisation chimique est la plus utilisée ; elle consiste à capter les gazes malodorants puis les envoyer dans des tours de lavage, ou un liquide désodorisant est pulvérisé, le lavage se fait par des réactifs qui captent et neutralisent les mauvaises odeurs, tel que l'hypochlorite de sodium (eau de javel). (METAHRI, 2012)

7. Le traitement des boues :

Suite aux traitements physicochimique et biologique, les boues sont diluées dans l'eau (à 99%) et elles contiennent des matières organiques fermentescibles.

Les 2 objectifs de traitement des boues sont :

→Stabiliser les matières organiques pour éviter la fermentation incontrôlée.

→Éliminer le maximum d'eau afin d'éliminer les volumes de boues évacuées.

Après l'étape d'épaississement permettant de concentrer les boues, la stabilisation de la matière organique est réalisée grâce à des traitements biologiques ou physicochimiques. L'étape de déshydratation permettra d'extraire le maximum d'eau. (GROSSCLAUDE, 1999)

7.1. Epaississement des boues :

Avant l'élimination des boues et suivant leurs natures et leurs destinations, elles subissent un traitement afin de réduire leur volume en éliminant l'eau ; ceci est réalisé par un procédé d'épaississement, grâce à la décantation des boues, et un procédé de déshydratation qui permet d'éliminer l'eau liée aux MES plus importante, par filtre presse ou centrifugation. (REJSEK, 2002)

Les matières organiques présentes dans les boues sont fermentescibles (émission de molécules odorantes H_2S , mercaptan) ; cette activité peut être maîtrisée soit :

→ En la contrôlant dans un réacteur adéquat.

→ Soit par augmentation de pH, par addition de la chaux.

*Deux familles de procédés biologiques peuvent être utilisées :

- Digestion aérobie.

- Stabilisation aérobie thermophile. (GROSSCLAUDE, 1999)

7.2. La déshydratation :

Après la phase d'épaississement qui a permis d'éliminer 60 à 85% d'eau et la phase de stabilisation, le traitement des boues est complété par une déshydratation qui a pour but d'éliminer le maximum de l'eau résiduelle.

Deux catégories de procédés sont généralement utilisées : les procédés mécaniques et les procédés thermiques.

Pendant la phase de séchage, les boues présentent un comportement plastique et collant pour des taux de matière sèche d'environ 50%. Ce qui implique certains aménagements des techniques et des matériels.

Les buées, très chargées en vapeur d'eau, comportent une fraction d'incondensables malodorants devant être détruites par combustion ($850\text{ }^{\circ}\text{C}$), soit directement dans le générateur thermique, soit dans un incinérateur spécifique. (GROSSCLAUDE, 1999)

7.3. Elimination finale des boues :

7.3.1. Incinération des boues :

Donc le problème des boues se pose en termes d'évacuation ; trois solutions sont possibles:

La mise en décharge de boues stabilisées et déshydratées mais, elle n'est plus réalisable à partir de 2002. La valorisation agricole par épandage sur des sols agricoles où elles vont jouer un rôle d'engrais, elles sont utilisées sous forme liquide, solide ou sous forme de composte, mais toujours stabilisées.

L'incinération qui présente un intérêt pour les boues autocombustible, c'est-à-dire fraîches et déshydratées. (REJSEK, 2002)

Quelle que soit la technique d'incinération, les fumées doivent être traitées avant leur rejet dans l'atmosphère, ce traitement est d'autant plus complexe que la charge en poussière des fumées est élevée, réalisé en plusieurs étapes, le traitement des fumées peut nécessiter un pré-cyclonage, un dépoussiérage électrostatique, un lavage, voir éventuellement une oxydation catalytique. (GROSSCLAUDE, 1999)

7.3.2. Valorisation agricole :

Les boues séchées constituent un engrais intéressant vu leurs teneurs en matières organiques fertilisantes, surtout l'azote.

Avant d'utiliser ces boues, un nombre de précautions doivent être prises :

Il faut assurer que les eaux usées brutes qui rentrent dans la STEP, sont domestiques, sans présence d'effluents industriels.

Il faut procéder avant chaque livraison à une analyse chimique (afin de déterminer la valeur fertilisante et les éléments toxiques).

Détruire les germes pathogènes (staphylocoques) par exposition au soleil deux à trois jours.

Ces boues doivent être enfouies par labour après quelque jour de leur épandage.

Si elles ne sont pas enfouies (cas de prairies), on doit attendre trois semaines au moins avant le pâturage des animaux. (LAROUSSE AGRICOLE, 1981)

7.3.3. Mise en décharge :

C'est la dernière étape d'élimination des boues, si, ces boues sont inutilisables et non recyclables donc, elles sont éliminées dans des décharges.

Conclusion :

Le but principal de la réalisation de systèmes d'assainissement et réseaux d'épuration, est d'éliminer les imputées contenues dans l'eau, de protéger les milieux naturels récepteurs.

Il existe plusieurs procédés d'épuration, mais l'épuration biologique est prédominante, et plus spécialement le procédé des boues activées, est le plus utilisé, vu l'économie d'énergie et de surfaces.

La production des boues nécessite une élimination finale, ainsi une valorisation agricole, si ces boues sont recyclables, sinon elles sont mises en décharge.

Chapitre III :

réutilisation des eaux usées en agriculture.

Introduction :

L'eau est une ressource de plus en plus rare à cause de la croissance démographique qui augmente les demandes en eaux en agriculture, en industrie et en besoins domestiques .

Vu cet état, la réutilisation des eaux usées épurées est devenue une solution pour récompenser le déficit hydrique, surtout en agriculture dans les pays comme le notre. Mais la REUE n'est possible que lorsque l'eau usée est traitée et devenue conforme aux normes internationales de l'OMS, et aux normes locales spécifiques à notre réglementation.

1. Définition de la REUE :

C'est une action volontaire qui vise à la production des quantités complémentaires en eau, pour différents usages afin de combler le déficit hydrique.

La réutilisation peut être réalisée d'une manière directe ou indirecte :

La REUE directe, qui consiste à l'utilisation des eaux épurées sans passage à la dilution de ces eaux dans les milieux naturels, se qui peut présenter un danger pour l'humain et l'environnement.

La REUE indirecte, consiste à l'utilisation d'eaux sous forme diluée, c.à.d. après leur rejet est leur dilution dans les milieux naturels.

2. Objectifs de la REUE :

Les objectifs de la REUE se résument en :

L'assurance des quantités suffisantes d'eau pour l'utilisation agricole en irrigation, surtout pour les pays à déficit hydrique comme l'Algérie.

Un objectif écologique, qui est d'assurer la pureté des milieux hydrique récepteurs (rivières).

Assurer la protection des réserves souterraines et leurs recharges en eau.

Assurer les besoin en eaux colossaux, pour certaines industries pour le refroidissement des machines.

L'utilisation de ces eaux pour arroser des espaces verts, et les zones forestières, ainsi que certains usages domestiques.

3. Historique de la REUE :

La première pratique de la REUE est liée aux pratiques d'épandage des eaux usées vers 1900, ils existent nombreux champs de ce type aux USA.

La REUE devient une nécessité actuellement dans les pays à faible précipitations comme le notre, sans oublier qu'elle permet de réduire considérablement l'utilisation des engrais.

La REUE apporte une contribution à la conservation de l'eau et de l'énergie et améliore la qualité de vie humaine (PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT 30 AVRIL 2003)

4. Etat de la REUE :

4.1. Dans le monde :

Les projets se concentrent autour du bassin méditerranéen et dans les pays industrialisés ; en Europe, aux États-Unis ou encore en Australie ; certains pays comme la Tunisie ont de véritables politiques nationales de réutilisation des eaux usées épurées.

La Tunisie a développé un programme de réutilisation des eaux usées épurées dès les années Soixante.

En 1993, 6 400 ha de terres agricoles étaient irrigués avec des eaux épurées, et ce chiffre devait atteindre 20 à 30 000 ha dans les années suivantes. (ASANO, 1998)

4.2. En Algérie :

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale (MRE, 2012).

Le réseau national d'assainissement totalise un linéaire de 27000 kilomètres. Le taux de recouvrement est, hors population éparse, de 85%.

Le volume global d'eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de 600 millions de m³, dont 550 pour les seules agglomérations du nord, ce chiffre passerait à près de 1150

Millions de m³ à l'horizon 2020, le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative d'environ 17 millions de m³ en 2011 à environ 200 millions de m³ en 2014, et le nombre de stations concernées sera de 25 stations d'épurations à l'horizon 2014 (MRE, 2012) ; les stations d'épurations gérées par l'ONA

concernées par les projets de réutilisation des eaux usées épurées en cours d'étude ou de réalisation, sont au nombre de 12,

pour l'irrigation de plus de 8 000 hectares de terres agricoles (MRE, 2012). (HANACHI, 2014)

5. Avantages et inconvénients de la REUE :

5.1. Avantages :

- Prévention de la pollution par eaux usées, des milieux récepteurs (rivières, mers).
- Préservation des ressources en eaux douces.
- Accroissement de la fertilité des sols, grâce aux teneurs riches en éléments nutritifs (surtout l'azote).
- Amélioration des caractéristiques physiques de sol, grâce à l'apport des matières organiques.
- Création de postes d'emploi (irrigation).

5.2. Inconvénients de la REUE :

- Risques liés à réutilisation des eaux usées traitées (risques sanitaires, risque chimiques et risques environnementaux)
- Accumulation de sels dans le sol, et chute de certaines productions, dues à la salinité des eaux de la REUE.
- Les quantités importantes de l'azote et de phosphore peuvent nuire aux cellules et polluent les nappes.
- L'approximation des sites de la REUE proches aux STEP, par rapport aux zones peuplées.
- La réticence des usagers à utiliser ces eaux.
- Les rejets urbains continus, engendrent des eaux usées traitées en dehors de la période d'irrigation.

6. La qualité des eaux usées traitées pour l'irrigation :

6.1. Qualités physicochimiques :

6.1.1. Les MES :

Majoritairement biodégradables, mais le maintien d'une concentration importante en matières organiques dans les eaux usées gênent considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes, car elles sont transportées avec les MES, et

protégées grâce à ces dernières, des différents traitements tels que l'ultraviolet. (FABY , BRISSAUD., 1997)

N.B : la forte présence des MES cause le bouchage des canalisations d'irrigation.

6.1.2. Les éléments nutritifs :

Les éléments nutritifs tel que (azote, phosphore, potassium)

Peuvent être néfastes à la plante et au sol, lorsque ils sont présents en fortes doses, c.à.d. supérieurs aux besoins de la plante ; un contrôle périodique des nutriments présents dans l'effluent est donc nécessaire, afin d'en tenir compte lors de calcul des besoins en fertilisants des cultures irriguées.

Cet apport peut perturber certaines productions par exemples :

- Retarder la maturation de certaines cultures (abricots, agrumes, avocats, vignes).
- Altérer leurs qualités.
- Réduire la teneur en sucre des fruits ou des betteraves.
- Accentuer la sensibilité des cultures aux maladies.
- La tendance à verse pour les céréales.
- Limiter le développement de jeunes racines. (FABY , BRISSAUD., 1997)

6.1.3. La salinité :

Le principal critère d'évaluations de la qualité d'une eau pour l'irrigation est sa concentration en sels solubles ; dans la plus part des pays, l'approvisionnement en eau pour l'irrigation est à faible salinité, cependant en cas de pénurie en eau, la salinité peut être élevée avec une irrigation limitée, en jouant sur les doses appliquées et les systèmes d'irrigation.

La quantité et le type des sels présents dans l'eau est importante à évaluer, si cette eau convient vraiment pour l'irrigation. (AYERS et WESTCOT., 1985)

6.1.4. L'alcalinité :

La structure de sol, la stabilité des agrégats, la perméabilité de l'eau et la dispersion de la phase colloïdale de sol, sont toutes sensibles aux types d'ions échangeables présents dans

l'eau d'irrigation ; l'augmentation de l'alcalinité de sol qui se produit en cas de concentration élevée en sodium (Na), réduit la perméabilité du sol (surface), même s'il ya lessivage.

Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en ions de sodium échangeable augmente, toutefois pour une certaine valeur de rapport d'absorption du sodium (SAR : Sodium. Absorption. Ratio.)

La vitesse d'infiltration est fonction de niveau de salinité. (RHOADES, 1977)

6.1.5. Les traces métalliques :

Les éléments et traces métalliques sont immobilisés dans les couches supérieures du sol, ou il y'a échanges d'ions et absorption ; l'accumulation de ces derniers peut présenter des risques au développement de la plante et à la santé de l'homme et des animaux ; les métaux lourds qui présentent des risques sont : Le cadmium (Cd), molybdène (Mo), le zinc (Zn), le cuivre(Cu).

Il faut noter qu'à l'exception des effluents industriels, les eaux résiduaires constituent de faible concentration en ces traces métalliques ; ces concentrations sont un facteur limitant pour la REUE, l'essentiel de ces métaux sont retenue dans les boues des STEP, mais afin d'éviter tout risque, il faut tenir compte de la composition des eaux destinées à irrigation et les choix des cultures irriguées. (FABY , BRISSAUD., 1997)

6.2. Qualités microbiologiques :

L'eau usée est le siège de différents microorganismes pathogènes, essentiellement d'origine fécale, ces agents photogènes sont sous quatre formes :

Bactérie, virus, protozoaires et helminthes.

6.2.1. Les bactéries :

L'eau usées contient 10^6 à 10^7 de bactéries /100ml, la concentration des germes pathogènes dans l'eau usée est de l'ordre de 10^4 /l.

6.2.2. Les virus :

Leurs concentration dans les eaux usées urbaines est de l'ordre de 10^3 à 10^4 /l.

Les virus entériques qui se multiplient dans les intestins sont les plus dangereux, on site les plus importants :

Les entérovirus (polio).

Les rétrovirus.

Les adénovirus.

Et aussi le virus responsable d'hépatite.

Les virus sont plus résistants et plus petits que les bactéries, donc il est parfois impossible de les éliminer en totalité.

6.2.3. Les protozoaires :

Parmi les plus importants :

Entamoeba histolytica (dysenterie amibiennes)

Giardia lamblia

Kystes

Ces protozoaires passent par une forme de résistance dans leur cycle de vie.

6.2.4. Les helminthes :

Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires, dans les eaux usées urbaine le nombre d'œufs d'helminthe peut être évalué entre 10 à 10³ œufs/l. (FABY , BRISSAUD., 1997)

7. Domaines de la REUE :

La REUE est utilisée dans plusieurs domaines, mais le plus connu est le domaine agricole (vergers, forages, produit à consommer après cuisson).et le domaine industriel (refroidissement) et aussi la REUE urbaine (lavages Arrosages...). Pour ces usagers l'adaptation en quantité est assez aisée.

7.1. La REUE agricole :

L'irrigation est l'activité humaine qui consomme le plus d'eau, dans le cas spécifique de l'irrigation, les bénéfices ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource, mais aussi dans la nature des eaux usées ; en effet, elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligoéléments (fer, cuivre, manganèse, zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement. (ASANO, 1998)

7.2. La REUE industrielle :

La REUE en industrie peut être d'eaux usées urbaines traitées, et aussi industrielles dont les entreprises possèdent souvent des STEP propre à elles.

La REUE industrielle peut donc être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts.

Les autres applications possibles concernent les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. (ASANO, 1998)

7.2. La REUE en zones urbaines :

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zones urbaines sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- L'arrosage des parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux ;
- Les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance ;
- Les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles ;
- Le lavage de voiries, réservoirs anti-incendie, etc.

La REUE en zone urbaine nécessite un réseau double qui permet de distribuer séparément les eaux épurées et l'eau potable ; il peut y avoir un réseau double à l'échelle de la ville entière ou à l'échelle de l'habitation. ; lors de la modification d'un système déjà existant, l'installation d'un second réseau de distribution peut représenter jusqu'à 70 % du prix d'un projet de REUE. (Ecosse, 2001)

8. Contraintes liées à la réutilisation des eaux usées en irrigation :

Les contraintes ou risques liés à la REUE qui intéressent notre étude sont divisés en trois :

8.1. Risque microbiologiques :

La technique d'irrigation joue un rôle important dans la définition de risque microbiologique ainsi on distingue :

Pour l'irrigation souterraine ou gravitaire, il ya risque de polluer les eaux souterraines et ceux de surface.

L'irrigation par aspersion crée des aérosols qui peuvent être nuisibles à l'homme.

Possibilité de contamination lors de maintenance des systèmes d'irrigation.

Les helminthes (ascaris, trichocéphales, ankylostomes...), présentent le risque principal, ainsi que les bactéries responsables de choléra et shigellose, et les virus d'une façon limitée.

8.2. Le risque chimique :

La contamination se situe dans la consommation des plantes cultivées (végétaux contaminés). Certains éléments sont bénéfiques pour les plantes, donc il faut trouver un équilibre entre ces éléments toxiques et bénéfiques.

Pour la REUE en industrie, les concentrations admissibles en sels, les molécules organiques, et traces métalliques doivent être contrôlés.

8.3. Risque environnemental :

Le risque d'affection de rendement par salinité, par excès de Bore, alcalinisation des sols par excès de Sodium, un excès de nutriment (N P K), les brûlures de feuilles par le sel en cas d'aspersion.

9. Les bonnes pratiques d'irrigation :

L'application de ces pratiques vise à assurer de bons rendements agricoles, et à réduire les risques environnementaux. Ces pratiques reposent en principe sur les paramètres suivants

9.1. La quantité de l'eau :

La quantité d'eau nécessaire pour les cultures est égale à celle perdue à cause de déficit hydrique, donc ces besoins en eau sont dépendants des facteurs climatiques, et sont estimés ainsi par les données météorologiques locales.

La FAO a mis au point un programme informatique (CROPWAT), pour aider les agriculteurs à déterminer les besoins en eau des cultures à partir des facteurs climatiques (PESCOD, 1992)

9.2. La qualité de l'eau :

Lors du choix du système d'irrigation, la qualité d'eau est un facteur important, par exemple, une eau qui contient une concentration élevée en ions de Sodium ou Chlorure peut endommager les feuilles (lors de l'irrigation par aspersion), le Bore aussi présente un facteur perturbant pour les arbres fruitiers (arbre porteuses de fruits à noyau), même à faible concentration (le Bore est utilisé dans les détergents managers. (AYERS et WESTCOT., 1985)

9.3. Les caractéristiques du sol :

a) L'infiltration dans le sol :

Le taux d'infiltration d'eau dans le sol et la quantité qui atteindra les racines, par percolation, le taux d'infiltration dépend de :

La texture de sol.

La structure de sol.

La stabilité structurelle.

La salinité de l'eau.

Le taux d'absorption de sodium dans le sol.

b) Le drainage :

L'eau en excès doit être drainée, afin d'éviter d'endommager les végétaux et d'accroître la salinité. Le drainage est important dans les zones arides, surtout lorsque la nappe phréatique est proche de la surface ; l'eau remonte par capillarité et elle s'évapore, et laisse derrière elle des sels dissouts ; l'accumulation de ces sels diminue le rendement et rend le sol impropre à la culture. (PESCOD, 1992)

9.4. La sélection des cultures :

Le choix des cultures réside dans la tolérance de ces dernières aux sels minéraux, dans le cas de forte salinité il est nécessaire de cultiver des plantes plus tolérantes aux sels. (PESCOD, 1992)

9.5. La lixiviation :

Pour éviter l'accumulation de ces sels, dans la zone racinaire, il faut épandre une quantité suffisante en eau, afin de garantir l'entraînement des sels au-dessous de la zone racinaire (la lixiviation) ; le sol donc doit présenter des bonnes propriétés de drainage ; la proportion d'eau qui traverse la totalité de zone racinaire est appelée « fraction lixivante ». (ASANO, 1998)

9.6. Pratiques de gestion :

Pour assurer une bonne gestion de l'eau, il faut gérer correctement les taux d'épandage d'eau et la répartition dans le temps de ces dernières, ainsi il faut :

Evaluer la capacité de rétention de l'eau par le sol.

Evaluer la nécessité d'une irrigation avant et après la plantation pour éviter le stress hydrique et la lixiviation des sels présents dans le sol avant et après plantation.

Maintenir l'humidité de sol à un niveau optimal.

Estimer le taux d'évapotranspiration.

Organiser convenablement dans le temps d'arrosage.

Déterminer la quantité d'eau à épandre d'après la pluviométrie, le drainage, l'infiltration dans le sol, les végétaux et la lixiviation.

Ajuster à quantité d'azote dans l'eau pour satisfaire les besoins des cultures.

Evaluer la technique d'irrigation.

Evaluer les propriétés de drainage de sol.

9.7. Techniques d'irrigation :

Le choix de système d'irrigation est important dans la protection des risques sanitaires. Ainsi il joue un rôle important dans colmatage de ces systèmes.

9.7.1. L'irrigation de surface (à la raie) :

Dans cette technique d'irrigation gravitaire l'eau est distribuée dans des rigoles (sillons) aménagés entre les lignes de cultures, les feuilles et les plantes basses ne sont pas mouillées, ce qui élimine les souillures et certaines maladies.



Figure 8: Irrigation de surface (à la raie)

9.7.2. L'irrigation par aspersion :

C'est de loin la technique la plus utilisée, le système d'arrosage utilise de l'eau sous pression, qui est distribuée sous forme de pluie. (LAROUSSE AGRICOLE, 1981)

Cette technique présente des risques de contamination des plus élevés, car les plantes sont exposées directement à cette eau. L'eau contient des germes pathogènes. Elle entraîne aussi la production d'aérosol, cette contamination peut se propager aux humains grâce au vent.



Figure 9: Irrigation par aspersion

9.7.3. L'irrigation localisée (la micro irrigation) :

Cette technique se fait au voisinage des plantes. Elle a pour objet de maintenir humide une partie de volume du sol utilisable par les racines, les apports faibles, continus fréquents. Cette technique présente le plus faible des risques de contamination, car la partie racinaire est seulement exposée à cette eau, le risque de colmatage (surtout pour le goutte à goutte), si l'eau est trop chargée en MES cette technique devient difficile.



Figure 10: Irrigation localisée (goutte à goutte)

Conclusion :

La réutilisation des eaux usées, devient de plus en plus une nécessité, vu les demandes en eaux colossales en agriculture, surtout dans les pays à faible précipitation comme le notre.

Mais néanmoins, la REUE présente beaucoup de contraintes surtout sur le plan sanitaire ; de ce fait, il y'a beaucoup de considérations et de mesures à prendre en compte d'une façon plus au moins stricte afin que cette méthode in conventionnelle devient une solution pas un problème ; pour cela il faut respecter les recommandations de l'OMS pour la REUE, et les bonnes pratiques d'irrigation.

Dans le cas de notre pays, il faut vraiment penser sérieusement à cette alternative, afin de compenser les besoins en eau en agriculture, qui augmente de plus en plus, et il faut encourager les agriculteurs a utilisé ces eaux traité, surtout dans les régions arides.

Partie expérimental

Chapitre I :

Matériels et méthodes .

1. Présentation de la STEP d'Azeffoun :

La station d'épuration d'Azeffoun a été mise en service en février 2013. Le type de traitement est biologique à boues activées à faible charge. La nature des eaux usées est domestique ; elle reçoit les effluents urbains grâce à deux stations de relevage situées à l'aval des réseaux d'assainissement.

1.1. Situation géographique :

La STEP d'Azeffoun est située au Nord Ouest de la ville d'Azeffoun, sur une superficie de 15376 m², en dehors de la zone urbaine, surplombée par une retenue collinaire à quelque mètres de la mer et de la route nationale N°24.



Figure 11:Photo satellitaire de la STEP d'Azeffoun

1.2. Fiche technique de la STEP :

Tableau 1:Fiche technique de la STEP d'Azeffoun

Désignation	Valeurs
Mise en service	Février 2013
Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestiques
Type de traitement	épuration biologique à boues activées à faible charge
Population raccordée	9000hab (en 2017)
Charge hydraulique	
Capacité	15000 E /H
Débit moyen journalier	1500 (m ³ /j)
Débit moyen horaire	62,5 (m ³ /j)
Débit de pointe	150 (m ³ /j)
DBO5 journalière	600 (kg/j)
DCO journalière	900 (kg/j)
MES journalières	600g/j)

2. L'échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate. Celui-ci doit être homogène, représentatif, en gardant les mêmes caractéristiques physicochimiques de l'eau.

Il faut déterminer les points de prélèvement, qui sont :

1. les eaux usées brutes en amont de dégrilleur fin.
2. les eaux usées épurées au niveau de canal de sortie.

Les laborantins procèdent avec un échantillonnage manuel 4 à 5 prélèvements d'aux moins 200ml chacun, effectués au long de la journée. Ces derniers seront mélangés pour former un échantillon complet homogène (composite).

Le prélèvement se fait à la profondeur du canal à contre courant. On verse le contenu dans des verres puis on le conserve au réfrigérateur à 4°C, (pour les préserver pour 24hrs).

3. Mesures des paramètres physiques :

3.1. La température :

La température joue un rôle important dans :

- . La solubilité de gaz (telles que l'Oxygène)
- . La dissociation des sels dissous (conductivité électrique)
- . La détermination de PH
- . La connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

Vu la sensibilité de ce paramètre, la mesure se fait à chaque prélèvement instantané, puis on calcule une moyenne. Elle se fait à l'aide d'un thermomètre qu'on plonge au fond d'un bécher d'eau à analyser, ou à l'aide d'une sonde électrique. On prend la mesure lors de la stabilité de l'affichage.

3.2. Le pH :

Dans les eaux naturelles, c'est principalement les deux équilibres de l'acide carbonique (diacide faible) qui imposent la valeur du Ph. Ils peuvent s'exprimer par la concentration en H_3O^+ .

La mesure de ce paramètre se fait grâce au pH-mètre ; on plonge dans la sonde cet appareil dans un bécher contenant l'échantillon, après stabilisation de l'affichage, on note la valeur de pH.

L'idéal dans la mesure du pH est de le réaliser après 6 heures maximum.

3.3. La conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau (γ) et la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. (RODIER, 2009)

La mesure se fait au conductimètre ; on introduit l'électrode dans le bécher contenant l'échantillon à analyser. On choisit l'unité de mesure comme micro siemens par centimètre ($\mu S/cm$), puis on lit le résultat affiché sur l'appareil.

3.4. La turbidité :

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau.. Elle est déterminée à l'aide d'un néphélémètre. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident.

Mode opératoire :

Prélever un échantillon représentatif (environ 125 ml) dans un contenant de plastique ou de verre et le conserver à environ 4 °C.

Le délai de conservation entre le prélèvement et l'analyse ne doit pas excéder 48 heures.

Pour démarrer l'appareil:

- Fermer le capot.
- Mettre appareil sous tension.
- Laisser préchauffer l'appareil environ 60 minutes, et choisir le mode ratio.
- Procéder à l'étalonnage, qui doit être fait une fois par mois.
- Vérifier l'étalonnage avant chaque série de mesures avec des étalons de Formazine de 20 et de 200 NTU et noter le résultat sur la feuille de travail.
- Agiter l'échantillon et remplir une cuvette jusqu'au trait (environ 30 ml) en prenant soin de manipuler la cuvette par la partie supérieure, puis boucher la cuvette.

Procéder de la même manière avec les échantillons de contrôle.

Tenir la cuvette par le bouchon et essuyer la surface extérieure au moyen d'un tissu doux afin de ne pas laisser de film graisseux. Au besoin, déposer une petite trace d'huile de silicone, de col vers le bas de la cuvette et l'étendre uniformément avec le tissu.

- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot.
- Lire lorsque le signal est stable et noter le résultat

N.B : Afin d'éviter que les cuvettes ne s'embuent, il faut s'assurer que les échantillons et les matériaux de référence sont à la température ambiante avant de procéder aux mesures.

*L'unité de mesure est NTU, (N T U - NEPHELOMETRIC TURBIDITY UNIT)(Unité de Turbidité Néphéломétrique) .

3.5. Les M E S :

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation.

La méthode par filtration est une méthode de détermination gravimétrique. Elle est faite sur un filtre en fibres de verre et gravimètre.

***Le principe :**

A l'aide d'un équipement de filtration sous vide ou sous pression, l'échantillon est filtré sur un filtre en fibres de verre. Il est ensuite séché à 105°C et la masse de résidu retenue sur le filtre est déterminée par pesée.

4. Mesure des paramètres chimique et biochimique :

4.1. La DCO :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau est oxydable dans des conditions opératoires définies, en fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine organique ou minérale. (RODIER, 2009)

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées à l'ébullition (150 °C) par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent, jouant le rôle de catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure, permettant de complexer les ions chlorure.

L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium. (RODIER, 2009)

4.2. La BDO₅ :

C'est la quantité d'Oxygène consommée par voie biologique à une température égale à 20°C. Pendant un temps limité, par conversion pendant 5 jours à l'obscurité, sous agitation par la méthode nanométrique à l'aide d'un système de mesure OXITOP. La technique se repose sur la mesure de la pression dans un système clos. Les microorganismes qui se trouvent dans l'échantillon consomment l'Oxygène en formant le dioxyde de carbone, ce

dernier est absorbé avec NaOH, ensuite une dépression dans la mesure peut être lue directement.

***mode opératoire :**

Dans un flacon opaque, préalablement rincé avec l'eau à analyser et dont la température ne doit être trop froide, on verse un volume bien déterminé de l'échantillon. Ce volume est en fonction de sa charge polluante et on se référant aux résultats de la DCO.

Le DBOmètre est de type OXITOP.

On y introduit un barreau magnétique et on ferme avec les cupules, dans lesquels on y introduit 3 pastilles d'hydroxyde de Sodium puis on ferme bien la bouteille avec l'OXITOP, puis on règle l'appareil à zéro. Les bouteilles sont posées sur un système d'agitation ; le tout est met dans un réfrigérateur à 20°C, ainsi il commence à enregistrer des valeurs chaque 24heurs pendant 5jours.



Figure12:DBOmètre

5. Les paramètres parasitologiques:

a)Le prélèvement :

Pour faire les analyses parasitologiques, il faut en premier lieu respecter les conditions d'asepsie, ainsi que les contenants qui doivent être stériles.

Le prélèvement des eaux épurées se fait comme suit :

*on plonge totalement une bouteille stérile dans le canal de sortie, et on retire le bouchant.

*on laisse remplir contre courant.

*on renferme le tout en gardant la bouteille immergée.

Il faut ensuite procéder aux analyses le plus rapidement possible et les transporter dans glacière (à 4°C), avec un délai qui ne dépasse pas les 8 heures, afin d'éviter les modifications sur la teneur des microorganismes.



Figure13:Prélèvement de l'échantillon au niveau du canal de sortie

b) Recherches des œufs nématodes :

*** Mode opératoire :**

On laisse concentrer l'échantillon par décantation, puis on récupère le culot, et on le répartit sur des tubes à fond conique, ensuite on centrifuge à 5000 tours / min pendant 20 minutes.

On récupère le culot, et avec une pipette on le répartit sur des lames.

Enfin on recouvre avec des lamelles pour une observation à l'état frais ; avec un microscope photonique de type (OPTIKA) par exemple, on règle l'objectif à X10, puis X40.

*La recherche des nématodes est faite au laboratoire de l'ONA par la technique de concentration centrifugation.



Figure 14: centrifugeuse avec tubes conique

6. Eléments et traces métalliques :

Les éléments et les traces métalliques sont souvent en très faibles teneur pour les eaux usées urbaines.

Leurs détermination se fait grâce a la méthode spectrophotométrique, au niveau de laboratoire national à Alger.

Chapitre II :

Résultats et discussions .

Résultats et discussions :

Les résultats sont issus d'une étude faite en 2018 par Mlle HALIL Hassina et Mlle MOULOU DJ Louiza, les paramètres analysés quotidiennement sont la température, le pH et la conductivité et la turbidité. Pour la DCO, la DBO₅ et les MES c'est 4fois/mois ; l'azote et les phosphates sont analysés 2fois/mois, les tableaux 4 et 5 nous donnent les valeurs moyennes des résultats obtenus des eaux brutes, et épurées.

Tableau 4: Valeurs moyennes des paramètres physicochimiques et biochimiques, des eaux usées brutes de la STEP d'Azeffoun

paramètres analysés	nombre de répétitions	Valeurs moyennes
la température (°C)	4	16,47
PH	4	7,63
la conductivité électrique (µs/cm)	4	1336
la turbidité (NTU)	4	258,25
MES (mg/l)	1	396
DCO (mg/l)	1	402
DBO ₅ (mg/l)	1	230
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1	22,08
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1	0,076
NO ₂ ⁻ (mg/l)	1	0,25
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	1	6,9

Tableau 5: Valeurs moyennes des paramètres physicochimiques et biochimiques, des eaux usées traitées de la STEP d'Azeffoun

Paramètres analysés	Nombre de répétitions	Valeurs moyennes
Température (°C)	4	16.07
Ph	4	7.26
Conductivité (µS/cm)	4	1237.95
Turbidité(NTU)	4	7.75
MES (mg/l)	1	5
DCO (mg/l)	1	15.8
DBO ₅ (mg/l)	1	4
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1	0.18
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1	22.5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	1	0.031
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	1	9

1. Paramètres physicochimique et biochimique :

N.B : Nous avons utilisé les valeurs moyennes de chaque paramètre, pour les eaux usées brutes, et pour l'eau usée épurée.

Les résultats sont illustrés sur des histogrammes pour chaque paramètre.

1.1. La température :

La valeur de la température de l'effluent brute de la STEP Azeffoun se situe entre 16,3 et 16,6 °C avec une moyenne de 16,47°C.

Celles de l'eau épurée entre 15,5 et 16,6 °C et une moyenne 16,07°C.

Ces résultats montrent que les valeurs des températures sont ($\leq 30^{\circ}\text{C}$), donc favorables pour le traitement biologique à boues activées.

Ainsi elle ne présente aucune limite d'utilisation agricole.

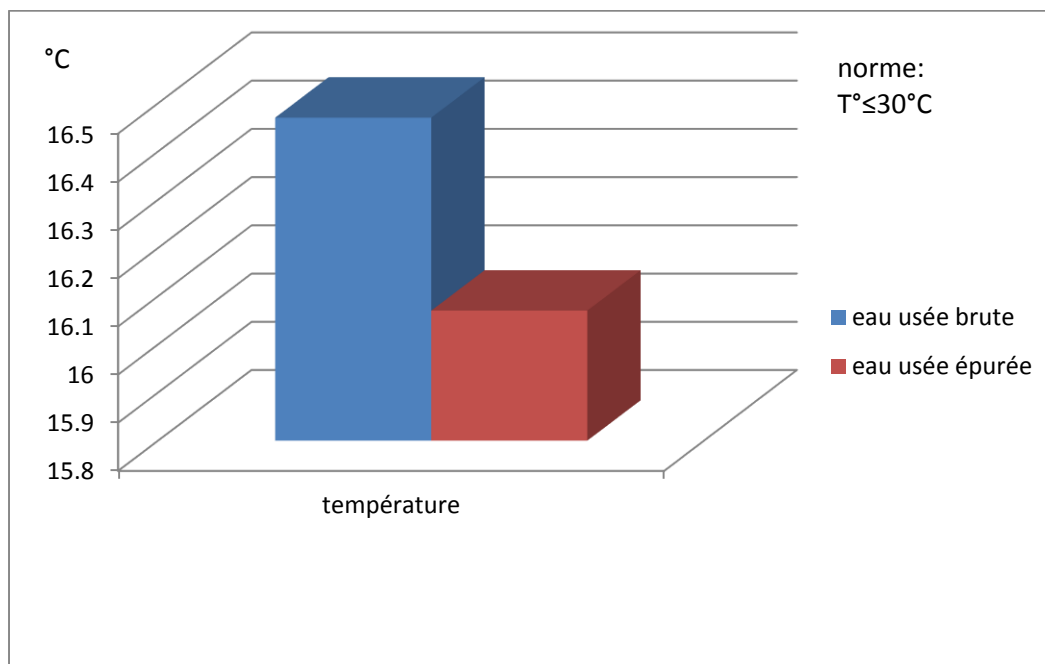


Figure 15: Variations des valeurs moyennes de température, d'eau usée brute et traitée de la STEP d'Azeffoun

1.2. Le pH :

Les valeurs du pH varient de 7,48 à 7,86 pour l'eau brute avec une moyenne de 7,63 ; celles de l'eau épurée entre 7,03 et 7,65 avec une moyenne de 7,26.

Ces résultats montrent que le pH de ces eaux répond aux normes OMS de rejets. Ces valeurs sont presque les mêmes que celles des eaux de mer et des eaux douces des zones de confluence.

Donc ces eaux ne présenteraient aucun danger sur les milieux récepteurs, ainsi que pour une éventuelle utilisation agricole.

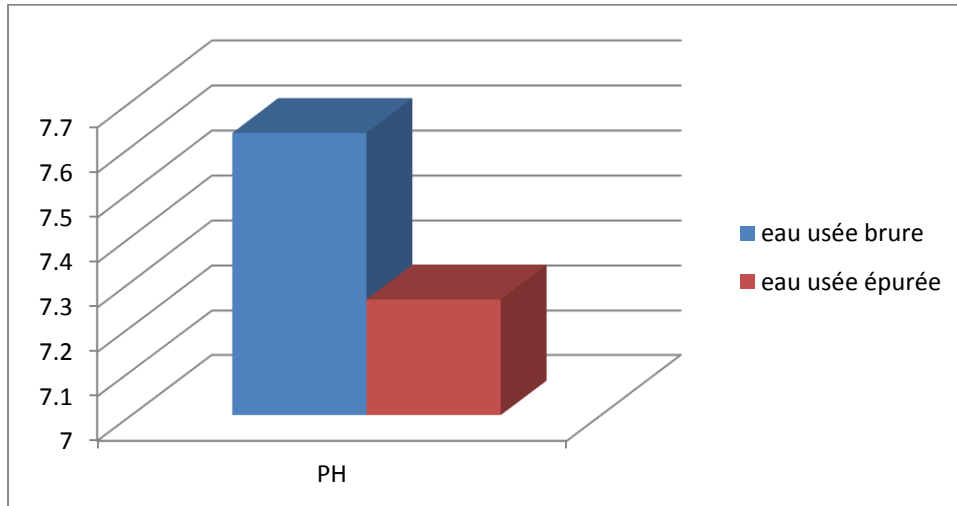


Figure 16: Variations des valeurs moyennes de pH, de l'eau brute et épurée de la STEP d'Azeffoun

1.3. La conductivité électrique :

La valeur de la conductivité électrique, se situe entre 1282 et 1346 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau brute avec une moyenne de 1336 $\mu\text{S}/\text{cm}$, celle de l'eau épurée, varie entre 1205 et 1252 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 1237,95 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

On constate que ces valeurs sont inférieures à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la norme exigée pour le rejet des eaux usées épurées ainsi que l'utilisation en agriculture.

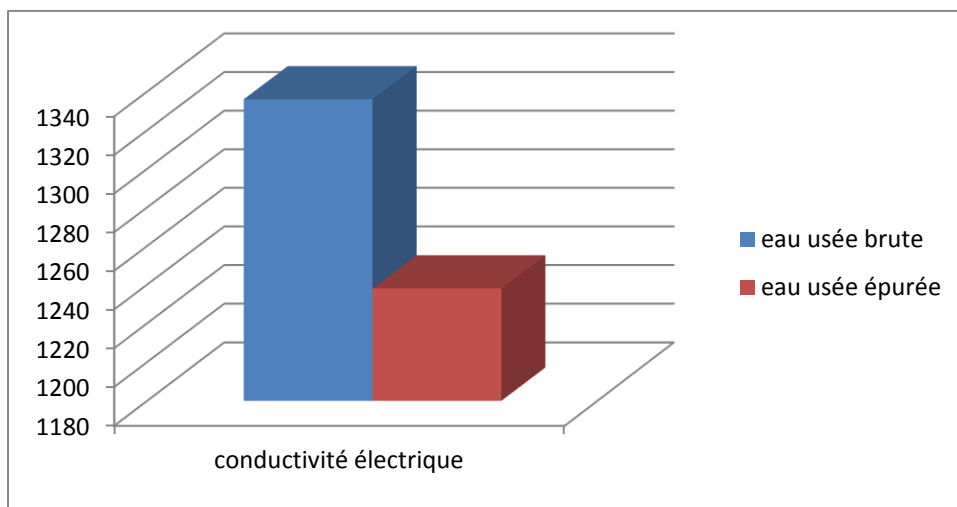


Figure 17: Variation des valeurs moyennes de conductivité électrique, des eaux brutes et traitées de la STEP d'Azeffoun

1.4. La turbidité :

Les valeurs de la turbidité varient entre 144 à 428 NTU avec une moyenne de 258,25 NTU pour l'eau brute, et de 6 à 11 NTU pour l'eau épurée avec une moyenne de 7,75 NTU, avec un abattement de 96,99%. La valeur obtenue pour les eaux épurées de rejet est inférieure à la norme algérienne qui est

50 NTU.

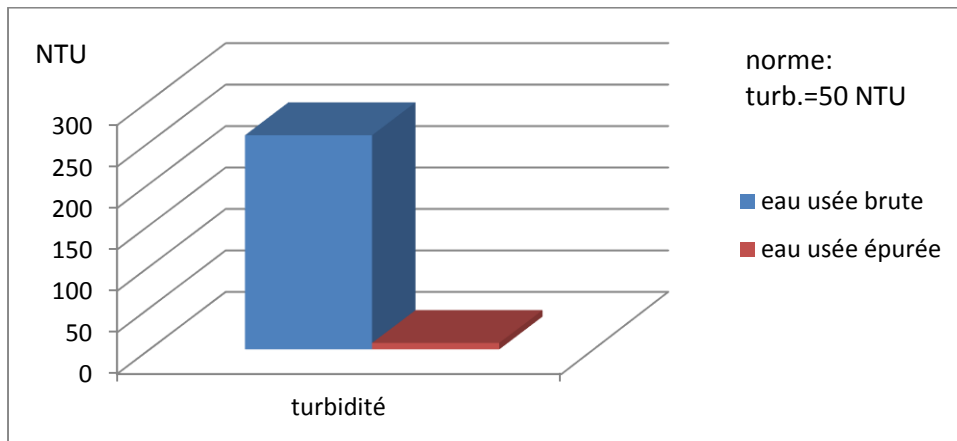


Figure18:Variation des valeurs moyennes de la turbidité, des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun

1.5. Les MES :

Les valeurs obtenues sont : pour les eaux usées brutes est de 396mg/l, cette valeur diminue jusqu'à 05mg/l avec un abattement de 98,73%, donc il y'a une réduction considérable en MES grâce aux traitements primaires, et secondaire. La valeur limite des MES pour l'irrigation est de 30 mg/l, donc cette eau traitée est largement utilisable en irrigation agricole.

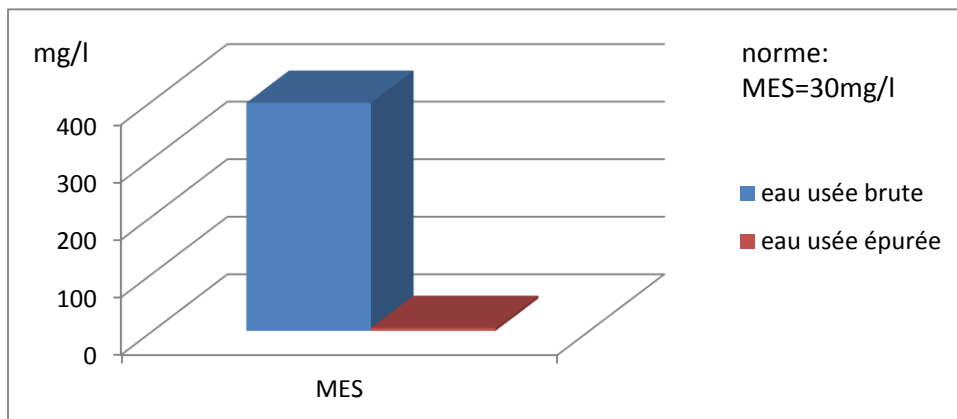


Figure 19:Variation des valeurs des MES, des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun

1.6. La DCO :

Les valeurs obtenues varient entre 402mg/l pour les eaux brutes et 15,8 pour les eaux traitées, avec un abattement de 96,06%. Nous avons constaté une diminution considérable de la DCO, le traitement est donc très efficace. Ces eaux traitées ne présentent pas de problèmes pour les milieux récepteurs, ni pour la santé publique, car elles répondent aux normes OMS de rejet qui est de 90mg/l, et à la norme algérienne d'eau d'irrigation qui est de 30mg/l.

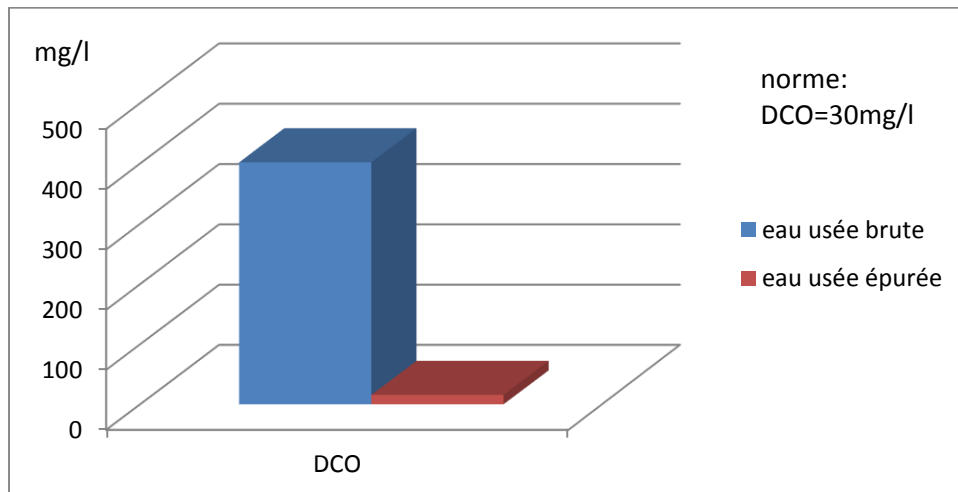


Figure20: Variation des valeurs de la DCO, des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun

1.6. La DBO₅ :

Les valeurs obtenues sont, pour l'eau usée brute DBO₅=230mg/l, et pour les eaux épurées DBO₅=04mg/l ; avec un abattement de 98, 73%. On constate que la valeur de l'effluent de la sortie de la STEP d'Azeffoun est inférieure à la norme de rejet d'eau destinée à l'irrigation qui est de DBO₅=30mg/l

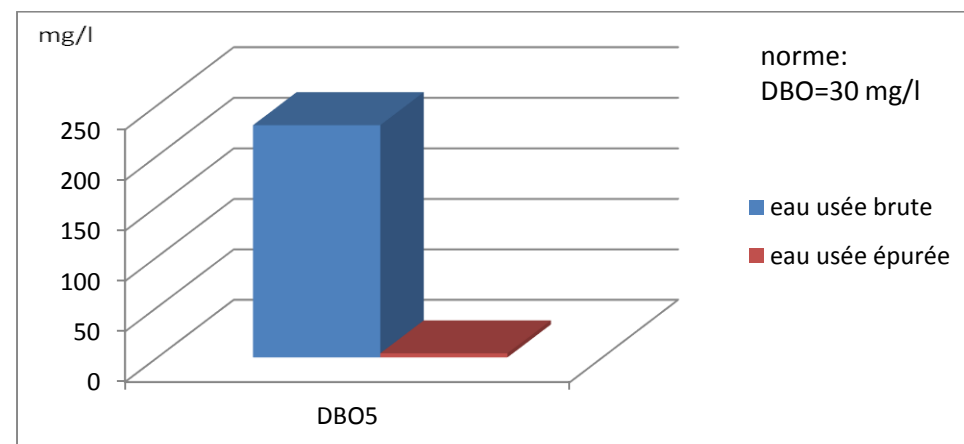


Figure 21:Variation des valeurs de la BDO₅, des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun

1.7. NH_4^+ :

Les valeurs obtenues lors de l'analyse sont les suivantes : pour les eaux usées brutes $\text{NH}_4^+ = 22.08 \text{ mg/l}$ et $\text{NH}_4^+ = 0.18 \text{ mg/l}$, avec un abattement de 96,05%, et pour les eaux épurées, on constate une diminution importante de l'ammonium, due au traitement biologique par boue activée ; l'ammonium est éliminé par nitrification grâce aux bactéries nitrifiantes. Le but est que cette transformation réside dans le fait que la forme nitrique est moins toxique que la forme nitreuse et ammoniacale.

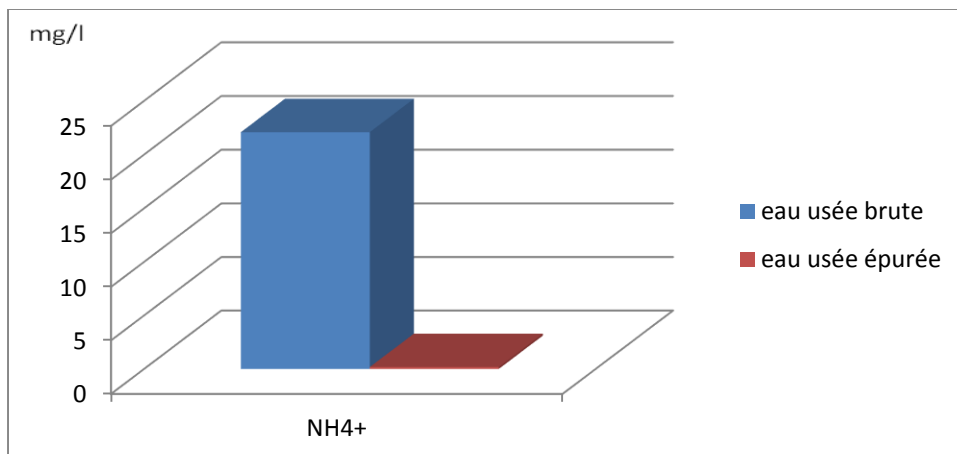


Figure 22:Variation des valeurs de NH_4^+ des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun

1.8. NO_2^- :

La valeur obtenue pour l'eau brute est $0,076 \text{ mg/l}$, et la valeur pour l'eau épurée diminue jusqu'à $0,031 \text{ mg/l}$, avec un abattement de 59,21%. Cette forme est transitoire et instable, elle est rapidement transformée en nitrates en présence d'oxygène.

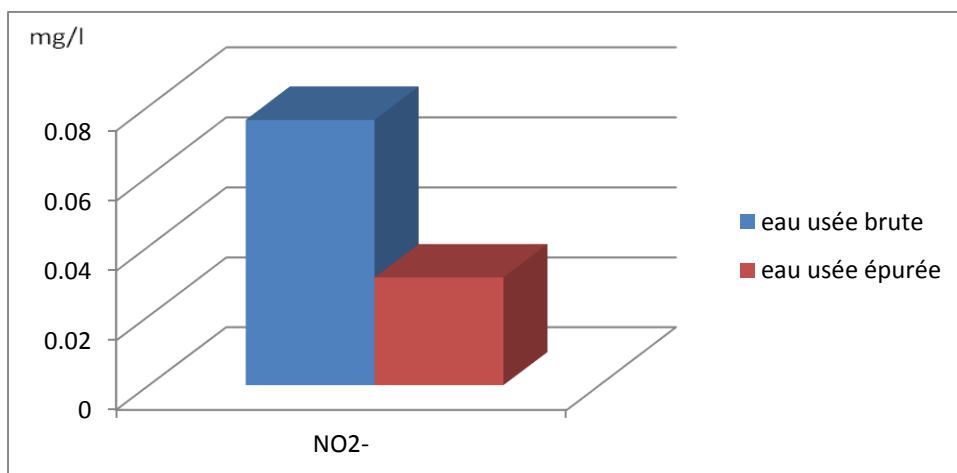


Figure 23:Variation des valeurs de NO_2^- , des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun

1.9. NO_3^- :

Les valeurs obtenues pour les eaux usées brutes sont de l'ordre de 0,25mg/l. Mais la valeur augmente jusqu'à 22,5 mg/l, pour les eaux traitées issues après les processus de traitement.

Cette valeur est inférieure à la norme exigée pour l'eau utilisée en irrigation qui est 30 mg/l, cette eau peut être donc utilisable en irrigation agricole.

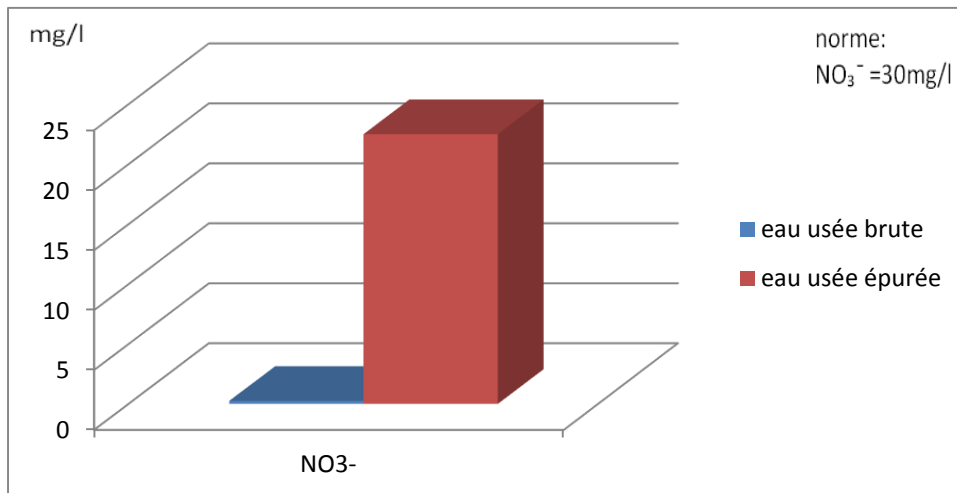


Figure 24:Variation des valeurs de NO_3^- , des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun

1.10. Les orthophosphates :

Les valeurs obtenues sont, 6,9mg/l pour les eaux brutes, et 9mg/l pour les eaux épurées.

Cette augmentation est due à l'activité des microorganismes qui transforment le phosphate en orthophosphates, mais cette valeur dépasse largement la norme algérienne exigée qui est (<2 mg/l).

Donc on doit éliminer ce plus, par le traitement de déphosphatation tertiaire extensif ou intensif.

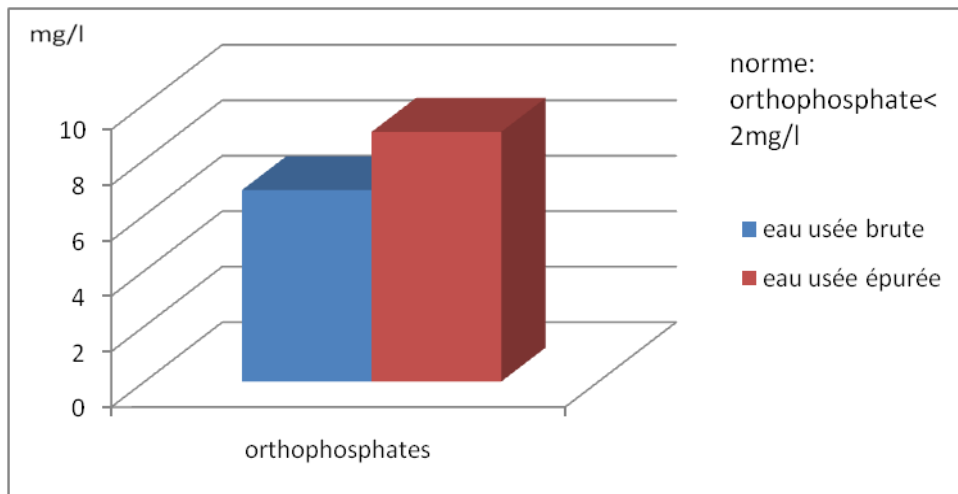


Figure 25: Variation des valeurs des orthophosphates des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun

Les éléments et traces métalliques :

Tableau 6: Concentrations en éléments métalliques des eaux épurées de la STEP d'Azeffoun

Paramètres	Résultats	Valeurs limites (JORA, 2012)
Nickel	<0,1mg/l	2mg/l
Cuivre	<0,05mg/l	5mg/l
Cadmium	<0,02mg/l	0,05mg/l
Plomb	<0,2mg/l	10mg/l
Zinc	<0,05mg/l	10mg/l
Chrome	<0,5mg/l	1mg/l
Cobalt	<0,1mg/l	5mg/l
Fer	<0,1mg/l	20mg/l
Manganèse	<0,05mg/l	10mg/l
Mercure	<1µg/l	0,01µg/l

Le tableau 6, nous montre que les teneurs en éléments traces métalliques sont inférieures aux valeurs limites de (JORA 2012), la norme prise en Algérie pour l'utilisation en irrigation agricole. On déduit que ces eaux épurées ne présentent pas de contraintes ou de limites pour une irrigation agricole, du point de vue teneurs en métaux lourds.

3. Paramètres microbiologiques :

L'analyse microbiologique a été effectuée sur trois (03) échantillons d'eau épurée étudiée entre le mois de mai et juin 2018.

3.1. Recherche des nématodes (œufs d'helminthes) :

Les résultats de la recherche parasitologique sont présentés dans le tableau 8 :

Tableau 7: Recherche d'œufs d'helminthes

Date de l'échantillonnage	14/05/2018	28/05/2018	03/06/2018
Recherche des œufs d'helminthes dans un litre	Négative	Négative	Positive (02 œufs)

Le tableau 7, nous montre la présence d'œufs de ténia dans une analyse nécessite une fréquence importante dans le contrôle des effluents traités.

4. Paramètres de calculs :

4.1. La charge hydraulique de la STEP :

$$\text{La charge hydraulique} = \frac{\text{débit moyen horaire}}{\text{débit moyen journalier}} = \frac{62,5\text{m}^3/\text{hr} \times 24}{1500\text{m}^3/\text{j}} = 1\%.$$

On constate que la charge hydraulique est très faible.

4.2. La charge organique de la STEP :

Selon les normes Algériennes l'équivalent habitant de pollution produite par individu ou de DBO5, est égale à 54g/j.

La capacité de la STEP d'azeffoun est de 15000 E.H.

$$\text{Donc : La charge organique} = \frac{600\text{Kg}/\text{j}}{\frac{0,054\text{Kg}}{\text{hab}} \cdot \text{jr} \times 15000\text{EH}} = \frac{600\text{Kg}/\text{j}}{810\text{Kg}/\text{j}} = 74,07\%.$$

On constate que la charge organique est importante, car l'effluent est d'entré dans la STEP est urbain, (la valeur de k est situé entre 1,66 à 2,5).

4.3. Le coefficient de biodégradabilité :

$k = DCO/DBO5 = \frac{402mg/l}{230mg/l} = 1,74$ donc cette eau usée brute est susceptible de subir un traitement biologique.

4.4. Les éléments nutritifs :

On calcule les deux rapports $DBO5/N$ et $DBO5/P$.

$$\frac{DBO5}{N} = \frac{DBO5}{NH_4^+ + NO_3^- + NO_2^-} = \frac{230 \text{ mg/L}}{22,08 + 0,076 + 0,25 \text{ mg/l}} = 10,26 > 5.$$

$$N_{TOTAL} = N_{organique} + NH_4^+ + NO_3^- + NO_2^-$$

N.B : On a juste utilisé la valeur de l'azote minéral seulement, car on ne dispose pas de teneur en azote organique qui est souvent très faible.

Ce rapport est supérieur à 5, qui est le rapport minimal exigé pour l'épuration biologique.

$$\frac{DBO5}{P} = \frac{DBO5}{PO_4^{3-}} = \frac{230 \text{ mg/L}}{6,9 \text{ mg/l}} = 33,33 > 20.$$

Ce rapport est supérieur à 20, qui est le rapport minimal exigé pour l'épuration biologique.

4.5. La matière organique :

La quantité de matière entrant dans la STEP d'Azeffoun :

$$MO = (2DBO5 + DCO)/3 = \frac{(2 \times 600kg/j + 900kg)}{3} = 700kg/j.$$

La quantité de la matière organique entrant dans la STEP, par jour est égale à 700kg.

Conclusion :

Notre étude porte sur le diagnostic de fonctionnement de la STEP d'Azeffoun, qui est d'une capacité de 15000 E.H, avec un débit nominal journalier de $1500\text{m}^3/\text{j}$, et sur une éventuelle contribution de ces eaux traitées en irrigation des cultures avoisinantes.

D'après les résultats obtenus, on constate que la STEP d'Azeffoun fonctionne bien ; les normes de rejets sont respectées . Par ailleurs, nous avons constaté une augmentation des teneurs en phosphates (orthophosphates) qui dépassent la norme algérienne, ce qui nécessite un traitement tertiaire intensif par une déphosphatation physicochimique, ou extensif par une valorisation agricole des effluents secondaires. Il est aussi nécessaire de veiller sur une certaine fréquence d'analyses biologiques afin de vérifier la présence d'agents pathogènes qui limiteraient sévèrement une valorisation agricole de ces effluents.

Ainsi l'eau épurée présenterait un pouvoir fertilisant important, et son application en irrigation agricole peut s'avérer très bénéfique, tenant compte des contrôles sanitaires réguliers de cette ressource.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Notre étude porte sur l'évaluation et comparaison des paramètres de pollution des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Azeffoun, afin d'établir un diagnostic de fonctionnement de cette STEP et se prononcer sur la possibilité de valoriser l'effluent épurées en irrigation agricole.

Les résultats obtenus ont montré que l'eau brute présente une température de 16,47°C, un pH de 7,63, une turbidité de 2258,25NTU, les MES sont de 396mg/l, la DCO est de 402mg/l, la DBO₅ est de 230mg/l, la concentration en azote minérale est de 22,40 mg/l et 4mg/l de phosphore total.

L'eau traitée à une température de 16,07°C, un pH=7,26, les MES 5mg/l, la DCO 15,8mg/l, la DBO₅ 4mg/l, une concentration de 22,71 mg/l pour azote minéral et 9mg/l de phosphore total.

Le rendement épuratoire de la STEP pour les paramètres physicochimiques ont montrés un abattement important dont les résultats sont les suivants :

98,73% pour les MES, 98,26% pour la DBO₅, 96,06% pour la DCO, 96,05% pour l'azote ammoniacal NH₄⁺, 59,91 % pour les nitrites NO₂⁻, 96,99% pour la turbidité, ces rendements sont majoritairement très élevés se qui relève l'efficacité du traitement à boues activées sur l'éliminées la pollution contenue dans les eaux usées brutes.

Ces mêmes paramètres nous ont permis de calculer aussi certains paramètre de dimensionnement relatifs à cette STEP dont :

La charge hydraulique de la STEP est de 1%, la charge organique de la STEP d'Azeffoun est de 74,07%, le coefficient de biodégradabilité K = 1,74 ; se qui signifie que les eaux usées sont susceptibles de subir un traitement biologique, et aussi on constate que la

DCO = 1,74DBO, se qui confirme que les eaux sont d'origine urbaines.

Les rapports d'éléments nutritifs, DBO₅/ N =10,26une valeur supérieur à 5 exigé pour l'épuration, DBO₅/P = 33,33, une valeur supérieur à 20, la valeur exigé pour l'épuration biologique.

Enfin on à déduit que la quantité des matières organiques qui entrant dans la STEP par jour est de 700kg.

Concernant les métaux lourds qui présentent des concentrations de : <0.05 mg/l pour le Cuivre, <0,1 mg/l pour Nickel, <0,05 mg/l e Zinc, <0.1 mg/l pour le Fer, <0,05 mg/l pour le Magnésium , <0,2 mg/l pour le Plomb, <0,02 mg/l pour le Cadmium, <0.5 mg/l pour le Chrome et <0,1mg/l pour le Cobalt, montrent que les eaux usées traitées, de la STEP d'Azeffoun ne présentent aucune limite pour une réutilisation en irrigation agricole.

Par ailleurs, les analyses parasitologiques ont montré la présence des œufs de ténia, ce qui engendre des restrictions sévères pour une utilisation sans limite de ces effluents en agriculture.

A cet effet et, suite aux différents résultats obtenus, nous suggérons les recommandations suivantes :

Concernant les teneurs en orthophosphates obtenus pour les eaux traitées dont les valeurs moyennes qui sont de 9mg/l, cette valeur dépasse largement les normes algériennes exigées d'où un traitement tertiaire intensif ou extensif d'abattement de cet élément est nécessaire ;

Pour les résultats parasitologiques, il faut noter la présence des œufs de ténia, ce qui pourrait s'expliquer par une mauvaise décantation au niveau du clarificateur secondaire due au foisonnement bactérien au niveau du réacteur biologique, un brassage important pourrait apporter une solution à cet état, et aussi :

Réaliser des analyses microbiologiques fréquentes des eaux traitées de la STEP ;

Mesurer les concentrations en orthophosphates dans les eaux traitées de la STEP ;

Penser sérieusement à la réutilisation de ces eaux usées traitées en irrigation, en période de sécheresse.

Raccorder plus de population aux réseaux d'assainissement qui alimente la STEP, pour atteindre les capacités de la STEP, ainsi éliminer la pollution des eaux au niveau de la commune d'Azeffoun.

Bibliographie

Bibliographie :

- ASANO. (1998). Wastewater reclamation and reuse. *Water quality management library*.
- AYERS et WESTCOT. (1985). Water quality for agriculture. *FAO,Irrigation and drainage* . , p. 29.
- BOUTOUX. (1993). Introduction à l'étude des eaux douces , eaux naturelles , eaux usées et eaux de boisson . *Edition technique et documentation, Lavoisier*.
- DEGREMONT. (2005). mémento technique de l'eau , *édition technique et dcumentation*. paris .
- Ecosse. (2001). Techniques alternatives en vue de subvenir la pénurie d'eau dans le monde,.(qualité et gestion de l'eau). *Amiens: Fac. science Amiens*.
- FABY , BRISSAUD. (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. *Office national de l'eau*.
- GOUJOUX. (1995). Pollution des milieux aquatiques ,aide mémoire. *france: édition technique et documentation lavoisier* .
- GROSSCLAUDE. (1999). L'eau : usage et polluant ,4ème Edition. *paris: INRA*.
- GUERREE,H et GOMELLA,G. (1978). Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales .
- HANACHI, A. ,. (2014, Septembre). Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie .
- LAROUSSE AGRICOLE. (1981). LAROUSSE AGRICOLE. *paris: LAROUSSE*.
- LAZAROVA, V.-G. (2003). L'intérêt de la réutilisation des eaux usées , analyses d'exemples mondiaux . *technique , sciences et méthodes N°9*.
- METAHRI. (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par procédés mixtes. cas de la STEP de tizi ousou. *tizi ousou, thèse de Doctorat*.
- METAHRI. (2012). cours d'épurations des eaux usées. *tizi ousou,UMMTO*.
- METAHRI, m. s. (2019). cours , épuration des eaux usées. *tizi ousou,UMMTO*.
- PESCOD. (1992). Waste water treatment and use in agriculture. *FAO irrigation et drainage* . , p. 47.
- REJSEK. (2002). Analyse des eaux , aspect réglementaire et technique . *bourdeaux: scérén , CPDP*.
- RHOADES. (1977). Potential of using saline agricultural drainage for irrigation ,in proc-water management for irrigation and drianage. *Nevada, Reno, USA: ASAE*.
- RODIER. (1996). analyse des eaux (eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer). *paris: Dunod*.
- RODIER. (2009). l'analyse de l'eau , 9eme édition. *paris: dunod*.
- RODIER, j. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer ,8eme édition. *paris: Dunod*.
- YAHY. (2012). cours d'épuration des eaux (5eme année,hydraulique rurale). *tizi ousou.UMMTO*.

Résumé :

Notre travail s'inscrit dans le but de la caractérisation des effluents d'entrer et de sortie de la STEP d'Azeffoun, afin d'établir un diagnostic de fonctionnement de la STEP, et vérifier une possible réutilisation des effluents traité en irrigation.

Les résultats obtenus sont les suivants pour l'eau brute présente une température de 16,47°C, un pH de 7,63, une turbidité de 2258,25NTU, les MES sont de 396mg/l, la DCO est de 402mg/l, la DBO₅ est de 230mg/l, la concentration en azote minérale est de 22,40 mg/l et 4mg/l de phosphore total, l'eau traitée à une température de 16,07°C, un pH=7,26, les MES 5mg/l, la DCO 15,8mg/l , la DBO₅ 4mg/l, une concentration de 22,71 mg /l pour azote minéral et 9mg/l de phosphore total.

Les rendements épuratoires sont de 98,73% pour les MES, 98,26% pour la DBO₅, 96,06% pour la DCO, 96,05% pour l'azote ammoniacal NH₄⁺, 59,91 % pour les nitrites NO₂⁻, 96,99% pour la turbidité. La charge hydraulique de la STEP est de 1%, charge organique est de 74,07%, Les rapports d'éléments nutritifs, DBO₅/ N =10,26, DBO₅/P = 33,33, la quantité de matière organique dans la STEP est de 700kg/j, les analyses parasitologiques on montré la présence des œufs de ténia.

Les effluents traités de la STEP d'azeffoun sont riches en éléments nutritifs, mais présente un risque parasitologique , elles ne peuvent pas être utiliser qu'après désinfection.