

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU**

**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES
SCIENCES AGRONOMIQUES**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES
AGRONOMIQUES**



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de master

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Eau et Environnement

Thème

*Etude physico-chimique des eaux usées traitées
de la STEP de Draa El Mizan pour des fins de
valorisation agricole*

Présenté par : M^{elle} BOUKHARI Hassiba

Soutenu publiquement, devant le jury d'examen composé de:

Président	M^r SMAIL A.	MCB	U.M.M.T.O
Promoteur	D^r METAHRI M.S.	MCA	U.M.M.T.O
Examinatrice	M^{me} AISSAOUI D.	Doctorante	U.M.M.T.O

Promotion: 2019/2020



Remerciements

Avant toute chose, je remercie le bon Dieu tout puissant d'em' avoir donné le courage, la patience et la volonté pour atteindre mon objectif.

A l'issue de ce travail, je tiens à adresser mes

Remerciements à :

Mon promoteur Mr METAHTRI Mohammed Said, de m'avoir assisté le long de la réalisation de ce travail, qu'il trouve ici mes sincères gratitude et mes profondes reconnaissances pour tous les efforts qu'il a déployé dans ce sujet, pour me permettre de mener à bien mon travail.

La directrice de la station d'épuration de Draa El Mizan Mme MENAS, de m'avoir accordé l'accès à la station d'épuration, ainsi que toute l'équipe de la station.

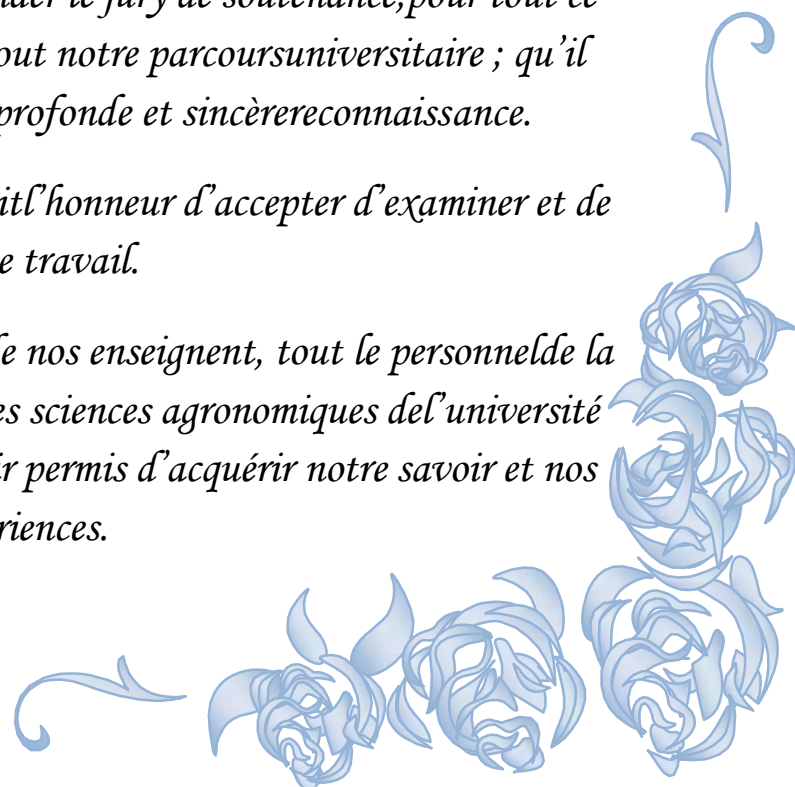
Mr BOUKHALFA pour ses encouragements ses précieux conseils et son soutien moral ainsi que tout le personnel du laboratoire de l'ONA.

On tient à exprimer mes vifs remerciements à :

Mr SMAIL A qui a accepté de présider le jury de soutenance, pour tout ce qu'il a pu nous apprendre durant tout notre parcours universitaire ; qu'il trouve ici l'expression de notre profonde et sincère reconnaissance.

Mme. AISSAOUI D pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner et de juger ce travail.

En fin un grand merci à l'ensemble de nos enseignants, tout le personnel de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université de Mouloud Mammeri de nous avoir permis d'acquérir notre savoir et nos expériences.



Dédicaces

Je dédie ce travail à ...

A ma très chère mère Fatma. Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours Pour mener à bien mes études. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour ses enfants. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorde santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher Père Said. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices consentis pour mon éducation et ma formation.

À mes très chères sœurs Samira, Ouiza, en témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous, Ouahiba, Baya, Malika, Nassima ainsi qu' à mes chers frères Yacine, Karim, mes neveux et mes nièces : Rayane, Tadj Eddine, Hana, Samy, Lidia, Chaima, Said-Aissa, et mes adorables Anais et youcef sans oublier mon cher cousin Samir.

A toute la famille BOUKHARI et DELL'ECI grand et petit, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon Affection.

En fin, à toute la promotion Eau et Environnement 2019-2020.

Hassiba. B

Liste des abréviations

AEP : approvisionnement en eau potable

CE : Conductivité électrique

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

DEM : Draa El Mizan

EH : Equivalent habitant

ETM : Eléments traces métalliques

JORA : Journal officiel de la république algérienne

K : Coefficient de biodégradabilité

MES : Matières en suspension

MMS : matière minérale en suspension

MS : matière sèche

MVS : matière volatile en suspension

OMS : Organisation mondiale de la santé

ONA : Office national d'assainissement

REUE : Réutilisation des eaux usées épurées

STEP : Station d'épuration des eaux usées

Figure1: Situation géographique de la zone d'étude	13
Figure2: Image satellitaire de la STEP de Draa El Mizan (Google Earth, 2020)	14
Figure3: Poste de relevage.....	16
Figure4: Dégrilleur	17
Figure5: Dessableur.....	17
Figure6: Déshuilage	18
Figure7: Décantation	18
Figure8: Bassin biologique.....	19
Figure9: Clarification	20
Figure10: Stabilisation	21
Figure11: Epaississement	21
Figure12: Déshydratation des boues	22
Figure13: Stockage des boues	22
Figure14: Spectrophotomètre	24
Figure15: Tubes stériles	24
Figure16: DBO mètre	24
Figure17: Etuve	24
Figure18: Variations des valeurs moyennes de température, des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Draa ELMizan	25
Figure19: Variations des valeurs de NH_4^+ , des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan	26

Figure20: Variations des valeurs de NO_3^- des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan.....	27
Figure21: Variations des valeurs de PO_4^{3-} , des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan	28
Figure22: Variations des valeurs des MES des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan	28
Figure23: Variations des valeurs de la DCO, des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan	29
Figure24 : Variations des valeurs de la DBO_5 , des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan.....	30

Tableau 01: Fiche technique de la STEP Draa El Miza15

Tableau 02: Résultats des éléments traces métalliques dans les boues31

Introduction	1
--------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I : généralités sur les eaux usées

1-Définition des eaux usées	2
2-Origines des eaux usées	2
2-1-Eaux usées domestiques	2
2-2-Eaux usées industrielles	2
2-3-Eaux agricoles	3
2-4-Eaux de ruissellement	3
3-Caractéristiques des eaux usées	3
3-1-Caractéristiques physiques	3
3-1-1-Température	3
3-1-2-Turbidité	4
3-1-3-Matières en suspension	4
3-2-Caractéristiques chimiques	4
3-2-1-Le potentiel d'hydrogène (pH)	4
3-2-2-Oxygène dissous	5
3-2-3-La conductivité électrique	5
3-2-4-Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	5
3-2-5-Demande chimique en oxygène (DCO)	5
3-2-6-Métaux lourds	6
3-2-7-La biodégradabilité DCO/DBO ₅	6

3-2-8-Substances nutritives	6
3-3-Caractéristiques biologiques	7
3-3-1-Les virus	7
3-3-2-Les bactéries	7
3-3-3-Les champignons	8
3-3-4-Les protozoaires	8
3-3-5-Les helminthes	8
 Chapitre II: La réutilisation des eaux usées épurées	
1-Définition de la réutilisation des eaux usées épurées.....	9
2-Objectif de la réutilisation des eaux usées épurées	9
3-Les types de réutilisation	9
3-1-Réutilisation directe	9
3-2-Réutilisation indirecte	9
4-Etat des eaux usées épurées	10
4-1-Au niveau mondial	10
4-2- En Algérie	10
5-Avantages de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE).....	11
6-Risques liés à la réutilisation des eaux usées	11
6-1-Risque microbiologique	11
6-2-Risque chimique	12
6-3-Risque environnemental	12

Partie expérimentale

Chapitre I: Matériels et Méthodes

1-Présentation de la zone d'étude	13
1-Situation géographique de la commune de Draa El Mizan.....	13
1-2-Situation administrative	13
1-3-Aspect climatique	13
1-4-Présentation de la STEP de Draa El Mizan	14
1-5-Caractéristiques générales de la STEP de Draa El Mizan	15
1-6-Les différentes étapes de traitements dans une STEP	16
1-6-1-Le relevage	16
1-6-2-Les prétraitements	16
1-6-2-1-Le dégrillage	16
1-6-2-2-Le dessablage	17
1-6-2-3-Le dégraissage-déshuilage	17
1-6-3-Traitement primaire.....	18
1-6-3-1-Décantation	18
1-6-4-Le traitement secondaire	18
1-6-4-1-Les traitements biologiques	19
1-6-4-2-Les processus d'épuration biologiques	19
1-6-4-3-Clarificateur	20
1-6-4-4-La stabilisation des boues	20
1-6-4-5-L'épaississement	21

1-6-4-6-La déshydratation des boues	21
1-6-4-7-Stockage	22
2-Période de stage	22
3-Prélèvement et échantillonnage	23
4-Mesure des paramètres physico-chimiques	24

Chapitre II: Résultats et discussions

1. Température	25
2. Azote ammoniacal NH_4^+	25
3. Azote nitrique NO_3^-	26
4. Ortho-Phosphate PO_4^{3-}	27
5. Matières en suspension MES	28
6. La DCO	29
7. La DBO_5	30
8. Eléments traces métalliques ETM	31
Conclusion.....	32

Bibliographie.

Annexes.

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel et donc protégée, défendue et traitée comme tel. Elle est une ressource vitale pour l'homme ; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution (Eddabra, 2011).

Bien qu'apparemment inépuisable, l'eau est très inégalement répartie sur la planète. Tous les pays auront, à court ou à long terme, à faire face au problème de sa raréfaction. La mobilisation des eaux superficielles a été de tous les temps une préoccupation majeure des pouvoirs publics (Devaux, 1999 ; Ecosse, 2001).

Pour répondre à la qualité de ces ressources naturelles et à la protection de l'environnement. Le recours à l'épuration des eaux usées urbaines, souvent chargées en éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore, représenterait une source d'eau et d'engrais additionnelle renouvelable et fiable pour l'agriculture d'une part et d'autre part, permettrait d'atténuer la pression sur les ressources conventionnelles plus adaptées à l'alimentation en eau potable des populations (Mohammed, 2012).

La valorisation des eaux usées dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau est une nécessité nationale afin de palier le grand déficit hydrique prévu à long terme (Bentaleb 1986).

La réutilisation des eaux usées sans traitement préalable induit un risque sanitaire lié à la présence de pathogènes (parasites, bactéries et virus). Les eaux usées véhiculent un certain nombre de parasites intestinaux. Cependant le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même toucher à la santé de toute une population (Roux, 1987).

L'objectif de cette étude consiste à suivre la qualité physico-chimique des eaux usées domestiques collectées et traitées au niveau de la station d'épuration de Draa El Mizan pour une éventuelle réutilisation des effluents traités dans le domaine de l'agriculture.

On entend par pollution de l'eau, toute modification défavorable des paramètres chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau, la rendant impropre à sa vocation initiale établit.

1-Définition des eaux usées

Sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origine très diverses qui ont perdu leurs puretés c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

2-Origines des eaux usées :

On distingue quatre catégories d'eaux usées :

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, de graisses appelées eaux grises et de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires (Metahri, 2012).

2-2-Eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle, elles peuvent également contenir : des graisses, des hydrocarbures, des métaux, des acides, des bases et divers produits chimiques, de l'eau chaude et des matières radioactives.

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

2-3-Eaux agricoles

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

2-4-Eaux de ruissellement

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés les polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique (Mohammed, 2012).

3-Caractéristiques des eaux usées

Dépendent de la qualité physico-chimique et organoleptique de cette ressource.

3-1-Caractéristiques physiques**3-1-1-Température**

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. La température des eaux est fortement influencée par les conditions environnementales. Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision.

En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH (Rodier et al., 2005).

3-1-2- Turbidité

Elle désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle est causée par des particules en suspension qui diffusent ou réfléchissent la lumière. En relation avec la mesure des matières en suspension, elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique.

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse).

3-1-3-Matières en suspension

Les MES sont des particules en suspension dans l'eau, d'origine organique ou minérale. Elles se divisent en 2 groupes :

-) Les matières volatiles en suspension (MVS) représentent la fraction organique des matières en suspension.
-) Les matières minérales (MM), c'est la différence entre les MES et MVS ; elles représentent donc le résidu de la calcination et correspondent à la présence des sels silices, poussières par exemple.

$$\text{MES (mg/l)} = \text{MM (mg/l)} + \text{MVS (mg/l)}$$

3-2- Caractéristiques chimiques**3-2-1- Le potentiel d'hydrogène (pH)**

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH. Le pH mesure la concentration des ions H^+ dans l'eau. La valeur du pH de l'eau représente son acidité et son alcalinité.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la disponibilité et donc la toxicité.

Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien (Rodier, 2005).

3-2-2-Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et la flore, il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂/l (Rejsek, 2002).

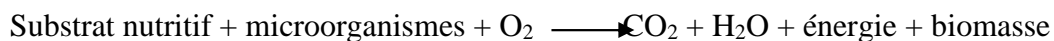
3-2-3-La conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Rodier, 2009).

La prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire (Mohammed, 2012).

3-2-4-Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est la mesure de la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pour la destruction de la matière organique, au bout de 5 jours d'incubation à 20°C à l'obscurité (Mohammed, 2012). Elle se résume à la réaction chimique suivante :

**3-2-5-Demande chimique en oxygène**

La DCO est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du (bichromate de potassium) à 150 C. Elle est exprimée en mg /l (Sascha et Ferreira, 1986).

3-2-6-Métaux lourds

Les métaux lourds ou éléments traces sont des éléments ayant une densité supérieure à $3,5 \text{ g/cm}^3$, ils sont en concentration dans les êtres vivants à moins de 1% ; certains sont essentiels à la vie, ce sont les oligo-éléments (Le Cleche, 1998).

3-2-7-La biodégradabilité

C'est un facteur qui traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé sous l'action des microorganismes et qui nous permet de déterminer le choix du traitement à adopter. (Mohammed, 2012)

$$\text{Biodégradabilité} = K = \text{DCO}/\text{DBO}_5$$

-) Si $K < 1,5 \rightarrow$ L'effluent est biodégradable ;
-) Si $1,5 < K < 2,5 \rightarrow$ L'effluent est moyennement biodégradable ;
-) Si $K > 2,5 \rightarrow$ L'effluent n'est pas biodégradable.

3-2-8-Substances nutritives

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages. Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc et le soufre. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes (Belaid, 2010).

) Azote :

Dans les eaux usées urbaines, l'azote est très présent sous forme organique et ammoniacal (NH_4^+). On constate le plus souvent une faible teneur voire une absence de nitrites (NO_2^-) et de nitrates (NO_3^-). (Baumont, 2009)

) Phosphore :

Dans les eaux urbaines, le phosphore provient environ pour moitié des rejets humains et pour moitié de l'utilisation des détergents (lessives). (Baumont, 2009)

On distingue :

- Phosphore organique : résidu de la matière vivante, organophosphoré (ATP, ADP, AMP, phospholipides) ;
- Phosphore minéral, essentiellement constitué d'ortho phosphates (PO_4^{3-}) qui représente 50% de la totalité contenue dans les eaux usées urbaines.

3-3-Caractéristiques biologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. Ces microorganismes sont : les bactéries, les champignons, les virus, les protozoaires et les helminthes (Belaid, 2010).

3-3-1-Les virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprises entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries (Belaid, 2010). Aulicino et al. (1996), ont constaté que, au cours de processus de traitement des eaux usées, les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux.

3-3-2-Les bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries /100 ml dont la plupart sont Proteus et Entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 *Clostridium*s. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 UFC/l. Parmi les plus détectées sont retrouvées, les Salmonelles, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux (Belaid, 2010).

3-3-3-Les champignons

Les champignons constituent un groupe d'organismes extrêmement vaste (de l'ordre d'1.5 millions d'espèces dont 69000 identifiées) et très diversifié. On les rencontre dans de multiples habitats terrestres ou aquatiques. La majorité de ces microorganismes sont saprophytes, d'autres au contraire sont parasites de l'homme, des animaux et des plantes.

Dotés de propriétés lytiques importantes, qui en font des agents de dégradation dangereux mais parfois des alliés utiles (production d'enzymes), les champignons jouent un rôle important dans l'équilibre biologique (Belaid, 2010).

3-3-4-Les protozoaires

Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Ces parasites sont très persistants. Ainsi, selon les conditions du milieu, ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voir même plusieurs années (Campos, 2008). Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées (Gennaccaro et al., 2003). Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne.

3-3-5-Les helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103 germes/l. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire (Toze, 2006). Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs.

Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel (Campos, 2008).

1-Définition de la réutilisation des eaux usées épurées :

La réutilisation est une action volontaire et planifiée que vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usage afin de combler les déficits hydriques.

2-Objectif de la réutilisation des eaux usées épurées

Selon Méhari (2015), la réutilisation a un double objectif :

- Réduire la pression sur les ressources conventionnelles.
- Diminuer le volume des rejets polluants. La réutilisation peut être effectuée en toute sécurité quand la filière de traitement est adaptée.

3-Les types de la réutilisation des eaux usées épurées

Selon Degremont (2005), on distingue deux types de réutilisation :

3-1-Réutilisation directe

La réutilisation directe d'eau existe surtout dans le secteur industriel, où d'importants efforts sont faits pour réduire les prélèvements et les rejets d'eau. Dans la mesure où le second usage est identique au premier, on réserve à cette pratique le terme de recyclage plutôt que de réutilisation.

3-2-Réutilisation indirecte

La plupart des systèmes d'assainissement rejettent leurs effluents dans les eaux de surface, qui sont elles-mêmes prélevées en aval pour d'autres usages : industrie, irrigation, eau potable.

L'on estime ainsi qu'à Paris en période d'étiage la Seine serait constituée pour moitié d'eau issue des dispositifs d'assainissements. Ce type de réutilisation passe par le milieu naturel : l'eau est prélevée au cours de son cycle hydrologique et a en quelque sorte « perdu son identité » : il s'agit donc de réutilisation indirecte.

4-Etat des eaux usées épurées**4-1-Au niveau mondial**

La réutilisation des eaux usées épurées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisation. Il existe des milliers de projets utilisant des eaux usées épurées (Bixio et al, 2008), mais dans la plupart des cas, les eaux usées épurées sont utilisées à l'état brut ou après un traitement minimal, et pratiquement aucune mesure n'est prise pour protéger la santé (OMS, 1989).

Bixio et al (2005), ont classé les différents types de réutilisation selon 4 catégories : (1) usage agricole, (2) usage urbain et périurbain et recharge des nappes, (3) usage industriel, (4) usage mixte. Sur le plan mondial, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvrent respectivement 70%, 20%, 10%, de leur demande en eau (Ecosse, 2001). Cependant, ces proportions varient selon les régions dans le monde.

4-2 En Algérie

Actuellement l'Algérie se penche vers cette technique et sa réutilisation en agriculture. Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées rejetés par les agglomérations à travers le pays. Le volume d'eaux usées rejetées annuellement par les agglomérations dépassant 20.000 habitants, est estimé à 58 3000 m³ par an. La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation concerne en priorité les zones déficitaires en eau naturelle qui devient de plus en plus rare (Yazid, 2014).

Un vaste programme consiste à réutiliser les eaux usées épurées en aménageant des périmètres à l'aval de chaque station d'épuration et lagune. Le potentiel de cette ressource est estimé à 750 millions de m³ et atteindra le volume de 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020 (Tamrabet, 2011).

5-Avantages de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE)

La réutilisation des eaux usées épurées permet de fournir des quantités d'eau supplémentaires et d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et une protection de l'environnement. Elle constitue en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées. Par ailleurs, le contenu de ces eaux en fertilisant, notamment l'azote, le potassium et le phosphore incite les agriculteurs à les utiliser. L'utilisation des eaux usées traitées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les étendues d'eau fermées, telles que lacs et étangs (Yazid, 2014).

6-Risques liés à une mauvaise réutilisation des eaux usées épurées

Les eaux usées épurées sont soumises à diverses sources de contaminants, limitant ainsi leur potentiel de réutilisation (BRGM, 2010). Elles peuvent contenir un grand éventail de constituants biologiques, organiques et inorganiques, dont certains peuvent être nocifs pour la santé et la sécurité des êtres humains en fonction de leur concentration et de la durée d'exposition (US NRC, 2012). Cependant, le niveau de préoccupation va surtout varier en fonction de l'usage qui est fait des eaux usées traitées, et donc des risques de contact entre ceux-ci et la population (US NRC, 2012).

Les risques liés à la réutilisation des eaux usées épurées sont :

- le risque microbiologique,
- le risque chimique ;
- le risque environnemental.

6-1-Risque microbiologique

La plus grande préoccupation associée à la réutilisation des eaux usées, même traitées, est la transmission potentielle de maladies infectieuses, essentiellement, les pathogènes entériques. Les fèces des personnes et des animaux infectés représentent la source principale des pathogènes présents dans les eaux usées. De ce fait, la nature et la concentration des

microorganismes pathogènes des eaux usées épurées dépendent de la santé des populations (Tamrabet et al, 2003).

6-2-Risque chimique

Il est lié aux éléments traces. La seule voie de contamination préoccupante pour les éléments traces est la consommation des plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent. L'accumulation des micropolluants dans les plantes est plus problématique, quoique certains de ces micropolluants soient d'intérêt en tant que facteurs de croissance des végétaux. Le compromis entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique doit être trouvé (Baumont et al, 2004).

6-3-Risque environnemental

Il réside dans la dégradation de la qualité des sols, des eaux souterraines et de surface.

Les sols qui ont une bonne capacité de rétention assurent une bonne assimilation par les plantes et un étalement de la pollution dans le temps. La capacité d'épuration des sols est assurée par la fixation des substances polluantes (adsorption, précipitation), par la transformation des molécules organiques par des micro-organismes et par l'exportation par les végétaux. Les sols ayant une perméabilité interstitielle (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols fissurés (calcaire, dolomies, granit etc.).

Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. Les nappes captives sont plus protégées mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou un autre aquifère pollué. La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qui cumulent ces facteurs de risque.

1-Présentation de la zone d'étude

1-1-Situation géographique de la commune de Draa El Mizan

Draa El Mizan est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou en Algérie, située à 42 km au sud-ouest de Tizi Ouzou et à 110 km au sud-est d'Alger, dans la région de la grande kabylie.

Elle présente une superficie de 80,84 m², son altitude est 432 m. Les coordonnées géographiques de la commune sont : 36° 32' 8" Nord, 3° 50' 3" Est figure 1.



Zone d'étude

Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

1-2-Situation administrative

La daïra de Draa El Mizan est une circonscription administrative algérienne située dans la wilaya de Tizi-Ouzou et la région de Kabylie. Selon GPRH 2008 (Recensement général de la population et de l'habitat), la commune de Draa El Mizan comporte 38 886 habitants pour une densité de 481 habitant / km².

1-3-Aspect climatique

Draa El Mizan possède un climat méditerranéen chaud avec été sec selon la classification de Koppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Draa El Mizan est de 18.5°C et les précipitations sont en moyenne de 720.1 mm.

1-4-Présentation de la STEP de Draa El Mizan

Sur la figure 2, une photo satellite (vue aérienne) de la station d'épuration de Draa El Mizan

Est

Sud



Nord

Ouest

Figure 02 : Image satellitaire de la STEP de Draa El Mizan (Google Earth, 2020)

La station d'épuration de Draa El Mizan traite toutes les eaux résiduaires de la ville, elle est conçue pour pouvoir épurer un débit de :

- 3 000 m³ /j qui correspondent à 20 000 équivalents habitants en situation nominale.
- 3 900 m³ /j qui correspondent à 26 000 équivalents habitants en situation saisonnière.

La station d'épuration est du type biologique à boues activées à faible charge. Elle est entièrement automatisée de façon à fonctionner 24 heures/24 et 7 jours/7.

1-5- Caractéristiques générales de la STEP de Draa El Mizan

Dans le tableau 1 sont représentées les différentes caractéristiques de la STEP de DEM.

Tableau 1 : Fiche technique de la STEP de Draa El Mizan

Désignation	Valeurs
Mise en service	2013
Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestiques et urbaines
Type de traitement	Boue activée à faible charge
Milieu récepteur	Oued KSARI
Population raccordée	20 000 eq/ hab.
Charge hydraulique	
Capacité	20 000 eq/hab.
Débit moyen journalier	3000 m ³ /j
Débit moyen horaire	125 m ³ /h
Débit de pointe	271,5 m ³ /h
Charges polluantes	
DBO5 journalière	1000 kg /j
DCO journalière	2000 kg /j
MES journalières	1400 kg /j
Charges complémentaires	
Azote	200 kg /j
Phosphore	50 kg /j

1-6-Les différentes étapes de traitements dans la STEP de DEM**1-6-1-Le relevage**

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leurs poids. Un poste de relevage est un ouvrage qui a pour rôle de recevoir les eaux des collecteurs et d'assurer leur pompage en tête de station grâce à des pompes submersibles ou des pompes à vis d'Archimède afin d'assurer un débit fixe figure 3.



Figure 3 : Poste de relevage

1-6-2-Les prétraitements

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs.

1-6-2-1-Le dégrillage

Les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus au moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Le dégrillage a pour rôle effet d'arrêter, d'extraire les matières en suspension dans l'effluent et de retenir les objets volumineux afin de protéger le matériel et les ouvrages ultérieurs figure 4.



Figure 4 : Dégrilleur

1-6-2-2-Le dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et les conduites, ainsi pour protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements ultérieurs en particulier les réacteurs biologiques.

L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité de lavage.

Cette opération concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100 μ m (Aconsult, 2005).



Figure 5 : Dessableur

1-6-2-3-Le dégraissage-déshuilage

Généralement combiné avec le dessablage, vise la séparation des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée, dans une enceinte liquide de volume suffisant (Degremont, 2005).



Figure 6 : Déshuilage

1-6-3-Traitement primaire

Les traitements primaires font appel à des techniques physiques naturelles de décantations.

1-6-3-1-Décantation

La décantation naturelle a pour but d'éliminer les particules en suspension par gravité. La vitesse de décantation est fonction de : la grosseur et la densité des particules figure 7 (Vilaginès, 2003).



Figure 7 : Décantation

1-6-4-Le traitement secondaire

Les traitements secondaires recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote et phosphore). Dans la majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les procédés

membranaires qui sont observés à la STP de DEM combinent quant à eux des procédés biologiques et physiques comme décrit par (Pasquini, 2013).

1-6-4-1-Les traitements biologiques

L'épuration biologique des eaux usées biodégradables s'effectue par voie aérobie ou anaérobie. Du fait du caractère exothermique du métabolisme aérobie, le processus est plus rapide et complet, avec, comme contrepartie la production d'une masse cellulaire plus importante.

1-6-4-2-Les processus d'épuration biologiques

Le traitement s'effectue dans des réacteurs où l'on met en contact des microorganismes épurateurs et l'eau à épurer.

Quel que soit le réacteur, il est alimentés d'une manière continue ou semi continue par les eaux usées, les microorganismes sont nourris par les matières organiques et transforment les polluants par le processus suivant :

- Par adsorption ou absorption des matières polluantes sur le floc bactérien ;
- Par conversion des matières cellulaires : croissance des micros animaux associés ;
- Par oxydation en CO₂ et H₂O qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et à la production de nouveau matériau cellulaire figure8 (Degremont, 2005).



Figure 8 : Bassin biologique

1-6-4-3-Clarificateur

Le clarificateur est un ouvrage, placé en sortie du bassin d'aération, qui présente des fonctions multiples : la séparation de la boue et de l'eau, l'épaississement en permettant par la suite une recirculation de boues concentrées vers la zone anoxie, un stockage temporaire des boues et enfin une désinfection naturelle des eaux épurées par les UV.

Après clarification les eaux épurées sont évacuées vers le milieu récepteur, généralement les oueds figure9.



Figure 9 : Clarification

1-6-4-4-La stabilisation des boues

Une partie de la boue décantée au clarificateur sera éliminée (boue en sexée). La stabilisation des boues a pour but de décomposer les matières organiques les plus fermentescibles pour réduire l'évolution des boues et éviter les nuisances. Cette stabilisation

Peu être réalisée en réduisant la quantité de matières organiques dans la boue par dégradation bactérienne.

En présence d'air, on parle de stabilisation aérobie, et en son absence il s'agit de la stabilisation ou digestion anaérobie. L'arrêt des fermentations peut être obtenu également par voie chimique et thermique figure10 (Ladjel et Bouchefer, 2011).



Figure 10 : Stabilisation

1-6-4-5-L'épaississement

L'épaississement est le premier stade de réduction de volume des boues sans dépensé d'énergie notable. Il permet en outre de concentrer au maximum les boues (une concentration qui varie de (15 à 100 g/l) figure11 (Dauvergne, 2007).



Figure 11 : Epaississement

1-6-4-6 La déshydratation des boues

La déshydratation des boues consiste la deuxième étape de réduction du volume des boues. Elle s'opère sur des boues épaissies, stabilisées ou non, en vue d'une élimination plus ou moins poussée de leur humidité résiduelle de manière à les rendre soit palatables (siccité de 16 à 30%), soit solides (siccité supérieure à 30%). Il existe deux types de déshydratation des boues : naturelle et mécanique figure12 (Deshayes, 2008).



Figure 12 : Déshydratation des boues

1-6-4-7-Stockage

Une fois les boues sont séchées, elles sont extraites manuellement, évacuées vers l'air de stockage en vue d'une utilisation agricole figure 13.



Figure 13 : Stockage des boues

2- période de stage

Notre passage au niveau de la station d'épuration de DEM consiste à suivre la qualité physico-chimique des eaux usées domestiques collectées et traitées au niveau de la station d'épuration de Draa El Mizan pour une éventuelle réutilisation dans le domaine de l'agriculture, pour ce faire on interpréter les résultats obtenus pendant notre stage a la STEP qui d'étale de 15/03/2020 jusqu'au 19/03/2020.

3-Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

Au cours de notre stage, le prélèvement s'est fait dans deux points différents de la STEP Draa El Mizan, le premier est à l'entrée (eau brute) et l'autre à la sortie, dans des flacons stériles. Ceux-ci sont immergés en position verticale à 30 cm de profondeur en tenant le fond de chaque flacon dirigé en sens contraire du courant, puis on les remonte en exécutant un mouvement en « U ». Le choix d'échantillonnage est le suivant :

*Echantillon composite : l'échantillon préparé par mélange de plusieurs échantillons ponctuels, de volume constant, prélevé à intervalle de temps constant.

La norme NF T 90-420 de février 1987 indique que les échantillons doivent être maintenus à une température comprise entre 1 et 4°C dès leur prélèvement, dans des emballages isothermes (glacières) pour empêcher la prolifération des germes.

Tous les flacons portent une étiquette où sont mentionnées les indications suivantes :

- la nature de l'eau
- le lieu de prélèvement
- la date de prélèvement
- condition climatiques
- nom de préleveur

En l'absence d'un préleveur automatique qui assure un échantillonnage sur les 24h, l'échantillonnage se fait manuellement par les analystes du laboratoire. 4 à 5 prélèvements d'au moins 200 ml chacun sont effectués dans la journée, ces derniers seront mélangés pour former un échantillon composite homogène et conservés au réfrigérateur à 4°C afin de préserver les caractéristiques initiales durant les 24h le temps d'effectuer l'analyse.

4-Mesure des paramètres physico-chimiques

Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques T°, MES, NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻, DCO, DBO₅.



Figure 14 : Spectrophotomètre



Figure15 : Tubes stériles



Figure 16 : DBO mètre



Figure 17 : Etuve

Les différentes analyses réalisées (physico-chimique) sur les eaux usées et traitées de la station d'épuration de Draa El Mizan, nous ont révélé les résultats interprétés ci-dessous.

1. Température

La valeur de la température, comme la montre la figure 18 de l'effluent brute de la STEP de Draa El Mizan est de 16 °C et celles de l'eau épurée est de 15,9 °C.

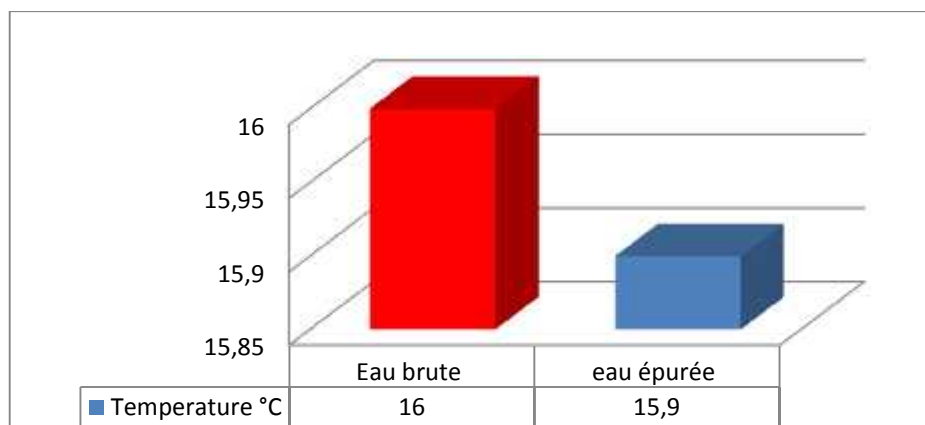


Figure 18 : Variations des valeurs moyennes de la température, des eaux brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan

Ces résultats montrent que les valeurs des températures sont ($\leq 30^{\circ}\text{C}$), donc favorables pour le traitement biologique à boues activées. Ainsi la valeur des effluents secondaires mesurés durant notre étude est inférieure à la valeur limite des rejets (JORAD, 2006) dans le milieu récepteur, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures.

2. Azote ammoniacal NH_4^+

La figure 19 nous montre les valeurs obtenues lors de l'analyse sont les suivantes, pour les eaux brutes NH_4^+ est de 25,80 mg/l, et 1,61 mg/l pour les eaux épurées.

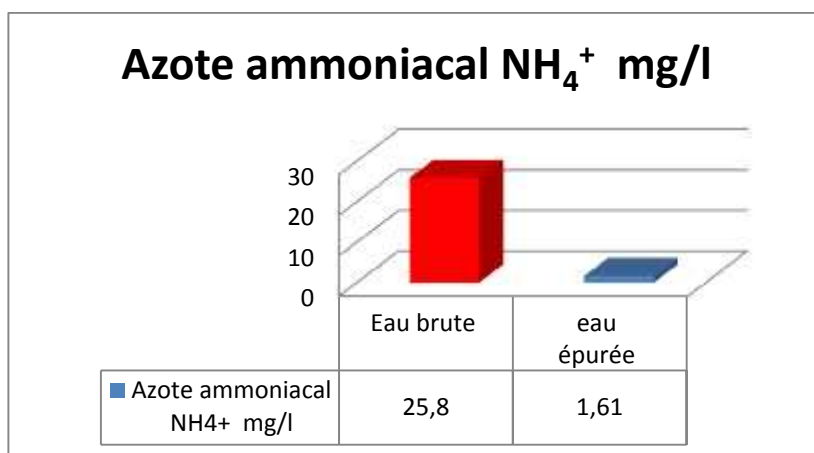


Figure 19: Variations des valeurs de NH_4^+ des eaux brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan

La présence d'ions NH_4^+ dans les eaux brutes a comme origine les urines, elle traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer cette transformation, cela explique l'élévation des teneurs en NH_4^+ de l'eau brute avant le traitement.

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.

L'eau épurée de la STEP de Draa El Mizan ne présente aucune limite à leur réutilisation en irrigation.

3. Azote nitrique NO_3^-

Les valeurs obtenues comme la montre figure 20 pour les eaux brutes sont de l'ordre de 0,17 mg/l, et cette valeur augmente jusqu'à 7,04 mg/l pour les eaux traitées issues après les processus de traitement.

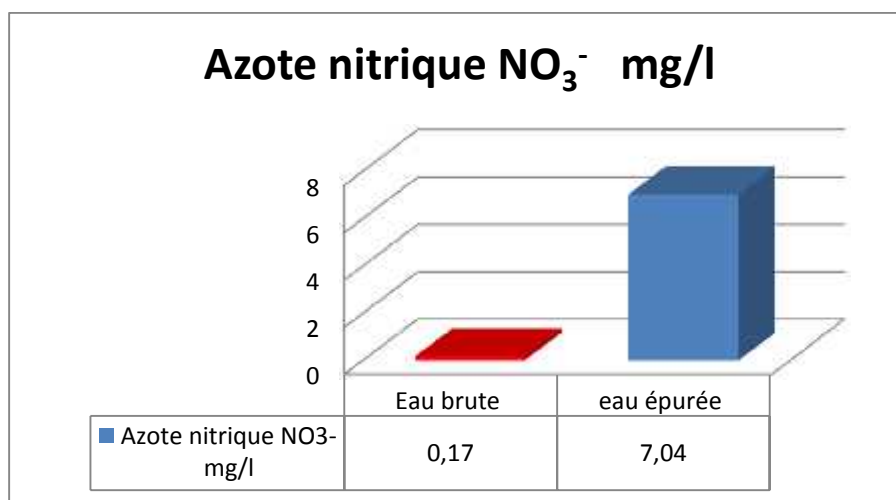


Figure 20: Variations des valeurs NO₃⁻, des eaux brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan

La présence des nitrates dans l'eau brute à l'entrée de la station d'épuration indique que le processus de nitrification est déjà présent, alors que l'augmentation des teneurs en nitrates vers la sortie de celle-là prouve que la nitrification est encore plus poussée au cours de l'épuration biologique où l'utilisation de bactéries nitrifiantes en grande masse (boue activée) à côté d'une oxygénation importante fait que les quantités d'azote ammoniacal sont transformées en azote nitrique, et le temps de séjour de l'eau épurées dans le clarificateur est insuffisant.

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

4. Ortho-Phosphate PO₄³⁻

L'évolution des concentrations en PO₄³⁻ dans les effluents de Draa El Mizan, comme la montre figure 21, a montré que les valeurs les plus élevées sont celles de l'entrée de la station d'épuration avec une valeur de 9,06 mg/l qui s'abaissent vers la sortie 2,17 mg/l.

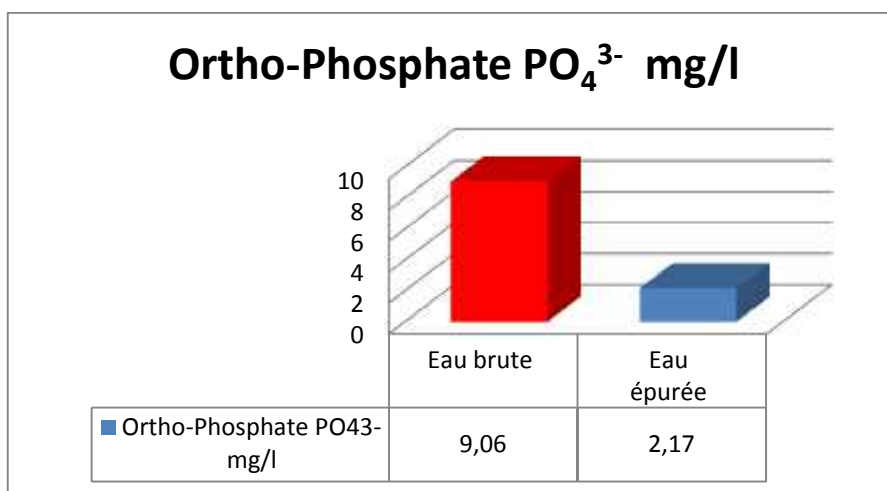


Figure 21 : Variations des valeurs des PO₄³⁻ des eaux brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan

Le phosphate échappe en grande partie au traitement des stations d'épuration biologique, et la diminution des teneurs en phosphate de l'entrée de la station vers la sortie est due à sa consommation par les bactéries au cours du processus d'épuration. Les concentrations enregistrées pour l'effluent secondaire ne présentent aucune limite à leur réutilisation en irrigation.

5. Matières en suspension MES

L'analyse des eaux brutes de la ville de Draa El Mizan, comme la montre la figure 22, montre que la concentration en MES est très élevée 138mg/l, ceci est due à la charge importante en matière organique et minérale engendrée par la population.

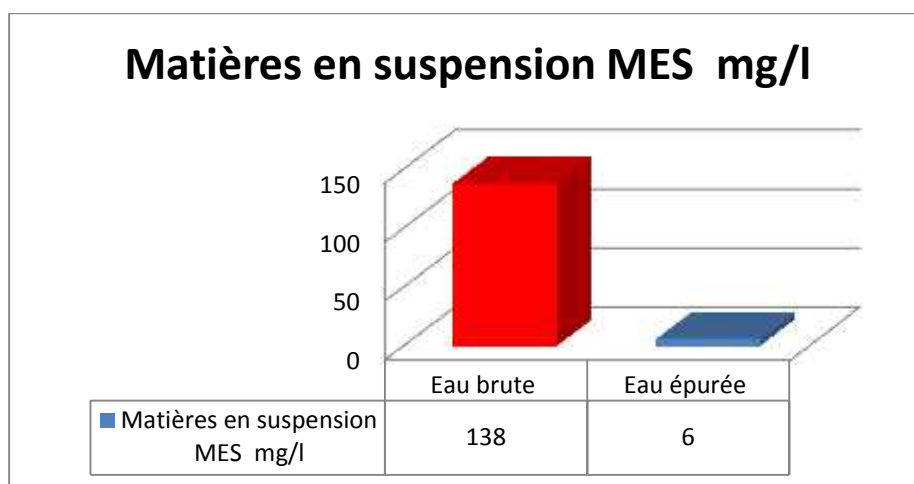


Figure 22 : Variations des valeurs des MES, des eaux brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan

La teneur des matières en suspension enregistrées à la sortie est très faible est de 6mg/l, cette diminution est très significative, ce qui donne une idée sur l'efficacité de traitement.

La valeur limite des MES pour l'irrigation est de 30 mg/l (JORAD, 2012), donc cette eau traitée ne présente aucune limite pour son réutilisable en irrigation.

6. La DCO

La figure 23 nous donne les valeurs de la demande chimique en oxygène DCO qui est exprimée par mg/l. Elle décrit la quantité de matière organique biodégradable présente dans l'eau.

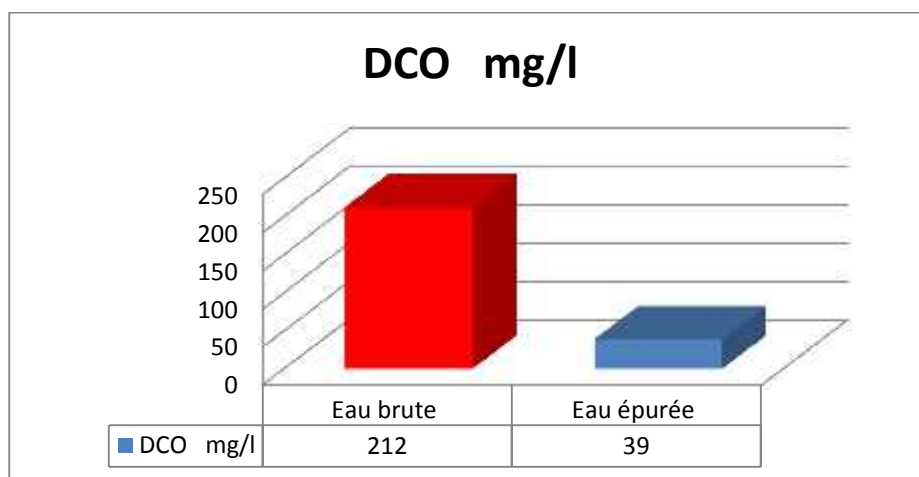


Figure 23 : Variations des valeurs de la DCO, des eaux brutes et épurées de la STEP de Draa El Mizan

Les valeurs obtenues varient entre 212 mg/l pour les eaux brutes et 39 mg/l pour les eaux traitées. Cette réduction est due à la dégradation de la matière organique et à l'oxydation des matières minérales. Nous avons constaté une diminution considérable de la DCO, donc le traitement est très efficace.

Ces eaux traitées ne présentent pas de problèmes pour les milieux récepteurs et a la réutilisation en irrigation, car elles répondent aux normes de réutilisation en irrigation qui est de 90 mg/l (JORAD2012).

7. La DBO₅

La valeur de la DBO₅ des eaux brutes enregistrées au sein de la STEP de Draa El Mizan est de 124mg/l, comme la montre la figure 24, cette valeur de la DBO₅ au niveau de l'entrée de la station est tout à fait compréhensible, car les eaux brutes sont chargées en matières organiques biodégradables.

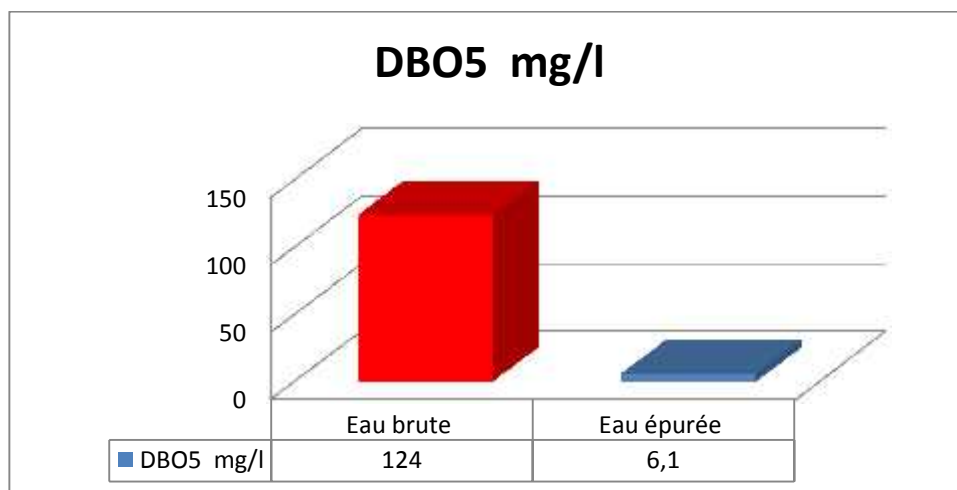


Figure 24 : Variations des valeurs de la DBO₅, des eaux brutes et épurées de La STEP de Draa El Mizan

La valeur de la DBO₅ enregistrée au niveau de la sortie de la station d'épuration est de 6,1mg/L indique l'efficacité du traitement biologique de la STEP de Draa El Mizan.

Cette réduction de la DBO₅ souligne le rôle des bactéries aérobies et micro-organismes épurateurs qui assurent la dégradation et la transformation de la matière organique en utilisant l'oxygène permettant donc l'élimination de la pollution organique, ainsi que le bon fonctionnement du clarificateur qui assure une décantation efficace favorise ainsi la sédimentation des boues et l'élimination la quasi- totalité de la DBO₅.

On constate que la valeur de l'effluent de la sortie de la STEP de Draa El Mizan est inférieure à la norme de rejet d'eau destinée à l'irrigation qui est de 30 mg/l (JORAD,2012) donc cette eau traitée peut être réutilisé en irrigation.

8. Éléments traces métalliques ETM

La recherche des éléments traces métalliques effectuée pour les boues au niveau du laboratoire central de l'ONA ont abouti aux résultats mentionnés dans le tableau 2 ci-dessous. La teneur en éléments traces métalliques chrome, plomb, Nickel, cadmium, cuivre et zinc obtenues sont nettement inférieures à celles des valeurs limites exigées par la norme algérienne (NA 17671 ,2010) pour les boues destinées à une valorisation agricole (annexe2).

Sachant que les ETM se concentrent beaucoup dans les boues de ce fait, nous signalons que les effluents secondaires de la STEP de Draa El Mizan ne présentent aucune limite pour un usage agricole.

Tableau 02 : Résultats des éléments traces métalliques dans les boues (ONA 2019)

Paramètre	Résultat	Unité	Valeurs de références
Chrome	27	mg/kg	1000
Plomb	75	mg/kg	800
Nickel	28	mg/kg	200
Cadmium	1	mg/kg	20
Cuivre	72	mg/kg	1000
Zinc	415	mg/kg	3000

Durant cette étude, nous avons évalué la qualité physico-chimique des eaux usées épurées de la station de Draa El Mizan, afin d'examiner la possibilité d'une réutilisation pour des fins agricoles.

Concernant les résultats des paramètres physico-chimiques étudiés, l'effluent secondaire de la STEP ne présente aucune limite quant à une réutilisation en irrigation agricole. Les résultats obtenus répondent également aux normes requises pour leur rejet dans le milieu naturel récepteur sans préjudice sanitaire et donc sans aucune nuisance pour l'environnement.

Pour assurer une meilleure utilisation des eaux épurées sans risques majeurs, il est souhaitable de prendre acte des recommandations suivantes :

-) Une désinfection à l'UV est préconisée.
-) Un suivi régulier de la qualité des eaux épurées en faisant des analyses physico-chimiques et biologiques particulièrement en période de basses eaux.
-) Effectuer une analyse des sols à irriguer afin de respecter les besoins en éléments nutritifs de la plante et effectuer une dilution dans le cas de l'excès en nutriments.
-) Sensibilisation des agriculteurs sur les intérêts de la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation, et aussi les bonnes pratiques de la réutilisation.
-) Application du cadre réglementaire (code de réutilisation des eaux usées épurées), des cultures à pratiquer et les systèmes d'irrigation préconisées.
-) En fin, une irrigation localisée est recommandée pour une meilleure efficacité et une meilleure protection des ouvriers agricoles.

Références bibliographiques

Aconsulte, (2005). Eléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sousproduits de l'assainissement, 68 p.

Aulicino E. A., Mastrantonio A., Orsini E., Bellucci C., Muscillo M. and Larosa G. (1996). Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome. *Water, Air, and Soil Pollution*, 91 327-334P.

Baumont S., Camard J.P., Lefranc, A. et Franconi A. (2004). Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France, 176 p.

Baumont S., Camard J. P. et Lefranc A. (2009). Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT), 222p.

Belaid N. (2010). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, Université de Limoges, 236p.

Bixio D., De Heyder B., Chikurel H., Muston M., Miska V., Joksimovic D., Schäfer A.I., Ravazzini A., Aharoni A., Savic D. and Thoeve C. (2005). Municipal wastewater reclamation: where do we stand? An overview of treatment technology and management practice. *Water. Science. Technology*, 5(1) 77–85P.

Bixio D., Thoeve C., Wintgens T., Ravazzini A., Miska V., Muston M., Chikurel H., Aharoni A., Joksimovic D. and Melin T. (2008). Water reclamation and reuse implementation and management issues. *Desalination*, 218, 13–23.

BRGM, 2010. La réutilisation des eaux usées, un enjeu majeur de développement durable. Les enjeux des géosciences, N°24, 3p.

Campos C. (2008). New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. *Desalination*, 218, 34–42P.

Références bibliographiques

Dauvergne G, (2007). Mise en place d'indicateurs de suivi et d'optimisation de stations épuration, application a trois installations de type boues activées de plus de 8500 EH, ENGEE Strasbourg.

Degremont. Mémento technique de l'eau. 10ème édition TOME I, paris (2005), 880p.

Degremont. Mémento technique de l'eau. 10ème édition TOME II, paris(2005), 1024p.

Deshayesm, (2008). Guide pour l'établissement des plans d'assurance de la qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés. INSA de Strasbourg.

Devaux I. (1999). Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse de doctorat, université J. Fourier, Grenoble (France). 257 p.

Ecosse D. (2001). Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. «Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens, 62 p.

Eddabra R. (2011). évaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du grand Agadir : isolement, caractérisation moléculaire et antibioresistance des espèces du genre *vibrio*, thèse en co-tutelle, de l'université ibn zohr faculté des sciences d'Agadir et de l'université de Strasbourg Ecole doctorale science de la vie et de la sante, 146p.

FAO, (2003). L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. p 73.

Gennaccaro A.L., McLaughlin M.R., Quintero-Betancourt W., Huffman D.E. and Rose J.B. (2003). Infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts in final reclaimed effluent. *Application. Environment. Microbiology.* 69P, 4983–4984.

JORAD, 2012. Journal officiel de la république Algérienne N°41, spécification des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.

Ladjel F et Bouchefer S, (2011). Exploitation d'une STEP à boues activées.

Leclech, B. 1998 : Environnement et agriculture 2ème édition 1998.

Références bibliographiques

Metahri M.S, 2015. Ecology & Safety, Evaluation of cultivated land required for tertiary treatment of secondary effluent from the East WWTP of Tizi Ouzou (Algeria) volume9.

Mohammed M. (2012). Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la Step Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, Université mouloud mammeri de Tizi-Ouzou, 172p.

OMS (1989). L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation à visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.

Rejsek F. (2002). Analyse de l'eau : Aspects réglementaire et technique, Ed : CRDP d'Aquitaine, France, 358 p.

Rodier J. (2005). L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème}, édition. Dunod, Paris.

Roux, M.1987 : Analyses biologiques de l'eau ; l'office international de l'eau.

Suschka J., ferreira E. (1986). Activated sludge respirometric measurements. *Water Research*, 20, 2, 137-144P.

Tabet M., 2015. Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration. Thèse de doctorat, université 8 mai 1945, Guelma. 103p.

Tamrabet L. (2011). Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse de doctorat. Université Hadj Lakhdar –Batna, Institut de Génie Civil, d'Hydraulique et d'Architecture, 147p.

Tamrabet . 2011 : Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage ; Thèse de Doctorat en sciences p147.

Toze S. (2006). Reuse of effluent water benefits and risks; *Agricultural Water Management* 80, 147–159P.

US NRC. (2012). Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater, Washington, National Academies Press, 262 p.

Références bibliographiques

Vilagines, (2003). Eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrologie. 2ème Ed, Lavoisier, paris.

Yazid B. (2014). Évaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa* ». Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, 158p.

Annexe 01

Mesure des paramètres physico-chimiques

Matériel utilisé

- Spectrophotomètre DR2800
- cuvette de 10ml
- dispositif de filtration+filtre de 0,45 µm
- fiolle jaugée de 50 ml, 100ml
- pipettes de 02ml, 05ml, 10ml
- Becher de 100ml

Réactifs

- Kits** : Salicylate ammoniacal, Cyanurate ammoniacal, Nitra Ver05, Nitra Ver06, Nitra Ver03, Phos Ver 03.

1. La température

Vu l'instabilité et la variation de ce paramètre, la mesure se fait sur chaque prélèvement instantané. Puis une moyenne est calculée sur l'échantillon composite.

➤ **Mode opératoire**

Dans un bécher, on verse l'eau à analyser et on plonge la sonde du thermomètre, on attend la stabilité de l'affichage et on note la valeur qui s'affiche en °C

2-L'azote ammoniacal gamme basse (0 à 2,5 NH₄⁺)

➤ **Mode opératoire**

-Préparer les dilutions des échantillons si c'est nécessaire.

-Entrer le numéro de programme mémorisé pour le l'ammonium gamme basse en azote (N-NH₄⁺). Presser **PRGM**

L'affichage indique : **PRGM**

-Presser : **385 ENTER**, l'affichage indique **mg/l, NH₄⁺** et le symbole **ZERO**.

-Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.

-Ajouter le contenu d'une gélule de Salicylate ammoniacal à la cuvette (l'échantillon préparé).
Boucher, agiter pour dissoudre la poudre.

-Presser : **TIMER ENTER** une période de réaction de 03 minutes commence.

-Lorsque le minuteur sonne, ajouter le contenu d'une gélule de Cyanurate ammoniacal à la cuvette (l'échantillon préparé). Boucher, agiter pour dissoudre la poudre.

Remplir une autre cuvette avec 10 ml d'échantillon (le blanc). Essuyer l'extérieur des cuvettes avec un tissu propre.

-Presser : **TIMER ENTER** une période de réaction de 15 minutes commence.

-Placer le blanc dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.

-Presser **ZERO** l'affichage indique : **0.00 mg/l, NH₄⁺**

-Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure.

Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.

-Presser : **READ** le curseur se déplace vers la droite puis la concentration d'ammonium en mg/l d'azote.

3. NITRATE, gamme haute (0 à 30,0 mg/l NO₃⁻)

➤ Mode opératoire

-Entrer le numéro de programme mémorisé pour le nitrate gamme haute (NO₃⁻). Presser **PRGM** l'affichage indique : **PRGM**

-Presser : **355 ENTER** l'affichage indique **mg/l, NO₃⁻** et le symbole **ZERO**.

-Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.

-Ajouter le contenu d'un sachet de réactif Nitra Ver 5 à la cuvette (l'échantillon préparé).
Boucher la cuvette.

-Presser : **TIMER ENTER** une période de réaction d'une minute commence.

Agiter la cuvette vigoureusement jusqu'à ce que le minuteur sonne.

-Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : **5 :00 Timer 2**, Presser : **ENTER**. Une période de réaction de 5 minutes commence.

La présence des nitrates se traduit par une coloration ombrée.

-Remplir une autre cuvette avec 10 ml d'échantillon (le blanc). Essuyer tout liquide ou traces de doigts.

-Placer le blanc dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.

- Lorsque le minuteur sonne, presser : **ZERO**. L'affichage indique : **0.0 mg/l, NO₃⁻**

-Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.

-Presser : **READ**. Le résultat en mg/l d'azote (NO₃⁻) s'affiche

4. Les phosphates, ORTHO (0 à 2,50 mg/l PO₄³⁻)

➤ Mode opératoire :

-Entrer le numéro de programme mémorisé pour l'ortho phosphate, méthode acide ascorbique. Presser **PRGM**, l'affichage indique : **PRGM**

-Presser : **490 ENTER** l'affichage indique : **mg/l, PO₄³⁻** et le symbole **ZERO**

-Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.

-Ajouter le contenu d'une gélule de Phos Ver 3 à la cuvette (l'échantillon préparé). Boucher.
Agiter pour dissoudre la poudre.

-Presser : **TIMER ENTER** une période de réaction de 02 minutes commence.

-Lorsque le minuteur sonne, remplir une autre cuvette avec 10 ml d'échantillon (le blanc).

Essuyer l'extérieur des cuvettes avec un tissu propre.

-Placer le blanc dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.

-Presser : **ZERO** l'affichage indique : **0.00 mg/l PO₄³⁻**

-Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure.

Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.

-Presser : **READ** le curseur se déplace vers la droite puis le résultat en mg/l de **PO₄³⁻** s'affiche.

5- Les Matières en suspension (MES)

➤ Mode opératoire

- On choisit le programme 94.

- On verse dans 3 flacons de 25 ml :

) Dans le 1^{er} flacon prépare le blanc comme référence (rempli d'eau distillée).

) Un échantillon de l'effluent prélever à l'entrée de la STEP.

) Un échantillon de l'effluent prélever à la sortie de la STEP.

-On prend le blanc ,on l'essuie bien ,l'introduire dans l'appareil, on met le couvercle et on appuie sur « zéro ».

-Ensuite on introduit les échantillons préalablement agités et on appuie sur « Read » et on a la valeur de MES qui s'affiche .

6- La demande chimique en oxygène (DCO)

➤ Mode opératoire

-on agite le réactif bien et on ajoute :

) 3ml d'échantillon d'entrée .

) 2ml d'échantillon de sortie.

-La réaction est exothermique .

- On chauffe les échantillons à 150 ° C pendant 2h dans le réacteur DCO.

- On fait la lecture au spectrophotomètre .

) $\lambda = 820$ nm pour l'échantillon d'entrée .

) $\lambda = 420$ nm pour l'échantillon de sortie.

-Pour l'entrée on utilise la gamme de 25 à 1500 mg d'O₂ / l.

) Pour la sortie on utilise la gamme de 0 à 150 mg d'O₂ / l.

7- la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

➤ Mode opératoire

-On prend notre échantillon du réfrigérateur et on laisse jusqu' à ce qu'il redevienne à la température de prélèvement (température ambiante).

-On l'agite un peu pour l'homogénéiser .

-On prend 250 ml d'échantillon d'entrée par une éprouvette (pour la sortie on prend 432 ml avec une fiole à 432 ml).

- On les met dans une bouteille dont on a auparavant mis un barreau magnétique .

-On place une cupule au bouchon de la bouteille .

-On met 4 à 5 grains de KOH dans la cupule qui permettent d'absorber le CO₂ dégagé .

-On appuie sur les deux boutons de l'oxyton en même temps pour lancer une nouvelle lecture

- On place les deux bouteilles dans l'incubateur à 20 °C.

- Les volumes d'eau à analyser selon la charge polluante, un facteur de correction est donné afin de calculer la valeur finale de la DBO₅.

Annexe 02

Paramètre	Unité	Valeurs de références
Chrome	mg/kg	1000
Plomb	mg/kg	800
Nickel	mg/kg	200
Cadmium	mg/kg	20
Cuivre	mg/kg	1000
Zinc	mg/kg	3000
Sélénium	mg/kg	100
Mercuré	mg/kg	10
Chrome+Zinc+Cuivre+Nickel	mg/kg	4000

Annexe 03**NORMES DE REJET OMS (2006)**

PARAMETRES	NORMES	UNITES
T°	30	°C
PH	6,5-8,5	-
DBO₅	30	mg d'O₂/l
DCO	90	mg d'O₂/l
MES	30	mg/l
Phosphates	2	mg/l
Azote total	50	mg/l
Hydrocarbures	10	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l
Détergent	1	mg/l

Annexe 04

Tableau 04 : Les normes algériennes de réutilisation des eaux usées traitées (JORAD, 2012)

Paramètres unite		Unité	Maximale admissibles Concentration
Physico-chimiques	pH	mg/l	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
	MES	mg/l	30
	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	AZOTE (N-NO3)	mg/l	30
Eléments toxiques	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
Nickel	mg/l	2.0	

Résumé

La rareté, l'inégalité de la répartition des précipitations annuelles et le déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles contribuent à justifier l'usage agricole d'eaux usées traitées. La présente étude s'est déroulée à la STEP de Draa El Mizan et les analyses ont été effectuées entre le mois de mai et de juin. Les résultats physico-chimiques de l'effluent traité obtenus sont les suivants : température = 15.9 °C, NH_4^+ = 1,61 mg/l, NO_3^- = 7,04 mg/l, PO_4^{3-} = 2,17mg/l MES = 6mg/l ; DCO = 39 mg/l révèlent une efficacité de dégradation de la matière organique et sont conformes aux normes de réutilisation en irrigation. De plus, on a noté de faibles quantités de métaux lourds dans les boues. A cet effet, on peut dire que cette eau épurée est d'une qualité permettant d'être facilement réutilisée dans le domaine agricole.

Mots clés : Draa El Mizan, eaux usées, métaux lourds, STEP.

Abstract

The scarcity, the unequal distribution of annual rainfall and the imbalance between the needs and the available resources help to justify the agricultural use of treated wastewater. This study was carried out at the Draa El Mizan WWTP and analyzes were carried out between May and June. The physicochemical results of the treated effluent obtained are as follows: temperature = 15.9 °C, NH_4^+ = 1.61 mg / l, NO_3^- = 7.04 mg / l, PO_4^{3-} = 2.17 mg / l MES = 6mg / l; COD = 39 mg / l reveal an efficiency of degradation of organic matter and comply with standards for reuse in irrigation. In addition, low amounts of heavy metals were noted in the sludge. To this end, we can say that this purified water is of a quality that allows it to be easily reused in agriculture.

Keywords: Draa El Mizan, wastewater, heavy metals, WWTP

Introduction

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

Chapitre II

La réutilisation des eaux usées épurées

Partie expérimentale

Partie bibliographique

Chapitre I

Matériel et Méthodes

Chapitre II

Résultats et discussion

Conclusion

Références Bibliographiques

Annexes
