

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire



De fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme de MASTER en Agronomie

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

THEME :

**Suivi temporel des performances épuratoires de la
station d'épuration Ouest Boukhalfa**

Réalisé par :

M^{elle} TEKKAL Nedjema et Mr BERKAINE Idir

Devant le jury composé de :

M^f MAKHLOUF Malik : Maitre de conférences classe B à l'U.M.M.T.O. Président

M^f METAHRI Moh-Said : Maitre de conférences classe B à l'U.M.M.T.O. Promoteur

M^f ASLA Tarek : Maitre-assistant classe A à l'U.M.M.T.O. Examineur

M^f MERIDJA Samir : Maitre de conférences classe B à l'U.M.M.T.O. Examineur

Promotion 2014/ 2015



Remerciements

C'est avec humilité et gratitude que nous reconnaissons ce que nous devons : nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la puissance, la force et la santé de pouvoir accomplir ce modeste travail

Nous remercions très chaleureusement notre promoteur D^r METAHRI Moh-Saïd pour nous avoir encadrés et guidés tout au long de la réalisation de notre travail, qu'il soit assuré de notre respectueuse reconnaissance.

Nous tenons à remercier les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'évaluer notre travail :

M^r M.MAKHLOUF, Maitre assistant chargé de cours à l'U.M.M.T.O.

M^r ASLA T., Maitre assistant chargé de cours à l'U.M.M.T.O

M^r S. MERIJDA, Maitre assistant chargé de cours à l'U.M.M.T.O

Nous traduisons par la même occasion notre reconnaissance à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour réaliser ce travail en particulier rosa .





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail,

*A la mémoire de ma très chère mère et ma sœur Hanna, que
dieu les accueille dans son vaste paradis.*

A mon très cher père

A tout mes frères : Abedalrahman , Smail, Arezki et Djaffer

*A toutes mes sœurs : Nabila, Nassima, Lynda, Rokja et
Yasmine*

A tout leurs maris : Rachid, Brahim, Mouloud et Salim

A mon fiancé Hamou et toute ma belle famille

A mon binôme idir

A tout mes amis

A toute la promotion TVRH 2014/2015

Nedjema





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de mon cher papa allah yaréhimou.

Et a ma très chère maman.

A mes sœur : Bahia, Lynda, Ouarda.

A mes frères : Farid, Kamel, Omar.

A mes cousins et cousines et a tout les Berkaine.

*A tout mes amies surtout Krim, Brahim Hillal Belkacemi et
Lila Boudedja.. Faouzi, Kamilia, Sonia et Oualid.*

A ma binôme Nedjma et sa famille.

A tout les étudiants de la promotion TVRH 2014/2015.

Idir



Table des matières

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

Introduction	02
1-L'eau, or bleu	02
2-Définitions	03
2-1-Définition de la pollution.....	03
2-2-Définition de l'eau usée	03
3- Origine et composition des eaux usées	03
3-1- Les eaux usées domestiques	03
3-2-Les eaux industrielles	03
3-3- Les eaux agricoles	04
3-4- Les eaux pluviales	04
4-Caractéristiques des eaux usées	04
4-1 Paramètres physico-chimiques	04
4-1-1-Température	04
4-1-2-Odeur	04
4-1-3- La couleur	05
4-1-4-Le potentiel d'hydrogène(PH)	05
4-1-5 Oxygène dissous(O ₂)	05
4-1-6-La conductivité électrique (CE)	05
4-2 -Paramètres de la pollution particulaire	06
4-2-1-la turbidité	06
4-2- 2-les matières en suspension (MES)	06
4-2-2-1- les matières volatiles en suspension (MVS)	06
4-2-2-2- les matières minérales en suspension (MMS)	07
4-3-Les paramètres de la pollution organique globale	07
4-3-1- Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	07
4-3-2- Demande chimique en oxygène (DCO)	07
4-3-3- Les matières oxydables (MO)	07
4-3-4-Le carbone organique totale (COT)	07
4-3-5- La notion de la biodégradabilité	07
4-4-Paramètres de la pollution biologique	08
4-4-1-les virus	08
4-4-2-les bactéries	08
4-4-3-Les protozoaires	09
4-4-4-Les helminthes	09
4-5- Les paramètres de la pollution dissoute	09
4-5-1- L'azote	09

4-5-1-1-Les nitrites (NO_2^-)	09
4-5-1-2-Nitrates (NO_3^-)	10
4-5-2-Phosphore	10
4-5-3-Les constituants minéraux	10
4-5-3-1-Les oligo-éléments	10
4-5-3-2-Les éléments indésirables	11
4-5-3-3-Les éléments indifférenciés.....	11
5-Estimation des rejets d'eaux résiduaires	11
5-1- L'équivalent habitant (EH)	11
5-2-Les valeurs de l'équivalent habitant	11
6- Les normes de rejets des eaux usées	11
7- L'assainissement, de l'Antiquité à nos jours	12
7-1-Définition de l'assainissement	12
7-2-Objectif de l'assainissement	12
7-3-Les types de réseau d'assainissement	13
7-3-1- Les réseaux unitaires	13
7-3-2- Les réseaux séparatifs	13
7-3-3-Les réseaux pseudo-séparatif	13
8-Les maladies à transmission hydriques	13
Conclusion.....	15

Chapitre II : Epurations des eaux usées

Introduction	16
1-Epuration des eaux usées	16
2-1-Le relevage	16
2-les différentes étapes d'épuration des eaux usées	16
2-2- Prétraitement	16
2-2-1- Le dégrillage	16
2-2-2- Le dessablage	17
2-2-3- Le dégraissage-déshuilage	17
2-3-Le traitement primaire	17
2-3-1-La décantation (processus physique naturelle)	18
2-3-2- Traitement physico-chimique	18
2-4-Traitement secondaire (Traitements biologiques)	24
2-5-Les traitements tertiaires ou de finissage	30
2-5-1-Elimination de l'azote	30
2-5-2-Elimination du phosphore	32
2-5-3- La désinfection	33
3-Le traitement des odeurs	34
4-Traitement des boues	35
Conclusion	37

Matériels et méthodes : Zone d'étude

Introduction	38
1-Localisation	38
2- Le principe de traitement	38
3- La filière du traitement	39
3-1-Arrivées des eaux brutes	39
3-2-Prétraitement	40
3-2-1 Dégrillage	40
3-2-2- Dessablage-Déshuilage	41
3-3-Le traitement biologique	42
3-4-Traitement des boues	46
3-4-1- Epaisseur	46
3-4-2- Lit de séchage	47
4- Les principales caractéristiques des ouvrages de la station	48

Matériels et méthodes : Protocoles et expérimentales

Introduction	50
1-Objectif du travail	50
2-Principes d'échantillonnages	50
3- Conservation des échantillons	51
4-Lieux de prélèvements	51
5-Matériels et produits d'analyse	51
6-Les méthodes d'analyse	52
7-Les objectifs convoités par les analyses	53
8-Analyses physico-chimique	53
8-1-Mesure de la conductivité électrique(Ce)	53
8-2-Détermination de la température et du potentiel d'hydrogène	54
8-3-Détermination des matières en suspension (MES)	55
8-4- Détermination de la turbidité	56
8-5-Détermination des orthophosphate PO_4^{3-}	56
8-6-Détermination des nitrites NO_2^-	57
8-7-Détermination de l'azote ammoniacal NH_4^+	57
8-8-Détermination des nitrates NO_3^-	57
8-9-La demande biochimique en oxygène	58
8-10-La demande chimique en oxygène DCO	59

Résultats et discussions : paramètres physico-chimiques

Introduction	61
1-Caractérisation des paramètres physico-chimiques de la station d'épuration Ouest de Boukhalfa	61
1-1-Interprétation des résultats du mois d'avril 2015	61

Résultats et discussions : Analyse de paramètres physico-chimiques

1-2-Interprétation des résultats du suivi temporel des performances épuratoires de la STEP Ouest Boukhalfa du mois d'avril 2012/2013/2014 et 2015	71
Conclusion	82
Conclusion générale	83
Références bibliographiques.	
Annexes.	

Liste des tableaux

Tableau (1) : Relation entre la conductivité et la minéralisation	06
Tableau(2) : Normes de rejets de l'OMS appliquer en Algérie (BELGAID, 2008).....	12
Tableau (3) : maladies à transmission hydrique	14
Tableau (4) : illustre les différentes vitesses de sédimentation de quelques matériaux.....	17
Tableau (5) : les différents types de décanteurs primaires.....	18
Tableau (6) : présentation des avantages et des inconvénients du traitement physico-chimique	23
Tableau (7) : Caractéristique de la station de Boukhalfa.....	49
Tableau (8) : les différents matériels et produits utilisés dans l'analyse	52
Tableau (9) : les méthodes d'analyses d'eau usée.	52
Tableau (10) : Récapitulatif des analyses physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration Ouest Boukhalfa.....	61
Tableau (11) : variations de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration. ..	62
Tableau (12) : Variations de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration. .	62
Tableau (13) : Variations de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration. .	63
Tableau (14) : Variations de la turbidité à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	64
Tableau (15) : Variations des MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	65
Tableau (16) : Variations de PO_4^{3-} à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	66
Tableau (17): Variations de NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	67
Tableau(18): Variations de la DBO_5 à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	68
Tableau (19) : Variations de la DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	70
Tableau (20) : Variations du PH à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	71
Tableau (21) : Variations de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.	72
Tableau (22) : Variations de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015	73
Tableau (23) : Variations des MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015	74
Tableau (24) : Variations des PO_4^{3-} à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	75
Tableau (25) : Variations de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	76
Tableau (26) : Variations de NO_2^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	77
Tableau (27) : Variations de la DBO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015	80
Tableau (28) : Variations de la DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	81

Liste des figures

Figure (1): Eléments du cycle de l'eau.....	02
Figure (2) : présentation de la structure d'un colloïde (ANONYME2,1993)	20
Figure (3) : coagulation-floculation	21
Figure (4) : classification des technologies membranaires en fonction de leur seuil de coupure.	23
Figure(5) : Mécanisme réactionnels de la dégradation de la pollution azotée par Nitrification-Dénitrification	32
Figure (6): les différentes étapes d'épuration des eaux usées	36
Figure (7) : Vue générale de la STEP Ouest Boukhalfa	38
Figure(8) : Schéma du principe du procédé de traitement secondaire	39
Figure (9) : Arrivée des eaux usées.....	39
Figure (10) : dégrilleur manuel	40
Figure (11) : Variations du PH à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	40
Figure (12) : vice sans fin.....	41
Figures (13) : Dessableur-déshuileur	42
Figure(14) : soufflantes d'air	42
Figure(15) : bassin d'aération	43
Figure(16) : Mode de fonctionnement des aérateurs dans le bassin biologique	44
Figure (17) : aérateur en état de marche.....	45
Figure(18) : bassin de clarification	45
Figure (19) : Bassin de désinfection.....	46
Figure (20) : épaisseur	47
Figure(21) : Lit de séchage	47
Figure (22) : Conductimètre.....	54
Figure (23) : PH-mètre	55
Figure (24) : Spectrophotomètre	56
Figure (25) : Spectrophotomètre et flacons colorimétriques.....	58
Figure (26) : enciente DBO et les Oxy Top placées dans DBO-mètre	59
Figure (27) : Réacteur DCO	60
Figure (28) : Tubes à réactions et Hôte	60
Figure (29) : variations de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.	62
Figure (30) : Variations de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.	63
Figure (31) : Variations de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.	64
Figure (32): Variations de la turbidité à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.	64
Figure(33) : Variations des MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	65
Figure (34) : Variation des PO_4^{3-} à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	66
Figure (35) : Variations de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	67
Figure(36) : Variations de NO_2^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.....	67
Figure (37) : Variation de NO_3^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	68
Figure(38) : Variations de la DBO_5 à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	69
Figure(39) : Variation de la DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	70

Figure (40) : Variations du PH à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015	71
Figure (41) : Variations de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.	72
Figure (42) : Variations de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015	73
Figure (43) : Variations des MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	74
Figure (44) : Variations des PO_4^{3-} à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	75
Figure (45) : Variations de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015	77
Figure (46) : Variations de NO_2^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	78
Figure (47) : Variations de NO_3^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	79
Figure (48) : Variations de la DBO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015	80
Figure (49) : Variations de la DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.....	81

Liste des abréviations

O₂ : Oxygène dissous

CE : LA Conductivité électrique

COT : Le carbone organique totale

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : matières en suspension

MMS : les matières minérales en suspension ;

MO : Les matières oxydables

MVS : matières volatiles en suspension

NO₂⁻: Nitrites

PH : Le potentiel d'hydrogène

AEP: Alimentation en eau potable

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

K: Coefficient de biodégradabilité

Mo: Matière organique.

NK : Azote Kjeldahl

Nt : Azote totale

OMS : Organisation mondiale de la santé.

ONA : Office National d'Assainissement

Pt : Phosphor total

STEP: Station d'épuration

NTK: Azote Total Kjeldahl

RN: route national

Pz : Potentiel Zeta

Introduction générale

L'eau, la forme principale de la fusion aérienne, constitue l'objet préoccupant de la civilisation humaine contemporaine, celle-ci et par vétusté inéluctable pousse les hommes à fonder la plateforme d'un enfer infini et sans précédent de toute l'histoire de la planète Terre, conduisant de ce fait la vie tout entière à des graves répercussions pouvant entraîner l'extinction d'un grand nombre d'espèces.

Cette molécule avec des propriétés incroyables désormais par notre volonté, sa pureté innocente et légendaire est en voie de disparition à jamais, mettant par conséquence toute la création sur terre en danger incontournable

De ce fait, un nouvel axe de recherche est inauguré, donnant par conséquence l'opportunité aux humains de rectifier les erreurs commises au cours de l'évolution de leur civilisation de caractère hautement égoïste : la décontamination ou la dépollution des eaux usées où cette étude s'intègre fidèlement en utilisant l'une des techniques les plus adapté dans notre pays et qui les boues activées dont le but, est de stopper le fléau des éléments polluants dans l'eau.

L'épuration des eaux usées s'est donc imposée pour préserver la qualité des milieux naturels et notamment les eaux de surface et souterraines. L'eau épurée est actuellement en majorité rejetée. La généralisation de la réutilisation de ces eaux peut donc contribuer à combler en partie le déficit d'eau de première main. Le recyclage de l'eau dans les industries et l'utilisation de l'eau pour l'arrosage des espaces récréatifs peuvent par conséquent contribuer à diminuer la pression exercée sur les ressources naturelles de bonne qualité. L'utilisation d'une eau non conventionnelle dans l'agriculture peut contribuer à la création de nouveaux périmètres irrigués ou constituer une source d'appoint pour des périmètres existants. Elle est pratiquée aussi bien dans les pays développés que dans les pays en voie de développement.

Pour atteindre cet objectif, ce travail se compose de deux volets. Le premier volet est la partie théorique avec deux chapitres, dont le premier consiste à déterminer les principales causes de pollution des eaux ainsi que la caractérisation des paramètres physico-chimiques de l'eau usée. Le second présente les différents modes et procédés d'épuration ou de traitement des eaux usées urbaine.

Le deuxième volet est la partie expérimentale, qui comporte

Présentation de la zone d'étude ainsi que le processus d'épuration suivi

Les résultats d'analyse physico-chimiques des eaux usées traitées au niveau de la step Ouest de Boukhalfa ainsi que leurs interprétations.

Enfin nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

*Généralités sur les eaux
usées*

Introduction :

L'eau est une richesse nécessaire à toutes les activités socio-économiques. Certaines activités sont plus exigeantes en eau et d'autres plus prioritaires, mais le plus souvent l'eau utilisée est dégradée et polluée. Les rejets liquides domestiques et industriels peuvent nuire à l'environnement et la santé publique. Cependant si l'eau est préalablement traitée, elle trouve d'autres utilisations surtout dans le domaine agricole pour cela La connaissance de la composition des eaux usées est un paramètre essentiel pour assurer la pertinence du choix et du dimensionnement des filières de traitement appropriées.

1-L'eau, or bleu :

L'eau est l'une des plus petites molécules nécessaires au fonctionnement de la vie, elle se présente sous 3 aspects différents qui peuvent coexister. Sa propriété la plus étonnante réside dans le fait que contrairement aux autres substances, en se solidifiant, elle augmente le volume et devient moins pesante. C'est pourquoi la glace flotte sur l'eau liquide.

En moyenne 65% des précipitations qui arrivent à terre s'évaporent, 25% ruissellent et/ou sont transpirées par la végétation, 10% s'infilte. L'eau de notre planète est répartie dans 5 réservoirs : Les océans, les glaces permanentes, les eaux douces terrestres et la vapeur d'eau atmosphérique. Quant à l'eau contenu dans les cellules vivantes, elle correspond à – de 0.0001% de l'ensemble. Ces 5 réservoirs d'eau de la planète subissent des transferts incessants selon un cycle bien connu dont la phase initiale est l'évaporation des eaux de surface des océans et des continents (Fig.1).

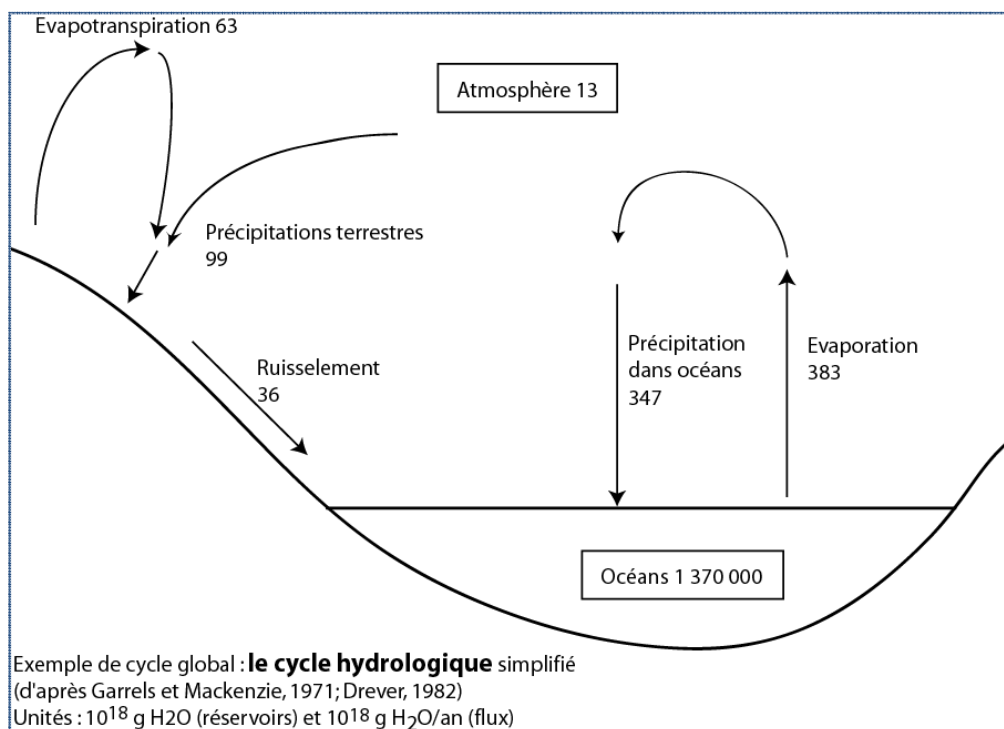


Figure1: Eléments du cycle de l'eau.

2-Définitions :

Sans eau, pas de vie. L'eau a de tout temps accompagné la vie des êtres vivants. Patrimoine commun de l'humanité, au même titre que l'air, l'eau est constamment détériorée dans le monde qu'il s'agisse de pollution par les rejets industriels (éléments toxiques), par les substances utilisées pour l'agriculture intensive (nitrates, pesticides), ou par les excès de notre mode de vie (pollution, chlore), l'eau est rarement biocompatible.

2-1-Définition de la pollution:

Pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

- Urbaine (activités domestiques; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- Agricole (engrais, pesticides)
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...). (mekhalif, 2009).

2-2-Définition de l'eau usée:

Les eaux usées désignent les eaux qui ont fait l'objet d'une utilisation domestique, agricole ou industrielle. Se sont des effluents de composition hétérogène, chargées de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certaines peuvent avoir un caractère toxique, à cette charge s'associent presque toujours des matières grasses et des matières colloïdales (KOLLER, 2004)

3- Origine et composition des eaux usées :

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées

3-1- Les eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (GOMELLA et GUERREE, 1978).

3-2-Les eaux industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, d'après GAUJOUS (1995), elles peuvent également contenir :

- Des hydrocarbures (raffineries) ;
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ;

- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Dans certains cas, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.

3-3- Les eaux agricoles :

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses (BONTOUX, 1993).

Les épandages d'engrais nitrates et phosphatés, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des détergents se dispersant lors des applications de traitement des cultures (GOMELLA et GUERREE, 1978).

3-4- Les eaux pluviales :

Elles peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (BONTOUX, 1993).

4- Caractéristiques des eaux usées :

L'évaluation de la qualité de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Ces analyses sont réalisées par des méthodes dont les protocoles sont bien définis. Pour apprécier la qualité des eaux en général, différents paramètres sont utilisés que nous classerons ainsi :

4-1 Paramètres physico-chimiques :

4-1-1-Température :

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau (Mekhalif, 2009).

4-1-2-Odeur :

L'eau d'égouts fraîche à une odeur fade qui n'est pas désagréable par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde. (LADJELB, 2004).

4-1-3- La couleur :

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

(RODIER, J, 2009). Une eau propre doit être incolore, la couleur grisâtre de l'eau d'égout est d'origine domestique, une couleur noir indique une décomposition partielle, les autres teintes indiquent un apport d'eau industriel. (LADJELB, 2004).

4-1-4-Le potentiel d'hydrogène(PH) :

Les organismes sont très sensibles aux variations du PH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'influence du PH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité.

Le PH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de PH comprise entre 7,5 et 9. (METAHRI, 2012).

4-1-5 Oxygène dissous(O₂) :

L'oxygène représente environ 35% des gaz dissous dans l'eau, sa solubilité est en fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. Les résultats sont exprimés soit en teneur en oxygène dissous (mg/l), soit en pourcentage de saturation. Ce dernier exprime le rapport entre la teneur effectivement présente dans l'eau et la teneur théorique correspondante à la solubilité maximale pour une température donnée car plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène est soluble :

-A 50C, maximum d'oxygène dissous : 12,3mg/l ;

-A 100C, maximum d'oxygène dissous : 10,9mg/l ;

-A 200C, maximum d'oxygène dissous : 8,8mg/l. (LADJELB, 2004).

4-1-6-La conductivité électrique (CE) :

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium...). Il existe une relation étroite entre la teneur en sels dissous d'une eau et la résistance qu'elle s'oppose au passage d'un courant électrique. Cette résistance se mesure à l'aide d'un conductimètre. Elle est souvent exprimée en µs/cm ou en ms/cm (siemens par centimètre). (MENECEUR ET SAIDJ, 2013) .

Le tableau ci-dessous nous renseigne sur la minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité (ONA, 2012)

Tableau1 : Relation entre la conductivité et la minéralisation

Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Appréciation
$\text{CE} < 100 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
$100 \mu\text{S/cm} < \text{CE} < 200 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
$200 \mu\text{S/cm} < \text{CE} < 333 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$333 \mu\text{S/cm} < \text{CE} < 666 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne
$666 \mu\text{S/cm} < \text{CE} < 1000 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
$\text{CE} > 1000 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation excessive

4-2 -Paramètres de la pollution particulaire :

4-2-1-la turbidité :

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées .Elle varie suivant les matières en suspension(MES) présentes dans l'eau. (METAHRI ,2012).

4-2- 2-les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension représentent la quantité de la pollution organique ou minérale non dissoute dans l'eau, c'est-à-dire les matières décantables et colloïdales (AIF, 1993).

Selon (METAHRI, 2012), les (MES) représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution.

Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de la pollution d'un effluent urbain ou même industriel .les (MES) s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30 \% \text{MMS} + 70 \% \text{MVS}$$

4-2-2-1- les matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures.

La différence de poids entre MES à 105°C et les MES à 525°C donne « la perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg /l) d'une eau (METAHRI, 2012).

4-2-2- les matières minérales en suspension (MMS) :

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

4-3-Les paramètres de la pollution organique globale :

4-3-1- Demande biologique en oxygène (DBO₅) :

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. (MEKHALIF, 2009).

4-3-2- Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai par les matières réductrices contenues dans l'effluent. Le bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) agissant en milieu sulfurique pendant deux heures à ébullition, oxyde presque entièrement les matières réductrices. Les résultats ainsi obtenus sont représentatifs de la (DCO) (GOMELLA ET GUERREE H, 1978).

4-3-3- Les matières oxydables (MO) :

D'après (BADIA-GONDARD, 2003) la matière oxydable est un paramètre utilisé par les agences de l'eau pour caractériser la pollution organique de l'eau, il se définit à partir de DBO₅ et de la DCO selon la formule suivante :

$$MO = (2 * DBO_5 + DCO) / 3$$

4-3-4- Le carbone organique totale (COT) :

Elle représente la teneur en carbone liée à la matière organique. Le principe consiste à la combustion des matières organiques de l'effluent, dans un four à 950°C, sous un courant d'oxygène. Le gaz carbonique libéré est dosé par infrarouge, après condensation de la vapeur d'eau. Comme à cette température, les carbonates et les bicarbonates sont également transformés en gaz organique, on injecte dans un seconde temps la même prise d'essai dans un four thermostat à 150°C sur un catalyseur à base de l'acide phosphorique à 85°C et de quartz. Le CO₂ produit ne correspond alors qu'au seul carbone minéral. La différence des deux mesures effectuées permet d'obtenir la valeur du carbone organique total. (MENECEUR ET SAIDJ, 2013).

4-3-5- La notion de la biodégradabilité :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus de l'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que $K = DCO / DBO_5$

* Si $K < 1.5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables.

* Si $1.5 < K < 2.5$, les matières oxydables sont moyennement biodégradables

* Si $2.5 < K < 3$: les matières oxydables sont peut biodégradables

* Si $K > 3$ les matières oxydables sont non biodégradables.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable, on applique un traitement biologique si non, on applique un traitement physico-chimique. (METAHRI, 2012).

4-4-Paramètres de la pollution biologique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : Les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Baumont et al. 2004).

4-4-1-les virus :

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (CSHPF, 1995). On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont 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 ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. (Asano, 1998).

4-4-2-les bactéries :

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10^{12} bactéries/g (Asano, 1998).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 proteus et entérobactéries 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 Clostridium. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants (Faby, 1997).

4-4-3-Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (Baumont et al, 2004). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia* (Asano, 1998).

4-4-4-Les helminthes :

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10^1 à 10^3 œufs/l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichiura*, *Taenia saginata* (CSHPF, 1995). Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. (Faby, 1997). Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées (Baumont et al., 2004).

4-5- Les paramètres de la pollution dissoute :

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

4-5-1- L'azote :

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH₄. La concentration du N-NTK est de l'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO. L'apport journalier est compris entre 10 et 15g par habitant (GROSCLAUDE, 1999).

Azote Kjeldahl =Azote ammoniacal +azote organique

4-5-1-1-Les nitrites (NO₂⁻) :

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitritation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.



Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Il en résulte la mort par asphyxie (SEVRIN-REYSSAC et al, 1995). Chez les nourrissons, l'inaptitude du sang à transporter l'oxygène est la méthémoglobinémie (GAUJOUS, 1995).

4-5-1-2-Nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Cette réaction appelée nitrification s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène (SEVRIN-REYSSAC et al, 1995).



Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction.

Azote globale = azote Kjeldahl + nitrates + nitrites

(SEVRIN-REYSSAC et 1995).

4-5-2-Phosphore :

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes: phosphates, polyphosphates, phosphore organique ...; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Les composés phosphorés sont indésirables dans les réservoirs de distribution d'eau potable, parce qu'ils contribuent au développement d'algues et plus généralement du plancton aquatique.

Agents d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidence sanitaire et les polyphosphates sont autorisés comme adjuvants pour la prévention de l'entartrage dans les réseaux (BONTOUX, 1993).

4-5-3-Les constituants minéraux :

Les constituants minéraux regroupent les éléments métalliques et les metalloïdes présents en faibles quantités dans la matière vivante (moins de 0.01% de la matière sèche). Ils peuvent être classés en trois catégories :

4-5-3-1-Les oligo-éléments :

Ce sont des éléments indispensables à la vie qui interviennent dans le processus métabolique des êtres vivants à des concentrations extrêmement faibles et qui peuvent être toxiques au-delà de ces teneurs : bore, cobalt, cuivre, fer, manganèse, nickel, zinc, sélénium ;

4-5-3-2-Les éléments indésirables :

Éléments non utiles au métabolisme animal et végétal et préjudiciable au-delà d'une certaine teneur généralement faible : cadmium, le mercure, le plomb ;

4-5-3-3-Les éléments indifférenciés:

Ce sont des éléments qui n'ont pas de fonction métabolique et ne présente pas de risque de toxicité reconnu actuellement : le titane (ANONYME ,2013).

5-Estimation des rejets d'eaux résiduaires :

5-1- L'équivalent habitant (EH) :

L'équivalent habitant est une notion utilisé en assainissement, notamment pour évaluer la capacité des stations d'épuration, permettant d'associer une population équivalente aux masse de polluants journaliers provenant d'une station d'épuration (ou transitant en un point quelconque du réseau d'assainissement). (CHOCAT ,1997)

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 180 à 300 l 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 (BADIA- GONDARD, 2003).

5-2-Les valeurs de l'équivalent habitant :

En Europe :

En Europe l'équivalent habitant correspond à une pollution de 54g DBO5 /j pour une eau brute et de 35g DBO5/j pour une eau décantée.

En Algérie :

La valeur de l'équivalent habitant n'est pas encore déterminée, de ce fait pour concevoir une station d'épuration d'eau usée, on se base sur les normes européennes. (MENECEUR ET SAID, 2013)

6-Les normes de rejets des eaux usées :

On entend par normes de rejets, les valeurs admissibles des paramètres de pollution qui réglementent les rejets des effluents dans le milieu récepteur.

Les législations sont très variables suivants les pays et évoluent rapidement vers une sévérité croissante, aussi bien en ce qui concerne les concentrations en polluants que les débits de rinçages (DEGREMENT ,2005).

L'Algérie est un pays qui reprend à la réglementation exigée par l'organisation mondiale de la santé (OMS) qu'elle exécute à travers Le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3 définissant les valeurs limites des rejets des eaux usées sont résumées dans le tableau suivants :

Tableau(2) : Normes de rejets de l’OMS appliquer en Algérie (BELGAID, 2008).

Paramètres	Unités	Normes
Température	C°	30
pH	-	6.5-8.5
O ₂	mg /L	5
DBO5	mg /L	30
DCO	mg /L	90
MES	mg /L	30
Zinc	mg /L	2
Chrome	mg /L	0.1
Azote Total	mg /L	10
Phosphores	mg /L	2
Hydrocarbures	mg /L	10
Détergents	mg /L	1
Huiles et les graisses	mg /L	20

La valeur de l’équivalent habitant n’est pas encore déterminée, de ce fait pour concevoir une station d’épuration d’eau usée, on se base sur les normes européennes. (MENECEUR ET SAID, 2013)

7- L’assainissement, de l’Antiquité à nos jours :

De nos jours l’assainissement des eaux usées domestiques et industrielles est perçu comme une évidence, aussi bien pour la protection de notre santé que pour la préservation de l’eau en tant qu’écosystème. La collecte et le traitement des eaux usées ont suivi, à la fois, le mode de vie des sociétés au fil de l’Histoire, mais également les découvertes scientifiques. D’un point de vue historique la croissance démographique et le développement des villes ont imposé la nécessité de fournir aux citoyens une eau saine de «bonne qualité ». La protection de la santé publique a fait l’objet de nombreux efforts, avec notamment la dépollution des eaux usées, depuis plusieurs générations. Scientifiquement, la prise de conscience des problèmes de santé publique et la compréhension des causes d’épidémies, telles que le choléra, la peste et le typhus, ont entraîné la construction d’infrastructures et le développement de procédés, de plus en plus sophistiqués, permettant de mettre un terme à ces problèmes (LE HYARIC, 2009).

7-1-Définition de l’assainissement :

C’est une technique qui consiste à évacuer par voie hydraulique, le plus rapidement possible, et sans stagnation, les déchets provenant d’une agglomération humaine ou, plus généralement d’activité économique (GUERREE et GOMELLA, 1978).

7-2-Objectif de l'assainissement :

Il ne faut pas confondre le traitement des eaux, qui a pour fonction de les transformer en eau potable, et l'assainissement des eaux usées rejetées par le consommateur après utilisation. L'assainissement des eaux usées a pour objectif de collecter puis d'épurer les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel, afin de les débarrasser de la pollution dont elles sont chargées.

7-3-Les types de réseau d'assainissement :

S'il est relativement facile de prévoir et de contrôler les volumes d'eaux usées domestiques, il en va tout autrement des eaux pluviales. Il existe trois types de réseaux de collecte :

7-3-1- Les réseaux unitaires :

Ce sont des réseaux qui évacuent dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Ils cumulent les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer) et de la simplicité (toute erreur de branchement est exclue, par définition) ; mais nécessitent de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception et le dimensionnement des collecteurs et des ouvrages de traitement.

7-3-2- Les réseaux séparatifs :

Ce sont des réseaux qui collectent les eaux domestiques dans un réseau et les eaux pluviales dans un autre (double réseau). Ce système a l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut. Il permet de mieux maîtriser le flux et sa concentration en pollution et de mieux adapter la capacité des stations d'épuration.

7-3-3-Les réseaux pseudo-séparatif :

Le système pseudo-séparatif est celui dans lequel, comme en système séparatif, les eaux pluviales provenant des toitures et des cours intérieurs sont raccordées au réseau des eaux usées. Les eaux pluviales provenant des surfaces de voirie, lorsqu'elles sont collectées, le sont dans un réseau séparé. L'acceptation des eaux pluviales issues de chaque habitation dans le réseau eaux usées, doit impérativement être prise en compte pour le choix et le dimensionnement de l'ouvrage de traitement (JEAN PAUL DELEVOYE, 2005).

8-Les maladies à transmission hydriques :

Les eaux usées sont le siège du transport, de la croissance et du développement de plusieurs vecteurs de maladies et d'agents pathogènes. Egalement ces eaux usées sont susceptibles de véhiculer des substances toxiques responsables des risques potentiels sur la santé. L'homme est exposé aux maladies hydriques dues à la pollution biologique représentée par les pollutions bactériennes, virales et zoo parasitaires.

Tableau (3) : Maladies à transmission hydrique.

groupes	Pathogène	Maladie
Virus	Entérovirus (Polio, Echovirus, Coxsackie	Paralysie, méningite, rash , fièvre, Myocardite, maladie respiratoire, diarrhée,
	Hépatite A et B	Infections hépatiques
	Calicivirus humains	Vomissement, diarrhée
	Sapporo	Diarrhée, gastroentérites
	Rotavirus	Diarrhée, gastroentérites
	Astrovirus	Diarrhée
	Adénovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, diarrhée
	Réovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée
Bactéries	Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose
	Shigella	Dysenterie bacillaire
	Campylobacter	Gastroentérites
	Yersinia enterocolitica	Diarrhée
	Escherichia coli	Diarrhée, gastroentérites
	Legionella pneumophila	Pneumonie, autres maladies respiratoires
Protozoaires	Naegleria	Meningoencéphalés
	Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne
	Giardia lamblia	Diarrhée, malabsorption
	Cryptosporidium parvum	Diarrhée aiguë
	Cyclospora	Diarrhée aiguë
	Microsporidium	Diarrhée aiguë
Helminthes	Ascaris	Ascariase
	Trichuris	Diarrhée, douleur abdominale
	Tænia	Diarrhée, douleurs musculaires
	Schistosoma mansoni	Schistosomiasis
	Hymenolepis	Nervosité, troubles digestifs, anorexie

Conclusion :

L'eau est l'élément central de tous les processus socio-économiques, quel que soit le degré de développement de la société. L'augmentation des activités agro-industrielles engendre une pression grandissante sur les réserves en eau douce de la planète. En effet, ces activités génèrent une grande diversité de produits chimiques qui se déversent dans le cycle de l'eau, mettant en péril le fragile équilibre naturel qui a permis à la vie de se développer sur la terre. Souvent, les substances chimiques contenues dans les eaux usées sont difficilement biodégradables et le manque ou l'insuffisance de systèmes de traitement mène ainsi à leurs accumulations dans le cycle de l'eau.

Chapitre II

Epurations des eaux

usées.

Introduction :

Il ne faut pas confondre le traitement des eaux, qui a pour fonction de les transformer en eau potable, et l'assainissement des eaux usées rejetées par le consommateur après utilisation. L'assainissement des eaux usées a pour objectif de collecter puis d'épurer les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel, afin de les débarrasser de la pollution dont elles sont chargées. La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée.

1-Épuration des eaux usées :

L'épuration des eaux usées consiste à décanter les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station il en résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu nature conformes aux normes de rejet, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduelles (LYONNAISE DES EAUX ,2002)

2-les différentes étapes d'épuration des eaux usées :

2-1-Le relevage :

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leurs poids .Une station de relèvement permet d'acheminer les eaux dans la station d'épuration lorsque ces dernières arrivent à un niveau plus bas que les installations de dépollution .Cette opération de relèvement des eaux s'effectuent grâce à des pompes submersibles ou à vis d'Archimède. . (LADJEL ,2004).

2-2- Prétraitement :

Les dispositifs de prétraitement sont présents dans toutes les stations d'épuration domestiques, quels que soient les procédés mis en œuvre en aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides les plus grossiers susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements.

Ils se composent de 3 étapes, présentes ou non selon les besoins, à savoir :

- **Le dégrillage** : élimination des déchets volumineux,
- **Le dessablage** : élimination des sables,
- **Le dégraissage – déshuilage** : élimination des corps gras.

2-2-1- Le dégrillage :

Le dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles de plus faible espacement, peut parfois compléter cette phase de prétraitement. (LADJEL ,2004).

2-2-2- 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 conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants.

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 du lavage (DEGREMONT, 1978).

La vitesse de sédimentation des particules est en fonction de leur nature, de leur diamètre et de la viscosité du liquide dans lequel elles se trouvent.

Le tableau suivant donne une idée de la vitesse de sédimentation des particules

Tableau (4) : illustre les différentes vitesses de sédimentation de quelques matériaux.

Matériaux	diamètre mm	masse spécifique g/cm³	VITESSE DE SEDIMENTATION CM/s
sable fin	0,02-0,2	2,65	2,00-100
Limon	2,65	2,65	0,04-2,0
Argile	1,01	2,65	0,005-0,04
matières organiques	0,01-0,4	1,01	0,3-0,200

2-2-3- Le dégraissage-déshuilage :

Les opérations de dégraissage-déshuilage consistent à séparer de l'effluent brut, les huiles et les graisses par flottation. Ces derniers étant des produits de densité légèrement inférieur à l'eau. l'injection des micros bulle d'air permet d'accélérer la flottation des graisses.

Souvent ses opérations sont combinées dans un même ouvrage où la réduction de la vitesse dépose les sables et laisse flotter les graisses. On enlève ainsi de l'eau les éléments grossiers et les sables de dimensions supérieure à 200 microns ainsi que 80 à 90 % des graisses et des matières flottantes (soit 30 à 40 % des graisses totales.) (LADJEL, 2004).

D'après (METAHRI, 2012) le déshuilage est une opération de séparation liquide – liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses.)

Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans l'eau usée qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique.

2-3-Le traitement primaire :

Après les prétraitements il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspensions. les traitements primaires ne portent que sur les matières décantables

(décantation primaire ,il s'effectue par voie physique ou physico-chimique et a pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables.

2-3-1-La décantation (processus physique naturelle) :

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules (DES JARDINS, 1999).

Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les boues "primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage. L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable (DEGREMONT, 1989).

Selon (MENECEUR ,2013), il existe différents types de décanteurs primaires cités dans le tableau ci-dessous :

Tableau (5) : les différents types de décanteurs primaires

Type de décanteur	Gamme d'utilisation
Décanteurs longitudinaux	Très peu répons car très peu économiques (usure rapide, coût de construction élevé....)
Décanteurs lamellaires	De plus en plus utilisés, notamment dans les procédés d'épuration physico-chimique
Décanteurs circulaires	Largement répons du fait de leur faible coût de réalisation.

2-3-2- Traitement physico-chimique

Lorsqu'un effluent contient des toxiques, il ne doit pas être introduit directement dans un traitement biologique car il limitera, de ce fait l'activité des micro-organismes et donc la capacité épuratoire de l'écosystème dépolluant. La plupart des effluents rejetés par l'industrie chimique et l'industrie des métaux contiennent des toxiques et font l'objet, si ce n'est d'un traitement particulier, au moins d'un prétraitement. (R, DESJARDINS, 1997).

a) Matière colloïdale

Un colloïde est un corps chimique capable de prendre l'état colloïdale, c'est-à-dire l'apparence de la colle ou de la gelée, lorsque ces molécules dispersés dans un solvant se regroupent en micelles portant des charges électriques de même signe ; la substance est alors incapable de traverser une membrane semi-perméable (DICTIONNAIRE LAROUSSE).

Les particules colloïdales sont soit hydrophiles, soit hydrophobes. Les particules hydrophiles déshydratés se dispersent spontanément dans l'eau et sont entourées de molécules d'eau qui préviennent tous contact ultérieur entre ces particules. Les particules hydrophobes ne sont pas entourées de molécules d'eau ; leur dispersion dans l'eau n'étant pas spontanée, on doit la faciliter avec des moyens chimiques ou physiques, ces particules sont en général de matière inorganique, alors que les particules hydrophiles sont des particules de matière organique.

En fait, peu de particules sont exclusivement hydrophiles ou hydrophobes ; on retrouve plutôt des particules hydratées à différents degrés (R, DESJARDINS, 1997).

b) Potentiel Zeta (Pz)

Toute particule solide dans l'eau présente à sa surface solide-liquide une charge primaire négative ou positive, voire nulle (au pH de point de charge nulle). À l'interface, dans le liquide (sur quelques dizaines d'Angstrom d'épaisseur), il existe une double couche électrique (couche de STERN à proximité de la surface, puis couche diffuse de GOUYCHPMAN) dont la charge nette est de signe opposé à celui de la charge primaire.

Cet ensemble de charge est à l'origine d'un potentiel de surface (potentiel de NERST) dont la valeur décroît avec la distance à l'interface.

Ce phénomène revêt une importance particulière pour les particules colloïdales, en les empêchant de décanter et de s'agglomérer.

À l'intérieur de la double couche, il existe un plan de rupture (souvent considéré comme étant localisé entre les deux couches de STERN et de (GOUY-CHAPMAN) au niveau duquel le potentiel de NERST prend une valeur particulière appelée, potentiel ZETA

(J, RODIER 2009).

$$Pz = (K * \mu / E) * m_e$$

Pz : potentiel Zêta,

K : fonction du diamètre de la particule et de l'épaisseur de la double couche,

μ : viscosité dynamique

E : constante diélectrique du milieu

M e : mobilité électro phorétique (DEGREMONT, 2005)

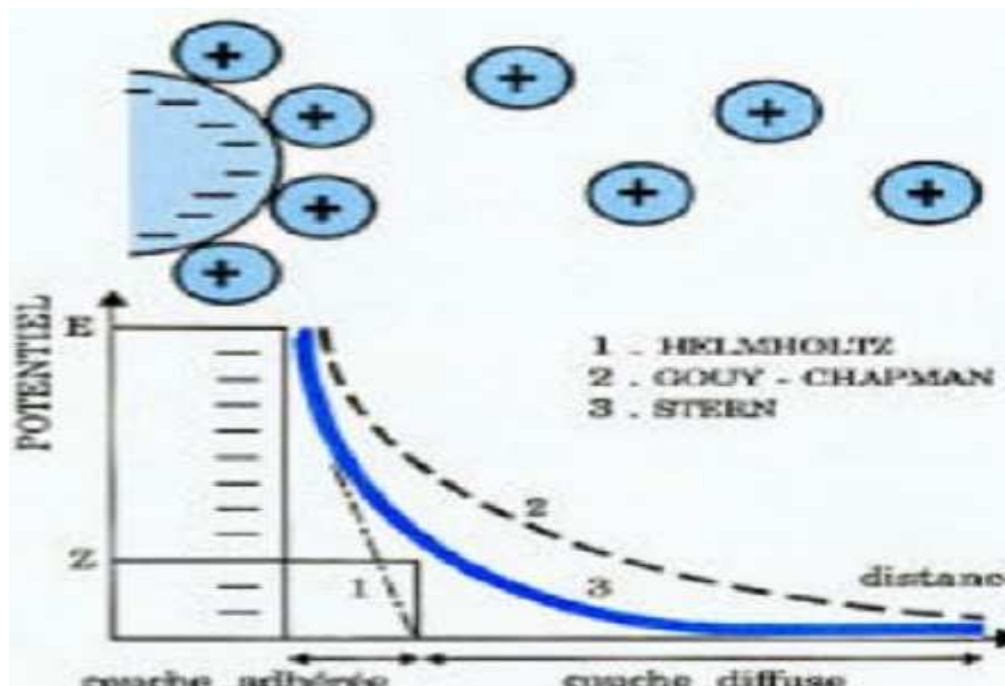


Figure (2) : présentation de la structure d'un colloïde (ANONYME2,1993) .

c) Coagulation – Flocculation

Lorsque des particules sont trop petites ou trop légères, par exemple pour décantier ou être filtrées seule (colloïdes, petites matières en suspension), on peut les aider en ajoutant un produit coagulant qui va réduire les forces de répulsions électrostatiques (coagulation) permettant ainsi aux forces d'attraction de Van der Waals de rapprocher les particules entre elles pour former des micro-flocs puis des flocons plus volumineux (flocculation) qui eux pourront décantier.

Cette dernière étape peut être facilitée par l'addition d'un produit de flocculation.

Les coagulants sont généralement des cations trivalents (fer, aluminium) et les produits de flocculation des polymères minéraux (silice activée), des polymères naturels (amidon, alginate) ou des polymères de synthèse (R, MOLETTA, 1984)

➤ Coagulation

La coagulation consiste à déstabiliser les particules colloïdales en influant sur leur potentiel zêta, et permettre ainsi leur agglomération à fin de faciliter leur élimination lors des étapes de séparation ou de filtration. Ce potentiel zêta que l'on mesure en observant la vitesse de déplacement des particules colloïdales sous l'action d'un champ électrique dans un appareil d'électrophorèse dit zêta mètre définit le comportement électrocinétique des particules. En annulant ce potentiel, les particules sont déstabilisées, et leur agglomération est favorisée. Le procédé consiste donc à introduire dans l'effluent à traiter un produit capable de décharger les colloïdes (généralement électronégatifs) et donc de déstabiliser l'équilibre électrocinétique des particules en suspension (CRINI et BADOT, 2009).

➤ Floculation

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des particules. Cette différence de vitesse peut être imputable :

- a) au mouvement brownien des particules (floculation péri cinétique) ;
- b) au déplacement d'une partie du fluide (floculation ortho cinétique).

La floculation physique à l'échelle industrielle est accélérée par l'adjonction de réactifs tels que les polymères à fort poids moléculaire ($M=10^6$) qui forment armature.

La floculation s'amorce après précipitation du coagulant en hydroxyde. Avec la polymérisation les colloïdes et les matières en suspension sont progressivement emprisonnés.

La structure formée a souvent besoin d'un flocculant pour être extraite du milieu. Les polymères utilisés pour la floculation sont souvent des poly électrolytes organique ou hydroxydes métallique.

Les produits organiques introduits pour accélérer la floculation sont des macromolécules dont le motif de base est souvent l'acrylamide

Il existe trois catégories de polymères en fonction de leurs charges (les polymères anioniques sont les plus utilisés, les cationiques ou non ioniques le sont parfois), le choix du réactif optimal fait l'objet, en général, de tests en laboratoire.

- **Floculation péri-cinétique**

Les contacts entre les particules sont causés par les mouvements aléatoires de celles-ci.

- **Floculation ortho-cinétique**

Elle est provoquée par l'agitation de l'eau, qui facilite l'agrégation en augmentant la probabilité des collisions entre les particules (E.ADLER et al, 2005)

La figure ci-après montre les deux processus de coagulation et floculation.

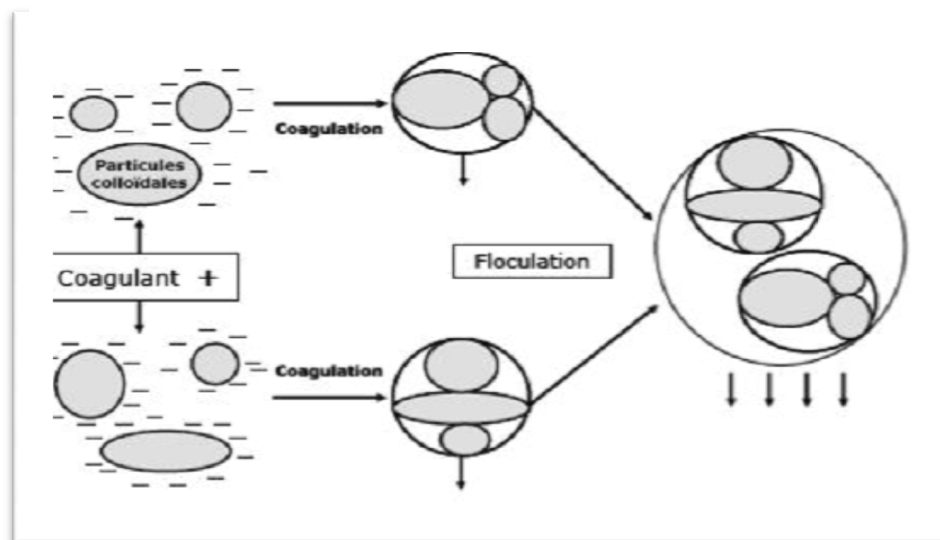


Figure (3) : coagulation-floculation

d) Clarification

La clarification est un ensemble de techniques de séparation solide-liquide qui permettent d'obtenir une eau clarifiée d'un côté et des boues de l'autre côté (CRINI et BADOT, 2009).

- **Décantation**

L'action de la pesanteur est en général utilisée sur les particules en suspension et l'eau clair est ensuite recueillie à la partie supérieure de l'appareil utilisée.

Les boues sédimentés dans la partie inférieure c'est la décantation (CRINI et BADOT, 2009).

Selon les caractéristiques de matière en suspension on peut distinguer quatre types de décantation

- Décantation des particules discrètes ;
- Décantation des particules floculantes ;
- Décantation freinée ;
- Décantation en compressions des boues (MEKHALIF, 2009).

- **Flottation**

Par opposition à la décantation la flottation est un procédé de séparation solide – liquide ou séparation liquide-liquide qui s'applique à des agrégats dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. la flottation est dite ;

- Naturelle, si la différence de la masse volumique entre les agrégats et l'eau est suffisante pour réaliser une séparation ;
- Assistée, si elle met en œuvre des moyens extérieurs (insufflation d'air, des réactifs) pour améliorer la séparation des particules naturellement flottable ;
- provoquée, lorsque la masse volumique de la particule, à l'origine supérieure à celle du liquide est artificiellement réduite pour provoquer sa flottation.

Cette technique dépend des caractéristiques physico-chimiques des trois phases (solide, liquide et gaz) (DEGREMONT, 2005).

- **Filtration**

Ce procédé physique, destiné à clarifier les eaux issues de décantation, consiste à faire percoler le mélange solide liquide à travers un milieu poreux, qui retient les particules solides et laisse passer le liquide (DEGREMONT, 2005).

- **Les séparations membranaires**

L'utilisation de membrane ayant des pores de plus en plus petits permettent de pousser très loin le seuil de séparation nommé aussi << seuil de coupure >> de la matière pour aller jusqu'à la rétention de molécules et de sels. La classification des technologies membranaires en fonction de leur << seuil de coupure >> est reportée sur la figure (4).

Elle a donné lieu à de nouvelles applications comme l'ultrafiltration, la nano filtration, l'osmose inverse et la dialyse. Elles peuvent être assistées électriquement comme

l'électrodialyse par exemple. Ces **membranes peuvent être composées de matières organiques ou minérales. Elles sont** particulièrement intéressantes dans le cas de réutilisation de l'eau sur site (ultra filtration) ou pour dessaler l'eau de mer (osmose inverse (R, MOLETTA, 1984)).

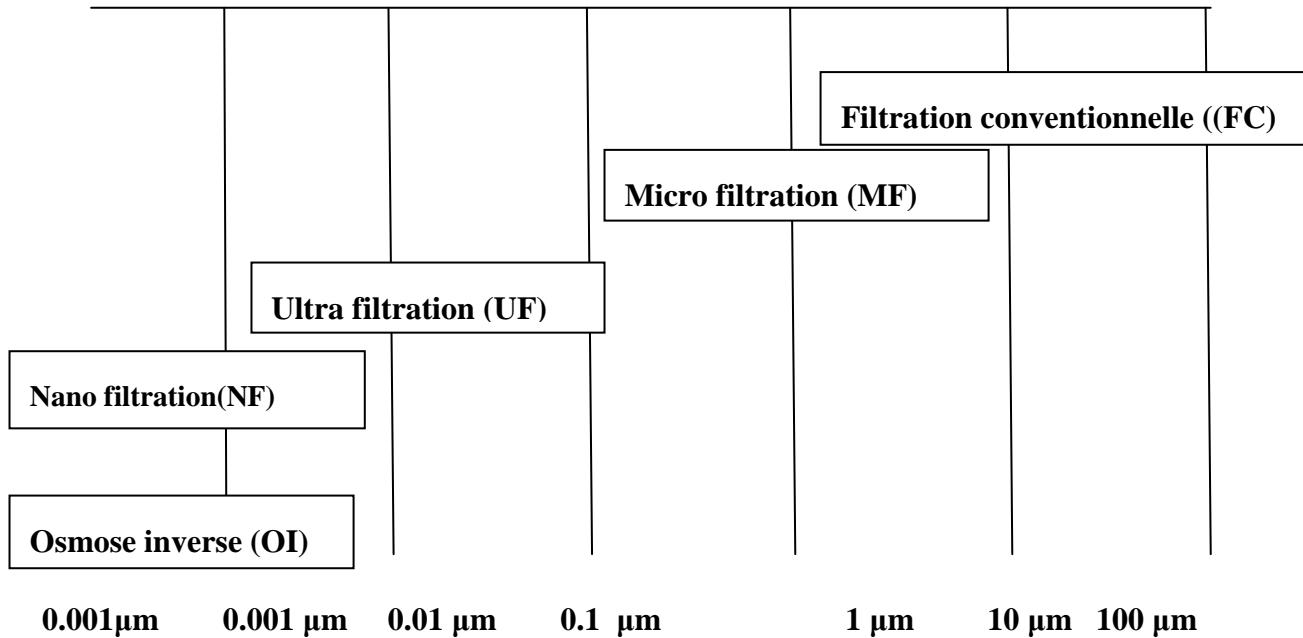


Figure (4) : classification des technologies membranaires en fonction de leur seuil de coupure.

e) Avantage et inconvénients du traitement physico-chimique

Le tableau suivant résume les principaux avantages et inconvénients de ce type de traitement.

Tableau (6) : présentation des avantages et des inconvénients du traitement physico-chimique

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les installations physico-chimiques : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ont une faible emprise au sol ; ▪ Adaptabilité a des extensions successives notamment lorsqu'on vise une épuration ultérieure par voie biologique ; ▪ Accepte les variations brutales de la charge polluante.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Performances épuration inférieurs à celles obtenues par les procédés biologiques ; ▪ Automatisation de l'installation ; ▪ Les coûts d'installation élevés ; ▪ Les coûts d'investissements dépendent de la capacité de traitement des installations et de la technologie mise en œuvre au niveau de la clarification des effluents.

2-4-Traitement secondaire (Traitements biologiques) :

Introduction :

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 combinent quant à eux des procédés de nature biologiques et physiques. (LADJEB, 2004)

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. Elle regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution. (MEKHALIF, 2009)

a-Principe d'épuration biologique :

Le traitement biologique a pour objectif principal l'élimination des composés solubles d'origine organique. Parallèlement, la floculation de la biomasse permet de piéger les matières en suspension restant à l'issue du traitement primaire.

Le principe de ce traitement est de mettre en contact la matière organique contenue dans les eaux usées avec une population bactérienne. Celle-ci assimile alors la matière organique pour son propre développement. Ces dispositifs permettent d'intensifier et de localiser sur des surfaces réduites les phénomènes de transformation et de dégradation des matières organiques tels qu'ils se produisent en milieu naturel. Ils sont la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant intervenir une microflore bactérienne et une microfaune de protozoaires et de métazoaires (J, RODIER 2009)

b-Stratégies mise en œuvre des micro-organismes :

Les procédés de traitement secondaires sont fondés sur la digestion microbienne à la fois en présence ou en absence d'oxygène pour réduire la concentration en matières organiques). Plusieurs techniques peuvent être distinguées, le choix de l'une ou l'autre est fonction de l'emplacement disponible pour le procédé de traitement, de la charge de l'effluent et de la quantité de pollution à traiter.

Du fait que les micro-organismes, les plus actifs, sont les bactéries qui conditionnent en fonction de leur modalité propre de développement, les procédés biologiques de traitements, peuvent être classés en procédés aérobies et anaérobies.

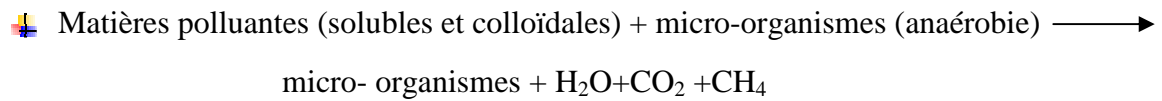
✓ Traitements anaérobies :

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre de CO₂.

Ce type de fermentation est appelé digestion en hydrologie. C'est une opération délicate qui demande une surveillance importante. En effet, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé. Il faut aussi éviter les écarts brutaux de pH et

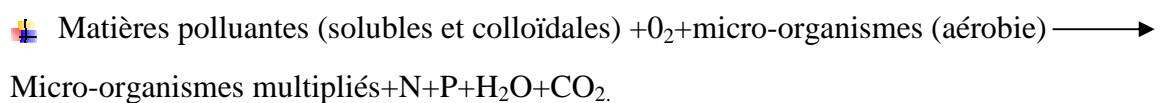
les substances inhibitrices du développement bactérien, à titre d'exemple : les cyanures, les sels de métaux lourds et les phénols. (Valiron ,1989).

La transformation de la pollution dans cette voie est schématisée comme suit :



✓ **Les traitements aérobies :**

Selon (MENEUCEUR ,2013) les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène, et la pollution dans cette voie est transformée en biomasse microbienne, c'est –à-dire en matière insoluble facile à récupérer par décantation. Elle est schématisée de la manière suivante :



c- Les différents procédés d'épuration biologique :

Parmi les traitements biologiques, on distingue des procédés extensifs (naturel) et intensifs (artificielles)

c-1- Les procédés biologiques intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs, ces derniers regroupent toute une série de techniques ayant en commun le recours à des cultures bactériennes.

Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. Deux types d'installation sont utilisés

- Les installations à "cultures fixées", où on distingue différents types de supports pour les cultures bactériennes : les disques biologiques et lits bactériens.

✓ **Lit bactérien :**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux (.anonyme ,2014).

✓ **Disques biologiques :**

C'est une technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants où se développent les micro-organismes et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

La colonisation des biodisques par les micro-organismes a lieu quelques jours, et l'épaisseur du biofilm varie entre 1,5 et 3 mm.

Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant le rejet de l'eau dans le milieu naturel. (MENECEUR, 2013).

- Les installations à cultures libres, dans lesquelles la culture bactérienne est maintenue en suspension dans l'effluent d'eau usée à traiter, il s'agit du procédé de boue activée. C'est le traitement le plus simple et le plus fréquemment utilisé.

✓ **procédé à boue activée :**

Le procédé de traitement par boues activées est un procédé relativement récent, il mit au point par ARDEN ET LOCKETT en 1914 à Manchester au Royaume –Uni.

C'est un procédé qui consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées) dans un bassin brassé et aéré, alimenté par l'eau usée à traiter.

Le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et l'eau usée (liqueur mixte).

L'aération, qui peut se faire avec de l'air, ou avec de l'oxygène pur a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répandre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

🚦 **Principe de fonctionnement des boues activées :**

Dans le processus d'épuration par boue activée, la pollution est éliminée de la façon suivante :

- Les matières en suspensions (MES) et colloïdales sont éliminées par agglomération physique et ensuite par floculation et absorptions des matières organiques solubles par les boues activées ;
- Élimination lente des matières organiques solubles par action enzymatique ;
- Auto oxydation et dégradation d'une partie des amas biologiques (eux-mêmes).

🚦 **La technique de fonctionnement :**

Le développement des boues est assuré par un brassage de la masse formée et surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisations. L'oxygène est fourni artificiellement soit par insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond et de surface.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé décanteur secondaire destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération, pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent est extrait du système et évacué vers les ouvrages de traitement des boues.

🚧 **La microflore et microfaune des boues activées :**

La population microbienne des boues activées est très complexe et ne peut se définir qu'au moyen des principaux groupes écologiques : bactéries, champignons, protozoaires et métazoaires. L'essentiel de l'épuration est due à des bactéries aérobies gram-négatifs mobiles : Pseudomonas, Aeromonas, Arthrobacter, flavobacter, Alcaligenes.

Remarque :

La qualité des polluants servant de substrat aux micro-organismes, joue un rôle important. Avec une faible concentration d'azote et de phosphore, les boues ont tendance à foisonner ; ce système de gonflement est la conséquence d'une certaine maladie des boues qu'on appelle

<< Bulking >> ou foisonnement indiquant la présence de boues filamenteuses.

🚧 **Le gonflement des boues (Bulking) :**

Le Bulking est un état de boue caractérisé par la présence d'organismes filamenteux et présentant de mauvaises propriétés de sédimentation.

Le Bulking proprement dit correspond à une boue qui ne se compacte pas d'où un volume élevé du surnageant.

Il se présente lorsque l'eau présente un pH bas, une déficience en O₂, en azote, et en phosphore ou lorsqu'elle est riche en glucides. Il se développe alors des bactéries indésirables qui forment un floc filamenteux indecantable et constitue l'une des causes de la pathologie la plus répandue des boues activées.

Pour remédier à la présence des bactéries filamenteuses, trois solutions sont à envisager :

- La création d'un bassin de sélection d'espèce ;
- L'ajout des réactifs chimiques ;
- L'amélioration du transfert d'oxygène ;(LADJEB, 2004)

c-2-Les procédés biologiques extensifs

🚧 **Culture fixées :**

➤ **Filtration/percolation :**

La filtration ou percolation consiste à traiter l'eau par l'intermédiaire du sol ou d'un massif filtrant (Vasel, 2007). On filtre les effluents à raison de quelques centaines de litres d'effluent par mètre carré de massif filtrant et par jour. Deux mécanismes entrent en jeu :

- 1) la filtration des MES : plus le sable est grossier, plus la fixation des MES se fera en profondeur. Les MES finissent par colmater le filtre. Pour lutter contre le bouchage du massif filtrant, il faut donc alterner phase de filtration et phase de séchage, l'élimination des MES permet également l'élimination des micro-organismes qui y sont fixés ;
- 2)) l'adsorption des bactéries libres par les grains de sable du filtre : il se forme alors un film biologique contaminé, surtout dans la partie supérieure, ce film va permettre une dégradation microbienne de la matière organique et des substances dissoutes dans

l'effluent (phosphates, nitrates, etc.). Cette dégradation consomme de l'O₂ et produit du CO₂, il faut donc aérer régulièrement le film pour éviter l'asphyxie du milieu.

Les techniques de filtration/percolation permettent l'élimination des « gros » micro-organismes (protozoaires et helminthes) par filtration/adsorption au début du massif filtrant.

L'élimination des virus et des bactéries est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée

(Faby, 1997)

➤ **Les filtres plantés de roseaux**

C'est un concept de station de type extensif. Le principe consiste à faire passer les eaux usées à travers un massif granulaire planté de végétaux (des macrophytes généralement comme typha). Les racines des végétaux permettent une bonne circulation des fluides et ils supportent comme le massif granulaire, les micro-organismes épurateurs. Des cycles d'alimentation suivis de cycles de repos permettent la minéralisation de la matière organique entrante. Deux stratégies sont appliquées :

Les flux verticaux et les flux horizontaux

✚ Dans les flux verticaux, l'effluent est apporté par bâchées qui couvrent toute la surface et descendent dans le massif filtrant. En passant, il entraîne un renouvellement de l'air dans le massif et entraîne donc un apport d'oxygène qui permettra les réactions de nitrifications qui conduiront ensuite à la dénitrification. Les cycles d'alimentation permettent l'élimination de la pollution organique et cycles de repos permettent la minéralisation de la biomasse formée précédemment.

✚ Dans la stratégie du flux horizontal, on met en œuvre une circulation horizontale de l'effluent prétraité qui reste en dessous du niveau du lit granulaire. Pendant son passage à travers le massif l'eau est traitée. Comme précédemment, les cycles d'alimentation permettent l'élimination de la pollution organique et cycles de repos permettent la minéralisation de la biomasse formée au par avant. (R, MOLETTA, 1984)

✚ Culture libre :

➤ **L'épandage :**

Les effluents contiennent un grand nombre de molécules qui elle-même contiennent des éléments utiles pour les végétaux. C'est pour quoi l'une des techniques très utilisées pour traiter ces effluents, est l'épandage. Elle est appliquée principalement pour les effluents d'origine agricole, des industries agro-alimentaires et pour les boues de stations d'épurations.

Elle n'est plus utilisée pour épandre les effluents urbains.

Elle consiste pour épandre sur un sol agricole des effluents contenant des éléments nutritifs pour la culture envisagée avec le souci de ne pas accumuler de matière provenant de l'effluent dans le sol. C'est le pouvoir épurateur du sol qui est alors exploité. Il faut considérer que l'épandage bien réalisé apporte un plus pour l'agriculture en économisant des engrais chimiques et en améliorant les qualités des sols via l'apport de matières organiques (R.MOLLETTA, 1984).

➤ **Le lagunage :**

Le lagunage est un procédé d'épuration extensif, consistant à faire séjourner les eaux usées dans plusieurs bassins successifs, de grandes tailles, peu profonds (moins de 1,5m) et étanches (trois en général, dont le dernier est planté de végétaux), L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau et par l'activité de la photosynthèse des micro-algues de surface.

La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau. Le rayonnement solaire détruit en outre certains germes (lagunage de finition, dans les derniers bassins)

La durée de séjour de l'eau usée dans les bassins peut atteindre 60 jours et les eaux à traiter doivent avoir subi une décantation préalable (le lagunage primaire).

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90% de DBO₅, 20% à 30% de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année. Il est surtout bien adapté aux communes rurales et peut être utilisé comme traitement de finition en aval d'une station d'épuration essentiellement pour obtenir un abattement des germes infectieux. (dans les zones de baignade par exemple.)(LADJEB, 2004).

❖ **Les différents types de lagunage :**

✓ **Le lagunage naturel :**

L'épuration des eaux usées est assurée grâce à un long séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série, dont le nombre minimum est trois.

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière, ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux bactéries de se multiplier.

Au fond du bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau. (MENACEUR, 2013)

✓ **Le lagunage aéré :**

Les lagunes aérées sont des bassins traversées par l'effluent à épurer. L'oxygène nécessaire est fourni par des aérateurs à turbines ou quelque fois par diffuseurs; l'aération sert également au maintien en suspension des boues activées (GOMELLA, 1978)

❖ **Il existe deux types de lagunes aérées :**

Les lagunes aérobies dans lesquelles on maintient une concentration en oxygène dissous dans tout le bassin. Les boues sont maintenues en suspensions, et ce système peut être assimilé à celui des boues activées à très faible charge et fonctionnant sans recyclage des

boues. L'effluent traité aura donc une concentration en boues égale à celle présentée dans la lagune. Une décantation secondaire est indispensable.

Les lagunes facultatives dans laquelle l'oxygène n'est maintenu que dans la partie supérieure des bassins, alors qu'une zone anaérobie est présente au fond. Dans ces bassins aérobies –anaérobies (facultatifs), une fraction des boues activées se dépose dans la partie inférieure où règne une faible turbulence et les sédiments subissent une fermentation anaérobie qui les minéralise mais qui provoque également un retour de la DBO₅ dans la phase liquide.

✓ **Le lagunage à haut rendement :**

Dans ces lagunes l'épuration est obtenue grâce à une production algale intensive.

Dans des bassins peu profonds (30 à 60 cm) ; l'eau animée par des roues à aubes, circule lentement ce qui favorise l'homogénéisation et le développement des algues. (LADJEB ;2004).

2-5-Les traitements tertiaires ou de finissage :

Les traitements complémentaires appelés aussi tertiaires, avancés, ou de finissage, sont des procédés qui permettent d'améliorer les caractéristiques de l'eau résiduaire ayant subi les traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige (DEGREMONT, 1978) :

- Les zones sujettes aux phénomènes d'eutrophisation
- Les eaux de baignade
- Besoins agricoles;
- Recharge de nappes aquifères ;
- Pisciculture ;
- Usage domestique allant jusqu'à la consommation humaine.

Les traitements tertiaires englobent, principalement, l'élimination de l'azote, l'élimination du phosphore et la désinfection, mais aussi l'amélioration générale de la qualité de l'eau.

2-5-1-Elimination de l'azote :

Selon (Ladjeb ,2004) L'azote contenu dans les eaux usées peut être éliminé par voie biologique ou physico-chimique. Les procédés physico-chimiques comprennent essentiellement la chloration, électrodialyse, la résine échangeuse d'ions.

Ces procédés ne sont pas applicables en traitement des eaux résiduaires urbaines en raison de leurs faibles rendements et de leurs coûts prohibitifs.

Ce sont les procédés biologiques qui sont les mieux adaptés au traitement de l'azote des eaux usées domestiques en raison de leur facilité de mise en œuvre, de leur coût modéré et de la possibilité combinée l'élimination des pollutions carbonées et azotées.

➤ **Les formes de l'azote :**

L'azote des eaux usées est essentiellement, constitué d'azote organique ammonifiable ou réfractaire (sous forme soluble et particulaire) et d'azote ammoniacal.

L'azote KJELDAHL (NK), représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal.

L'azote subit différentes transformations au cours d'un traitement biologique : passage de la forme ammoniacal à la forme nitreuse puis nitrique et de retour à la forme gazeuse chacun des composés formés au cours de ces différentes étapes à un poids moléculaire différent.

Le suivi de l'évolution de l'azote au cours du traitement ne peut être effectué qu'à partir d'une base commune : le nombre de moles d'azote ou les masses d'azote mises en jeu. C'est la raison pour laquelle les charges et les concentrations de NH_4^+ donnent les équivalences suivantes :

1.29g NH_4^+ sont équivalents à 1mg d'azote ammoniacal N- NH_4^+

3.29mg NO_2^- sont équivalents à 1mg d'azote nitreux N- NO_2^-

4.43 mg NO_3^- sont équivalents à 1 mg d'azote nitrique N- NO_3^-

➤ **Principe d'élimination de l'azote par voie biologique :**

L'élimination de l'azote par voie biologique consiste à oxyder l'azote ammoniacal en azote nitreux puis en azote nitrique en milieu aérobie, puis à réduire les nitrates en azote gazeux en zone anoxie.

❖ **Les différentes étapes sont :**

🧩 **L'assimilation :**

C'est l'utilisation d'une partie de l'azote ammoniacal et éventuellement organique pour la synthèse bactérienne. Les besoins de celle-ci sont de l'ordre de 5% de la DBO_5 éliminée par la culture bactérienne.

🧩 **La nitrification :**

La nitrification est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrites, puis en nitrates après transformation de l'azote organique en azote ammoniacal (ammonification).

1g d'azote ammoniacal nécessite 4.18 d'oxygène pour être transformé en azote nitrique. La nitrification n'est possible que si l'azote est présent au départ sous forme ammoniacal.

Les bactéries nitrifiantes sont classées en deux catégories :

Les *Nitrosomonas* qui oxydent l'ammoniac en nitrites ;

Les *Nitrobacter* qui oxydent les nitrites en nitrates.

La réaction globale simplifiée de la nitrification peut s'écrire de la façon suivante :



🚧 La dénitrification

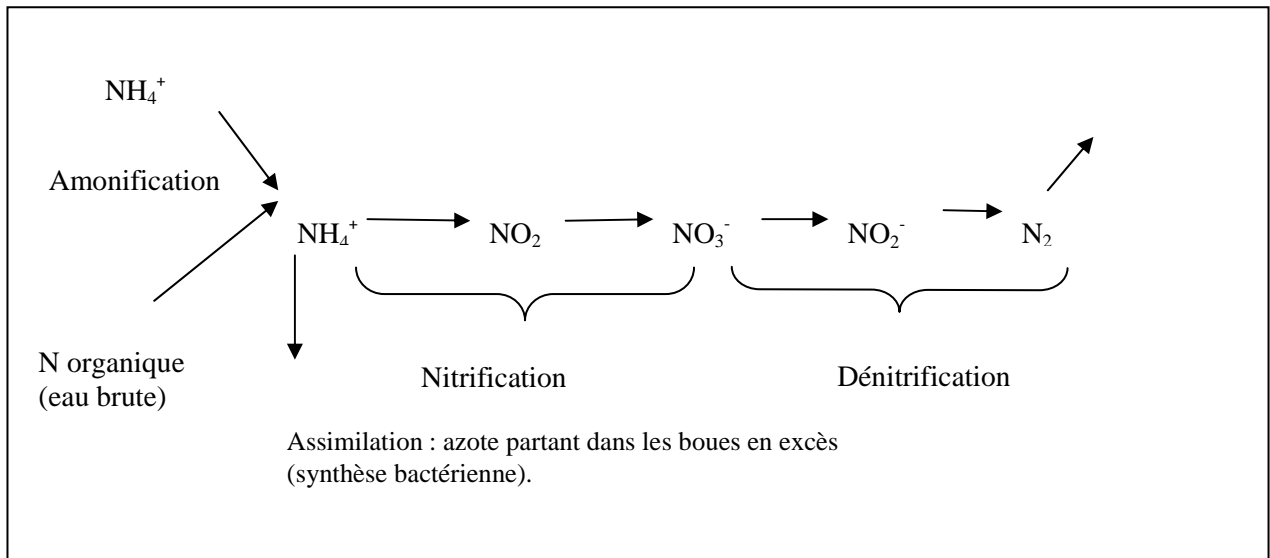
C'est une réduction des nitrates azote gazeux qui retourne ainsi sous sa forme nutritive dans l'atmosphère.

Cette réduction se fait par l'intermédiaire de bactéries anaérobies facultatives hétérotrophes qui en cas de carence du milieu en oxygène ont la propriété d'utiliser l'oxygène combiné de certains composés chimiques et notamment des nitrates réduits alors azote gazeux.

La dénitrification s'exprime par différentes réactions que l'on peut schématiser comme suit :



Quatre paramètres essentiels influent sur la vitesse de dénitrification : la température, l'oxygène dissous, pH et la source de carbone organique.



Figure(5) : Mécanisme réactionnels de la dégradation de la pollution azotée par Nitrification-Dénitrification.

2-5-2-Elimination du phosphore :

Le phosphore peut se présenter sous différentes formes :

- Phosphore organique soluble contenu dans le matériel cellulaire végétal ou animal ;
- Ortho phosphates dissociés (sucres phosphatés, phospholipides, etc....)
- Phosphates inorganiques condensés (pyrophosphates, tripolyphosphates, trimétaphosphates...).

L'eutrophisation est l'une des conséquences liées au rejet de phosphore dans le milieu naturel, c'est l'enrichissement excessif d'un milieu aquatique (notamment si les eaux sont stagnantes ou à circulation réduite) en éléments nutritifs ou en matières organiques, provoquant un développement surabondant de biomasse végétale dont la décomposition

ultérieure consommation, en partie ou en totalité, l'oxygène dissous dans l'eau et réduit la biodiversité du milieu aquatique. (LADJEB, 2004)

Le phosphore a essentiellement pour origine :

- Le métabolisme humain ;
- Les produits lessiviels et de nettoyage ;
- Des rejets industriels : effluents industriels agroalimentaires, abattoirs, laveries industrielles, industrie chimique spécialisée ;
- Les rejets agricoles (purins, lisiers) (HAMI A, 2005).

L'élimination du phosphore, ou déphosphatation, peut être réalisée par des voies physico-chimiques, ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction des réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation des phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminant entre 80% et 90% du phosphore, mais engendrent une importante production des boues (R, MOLETTA, 1984).

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes et leurs rendements variables (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées)

2-5-3- La désinfection :

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, sera réalisé par des traitements de désinfection chimique par :

- **Le chlore** : Est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes (BAUMONT et al, 2005). Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (NaClO) appelé communément "eau de Javel", l'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), le chlore de chaux ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{OCl}_2$) et le chlorite de sodium (NaClO_2) (OUALI, 2001).
- **L'ozone (O_3)** : est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité

Ou physique par :

- **Les rayons ultraviolets** : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre.

car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées

- **La filtration** : Est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension (CSHPF, 1995). L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée (FABY, 1997).
- **Lagunes de finition**: Le lagunage naturel "tertiaire" assure l'exposition des microorganismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé. Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amointrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit. (FABY, 1997).
- Les eaux usées bénéficiant d'un traitement tertiaire contiennent si peu de nutriments qu'elles ne peuvent permettre une forte croissance microbienne. Le traitement tertiaire est la méthode la plus complète pour traiter les eaux d'égouts, mais elle n'a été généralisée en raison de son coût. (FABY, 1997).

Ou physico-chimique par :

- **Adsorption sur charbon actif**

Le charbon actif fait partie d'une gamme de substance présentant une très grande porosité et une surface spécifique importante de l'ordre de 500 à 1500 m² par gramme de charbon. Ces qualités confèrent au charbon actif un grand pouvoir d'adsorption. Ce processus physico chimique est utilisé dans les filières d'eau pour fixer les substances difficile à éliminer par un traitement classique et pour éliminer les substances humiques (responsable de la couleur), les goûts, les odeurs, les phénols, et les crésols, ainsi que plusieurs substances toxiques non biodégradables. Les composés retenus sont les adsorbats et le charbon actif est l'adsorbant (MEKHALI, 2009)

3-Le traitement des odeurs :

La dépollution des eaux usées produit des odeurs, qui sont parfois perçues comme une gêne par les riverains des stations d'épuration. Les principales sources de mauvaises odeurs sont les boues et leur traitement, ainsi que les installations de prétraitement.

Le seuil de tolérance de ces nuisances olfactives est subjectif et aucune norme en matière d'émissions malodorantes n'existe. Cependant, les exploitants de stations d'épuration cherchent à limiter les odeurs dégagées par les traitements.

La conception des stations est le premier élément permettant de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage. Il faut, par exemple, veiller à réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées.

Ainsi, les ouvrages les plus odorants sont souvent regroupés pour concentrer l'émission d'effluves nauséabonds. Leur couverture est aussi une manière d'atténuer les émissions malodorantes.

Des installations de désodorisation chimique ou biologique sont également mises en place, au sein des stations d'épuration. La désodorisation chimique est la technique la plus utilisée. Les gaz malodorants sont captés puis envoyés dans des tours de lavage, où un liquide désodorisant est pulvérisé. Ces lavages peuvent comporter de la soude, de l'acide et/ou de l'hypochlorite de sodium (eau de javel), réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs (MARTIN G, 1982).

4-Traitement des boues :

Les boues résiduairees se présentent sous une forme liquide et avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênantes et posent beaucoup de problèmes techniques pour leur évacuation « quelle que soit la destination », parmi les quels leur transport et leur stockage qui conduisent souvent à des problèmes de manipulation et des nuisances olfactives. Ceci impose le choix d'une filière de traitement dès l'installation de la STEP. (AMIR, 2005).

Quel que soit le mode de traitement des eaux usées, les boues issues doivent subir des traitements qui visent à atteindre les objectifs suivants :

- Réduire la fraction organique et diminuer la pouvoir fermentescible des boues et les risques de contamination, ce par la stabilisation ;
- Diminuer le volume total des boues afin de réduire le coût d'évacuation, ce par la déshydratation ;
- **Elimination final des boues par :**
 - ✓ Valorisation agricole ;
 - ✓ Incinération ;
 - ✓ Mise en décharge. (METAHRI, 2012)

Les différents traitements appliqués sur les eaux usées épurées sont représentés dans la figure qui suit :

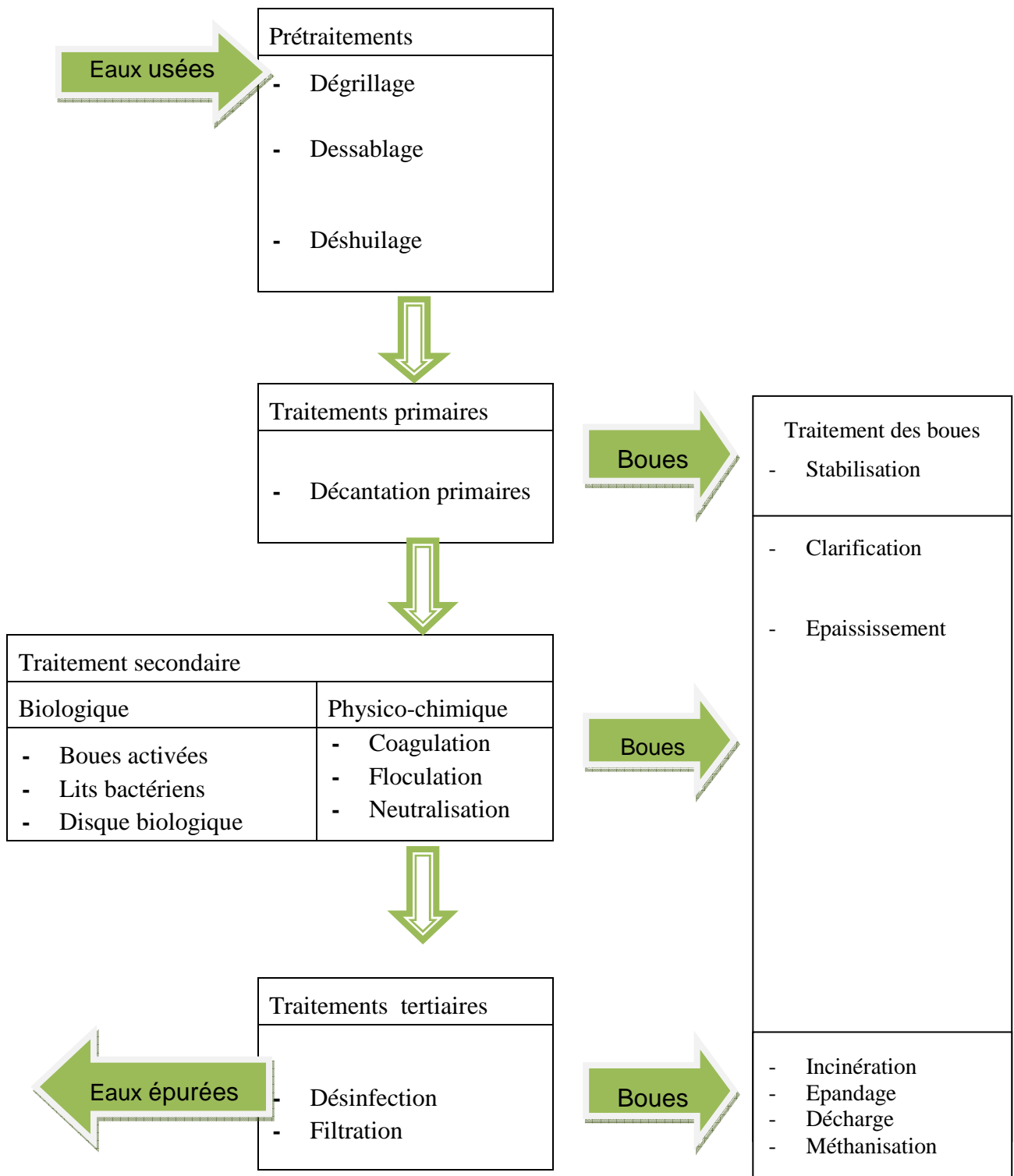


Figure (6): les différentes étapes d'épuration des eaux usées

Conclusion :

La conception d'une installation d'épuration s'effectue généralement à l'extrémité du réseau de collecte sur l'émissaire principal, juste en amont de la sortie des eaux usées vers le milieu récepteur ou à l'aval d'un processus de transformation. Cette dernière doit répondre aux normes de rejets et de protection d'environnement.

Présentation de la zone d'étude

Introduction :

La station d'épuration Ouest de Boukhalfa traite les effluents domestiques de la partie ouest de l'agglomération de Tizi-Ouzou, et les déverse vers l'oued Sebaou, elle s'étale sur une superficie d'un ha environ et possède une capacité de 25000 équivalents habitants correspondant à un volume d'eau usée traitée de $3750 \text{ m}^3/\text{j}$.



Figure (7) : Vue générale de la STEP Ouest Boukhalfa

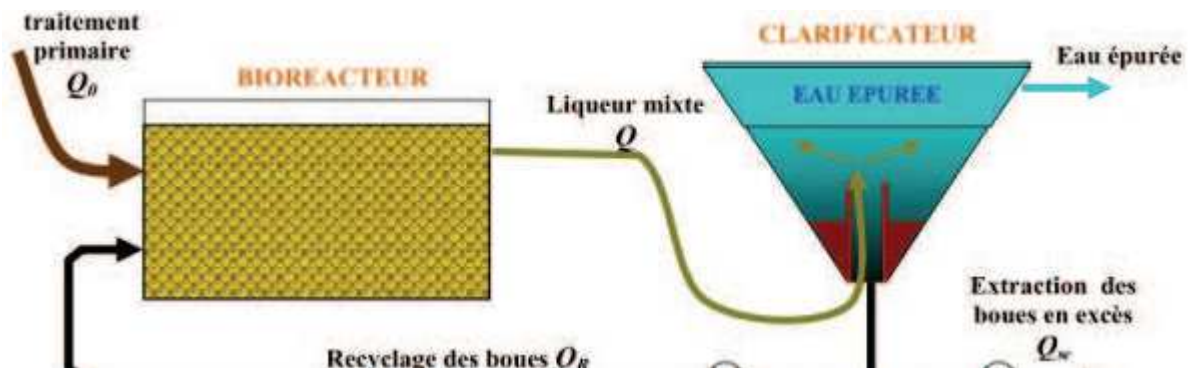
1-Localisation :

La station d'épuration de Boukhalfa est située à l'ouest de la ville Tizi-Ouzou, sur la rive gauche de l'oued Bouaid à 40 mètres de la RN 12 (à proximité de l'autoroute Tizi-Ouzou - Alger) qui diverse vers Oued Sebaou au nord.

2- Le principe de traitement :

Le principe de traitement est celui d'une épuration biologique à boues activées, à faible charge et aération prolongée.

Dans ce type de traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. Ce processus aérobie provoque le déplacement des bactéries qui, par des actions physico-chimiques retiennent la pollution organique et s'en nourrissent.



Figure(8) : Schéma du principe du procédé de traitement secondaire

3- La filière du traitement

La station d'épuration Ouest Boukhalfa se compose de la ligne de traitement biologique suivante :

- Arrivée des eaux brutes ;
- Dégrillage des eaux brutes ;
- Dessablage- déshuilage ;
- Aération des eaux et formation des boues activées ;
- Clarification des eaux (décantation secondaire) ;
- Recirculation des boues ;
- Epaissement des boues en excès ;
- Evacuation des boues fraîches vers les lits de séchage ;
- Déshydratation des boues sur les lits de séchage.

3-1-Arrivées des eaux brutes :

Les eaux brutes sont acheminées vers les ouvrages de la station par fonction gravitaire, un regard d'arrivée des eaux (déversoir d'orage) en provenance du versant ouest de Tizi-Ouzou se trouve implanté à l'amont de la STEP menu d'une grille fixe à nettoyage manuel d'ont l'espacement est un peu large, conçus pour retenir les déchets volumineux des eaux excédentaires, by passer directement vers le oued.



Figure (9) : Arrivée des eaux usées

3-2-Prétraitement :

3-2-1 Dégrillage

A l'arrivée à la station d'épuration, les eaux résiduaires brutes subissent un dégrillage permettant de séparer et d'évacuer les matières volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer l'exécution en obstruant dans les différentes unités de l'installation (les pompes, vis d'Archimède...)

Le dégrillage existant comporte un dégrillage mécanisé et un autre manuel, montés dans des canaux de 1m de largeur. Les refus et déchets bloqués par la grille sont évacués par un convoyeur à bande menu d'un vice sans fin vers une benne.



Figure (10) : dégrilleur manuel



Figure (11) : dégrilleur mécanique



Figure (12) : vice sans fin

3-2-2- Dessablage-Déshuilage :

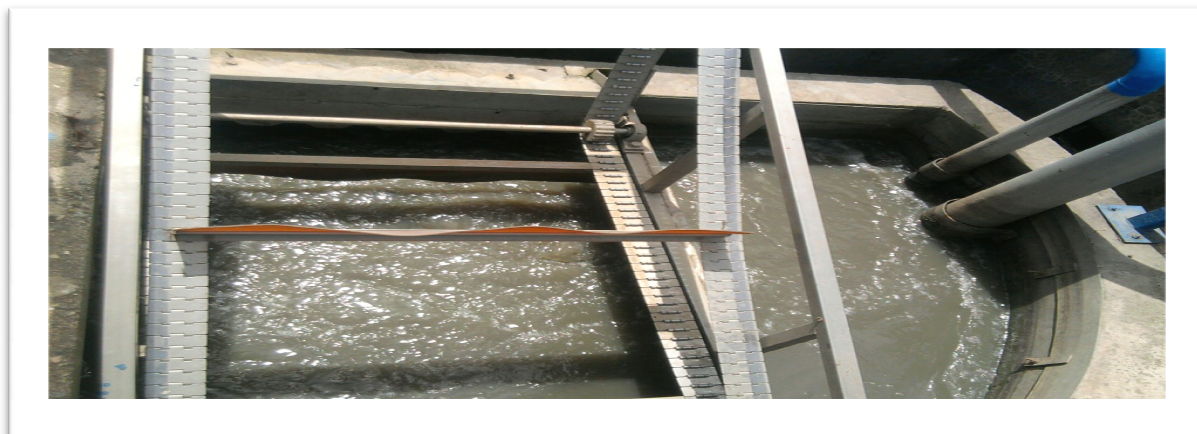
Au poste de dégrillage fait suite un chenal amenant les eaux dégrillées en tête de dessableur-déshuileur.

Dans la zone de dessablage, les filets d'eau décrivent un mouvement hélicoïdal résultant de l'avancement horizontal de l'eau et du mouvement vertical ascendant engendré par les bulles d'air.

Ce mouvement a pour effet d'empêcher la sédimentation des matières plus légères c'est-à-dire les matières organiques et autres en suspension.

Dans la zone de déshuilage on observe la flottation des huiles et graisses entrainées à la surface par leur densité plus légère que l'eau.

Les huiles sont remontées en surface par l'injection de l'air comprimés par petite gouttelettes à l'aide de deux soufflantes, ces flottants (huiles) sont éliminés grâce à un racleur rotatif de surface qui est entrainé par un moto réducteur vers une goulotte (passage) de récupération et les transférant dans un regard de stockage équipé d'une tuyauterie d'évacuation.



Figures (13) : Dessableur-déshuileur

NB : le racleur des huiles et graisses est en état de panne.

Il existe quatre (04) soufflantes d'air dans le bassin dessableur-déshuileur :

- a- Deux soufflantes à droite :** sont utilisées pour l'évacuation des sables du bassin vers le séparateur du sable
- b- Deux soufflantes à gauche :** sont utilisées pour injecter de l'air comprimé en petite gouttelettes pour favoriser l'accélération du phénomène de la flottation des huiles et graisses dans le bassin.



Figure(14) : soufflantes d'air

3-3-Le traitement biologique :

Le procédé de traitement est dit « à boues activées » car l'ensemble des conditions favorables à une activité maximale des bactéries est mis en œuvre : un apport en oxygène suffisant, une agitation permanente afin de favoriser le contact entre bactéries et pollution, une concentration élevée en bactéries pour augmenter l'efficacité du traitement. La chaîne de traitement est composée d'un bioréacteur, d'un clarificateur et d'une boucle de recyclage des boues. Le traitement biologique est réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

➤ **Le bassin biologique :** (1 seul bassin biologique).

Ce traitement a pour but d'éliminer les matières organiques biodégradables (solide, colloïdales et dissoute) contenus dans l'eau usée par l'action de microorganisme, en présence d'oxygène dissous.

Une culture bactérienne, dispersée sous forme de flocons (boues activées) se développe et forme avec l'eau usées une **liqueur mixte**.

Après un temps de contact suffisant permettant la fixation et l'assimilation de matières organiques, cette liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur où s'effectue la séparation de l'eau épurée des boues.

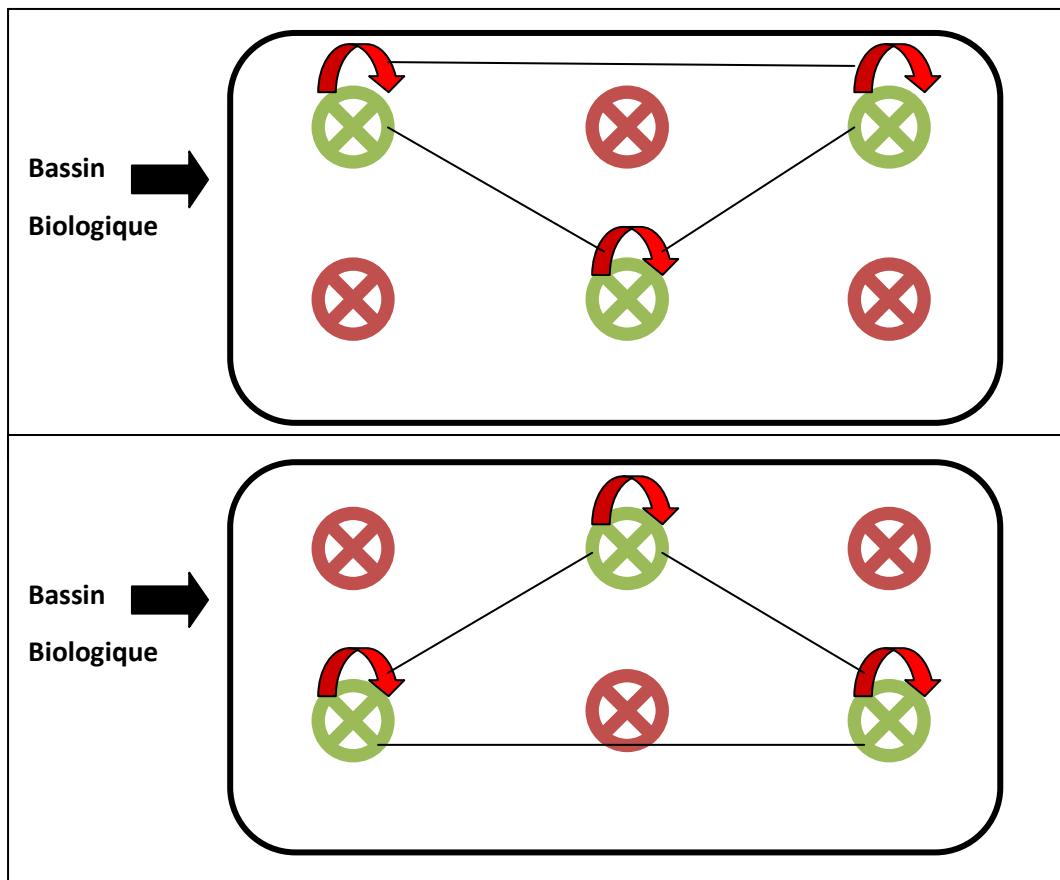
Les boues décantées sont introduites en partie dans le bassin d'aération (recirculation des boues) pour maintenir un rééquilibrage constant entre la quantité de pollution à traiter et la masse de bactéries épuratrice. Les boues excédentaires sont évacuées du système vers les ouvrages de traitement des boues (extraction des boues en excès).





Figure(15) : bassin d'aération

Il existe 6 aérateurs dans le bassin d'oxydation, qui travaillent en alternance selon le mode triangle (trois fonction et 3 s'arrête) pendant 20minute de marche et 30 minutes d'arrêt.

➤ **Mode de fonctionnement des aérateurs dans le bassin biologique (06 aérateurs) :**



 Aérateur en marche (20min).

 Aérateur en arrêt (30min).

Figure(16) : Mode de fonctionnement des aérateurs dans le bassin biologique

Les aérateurs assurent deux points très important :

- 1- **Une bonne homogénéisation de la liqueur mixte (brassage) :** une répartition uniforme du mélange eaux usées + bactéries dans le bassin d'oxydation.
- 2- **Une bonne oxygénation :** fournir de l'oxygène nécessaire aux bactéries pour favoriser l'oxydation et la dégradation de la matière organique en présence d'oxygène.



Figure (17) : Aérateur en état de marche.

➤ **Clarificateur :**

Il existe deux clarificateurs. Les eaux y subissent une décantation pour séparer les eaux épurées des boues qui sont récupérées au fond de l'ouvrage pour être dirigées vers l'épaisseur puis vers la déshydratation (lit de séchage). L'eau épurée est acheminée ensuite vers le bassin de chloration.



Figure(18) : bassin de clarification

➤ **Reprise des boues décantées :**

Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur radial à entraînement périphérique. Les flottants pouvant se trouver à la surface sont repris par une lame de surface qui les guides progressivement vers un puits de reprise des flottants situé en un point de la périphérie de l'ouvrage.

Les boues décantées sont dirigées à l'aide d'un racleur vers un puits central de collecte.

Elles sont reprises par des tuyauteries les acheminant vers la bêche de pompage.

Les eaux décantées sont recueillies par surverse dans une goulotte périphérique pour être dirigées vers le bassin de désinfection.

➤ **Bassin de désinfection :**

L'eau clarifiée transite vers une bêche en béton armé, comportant un certain nombre de canaux en chicane.



Figure (19) : Bassin de désinfection

3-4-Traitement des boues :

4-1- Epaisseur :

Les boues en excès sont évacuées vers cet ouvrage pour subir un épaissement par décantation et stabilisation.

L'ouvrage d'épaissement est construit en béton armé, il est équipé d'un pont racleur diamétral à entraînement central supporté par une colonne en béton armé et des Aeroflot qui évitent la fermentation.

L'accès au centre se fait par une passerelle construite en béton armé. Les boues sont admises dans la partie centrale de l'ouvrage et guidées vers le fond à l'aide d'un déflecteur métallique.

Le surnageant passe par surverse dans une goulotte périphérique d'où il est retourné en tête du poste de relevage, tandis que les boues épaisses sont ramenées à l'aide de pompes à rotor dans une fosse centrale, d'où elles sont envoyées vers les lits de séchage.

Un contrôle de débit est effectué à l'aide d'un débitmètre électromagnétique avec envoi de l'information en salle de contrôle.



Figure (20) : Epaisseur

4-2- Lit de séchage :

Les boues épaisses sont épanchées sur 08 lits de séchage (pour y être déshydratées naturellement). Les lits sont formés d'aires délimitées par des murettes en béton armé et d'une couche de sable disposée sur une couche support de gravier. Des conduites de drainage disposées sous la couche support recueillent les eaux d'égouttage .



Figure(21) : Lit de séchage

4- Les principales caractéristiques des ouvrages de la station

Les principales caractéristiques de ces ouvrages sont indiquées au tableau (7).

Désignation	Valeur	Unité
Dégrilleur,	Dessableur	Et déshuilage
La surface totale	78	m ³
Temps de séjour	/	H
	Le bassin d'aération	
Nombre d'ouvrage	1	M
Longueur	45	M
Largeur	31	M
Hauteur d'eau	3,5	M
Surface unitaire	348,75	m ²
Volume unitaire	1220,62	m ³
Temps de séjour	/	H
	Clarificateur	
Nombre d'ouvrage	2	
Diamètre	21	M
Hauteur d'eau	3	M
Surface unitaire	346	m ²
Volume unitaire	1039	m ³
Temps de séjour	/	H
	Bassin de désinfection	
Nombre d'ouvrage	1	
Longueur	10	M
Largeur	7,8	M
Hauteur d'eau	3	M
Surface unitaire	78	m ²
Volume unitaire	234	m ³
Temps de séjour	/	H
	L'épaisseur	
Nombre d'ouvrage	1	
Diamètre	6	M
Hauteur d'eau	4	M
Surface unitaire	28	m ²
Volume unitaire	113,04	m ³

Tableau (7) : Caractéristique de la station de Boukhalfa.

Temps de séjour	/	H
	Les lits de séchage	
Nombre d'ouvrage	8	
Longueur	24,5	M
Largeur	10	M
Hauteur d'eau	0,55	M
Surface unitaire	245	m ²
Volume unitaire	134,75	m ³
Temps de séjour	/	H

Analyses
Physico-chimiques

Résultats et discussions

Introduction :

Le procédé des boues activées constitue l'une des techniques les plus appropriées de traitement des eaux usées pour notre pays, à caractère semi-aride, réunissant toutes les conditions favorables à son exploitation.

Nous avons choisi, pour évaluer l'efficacité de cette technique, de baser le présent mémoire sur l'étude des performances épuratoires de la station d'épuration Ouest de Boukhalfa.

Toutefois, Il est essentiel de bien connaître que le suivi et la maîtrise des différentes étapes d'épuration biologiques ont été réalisées au niveau de la dite station, alors que les analyses physico-chimiques et biologiques ont été accomplis au laboratoire de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou (pont de bougie).

1-Objectif du travail :

L'objectif de ce travail est de caractériser, la qualité de l'eau usées avant (brute) et après traitement (traitée) de la station d'épuration Ouest Boukhalfa, L'évaluation de la qualité des eaux usées traitées est recommandée, et sera effectuée par le biais d'un ensemble de paramètres physico-chimiques, (T° , PH, MES, DCO, DBO₅, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻). À partir des résultats obtenus, nous tenterons de les comparer aux résultats acquis durant les trois dernières années précédentes à savoir ,2012, 2013et 2014.

2-Principes d'échantillonnages :

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physico-chimique et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement. Les analyses ne sont valides que si le prélèvement et l'échantillonnage ont été entourées de soins suffisants ; la séquence prélèvement échantillonnage-conservation-analyse, constitue alors une chaîne cohérente pour laquelle on aura conscience de ne négliger aucun maillon.

Le prélèvement est l'opération qui consiste à prendre une partie aliquote du milieu à étudier ; alors que l'échantillonnage consiste à retenir une fraction représentative du prélèvement sur laquelle sera effectuée l'analyse.

La méthode d'échantillonnage appliquée dans la station d'épuration Ouest de Boukhalfa est celle de l'échantillon composite, préparé par le mélange de plusieurs échantillons Ponctuels (05 échantillons). Elle consiste à prélever chaque une heure un volume déterminé au minimum 200ml. Cet échantillon sera conservé au réfrigérateur, et chaque volume prélevé sera bien mélangé avec tous les prélèvements précédents pour former l'échantillon moyen sur lequel l'analyse sera effectuée le lendemain. Lors de l'échantillonnage, nous avons pris en considérations certain nombre de règles qui nous permettront d'obtenir des résultats plus fiables à savoir :

- Le rinçage du préleveur manuel plusieurs fois avec de l'eau à prélever ;
- Le rinçage des flacons d'échantillonnage plusieurs fois avec de l'eau à prélever,
- L'étiquetage des flacons d'échantillonnages (eau brute ; eau traitée) ;
- Le transport des échantillons prélevés de la station Ouest vers le laboratoire se fait dans des glacières afin de bloquer le développement des micro-organismes.
- Certains paramètres tels que PH et la température ont été déterminés sur site.

3- Conservation des échantillons :

Pour avoir des résultats analytiques significatifs, il est très important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'analyse. Le moyen le plus courant de conservation des échantillons d'eaux résiduaires consiste à les garder dans une mallette isotherme de température comprise entre 0 et 4°C jusqu'à leur arrivée au laboratoire dans un temps ne dépassant pas les 24 heures.

Pour stabiliser un échantillon ou du moins, ralentir toutes réactions éventuelles, il n'existe pas de panacée. On recommande de prendre pour chaque analyse des précautions particulières et parfois, d'ajouter des agents chimiques (conservateurs) afin d'éviter certaines transformations lors du transport ou certaines interférences au moment de l'analyse en laboratoire

4-Lieux de prélèvements :

Les points de prélèvement des eaux sont de nombre deux, il s'agit des eaux brutes (entrée), eaux traitée (sortie).

5-Matériels et produits d'analyse

Le tableau suivant représente les différents matériaux et réactifs exploités pour effectuer l'analyse des eaux usées au niveau de la station d'épuration.

Tableau (8) : les différents matériels et produits utilisés dans l'analyse

Matériels	Réactifs
Les échantillons à analyser (eaux brutes et les eaux épurées) ; L'eau distillée ; Pipettes ; Béchers ; Flacons colorimétriques de 25 ml ; Des entonnoirs ; Dispositifs de filtration ; Papiers filtrant ; Des barreaux magnétiques ; Spectrophotomètre ; PH-mètre portatif ; Incubateur ; Hôte ; Burettes ; Conductimètre ; Etuve ; Con d'Imhof, Tubes à réactions ; Distillateur ; Balance, Fourre à moufte ; Réfrigérateur ; Oxytops ; DBO-mètre ; Réacteur DCO.	Des pastilles : (nitra ver 5), (nitri ver3), (nitra ver 6), (phos ver) ; Salicylate ammoniacal (petite gélule) ; Cyanurâtes ammoniacal (grandes gélules) ; Bichromate de potassium ($K_2C_{r3}O_7$) ; Acide sulfurique - sulfate d'argent, (Ag_2SO_4) ; Acide sulfurique (H_2SO_4) ; Ferroïne,

6-Les méthodes d'analyse:

Les différentes méthodes d'analyse utilisées dans la station d'épuration des eaux usées Ouest de Boukhalfa sont illustrées dans le tableau suivant.

Tableau (9) : Les méthodes d'analyses d'eau usée.

Paramètres mesurés sur site	Méthode d'analyse
Température C°	Electrométrie
PH	Electrométrie
Paramètres mesurés au laboratoire	Méthode d'analyse
MES (mg/l)	Photométrie
Turbidité FTU	Photométrie

DCO (mg d'O₂/l)	ISO6060
DBO₅ (mg d'O₂/l)	Manométrique
PO₄³⁻ (mg/l)	Photométrie
NO₃⁻ (mg/l)	Photométrie
NO₂⁻ (mg/l)	Photométrie
NH₄⁺ (mg/l)	Photométrie
Conductivité µs/cm	Electrométrie

7-Les objectifs convoités par les analyses :

- ✚ Le choix de la filière de traitement propice qu'il faut suivre ;
- ✚ Estimation de l'efficacité de traitement ;
- ✚ Quantification des taux d'azote et du phosphore en vue d'une réutilisation agricole ;
- ✚ Protection de l'environnement et du milieu récepteur en révéant les normes de rejets.

8-Analyses physico-chimique :

8-1-Mesure de la conductivité électrique(Ce) :

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau.

Le passage du courant électrique est fonction direct de la concentration ionique de la solution, sa détermination permet d'estimer le taux des ions conducteurs dans l'effluent

Protocole expérimentale :

Après étalonnage du conductimètre, plonger la sonde de l'appareil dans un bécher contenu un volume d'eau à analyser, puis attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture. Le résultat obtenu est exprimé en µs/cm.



Figure (22) : Conductimètre

8-2-Détermination de la température et du potentiel d'hydrogène :

- La température de l'eau est l'exemple même du paramètre qui évolue très vite après le prélèvement, en particulier quand l'écart avec celle de l'air est important. Par ailleurs, la nécessité de transporter les échantillons à basse température rend obligatoire la mesure sur site.
- Il est recommandé de déterminer le pH des eaux in situ de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques par suite d'un transport ou d'un séjour plus ou moins prolongé des échantillons d'eau dans des flacons.

Protocole expérimentale :

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche, l'électrode de température est plongée dans la solution à mesurer. La lecture est effectuée après stabilisation du pH-mètre ce qui peut prendre plusieurs minutes, de même pour la mesure de PH à condition de procéder au rinçage de la sonde avec de l'eau distillé à chaque mesure réaliser.



Figure (23) : PH-mètre

8-3-Détermination des matières en suspension (MES) :

Le paramètre MES englobe tous les éléments en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée.

Protocole expérimental :

La détermination des MES se réalise par une méthode photométrique, cette dernière est une technique directe et simple qui ne requiert ni filtration, ni séchage, ni pesée.

Dans des flacons colorimétriques, on verse 25ml de l'échantillon à analyser, puis on case les flacons l'un après l'autre dans l'appareil du spectrophotomètre qu'on règle à 630 (numéro de programme) et à une longueur d'onde de 810nm .les résultats s'affichent en mg/l.

La mise en place d'un flacon contenu de l'eau distillée (blanc) servant comme indicateur, avant chaque mesure constitue une démarche primordiale dans cette analyse.



Figure (24) : Spectrophotomètre

8-4- Détermination de la turbidité :

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau. Techniquement, la turbidité correspond à la propriété optique de l'eau permettant à une lumière incidente d'être déviée ou absorbée par des particules.

Protocole expérimental :

Dans des flacons colorimétriques, on verse 25ml de l'échantillon à analyser, puis on case les flacons l'un après l'autre dans l'appareil du spectrophotomètre qu'on règle à 750 (numéro de programme) et à une longueur d'onde de 450nm. Les résultats s'affichent en FTU.

La mise en place d'un flacon contenu de l'eau distillée (blanc) servant comme indicateur, avant chaque mesure constitue une démarche primordiale dans cette analyse.

8-5- Détermination des orthophosphate PO_4^{3-} :

Les phosphores dans les eaux usées se trouvent uniquement sous forme de phosphate. La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'orthophosphate.

Protocole expérimental :

A l'aide d'une pipette graduée, prélever 2ml de l'échantillon à analyser, dilué avec 23ml d'eau distillée (25ml d'eau à analyser) dans un flacon colorimétrique ensuite rajouter avec précaution le contenu d'une pastille du réactif (Phos Ver3) au flacon et agiter. Une période de réaction de 2 minutes est indiquée par le spectrophotomètre.

Préparer le blanc avec 2 ml d'échantillon qu'on ajuste avec l'eau distillée jusqu'à 25 ml, puis placer le dans le puits de mesure et le remplacer par la suite par l'échantillon voulu

à analyser, enfin faire la lecture à une longueur d'onde de 890 et un numéro de programme de 490. Les résultats sont donnés en mg/l de PO_4^{3-} .

8-6-Détermination des nitrites NO_2^- :

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène.

Protocole expérimental :

Pour l'entrée, verser 25ml d'échantillon à analyser sans dilution dans un flacon colorimétrique et pour la sortie mettre 5ml de l'eau à analyser diluée par 20 ml d'eau distillée, puis ajouter avec précaution le contenu d'une gélule de Nitri Vert 3 au flacon et agiter ensuite laisser le pour un temps de réaction de 10 minutes.

Placer le blanc de 25ml dans les puits de mesure, remplacer- le par l'échantillon à analyser, et en fin faire la lecture à une longueur d'onde de 507 et un numéro de programme de 371. Les résultats sont donnés en mg/l de NO_2^- .

8-7-Détermination de l'azote ammoniacal NH_4^+ :

Après allumage du spectrophotomètre et son réglage à un numéro de programme de 385 et à une longueur d'onde de 655, verser dans une fiole 2 ml d'eau brute et dans une autre 4ml d'eau traitée. Puis compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge qui indique 25ml.

Rajouter avec précaution le contenu d'une gélule de Salicylate Ammoniacal à chaque fiole, boucher et agiter et laisser se reposer pour un temps de réaction de 3minutes.

Après que le minuteur du spectrophotomètre sonne, ajouter le contenu d'une gélule de Cyanurates ammoniacal à chaque fiole, boucher et agiter à nouveau, et laisser reposer pendant un temps de réaction de 15minutes.

Après que le minuteur sonne, verser le contenu des fioles dans des flacons colorimétriques et placer –les dans les puits de l'appareil et faire la lecture .Le résultat s'affiche en mg/l.

8-8-Détermination des nitrates NO_3^- :

Les nitrates, dont on constate une augmentation générale de la concentration dans les eaux brutes, doivent être éliminés car leur nuisance a été reconnue lorsqu'ils sont présents en grande concentration dans l'eau de consommation. Ils sont à l'origine de la méthémoglobinémie des nourrissons.

Détermination des nitrates NO_3^- :

Après allumage du spectrophotomètre et son réglage à un numéro de programme de 351 et à une longueur d'onde de 507, verser dans une fiole 30 ml d'eau brute et dans une autre 25ml d'eau traitée sans dilution .

Verser le contenu d'une gélule du réactif Nitra Ver 5 dans chaque fiole, boucher et agiter pour une seule minute puis laisser reposer pour un temps de réaction de 2 minutes.

En se servant d'une pipette graduée, on prélève 25 ml d'eau brute et 25 ml d'eau traitée auxquelles on rajoute le contenu du réacteur Nitra Ver 3 , boucher et agiter puis laisser pour un temps de réaction de 10 minutes . Après que le minuteur sonne, verser le contenu des fioles dans des flacons colorimétriques et placer –les dans les puits de l'appareil et faire la lecture .le résultat s'affiche en mg/l.



Figure (25) : Spectrophotomètre et flacons colorimétriques

8-9-La demande biochimique en oxygène :

On dispose pour la détermination de la DBO5 de deux catégories de méthodes :

- Par dilution : ces méthodes ont pour principe d'établir une dilution de l'eau riche en matières organiques par une eau apportant l'oxygène dissous dont on mesure la quantité résiduelle dans des conditions opératoires bien déterminées.
- Par un système de mesure Oxytops : utilisation d'un appareillage pour la mesure de la DBO5.

Nous opterons pour l'utilisation d'un système de mesure Oxytops pour la raison que ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs.

Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO₅ :

Mettre 400 ml d'eau de sortie et 150 ml d'eau d'entrée dans deux flacons en introduisant un barreau magnétique dans chacun d'entre eux et mettre le tout dans l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à 20°C. Placer la solution d'hydroxyde de Potassium en pastilles à chaque flacons puis placer les Oxy Top après leur programmation, fermer-les bien. La lecture se fera après 5 jours d'incubation en obscurité.



Figure (26) : Enciente DBO et les Oxy Top placées dans DBO-mètre

8-10-La demande chimique en oxygène DCO :

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

Détermination de la Demande chimique en oxygène DCO :

- Transvaser 10 ml de l'échantillon pour l'analyse (diluer si nécessaire) dans le tube de l'appareil, ajouter 5 ml de solution de dichromate de potassium et quelques régulateurs d'ébullition (régulateur poreux) ;
- Dans une hôte ajouter avec précaution 15 ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent et raccorder immédiatement le tube au réfrigérant ;
- Répéter les deux étapes précédentes pour tous les échantillons à analyser mais aussi pour un échantillon à blanc (10 ml d'eau distillée) et un essai témoin (solution étalon).
- Amener le mélange réactionnel à l'ébullition pendant 120 minutes à $150^\circ C$ dans un réacteur - DCO. ;
- Rincer les réfrigérants à l'eau distillée, les- mettre dans un portoir et laisser refroidir à une température ambiante les tubes ;
- Diluer le mélange réactionnel à environ 75 ml et le refroidir à la température ambiante.
- Titrer l'excès de dichromate avec la solution de sulfate de fer et d'ammonium en présence de 1 ou 2 gouttes de la solution d'indicateur à la Ferroïne



Figure (27) : Réacteur DCO



Figure (28) : Tubes à réactions et Hôte

Introduction :

L'analyse des échantillons terminée, il convient de présenter les résultats de telle façon qu'ils soient facilement exploitables, pour bien évaluer les performances épuratoires de la station Ouest de Boukhalfa. Il est présenté, dans ce qui suit, l'interprétation des résultats obtenus pour chaque paramètre analysé ainsi que le suivi de l'efficacité du traitement appliqué durant les trois dernières années dans la dite station à savoir 2012, 2013, 2014 et 2015.

1-Caractérisation des paramètres physico-chimiques de la station d'épuration Ouest de Boukhalfa :

1-1-Interprétation des résultats du mois d'avril 2015 :

Dans le but de suivre l'efficacité du traitement de la step Ouest de Boukhalfa, nous avons effectués des analyses qui permettent de caractériser la pollution physico-chimique des eaux brutes et traitées durant le mois d'avril de l'an 2015.les résultats obtenus sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau (10) : Récapitulatif des analyses physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration Ouest Boukhalfa.

Paramètres analysés	Valeurs moyennes à l'entrée	Valeurs moyennes à la sortie
PH	7.09	7.30
Température C°	19.12	20.10
Turbidité (FTU)	188	14
MES (mg/l)	224	7
DCO (mg d'O ₂ /l)	602.88	27
DBO ₅ (mg d'O ₂ /l)	325	9.3
NH ₄ ⁺ (mg/l)	8.33	1.29
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.27	0.08
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.22	13
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	5.6	0.5
Conductivité µS/cm	1210	945
DCO/DBO	1.85	-

Le potentiel d'hydrogène PH :

Les valeurs du PH de l'eau mesurées à l'entrée et à la sortie de la step Ouest Boukhalfa sont enregistrées sur le tableau suivant.

Tableau (11) : Variations du PH à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration.

PH	Entrée	sortie
Mois d’avril	7.09	7.30

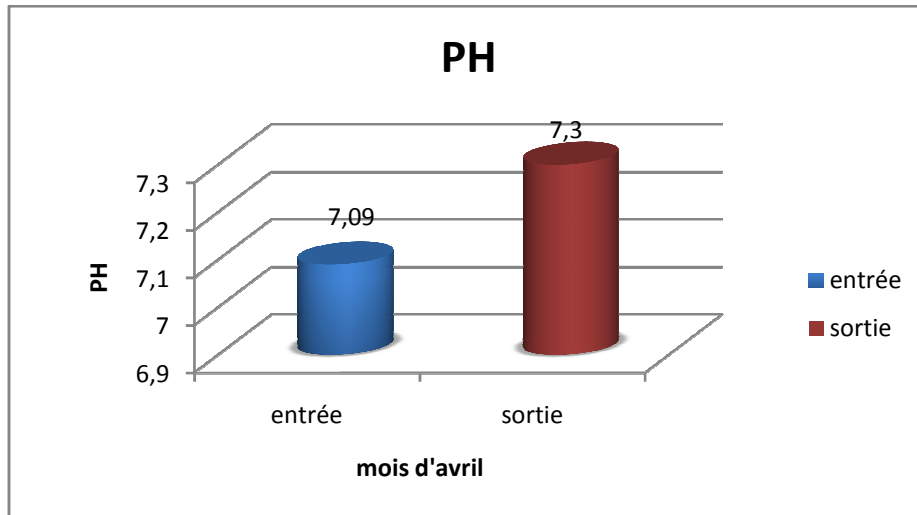


Figure (29) : Variations du PH à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration.

Interprétation :

Les valeurs du PH mesurées à l’entrée et à la sortie de la step correspondant respectivement à 7.09 et 7.30, et qui sont mentionnées sur le tableau (11) et la figure (29), cadrent avec les normes de rejets dès lors qu’elles ne dépassent guère, le seuil admissible fixé par l’OMS, compris entre 6.5-8.5.

Le pH alcalin constitue une condition de milieu idéale pour la prolifération des bactéries qui établissent un parfait équilibre biologique permettant la dégradation de la matière organique et la décontamination de l’eau.

La température :

Le tableau ci-après évoque les températures enregistrées à l’entrée et à la sortie de la step Ouest Boukhalfa.

Tableau (12) : Variations de la température à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration.

Température C°	entrée	Sortie
Mois d’avril	19.12	20.10

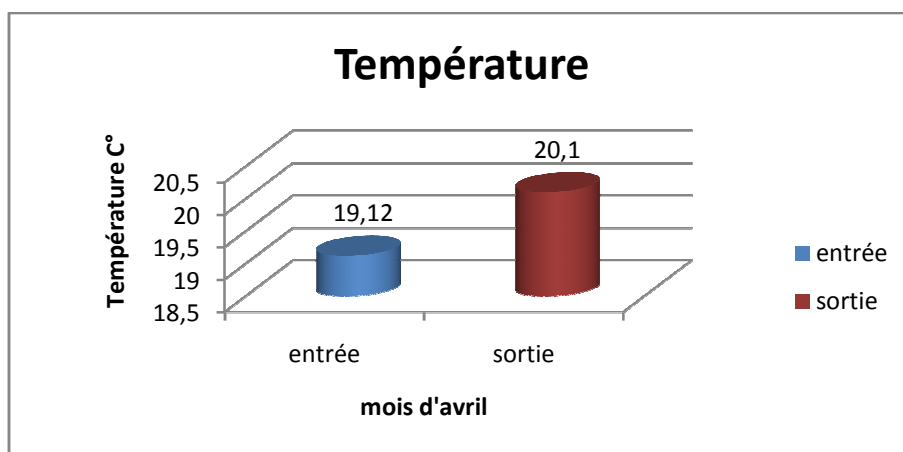


Figure (30) : Variations de la température à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration.

Interprétation :

D’après les résultats du tableau (12) illustrés sur la figure (30), on constate que la température enregistrée à l’entrée de la step qui es de l’ordre de 19.12°C est moyenne, favorable au processus biologique, cette dernière subit une augmentation légère à la sortie pour atteindre 20.10°C. Cette élévation est due à la fois au temps de séjour des eaux dans la step mais également, à l’activité biologique des micro-organismes.

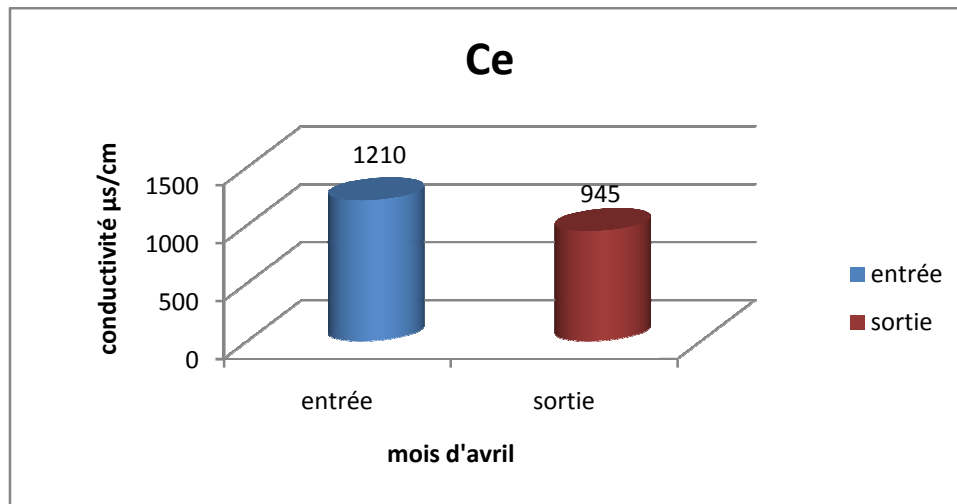
Avec uniquement 20.10°C, la température de l'eau en sortie respecte largement la norme fixée par l’OMS à savoir 30°C.

La conductivité électrique :

Les résultats parvenus de notre analyse en ce qui concerne la (Ce) sont données dans le tableau subséquent :

Tableau (13) : Variations de la conductivité à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration

Mois d’avril	entrée	Sortie
Conductivité électrique mg/l	1210	945



La figure (31) : Variations de la conductivité à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration

Interprétation :

Les résultats donnés par le tableau (13), représentés par la figure (31) montrent que la conductivité de l’effluent brute soit 1210 $\mu\text{s/cm}$ a subi un abattement important allant jusqu’au 945 $\mu\text{s/cm}$ ce qui indique une minéralisation importante et un traitement adéquat.

La turbidité :

Les résultats obtenus de l’analyse effectuée concernant la turbidité de l’eau sont cités dans le tableau suivant

Tableau (14) : Variations de la turbidité à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration.

Turbidité (NFU)	entrée	Sortie
Mois d’avril	188	14

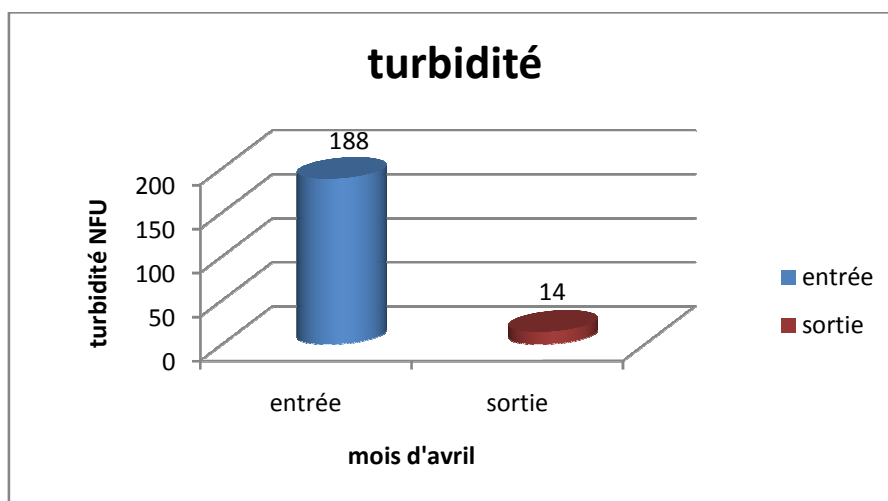


Figure (32) : Variations de la turbidité à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration.

Interprétation des résultats :

D’après les résultats mentionnés sur le tableau (14) représentés sur la figure (32), on constate que la turbidité de l’eau enregistrée à la sortie de la step soit 14 NFU a diminué significativement de l’entrée où la teneur était de 188 NFU. Cette diminution s’explique par l’efficacité du traitement appliqué.

Les matières en suspension :

Les résultats portés sur site lors de l’analyse concernant les MES sont surélevées dans le tableau ci-après.

Tableau (15) : Variations des MES à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration

Mois d’avril	Entrée	sortie
MES mg/l	224	7

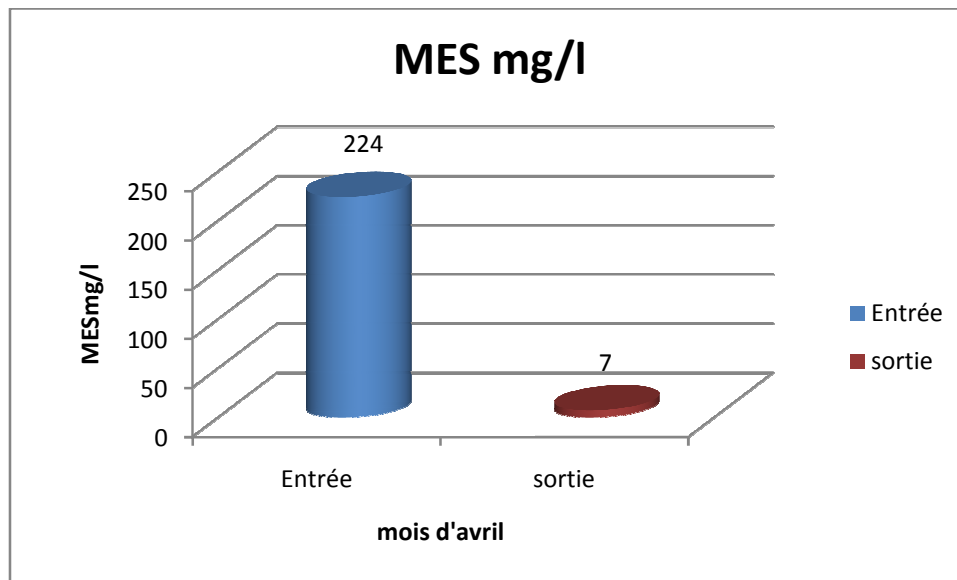


Figure (33): Variations des MES à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration.

Interprétation :

Au regard de la figure (33) ci-dessus, traduisant les résultats du tableau (15) on peut clairement voir l’écart qu'accuse la faible teneur en MES de l'eau en sortie que celle de l'entrée ainsi qu'avec la norme de rejet, limitée à 30 mg/l.

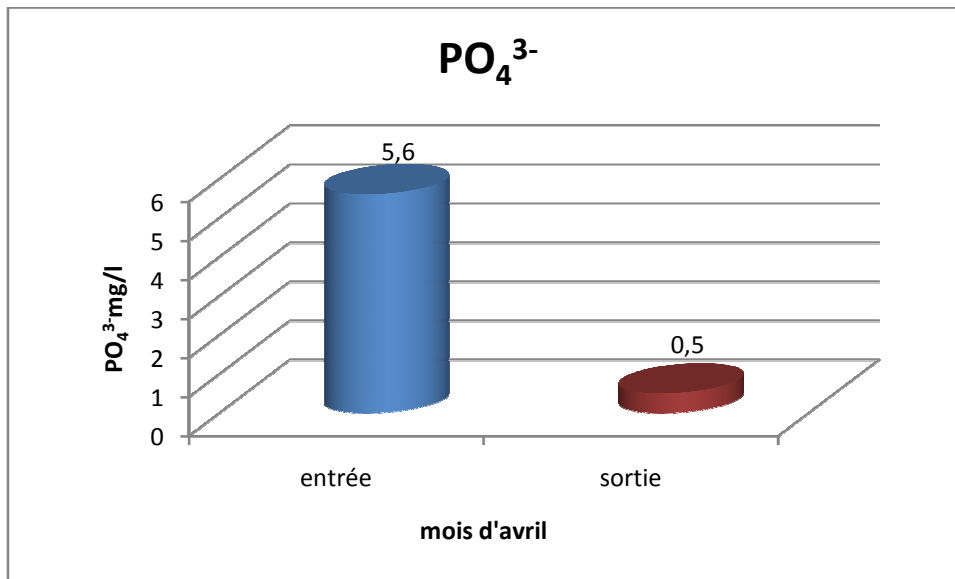
Les résultats obtenus pour les MES montrent qu'il y a une élimination très importante de ces derniers entre l'entrée et la sortie de la station. En effet, avec une teneur de 224 mg/l à l'entrée contre uniquement 7 mg/l au niveau de la sortie, le rendement global de l'épuration pour ce paramètre atteint 97 %, ce qui indique une épuration uniforme des matières en suspensions.

Les orthophosphate PO_4^{3-} :

Les résultats ôtés durant notre analyse sur la pollution phosphatée sont données dans le tableau subséquent :

Tableau (16) : Variations de PO_4^{3-} à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Mois d'avril	entrée	sortie
PO_4^{3-} mg/l	5.6	0.5



La Figure (34) : Variation des PO_4^{3-} à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Interprétation :

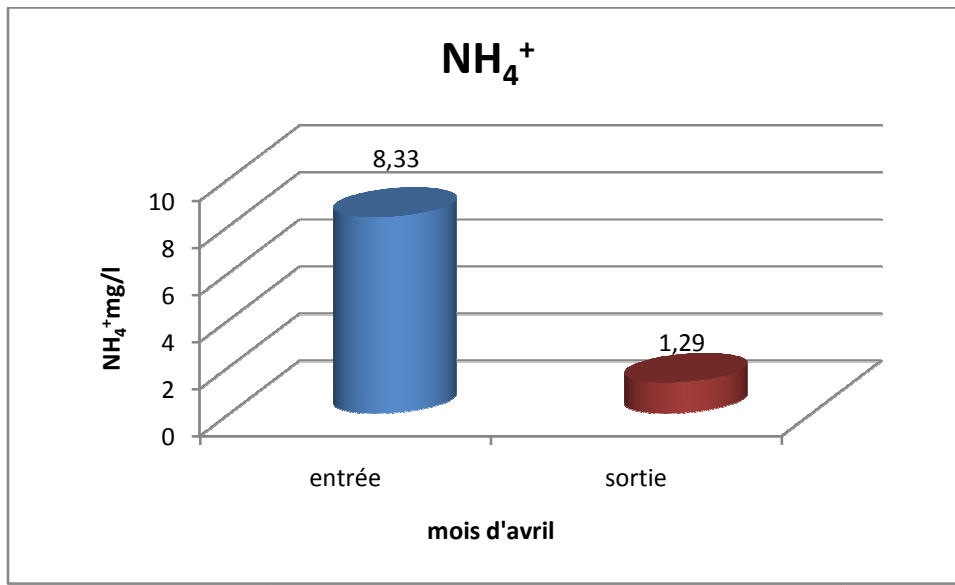
Les résultats mentionnés sur le tableau(16) et figurés sur la figure(34) indiquent que le taux des orthophosphate a diminué de 5.6mg/l à l'entrée jusqu'à 0.5mg/l à la sortie ,valeur qui es conforme à la norme de rejet ceci peut s'expliquer par l'action bactérienne qui transforme des polyphosphates en orthophosphates directement assimilables c'est-à-dire utilisable comme nutriments pour favoriser la croissance bactérienne donc leurs multiplications. Cela explique la diminution de la concentration des phosphates entre l'eau d'entrée et celle de la sortie. Dans les eaux résiduaires urbaines brutes, le phosphore total correspondent aux polyphosphates et à l'orthophosphate.

L'azote ammoniacal NH_4^+ ,nitrites NO_2^- et les nitrates NO_3^- :

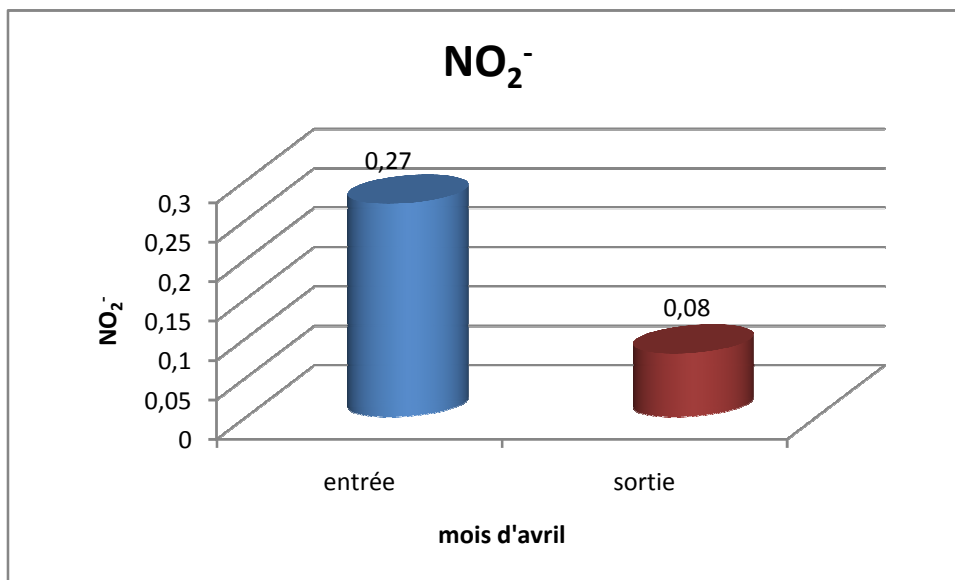
Les résultats ôtés durant notre analyse de la pollution azotée sont donnés dans le tableau subséquent :

Tableau (17) : Variations de NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

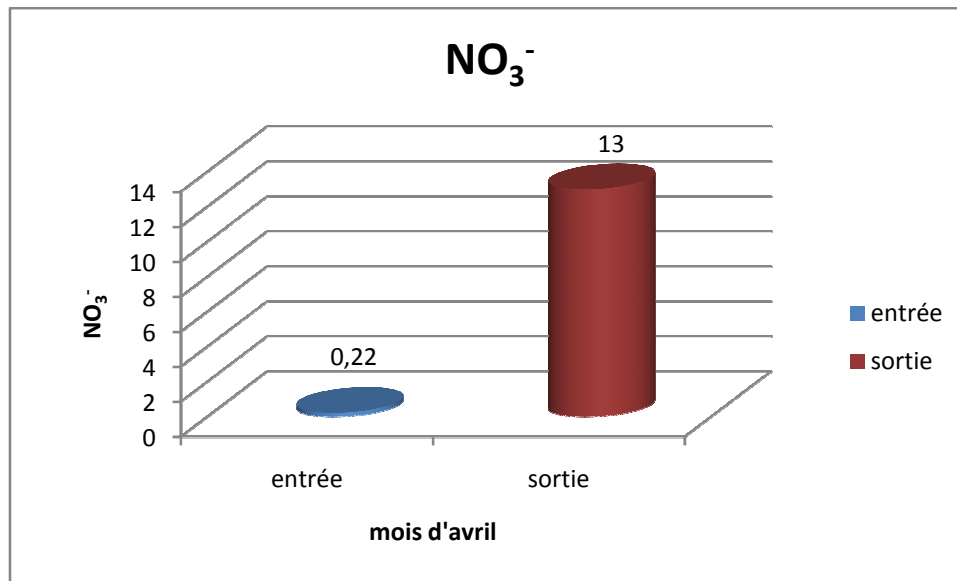
Mois d'avril	entrée	Sortie
NH_4^+ mg/l	8.33	1.29
NO_2^- mg/l	0.27	0.08
NO_3^- mg/l	0.22	13



LA Figure (35) : Variations de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration



LA figure (36) : Variations de NO_2^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration



LA figure (37) : Variation de NO₃⁻ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Interprétation :

D'après les résultats du tableau (17), représentés sur les figures (35), (36) et (37) on constate que Les concentrations d'azote ammoniacal et des nitrites de l'effluent brute, correspondant respectivement à 8.33mg/l et 0.27 mg/l diminuent dans l'affluent traité pour atteindre 1.29mg/l pour NH₄⁺et 0.08mg/l pour NO₂⁻. Cet abattement s'explique par leurs nitrifications qui s'effectue par l'intervention de bactéries aérobies et où chaque forme disparaît lors de son oxydation pour donner une autre forme d'azote comme suit :

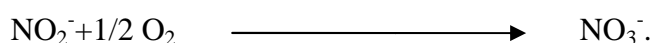
NH₄⁺ → NO₂⁻ → NO₃⁻ (Qui est moins toxique par rapport aux formes précédentes et sera aussi d'une valeur supérieur comparé à celle d'eau d'entrée .En effet lors de l'analyse nous avons enregistré une valeur de 0.22 mg/l à l'entrée et 13mg/l à la sortie car les nitrite sont dégradées en nitrates par les bactéries ce qui explique cette différence entre sa valeur dans l'eau d'entrée et celle de la sortie)

Le processus de nitrification consiste d'abord en l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrite (NO₂⁻) état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate. Cette transformation est effectuée, en présence d'oxygène, par des bactéries autotrophes nitrifiantes et se divise en deux étapes :

Étape : Nitratisation par des bactéries Nitrosomonas



Étape : Nitratisation par des bactéries Nitrobacter



La demande biologique en oxygène DBO₅ :

Le tableau qui suit signale les résultats de l'analyse accomplie des eaux traitées par la step Ouest Boukhalfa.

Le tableau(18): Variations de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Mois d'avril	entrée	sortie
DBO ₅ mg d'O ₂ /l	325	9.3

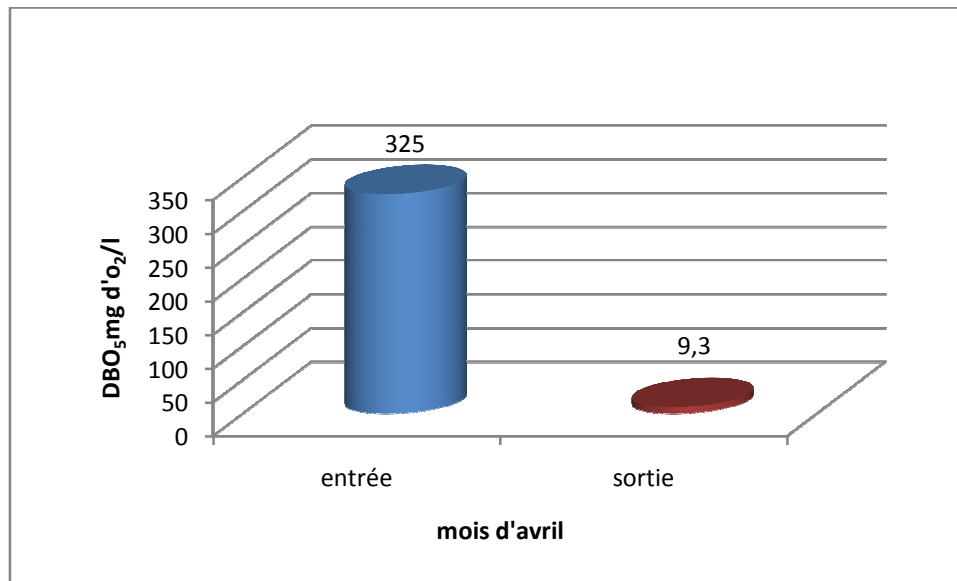


Figure (38) : Variations de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Interprétation :

De façon analogue à la figure (38) et au tableau (18) illustrent l'importance de la pollution En considérant la DBO₅. La réduction des matières biodégradables est de 325 mg/l à 9.3 mg/l ; ce qui représente un rendement global en DBO₅ de 97%.

La diminution de la demande biochimique en oxygène dans l'effluent traitée peut s'expliquer par :

- ✚ Un apport approprié en oxygène lors du brassage
- ✚ Un recyclage adéquat des boues de recirculation
- ✚ Oxydation de matières hydrocarbonées par les micro-organismes

Bien en dessous de la valeur limite de rejet, 30 mg/l, l'eau en sortie à une DBO₅ de 9.3 mg/l ; ce qui es conforme à la norme fixé par la réglementation algérienne (30 mg/l).

Le rapport entre la DCO et la DBO₅ permet de caractériser la nature de l'effluent en entrée de la STEP, il est en moyenne de 1.85 < 3, ce qui confirme que les eaux

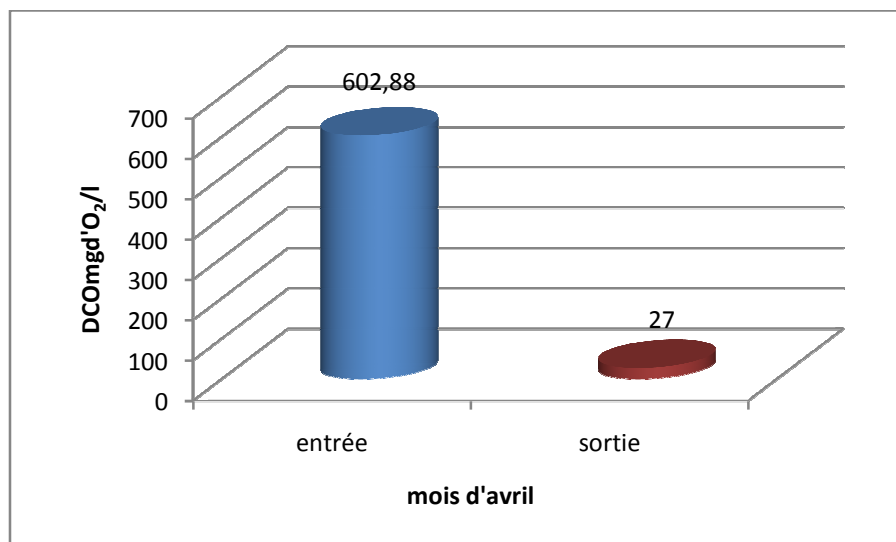
usées traitées au niveau de la STEP Ouest Boukhalfa sont d'origine domestique (RODIER, 2009).

La demande chimique en oxygène DCO

Les résultats obtenus de l'analyse effectuée sur les paramètres de pollution sont représentés dans le tableau ci-après

Le tableau (19): Variations de la DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Mois d'avril	entrée	sortie
DCO mgd'O ₂ /l	602.88	27



La Figure (39) : Variation de la DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration

Interprétation :

En se référant aux valeurs de la DCO de l'échantillon étudié, représentés sur la figure (39) traduisant les résultats du tableau (19) nous remarquerons alors l'abattement important de la charge polluante globale (matières organiques et inorganiques) des eaux interceptées par les différents ouvrages de la step Ouest de 602.88mg d'O₂/l à 30 mg d'O₂/l.

Le rendement global en DCO est de 95 %. Ceci témoigne du traitement très efficace de l'épuration vis-à-vis des matières oxydables. Avec une DCO de 30 mg/l, l'eau en sortie, est bien inférieur à la norme de rejet fixée à 90 mg/l par l'OMS.

1-2-Interprétation des résultats du suivi temporel des performances épuratoires de la STEP Ouest Boukhalfa 2012/2013/2014 et 2015 :

Le potentiel d'hydrogène (PH) :

Le potentiel d'hydrogène mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0-14, 7 étant le PH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-après.

Tableau (20) : Variations du PH à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

PH	2012	2013	2014	2015
Entrée	7.97	7.52	7.20	7.09
Sortie	7.50	7.65	7.10	7.30

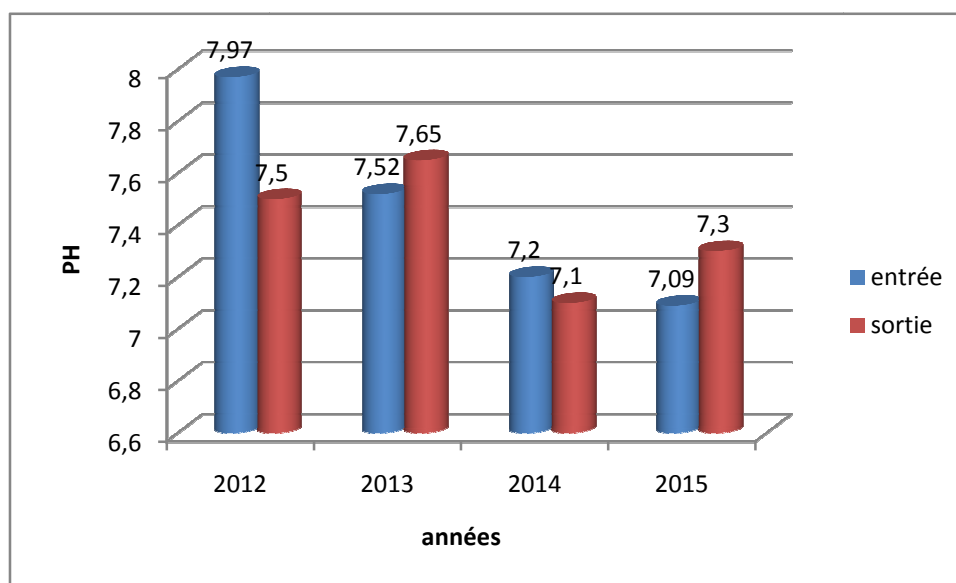


Figure (40) : Variations du PH à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

D'une façon analogue aux résultats du tableau (20) mentionnés sur la figure (40), on constate que les valeurs du PH des eaux usées avant traitement durant la période de suivi sont comprises entre 7.09 et 7.97 plus favorable à l'action bactérienne, pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie.

Ce pH alcalin constitue l'une des conditions de milieu idéal pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau.

En ce qui concerne les eaux traitées, Les valeurs du PH gravitent autour de la neutralité avec une tendance vers l'alcalinité, elles varient entre 7.1 et 7.65 respectant la norme de rejet délimitée entre 6,5 et 8,5.

La température :

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz dans l'eau ainsi que, la détermination de PH et de la vitesse des réactions chimiques.

La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissances de micro-organismes vivants dans l'eau. .

Le tableau ci-après évoque le suivi temporel des températures enregistrées à l'entrée et à la sortie de la step Ouest Boukhalfa pendant quatre ans à savoir 2012-2013-2014et 2015.

Tableau (21) : Variations de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Température	2012	2013	2014	2015
Entrée	17.7	18.6	18.20	19.12
Sortie	18.6	19.1	19.1	20.10

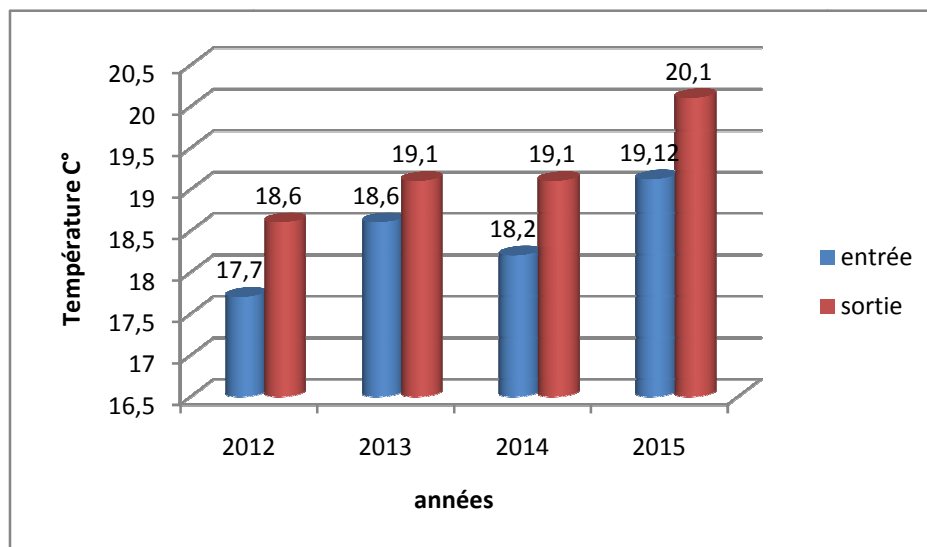


Figure (41) : Variations de la température à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

Les résultats indiqués sur le tableau (21) et représentés par la figure (41), indiquent que les valeurs de la température des différentes années sont très proches. Elles se situent dans un intervalle qui va du minimum de 17.7°C au maximum de 19.12°C à l'entrée et entre 18.6°C et 20.10 °C pour les eaux épurées, elle sont voisines des températures ambiantes favorable à l'activité des populations bactériennes épuratrices .

Les températures de l'effluent traité restent toujours supérieurs à celles enregistrées au niveau des eaux brutes, car le développement des organismes aérobies, qui par leur activités fermentescible induisent un dégagement d'énergie. Ces valeurs sont en fonction de l'heure de prélèvement et des conditions météorologiques. L'élévation de la température au cours du temps est influencée par la température atmosphérique mais ces dernières cadrent toujours avec les normes de rejets (30°C).

La conductivité :

La conductivité de l'eau correspond à la somme des anions et des cations y présent..

Les résultats du suivi effectué durant la période d'étude allant de 2012 à 2015 sont évoqués dans le tableau suivant

Tableau (22) : Variations de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Conductivité $\mu\text{s/cm}$	2012	2013	2014	2015
Entrée	1340	1057	1052	1210
Sortie	1009	1025	846	945

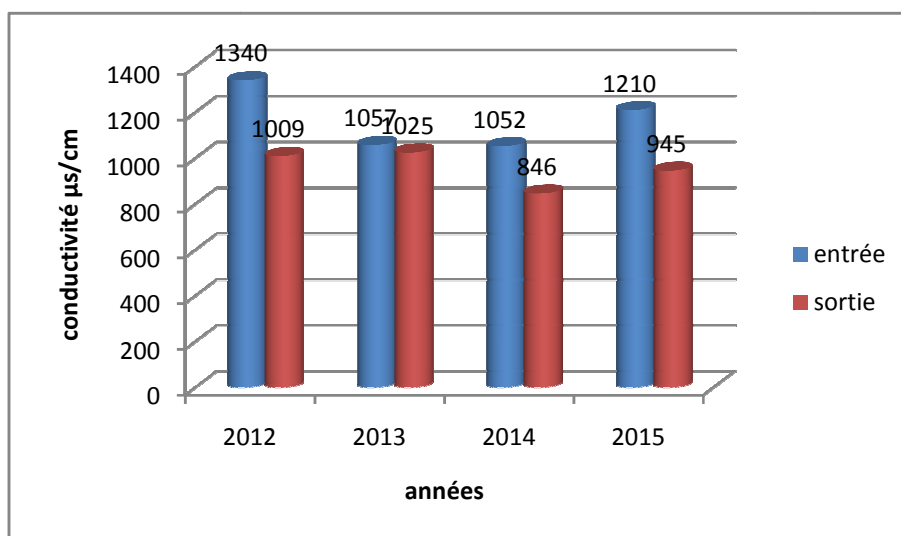


Figure (42) : Variations de la conductivité à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

Les résultats du suivi relatif à la conductivité électrique représentés par le tableau(22) et la figure (42) ,indiquent que les valeurs de ce paramètre , se situent dans un intervalle de 1052 à 1340 $\mu\text{s/cm}$ à l'entrée et de 846 à 1009 $\mu\text{s/cm}$, enregistrées à la sortie. Ces valeurs sont en fonction de la minéralisation de l'eau usée.

Tout rejet polluant s'accompagne d'un accroissement de la conductivité. Il faut noter également que les traitements physiques ou biologiques n'ont qu'une faible incidence sur ce paramètre et que sa valeur varie peu entre l'eau brute et l'eau traitée.

Les matières en suspensions (MES) :

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradable, elles constituent un paramètre indicateur d'une pollution particulière.

L'évolution des MES de l'eau brute et de l'effluent traité de la période d'étude sont portés dans le tableau subséquent .

Tableau (23) : Variations des MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

MES (mg/l)	2012	2013	2014	2015
Entrée	207	372	351	224
Sortie	12	15	19	7

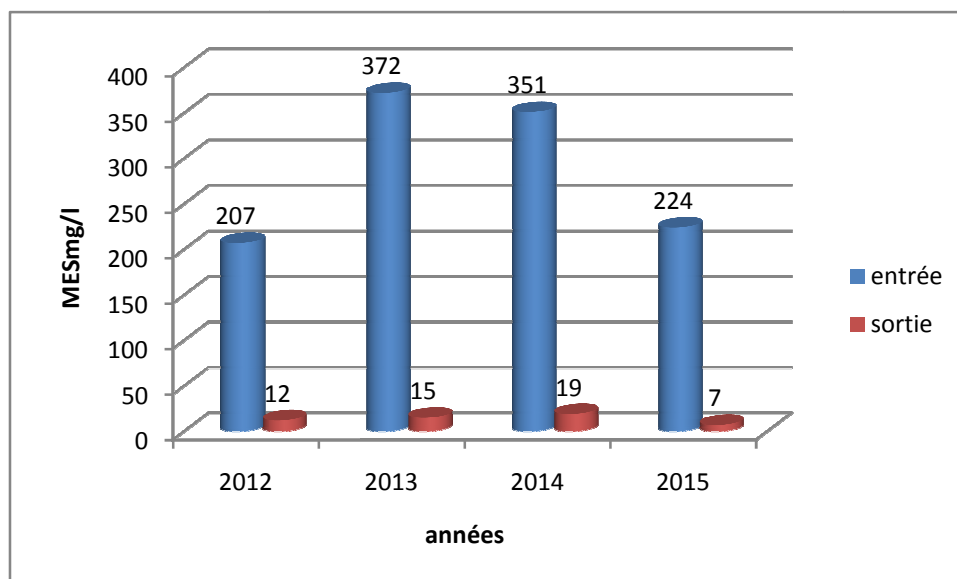


Figure (43) : Variations des MES à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

D’après les résultats exposés par la figure (43) et portés sur le tableau(23) on remarque que les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées. Elles se situent entre 207 mg/l et 372 mg/l pour les eaux brutes, ces concentrations élevés en MES sont probablement liées à un arrivage d’eau chargée en matière minérale à savoir le sable, limon, argile...etc. ces valeurs sont en fonction de la nature du rejet.

En ce qui concerne les eaux épurées, le taux des MES varie ente 7 mg/l et 19 mg/l, ces faibles teneurs sont dues à la décantation des matières décantables suite au traitement adéquat effectué .Ces valeurs restent toujours inférieures à la norme de rejet de l’OMS (30 mg/l).

Les orthophosphates PO_4^{3-} :

Le phosphore des eaux usées, particulaire ou soluble, est essentiellement constitué : de phosphore inorganique (essentiellement des polyphosphates) et des orthophosphates dont une part provient de l’hydrolyse des polyphosphates, de phosphore organique : phospholipides, esters, polynucléotides, ATP, ADP...

Les résultats ôtés durant notre analyse sont donnés dans le tableau subséquent :

Tableau (24) : Variations des PO_4^{3-} à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration de 2012 à 2015.

PO_4^{3-}	2012	2013	2014	2015
Entrée	7	7.99	6.09	5.6
sortie	4.5	1.69	4.89	0.5

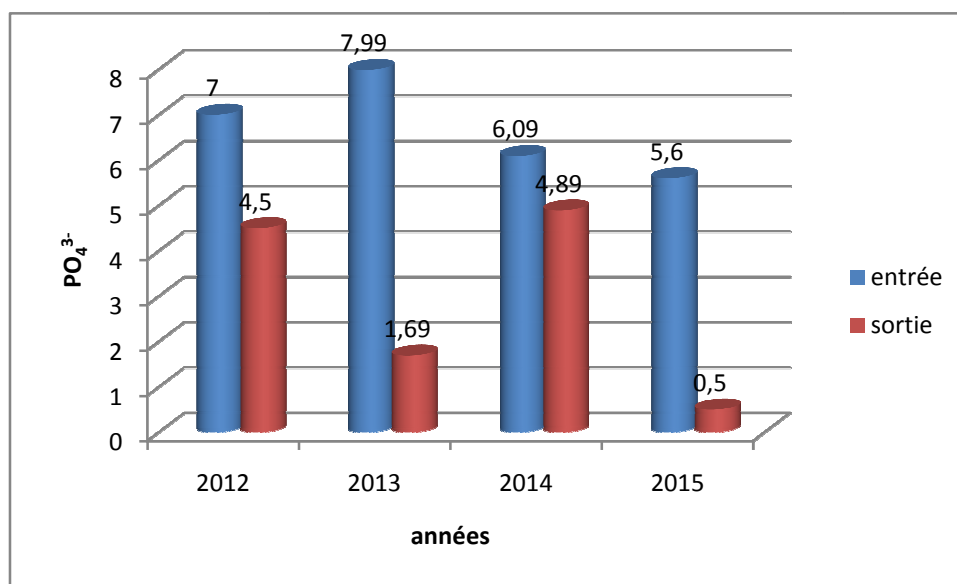


Figure (44) : Variations des PO_4^{3-} à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

D’après les résultats obtenus, les valeurs des orthophosphates (PO_4^{3-}) varient du minimum de 5.6mg/l au maximum de 7.99 mg/l au niveau des eaux brutes, concernant les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0.5 mg/l à 4.89 mg/l des diminutions sont enregistrées durant les années de 2013 et 2015 , dues à l’activité des microorganismes qui participent à la transformation du phosphore organique en polyphosphates et orthophosphate .toutefois les concentration des polyphosphates enregistrées durant les années 2012 et2014 sont élevées et dépassent les normes algérienne et internationales des rejets (<2 mg/l) .

Les micro-organismes assurant la dégradation du carbone et de l’azote intègrent du phosphore à leur matériel cellulaire (structure membranaire, ATP et ARN). La part de phosphore éliminée, simplement par cette voie, représente environ 25 % de la quantité journalière à dégrader.

De ce fait, les phosphates échappent en majeure partie (80%) au traitement des stations d’épuration biologique classique (boues activées). Ainsi ils se retrouvent dans les rejets essentiellement sous forme d’ortho phosphates .

Les matières azotées :

L’azote est présent dans les effluents sous différentes formes : azote organique (Norg), azote ammoniacal (ammoniac NH_3 , ion ammonium NH_4^+), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) .

L’azote ammoniacal NH_4^+ :

Tableau (25) : Variations de NH_4^+ à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration de 2012 à 2015.

NH_4^+ mg/l	2012	2013	2014	2015
Entrée	32.5	50.31	21.87	8.38
Sortie	1.29	9.99	0.64	1.29

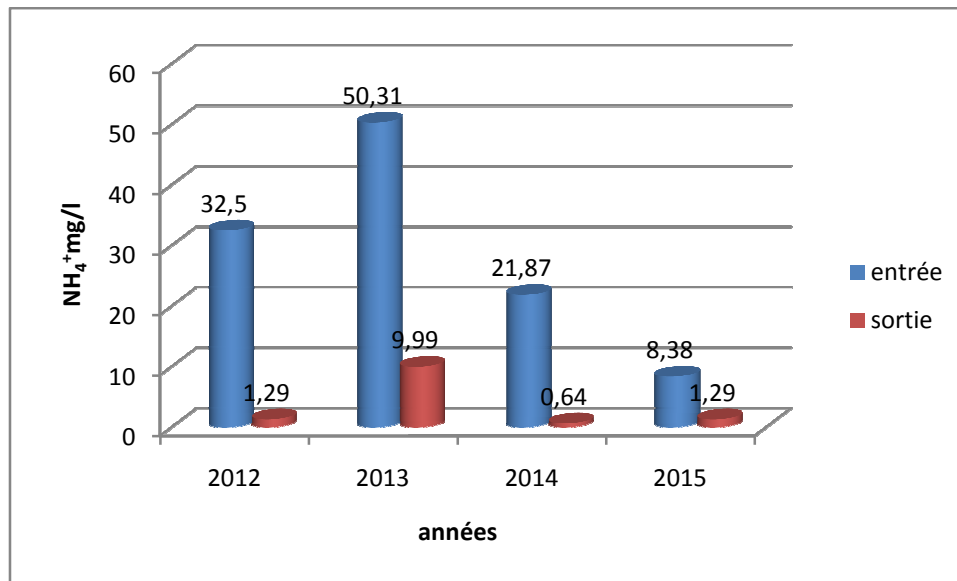


Figure (45) : Variations de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

Suivant les résultats du tableau (25), donnés par la figure (45), on aperçoit que les concentrations de l'ion NH_4^+ qui varient de 8.38mg/l allant jusqu'à 50.31mg/l à l'entrée durant la période d'étude subissent des diminutions importantes à la sortie pour atteindre des concentrations plus faibles qui oscillent entre 0.64mg/l à 9.99mg/l, Ceci peut s'expliquer par l'action qu'inflige les bactéries épuratrices de la step.

Ceci peut nous renseigner sur le traitement adéquat que subit l'eau usée interceptée par les différents ouvrages de la station Ouest.

Les nitrites NO_2^- :

Tableau (26) : Variations de NO_2^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

NO_2^- mg/l	2012	2013	2014	2015
Entrée	0.95	0.08	0.11	0.27
Sortie	0.65	0.02	0.08	0.08

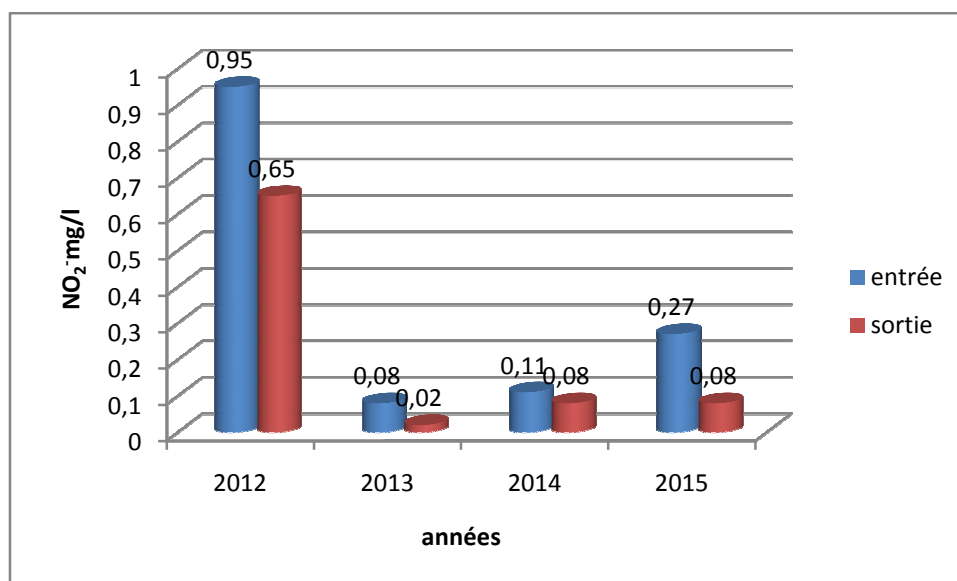


Figure (46) : Variations de NO₂⁻ à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

D’après les résultats obtenus, au cours de la campagne d’étude, dressés sur le tableau (26) et mentionnés par la figure (46) on remarque que les teneurs en nitrites des eaux, à savoir brutes et traitées sont très faibles. Ainsi, la différence de ces valeurs entre l’entrée et la sortie nous renseigne sur une légère variation, dont les valeurs se situent entre 0.08 mg/l et 0.95 mg/l au niveau des eaux brutes. Ceci est fonction de la qualité d’eau usée. Les valeurs signalées après traitement varient de 0.02 mg/l à 0.65 mg/l .cet abattement des nitrates apparait sous l’influence d’une action dénitrifiante accompli par les micro-organismes, ceci peut en outre nous renseigner sur l’efficacité du traitement déroulant au niveau de la step.

Une eau refermant des nitrites est à considérer comme suspecte car ces substances sont souvent associées à une détérioration de la qualité microbiologique .Cependant, la moyenne de la concentration des nitrites au cours du suivi (0.20) est inférieure aux normes internationales des eaux destinée à l’irrigation selon l’OMS (1989) (<1mg/l).

Les nitrates (NO₃⁻) :

Tableau (27) :Variations de NO₃⁻ à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration de 2012 à 2015

NO ₃ ⁻ mg/l	2012	2013	2014	2015
Entrée	1.92	0.35	11.26	0.22
sortie	20.8	3.52	27.28	13

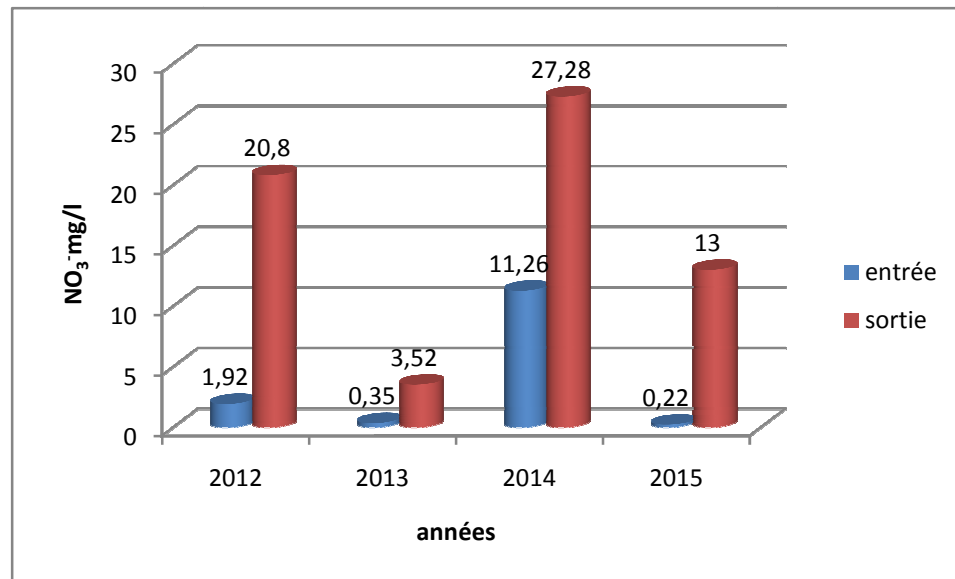


Figure (47) : Variations de NO_3^- à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

Les valeurs des nitrates obtenues après analyses, et qui sont évoqués dans le tableau (27) et la figure (47) varient entre 0,22 mg/l et 11,26 mg/l à l'entrée et de 20,8 mg/l à 27,28 mg/l au rejet.

On constate que les taux de nitrates ont augmenté au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes

Les faibles teneurs en nitrates au niveau des eaux brutes sont probablement dues au fait que l'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine humaine. La présence des microorganismes autotrophes vis-à-vis de l'azote, dégradent les protéines en azote ammoniacal. Les bactéries autotrophes telles que Nitrosomonas et Nitrobacter, transforment l'azote ammoniacal (NH_4^+) en présence d'oxygène pour produire des nitrites (NO_2^-) puis des nitrates (NO_3^-); ces deux étapes mettent en œuvre l'oxydation de ces différents substrats par des bactéries aérobies qui en tirent l'énergie nécessaire à leur chimiosynthèse ce qui explique le taux élevé des nitrates dans l'effluent traité. Les eaux épurées sont chargées en nitrates mais en moyenne restent inférieurs aux normes internationales des eaux destinée à l'irrigation selon l'OMS (1989) (<50mg/l)

La demande biologique en oxygène(DBO_5):

C'est la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant un temps donné pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organique présentes dans l'eau. On utilise conventionnellement la DBO_5 , c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommé après 5 jours d'incubation. La DBO_5 n'est représentative normalement que de la pollution organique carbonée biodégradable

Les variations de la teneur en DBO₅, au cours de notre suivi, le long de la filière de traitement sont représentées par le tableau ci-après

Tableau (27) : Variations de la DBO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

DBO ₅ mg d'O ₂ /l	2012	2013	2014	2015
Entrée	386	277	258	325
Sortie	14.3	18	16.9	9.3

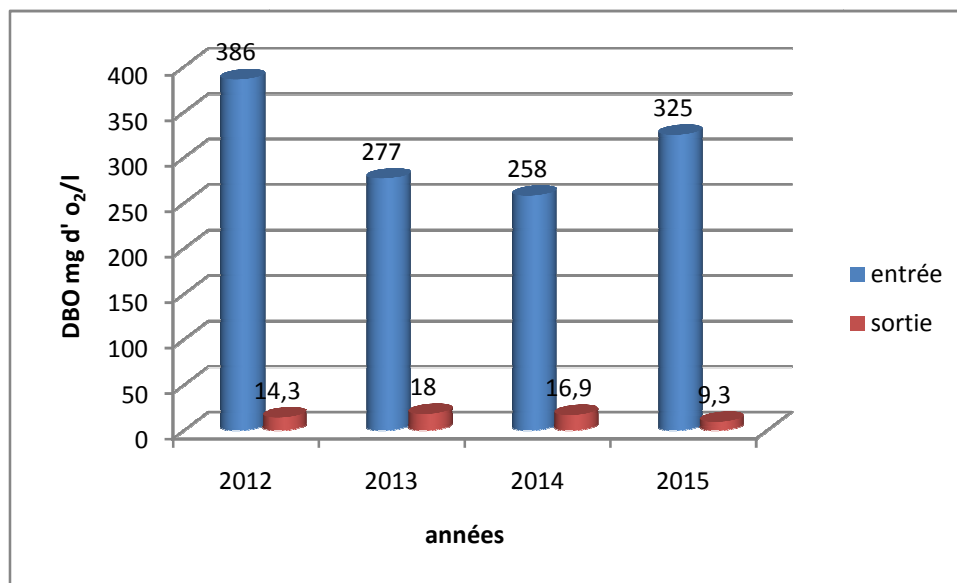


Figure (48) : Variations de la DBO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

Selon les résultats du tableau (27) indiqués sur la figure (47) on remarque que les valeurs moyennes de la charge polluante reçue par la station varient entre 258 mg d'O₂/l à 386 mg d'O₂/l en fonction des années, Les variations des concentrations en DBO₅ de l'eau brute s'expliquent par la nature des eaux résiduaires de la step Ouest Boukhalfa. Cependant, on constate que le maximum de pollution organique biodégradable est éliminé par la station, les effluents traités s'appauvrissent, ils montrent des teneurs en DBO₅ entre 9.3 mg d'O₂/l et 18 mg O₂/l, ce qui correspond à un taux d'abattement moyen de 95%, Cette performance de la station est liée à une optimisation des réglages d'exploitation.

Les valeurs de la DBO₅ enregistrées dans l'effluent traité durant toute la période de suivi correspondent aux normes de rejets fixés par OMS (30 mg d'O₂/l).

La demande chimique en oxygène DCO :

La DCO pratiquée sur les effluents, correspond à la consommation globale à chaud de l’oxygène de bichromate de potassium, elle est représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que des sels minéraux oxydables.

Les variations de la teneur en DCO, au cours de notre suivi, le long de la filière de traitement sont représentées par le tableau ci-après

Tableau (28) : Variations de la DCO à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration de 2012 à 2015.

DCO mg d’O ₂ /l	2012	2013	2014	2015
Entrée	748	627	331,8	602,88
Sortie	50	43	27	28

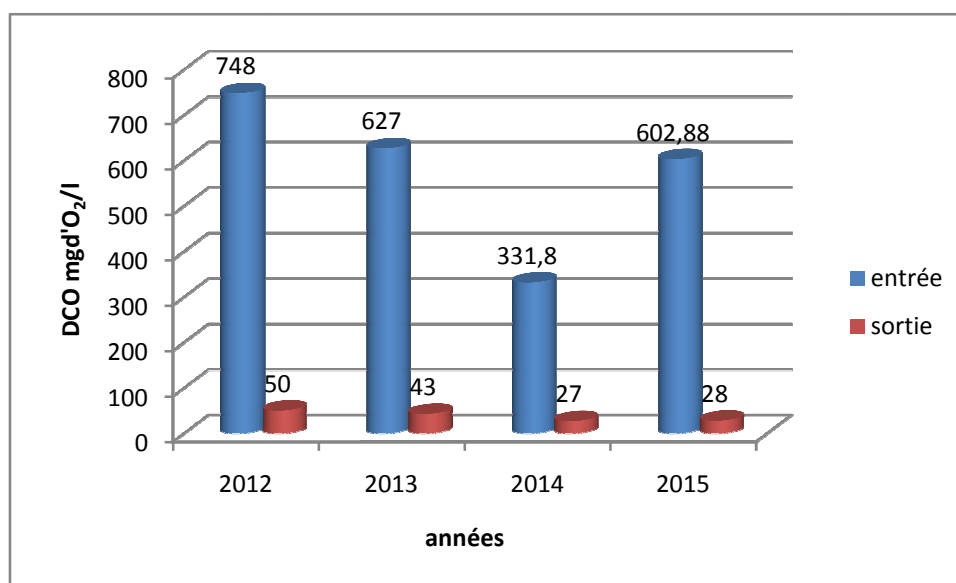


Figure (49) : Variations de la DCO à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration de 2012 à 2015.

Interprétation :

La figure (48) illustrant les résultats obtenus dans le tableau (28), reflètent les oscillations des valeurs de la DCO de l’eau brute selon les années, elles dandinent entre 331.8mg d’O₂/l à 748 mg d’O₂/l. Concernant l’effluent traité, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieure à celle de l’eau brute, leurs concentrations ne dépassent guère 50mg d’O₂/l ,cette diminution est due à l’efficacité du traitement appliqué.

Par ailleurs, les valeurs de la DCO obtenues à la sortie, obéit aux normes de l’OMS (<90 mg d’O₂/l).

Conclusion :

L'eau usée traitée à l'aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture, au voisinage des centres urbains. Cependant, en raison de la nature variable de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques) ; sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et menaces potentiels sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble.

Notre étude portée sur le suivi des performances épuratoires de la step Ouest de Boukhalfa en caractérisant les différents paramètres de pollution de l'effluent traité a révélé que les différentes concentrations des éléments de pollution dosés correspondent aux normes de rejets fixés par la loi algérienne.

Introduction générale

Première partie
Etude bibliographique

Deuxième partie
Etude expérimentale

Annexes

Références bibliographiques

Conclusion générale

Résultats et discussions

Présentation de la zone d'étude

Matériels et méthodes

Analyses
Physico-chimiques

Les eaux usées sont toutes les eaux qui sont de nature à contaminer les milieux dans lesquelles elles seront déversées. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux, des traitements sont réalisés sur ces effluents (collectés par le réseau d'assainissement). Ces derniers sont débarrassés de leurs plus grands déchets, au cours des prétraitements, jusqu'aux infimes polluants, au cours des traitements tertiaires.

Nous avons tenté à travers ce travail de caractériser les paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et traitées de la station ainsi que le suivi temporel des performances épuratoires de cette dernière durant une période de quatre ans depuis 2012 jusqu'à 2015.

Pour ce faire, nous avons tout d'abord choisi de regrouper les informations pertinentes sur les eaux usées et leurs traitements pour maîtriser les principaux paramètres pouvant les caractériser.

L'étude a permis en premier lieu de caractériser les effluents de boues activées issus de la station Ouest Boukhalfa. Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants pour l'élimination des matières en suspension en accord avec les normes de rejet des effluents de boues activées par OMS. Les effluents traités sont caractérisés par un pH légèrement alcalin. Les concentrations de la DCO et la DBO₅ des eaux traitées sont respectivement satisfaisantes. Les concentrations des nutriments, NO₃⁻ et NO₂⁻ et en PO₄⁻³ cadrent largement avec les normes de rejets fixées par l'OMS.

L'état délaissé dans lequel la station d'épuration Ouest Boukhalfa a été trouvée n'a vraisemblablement pas influencé le traitement. En effet, les résultats de l'analyse des paramètres globaux de la pollution organique montrent que celle-ci rejette une eau épurée de qualité satisfaisante ; sachant qu'une eau épurée n'est considérée comme telle que lorsqu'elle respecte les normes de rejets, ce qui est le cas pour tous les paramètres étudiés.

A l'avenir le recyclage des eaux usées traitées peut avoir des effets pharamineux pour les différents usages comme l'agriculture et l'industrie pour cela nous tenons à faire des recommandations directives et administratives suivantes :

- Protéger et sauvegarder les ressources en eau avant qu'elles ne soient contaminées. En effet, les techniques de décontamination des nappes polluées sont longues, coûteuses et ne permettent pas de restaurer une bonne potabilité des eaux.
- Supposer l'existence des stations d'Épuration à côté des barrages. Le traitement biologique des eaux polluées se fait dans ces dernières, les bactéries et les boues
- Produites seront décomptées dans les stations et seule l'eau traitée retournera dans les barrages
- Des interventions s'imposent pour remédier à la pollution des eaux, par l'établissement de normes nationales et l'installation des stations de traitement des eaux pour toutes les zones industrielles.
- Contrôler l'utilisation des engrais pour l'agriculture.
- Consolider les connaissances et les expériences acquises sur la réutilisation des eaux usées.

Références bibliographiques

- **AIF, (1993)** : Recherche et quantification des paramètres caractéristiques de l'équivalent habitant.
- **Amir, (2000)** : Traitement des boues de stations d'épuration par le procédé de compostage
- **Amir, (2005)** : Contribution à la valorisation de boues de station d'épuration par compostage (thèse de doctorat à l'institut polytechniques Toulouse.
- **ANONYME 1, (2014)**: <http://www.Zeta-meter.com>.
- **ANONYME 2, (1993)**: <http://www.the.water.treatments.com>
- **Asano T, (1998)**: Wastewater reclamation and reuse. Water quality management Library.
- **BADIA-GONDARD F, (2003)** : L'assainissement des eaux usées. Edition technicités.
- **BAUMONT. S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONIE A, (2004)** : Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.
- **BELGAID FARISA, (2008)** : Amélioration des performances de la station biologique de la laiterie de BOUDOUAU par un traitement physico-chimique .mémoire de fin d'étude UMMTO.
- **BONTOUX .J, (1993)** : Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier.
- **CHOCAT. B, (1997)** : Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement.
- **CRINI et BADOT, (2009)** : Traitement et épuration des eaux industrielles polluées, édition presse universitaire de franche comté.
- **CSHPF, (1995)** : **Recommandations** sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines.
- **DEGREMONT, (1978)** : Mémento technique de l'eau : 8^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier.
- **DEGREMONT, (1989)** : Mémento techniques de l'eau 9^{ème} édition technique et documentation.
- **DEGREMONT, (2005)** : Mémento technique de l'eau.10^{ème} Edition Lavoisier, Tomel, Paris.
- **DEGREMONT, (2005)** : mémento technique de l'eau.10^{ème}EDITION LAVOISIER, TOMEL, PARIS.

- **DESJARDINS, (1999)** : simulation et étude en laboratoire de la floculation lesté .mémoire de maitrise des silences appliquées .école polytechnique de Montréal.
- **DESJARDINS.R, (1997)** : traitement des eaux 2^{eme} édition revue et améliorée.
- **DICTIONNAIRE LAROUSSE, 2015.**
- **E.ADLER et al, (2005)** : éléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous produits de l'assainissement.
- **Faby .A, Brissaud F ,(1997)** : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.
- **GOMELLA C, GUERREE H, (1978)** : Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Ayrolle Paris.
- **GUERREE H, GOMELLA G, (1978)** : les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales.
- **HAMI ABDERRAHIM, (2005)** : traitement d'effluents liquides d'industrie agroalimentaire par procédé biologique à boues activées.
- **JEAN PAUL DELEVOYE, (2005)** : traitement de la pollution industrielle .Edition Dunod Paris.
- **KOLLER EMILIAN, (2004)** : Traitement des pollutions industrielles .Edition Dunod, Paris
- **LADJELB.F, (2004)** : exploitation d'une station d'épuration à bues activées .niveau 02. (CEMA BOUMERDES).
- **LAZAROVA .B, (2007)** : Intérêt, bénéfice et contrainte de la réutilisation des eaux usées en France.
- **LYONNAISE DES EAUX, (2002)**: traitements des eaux usées urbaines
- **MARTIGNE, SEGURET, (1996)** : la réutilisation des eaux usées après traitement.
- **MARTIN G, (1982)** : point sur l'épuration et le traitement d'effluent (eau-air).VOL.1.DOC LAVOISIER, PARIS.
- **MEKHALIF.F, (2009)** : réutilisations des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement (mémoire de magister).
- **MENECEUR .R ET SAIDJ.K, (2013)** : caractérisation des paramètres physico-chimiques et quantification des nutriments des eaux usées traitées de la step est de la ville de Tizi-Ouzou.

- **METAHRI.M.S, (2012):** Elimination de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par procédés mixte (thèse de doctorat).
- **MOLETTA.R, (1984) :** l'eau, sa pollution et son traitement.
- **Office des Publications Universitaires, Alger,** pp12-31.
- **OUALI M. S. (2001) :** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux.
- **RODIER J, BAZIN C, CHAMBON P, BROUTIN, CHAMPSAUD H, RODI L, (1996) :** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition. Edition DUNOD.
- **RODIER JEAN, (2009) :** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .3^{ème}, Edition, dunod, paris.
- **RODIER.J, (2009) :** l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer 9^{ème} édition, Dunod, Paris.
- **VALIRON, F. (1989) :** Gestion des eaux, alimentation, assainissement. Tome 2.2^{ème} édition, Paris.
- **Valiron. F, (1989) :** gestion des eaux .alimentation en eau, assainissement. Tome, 2,2^{ème} édition, Paris.

Annexes

1-les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques

Méthode manométrique avec Oxy Top

- 1- Mettre en marche l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- 2- Réchauffer ou refroidir un volume d'échantillon à $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- 3- Préparer les flacons DBO, y introduire une quantité appropriée d'échantillon à analyser, le volume de l'échantillon est défini dans le tableau suivant :

Volume de l'échantillon	Echelle de mesure
100 ml	0-1000 mgO ₂ /l
150 ml	0-600 mgO ₂ /l
250 ml	0-250 mgO ₂ /l
400 ml	0-90 mgO ₂ /l

- 4- Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon.
- 5- Placer une cupule dans le goulot de chaque flacon
- 6- Placer l'hydroxyde de Potassium en pastilles dans chaque cupule
- 7- Placer les Oxy top sur les flacons en les serrant bien
- 8 – Programmer les Oxy Top toute en choisissant l'échelle qui correspond au volume d'échantillon choisi

Détermination de la DCO ISO 6060 :

1. Transvaser 10ml de l'échantillon pour l'analyse (dilué, si nécessaire) dans la fiole de l'appareil à reflux et ajouter 5,00 ml + 0,01 ml de la solution de dichromate de potassium et quelques régulateurs d'ébullition à la prise d'essai (toujours 10 ml) et agiter soigneusement.
2. Ajouter lentement et avec précaution 15 ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent et raccorder immédiatement la fiole au réfrigérant.
3. Amener le mélange réactionnel à l'ébullition en 10 min et continuer l'ébullition pendant encore 110 min. La température du mélange réactionnel doit être de 148°C .
4. Refroidir la fiole immédiatement dans l'eau froide à environ 60°C et rincer le réfrigérant avec un petit volume d'eau. Enlever le réfrigérant et diluer le mélange réactionnel à environ 75 ml et le refroidir à la température ambiante.
5. Titrer l'excès de dichromate avec la solution de sulfate de fer et d'ammonium en présence de 1 ou 2 gouttes de la solution d'indicateur à la Ferroïne

Détermination de la conductivité

- 1- préparer le conductimètre
- 2- Etalonner l'appareil.
- 3- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- 4- Allumer le conductimètre et sélectionner l'échelle de conductivité appropriée.
- 5- Plonger la sonde dans l'échantillon.
- 6- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture. Le résultat obtenu est exprimé en "µ S/cm"

Détermination du pH et de la température

Deux méthodes utilisées :

Par électrométrie : (utilisation d'un pH - mètre)

- 1- préparer le pH - mètre
- 2- Etalonner l'appareil.
- 3- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- 4- Allumer le pH - mètre.
- 5- Plonger la sonde de température et l'électrode dans l'échantillon.
- 6- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture.

Par colorimétrie

A défaut d'un pH-mètre le pH est mesuré à l'aide de bandelettes indicatrices de pH et la température à l'aide d'un thermomètre qu'on plonge dans un récipient contenant l'échantillon à analyser.

Détermination des Nitrates NO_3^-

Méthode : spectrophotométrie

Gamme de 0 à 30 mg/l

- 1- Porter un vêtement de sécurité à savoir : gants, masque et lunettes de protection.
- 2- Préparer le spectrophotomètre.
- 3- Entrer le numéro du programme "355" et régler la longueur d'onde à "500 nm".
- 4- Presser la touche "Read Enter" l'affichage indique "mg/l N NO_3^- ".
- 5- Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon à analyser en le tenant dans un chiffon ou du papier absorbant.
- 6- Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille "Nitra Ver5" au flacon.
- 7- Mettre la pastille utilisée dans un sachet de stockage.

- 8- Presser "Shift Timer". Agiter le flacon pendant une minute jusqu'à ce que le minuteur sonne.
- 9- Presser "Shift Timer", une période de réaction de 5' commence.
- 10- Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.
- 11- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : " mg/l N NO₃ H "
- 12-Placer le blanc dans le puit de mesure.
- 13- Presser "Zéro", l'affichage indique " 0,0 mg/l N NO₃ H ".
- 14- Essuyer le flacon colorimétrique avec le papier absorbant puis le mettre dans un sachet de stockage.
- 15- Placer l'échantillon préparé dans le puit de mesure, presser "Read/Enter", le résultat s'affiche mg/l N NO₃ .

Note: Le résultat peut être exprimé en Nitrate NO₃⁻ en multipliant le résultat obtenu par 4,4.

Le résultat final est obtenu par soustraction de la valeur du blanc de réactif du lot utilisé.

- 16- Après avoir effectué l'analyse, le rejet est immédiatement stocké dans un jerrican de 20 litres.
- 17- Une fois le jerrican rempli, il est évacué par le chef de station vers le lieu de stockage.

N.B : Le blanc de réactif doit être déterminé pour chaque nouveau lot de Nitra Ver 5.

Détermination des Orthophosphates PO₄³⁻

Méthode : spectrophotométrie

Gamme de 0 à 2 ,50 mg/l

- 1- Porter des vêtements de sécurité à savoir : gants, masque et lunettes de protection.
- 2-Préparer le spectrophotomètre.
- 3- Entrer le numéro du programme "490" et régler la longueur d'onde à "890 mm".
- 4- Presser la touche "Read Enter" l'affichage indique "mg/l PO₄³⁻ PV".
- 5- Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon à analyser en le tenant dans un chiffon ou du papier absorbant.
- 6-Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille "Phos Ver3" au flacon puis agiter.
- 7- Mettre la pastille utilisée dans un sachet de stockage.
- 8- Presser "Shift Timer", une période de réaction de 2' commence.
- 9- Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.
- 10- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : "mg/l PO₄³⁻ PV".
- 11-Placer le blanc dans le puits de mesure.
- 12- Presser "Zéro", l'affichage indique " 0,00 mg/l PO₄³⁻ PV".

13- Essuyer le flacon colorimétrique avec le papier absorbant puis le mettre dans un sachet de stockage.

14- Placer l'échantillon préparé dans le puit de mesure, presser "Read/Enter", le résultat s'affiche

.N.B : Le blanc de réactif doit être déterminé pour chaque nouveau lot de Phos Ver 3

Détermination des Nitrites NO₂⁻

Méthode : spectrophotométrie

Gamme de 0 à 150 mg/l

- 1- Porter des vêtements de sécurité à savoir : gants, masque et lunettes de protection.
- 2- Préparer le spectrophotomètre.
- 3- Entrer le numéro du programme "373" et régler la longueur d'onde à "585 nm".
- 4- Presser "Read Enter" l'affichage indique "mg/l NO₂⁻ H".
- 5- Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon à analyser en le tenant dans un chiffon ou du papier absorbant.
- 6- Ajouter avec précaution le contenu d'une gélule "Nitri Ver2" au flacon puis agiter.
- 7- Mettre la pastille utilisée dans un sachet de stockage.
- 8- Presser "Shift Timer", une période de réaction de 10' commence.
- 9- Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon
- 10- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : " mg/l NO₂⁻ H".
- 11- Placer le blanc dans le puit de mesure.
- 12- Presser "Zéro", l'affichage indique " 0 mg/l NO₂⁻ H".
- 14- Placer l'échantillon préparé dans le puit de mesure, presser "Read/Enter", le résultat s'affiche.
- 15- Après avoir effectué l'analyse, le rejet est immédiatement neutralisé puis rejeté à l'évier.

Détermination de l'azote ammoniacal N NH₃

Méthode : spectrophotométrie

Gamme de 0 à 0,50 mg/l

- 1- Porter un vêtement de sécurité à savoir : gants, masque et lunettes de protection.
- 2- Préparer le spectrophotomètre.
- 3- Entrer le numéro du programme "385" et régler la longueur d'onde à "655 nm".
- 4- Presser la touche "Read Enter" l'affichage indique "mg/l N NH₃ Salic".
- 5- Remplir une éprouvette avec 25ml d'échantillon à analyser.

- 6- Remplir une autre éprouvette avec 25 ml d'eau distillée (le blanc).
- 7- Ajouter avec précaution le contenu d'une gélule "Salicylate ammoniacal" à chaque éprouvette, boucher et agiter.
- 8- Mettre la gélule utilisée dans un sachet de stockage.
- 9- Presser "Shift Timer". Une période de réaction de 3' commence.
- 10- Lorsque le minuteur sonne, ajouter le contenu d'une gélule "Cyanurate ammoniacal" à chaque éprouvette, boucher et agiter.
- 11- Presser "Shift Timer", une période de réaction de 15' commence.
- 12- Lorsque le minuteur sonne, verser le contenu des éprouvettes dans les flacons colorimétriques.
- 13- Placer le blanc dans le puit de mesure.
- 14- Presser "Zéro", l'affichage indique "0,00 mg/l N NH₃ Salic".
- 15- Placer l'échantillon préparé dans le puit de mesure, presser "Read/Enter", le résultat s'affiche en "mg/l N NH₃ Salic".

Note: Le résultat peut être exprimé en Ammoniac NH₃ ou en ammonium NH₄⁺ en multipliant respectivement par 1,22 et 1,29.

- 16- Après avoir effectué l'analyse, le rejet est immédiatement neutralisé puis rejeté à l'évier.

Détermination des matières en suspension MES

Méthode : filtration sous vide

- 1- Laver un disque de filtre en fibre de verre à l'eau distillée, le sécher à l'étuve à 105°C pendant 1 heure puis laisser refroidir dans un dessiccateur.
- 2- Peser le filtre vide P₀.
- 3- Placer le filtre sur le dispositif de filtration.
- 4- Verser une quantité connue de l'échantillon à analyser.
- 5- Mettre le dispositif en marche.
- 6- Après filtration, mettre le papier filtre dans une coupelle.
- 7- Sécher à l'étuve à 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant.
- 8- Mettre à refroidir dans le dessiccateur puis peser le poids du filtre P₁.

La concentration en matières sèches est obtenue selon la formule :

$$MS = (P_1 - P_0) \times 1000/V$$

Méthode : spectrophotométrie

- 1- Prélever 500 ml d'échantillon à analyser et homogénéiser.
- 2- Préparer le spectrophotomètre.

- 3- Entrer le numéro du programme “630” et régler la longueur d’onde à “810”
- 4- Remplir un flacon colorimétrique avec 25 ml d’échantillon à analyser.
- 5- Préparer le blanc en remplissant un autre flacon colorimétrique de 25 ml d’eau distillée.
- 6- Placer le blanc dans le puit de mesure, fermer le capot.
- 7- Presser “zéro”, l’affichage indique “0 mg/l MAT.EN SUSP”.
- 8- Agiter le flacon d’échantillon.
- 9- Placer l’échantillon dans le puit de mesure et fermer le capot.
- 10- Presser la touche Read Enter,
L’affichage indique le résultat en “mg/l MAT. EN SUSP”.

Détermination de la turbidité

Méthode : spectrophotométrie

- 1- Prélever 500 ml d’échantillon à analyser et homogénéiser.
- 2- Préparer le spectrophotomètre.
- 3- Entrer le numéro du programme “750” et régler la longueur d’onde à “450”
- 4- Remplir un flacon colorimétrique avec 25 ml d’échantillon à analyser.
- 5- Préparer le blanc en remplissant un autre flacon colorimétrique de 25 ml d’eau distillée.
- 6- Placer le blanc dans le puit de mesure, fermer le capot.
- 7- Presser “zéro”, l’affichage indique “0 FTU”.
- 8- Agiter le flacon d’échantillon.
- 9- Placer l’échantillon dans le puit de mesure et fermer le capot.
- 10- Presser la touche Read Enter, l’affichage indique le résultat en “FTU”

4- Méthodes d’analyses des boues

Détermination des matières sèches :

Méthode : filtration par gravité

- 1- Peser un papier filtre plissé (P_0).
- 2- Placer le papier filtre dans l’entonnoir.
- 3- Mouiller le filtre avec de l’eau distillée pour assurer l’adhérence à l’entonnoir.
- 4- Placer l’entonnoir sur une éprouvette un erlen meyer.
- 5- Verser une quantité connue d’échantillon et laisser filtrer.
- 6- Après filtration, mettre le papier filtre dans une coupelle.
- 7- Sécher à l’étuve à 105°C jusqu’à obtention d’un poids constant.
- 8- Mettre à refroidir dans le dessiccateur puis peser le poids du filtre P_1 .

La concentration en matières sèches est obtenue selon la formule :

$$MS = (P_1 - P_0) \times 1000 / V \quad \text{g/l}$$

Méthode : filtration sous vide

- 1- Laver un disque de filtre en fibre de verre à l'eau distillée, le sécher à l'étuve à 105°C pendant 1 heure puis laisser refroidir dans un dessiccateur.
- 2- Peser le filtre vide P_0 .
- 3- Placer le filtre sur le dispositif de filtration.
- 4- Verser une quantité connue de l'échantillon à analyser.
- 5- Mettre le dispositif en marche.
- 6- Après filtration, mettre le papier filtre dans une coupelle.
- 7- Sécher à l'étuve à 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant.
- 8- Mettre à refroidir dans le dessiccateur puis peser le poids du filtre P_1 .

La concentration en matières sèches est obtenue selon la formule :

$$MS = (P_1 - P_0) \times 1000 / V$$

Détermination de la Siccité

- 1- On introduit dans une coupelle en porcelaine de poids connu (P_0), une quantité de boue.
 - 2- On pèse de nouveau la coupelle : c'est le poids P_1 .
- La différence ($P_1 - P_0$) correspond au poids de boue humide.
- 3- On place la coupelle dans une étuve à 105°C jusqu'à évaporation totale de l'eau.
 - 4- Refroidir au dessiccateur puis peser c'est le poids P_2 .

La différence ($P_2 - P_0$) détermine le poids de MS.

La siccité est le pourcentage de MS par rapport au poids de boue humide.

$$Siccité = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100$$

Test de décantation et détermination de l'indice de boue :

A- Test de décantation V_{30}

- 1- Porter un vêtement de sécurité à savoir gants et tablier.
- 2- Prélever un échantillon de boue dans les bassins d'aération (de préférence en sortie du bassin et après 15' de fonctionnement de l'aérateur).
- 3- Remplir une éprouvette de 1000ml avec 1L de boue, mélanger en retournant l'éprouvette pour bien agiter.

4- Poser l'éprouvette sur un support stable.

5- Après 30', noter le niveau de boue dans l'éprouvette, cette valeur notée est le V30 exprimé en "ml/l"

B- détermination de l'indice de boue IB

1- L'indice de boue est défini par la formule suivante :

$$IB \text{ (ml/g)} = V_{30} / [\text{MES}]$$

Le V_{30} doit être impérativement inférieur à 300ml/l dans le cas contraire, procéder à e dilution avec de l'eau épurée dans ce cas le calcul de l'indice de boue est le suivant :

$$IB = V_{30} / [\text{MES}] \text{ dans l'éprouvette après dilution}$$

V_{30} : Volume décantée en 30 minutes exprimé en "ml/l"

MES : C'est la concentration en matières en suspension dans l'éprouvette exprimé en "g/l"

2-caractéristiques physico-chimique des eaux usées brutes :

PH	7.5-8.5
MES mg/l	150-500
DBO₅ mg/l	100-400
DCO mg/l	300-1000
COT mg/l	100-300
N-NH₄⁺ mg/l	20-80
N-NO₂⁻ mg/l	<1
N-NO₃⁻ mg/l	<1
P mg/l	10-25

(MENECEUR ET SAIDJ.2013)

Glossaire :

Agglomération : Zone dans laquelle la population et/ou les activités économiques sont suffisamment concentrées pour qu'il soit possible de collecter les eaux urbaines résiduaires pour les acheminer vers une station d'épuration ou un point de rejet final ;

Capacité de traitement : Débits et charges maximaux d'un effluent qui peuvent être traités par une installation existante de façon à obtenir un effluent traité conforme au niveau de rejet requis ;.

Charge brute de pollution organique : Demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO5) calculé sur la base de la charge journalière moyenne de la semaine au cours de laquelle est produite la plus forte charge de substances polluantes dans l'année ;

Equivalent Habitants : Grandeur calculée à partir de la comparaison des eaux usées des commerces, services, industries et des eaux usées domestiques et portant sur le volume journalier d'eau usées ou d'un élément polluant ;

Azote ammoniacal (NH₄) : Concentrations en masse de la somme de l'azote ammoniacal ;

Azote Kjeldahl (NK) : Concentrations en masse de la somme de l'azote organique et ammoniacal ;

Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO5) : Concentration en masse de l'oxygène dissous consommé, dans des conditions définies (5 jours à 20° C avec ou sans inhibition de la nitrification), par l'oxydation des matières organiques ou minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la quantité d'oxygène que le milieu récepteur devra pouvoir fournir pour assurer la dégradation aérobie de l'effluent qui y sera rejeté ;

Demande chimique en oxygène (DCO) : Concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité de dichromate consommée lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies ;

Matières en suspension (MES) : Concentration en masse contenue dans un liquide normalement déterminée par filtration ou centrifugation puis séchage dans des conditions définies ;

Phosphore total (Pt) : Concentrations en masse de la somme du phosphore organique et minéral ;

Aération : Introduction d'air ou d'oxygène ;

Bassin d'aération : Ouvrage dans lequel les eaux à traiter et les boues activées sont mélangées et aérées

Besoin en oxygène : Masse d'oxygène consommé par unité de volume de liqueur mixte et par unité de temps

Clarificateur ; décanteur secondaire : Ouvrage dans lequel les boues activées, ou les boues de cultures fixées sont séparées des eaux épurées pour des boues activées ou des cultures fixées

Conditions aérobies : Désigne une situation dans laquelle de l'oxygène dissous est présent

Conditions anaérobies : Désigne une situation dans laquelle sont absents : oxygène dissous, nitrites et nitrates

Conditions anoxiques : Désigne une situation dans laquelle l'oxygène dissous est absent et où nitrites et nitrates sont présents

Décanteur : Ouvrage de séparation des matières en suspension des eaux usées, sous l'influence de la gravité, par exemple, décanteur primaire, décanteur intermédiaire, décanteur secondaire

Décanteur primaire : Bassin dans lequel la majorité des matières décantables sont séparées par décantation des eaux usées brutes ou prétraitées qui le traversent

Décanteur secondaire (de lit bactérien) : Clarificateur intermédiaire ou secondaire situé en aval d'un lit bactérien

Dégradation : Processus physique, chimique ou biochimique par lequel les constituants d'une eau usée ou d'une boue sont décomposés

Dégraisseur, déshuileur : Ouvrage ou appareillage destiné à séparer des eaux usées les graisses, huiles et autres matières flottantes

Dénitrification : Réduction des nitrates et des nitrites pour libérer principalement de l'azote gazeux, généralement sous l'action des bactéries

Dégrilleur : Appareil destiné à séparer des particules grossières et des objets des eaux usées, par rétention sur des barreaux raclés manuellement ou mécaniquement, sur des bandes mobiles, des disques ou tambours rotatifs constitués de surfaces perforées, de grilles

Dessableur : Ouvrage destiné à séparer les graviers, le sable et les autres matières minérales similaires des eaux usées

Dessableur aéré : Ouvrage et équipement destinés à séparer les sables et autres matières minérales des eaux usées en utilisant de l'air pour induire une circulation. Cette fonction peut être combinée avec la séparation et la récupération des matières flottantes

Digestion anaérobie des boues : Procédé anaérobie qui réduit la masse de matières organiques des boues

Epaississement : Procédé qui consiste à augmenter la concentration en solides d'une boue, par élimination de l'eau

Epaississeur : Ouvrage ou appareil assurant la réduction de la teneur en eau de la boue, sous l'effet de la gravité, avec ou sans herses d'épaississement, en assurant l'élimination ultérieure du surnageant

Équipement : Composant associé à un ouvrage, par installation, montage, liaison ou mise en œuvre pour son exploitation afin d'assurer la fonction qui est dévolue

Eutrophisation : Enrichissement de l'eau, qu'elle soit douce ou saline, par des sels nutritifs, en particulier par des composés d'azote ou de phosphore qui accéléreront la croissance d'algues et des formes plus développées de la vie végétale

Evacuation des boues : Toute méthode qui consiste à se débarrasser de la boue sans bénéfice pour l'environnement, par exemple : mise en décharge de boues ou de cendres d'incinération

Film biologique : Couche formée par les microorganismes qui se développent à la surface du matériau support

Finition : Etape complémentaire de traitement améliorant la qualité des effluents secondaires par élimination de matières en suspension, par exemple, lagune de finition, filtration. Une élimination complémentaire de DBO5 peut en résulter

Floculant : Produit chimique ajouté afin de produire des agrégats (flocs) ou pour accroître la taille ou la cohésion des flocs

Flottation : Montée des matières en suspension dans un liquide vers la surface sous l'effet de l'entraînement par un gaz

Infiltration : Rejets d'eaux usées prétraitées ou traitées vers le sous-sol sans objectif agricole.

Lagune : Bassin de construction simple, le plus souvent en terre et destiné au traitement des eaux usées ; exemple : lagune naturelle, lagune d'aération; lagune de finition

Lagune aérée :: Lagune de traitement des eaux usées avec aération artificielle et sans recirculation de boues

Lagune de décantation : Lagune utilisée pour la séparation des matières en suspension de l'eau usées

Lagune de finition : Lagune utilisée pour la finition des eaux usées traitées

Lagunage naturel : Procédé d'un traitement biologique constitué d'une série de lagunes à eaux usées sans aération artificielle

Lit bactérien : Réacteur à culture fixée sur un lit de matériau support à travers lequel les eaux à traiter percolent. L'aération peut être naturelle ou forcée

Matériaux de garnissage ; matériau support : Matériaux inertes de diverses surfaces spécifiques sur lesquels se développe un film biologique

Nitrification : Oxydation des ions ammonium par les bactéries. Généralement, les produits ultimes d'une telle oxydation sont des nitrates

Ouvrage : Construction, et ses composants, érigés pour la mise en place des équipements

Prétraitements : Etape de traitement concernant l'élimination des solides grossiers, des sables et graviers ou des matières flottantes des eaux usées

Racleur : Equipement mécanique assurant la collecte des matières décantées ou flottées

Recyclage : Retour d'une fraction des eaux traitées par un réacteur à culture fixée afin de la mélanger avec les eaux qui l'alimentent

Réservoir de chasse : Petit réservoir recevant les eaux usées décantées jusqu'à l'accumulation du volume prescrit qui est alors déversé automatiquement par exemple vers le dispositif de distribution d'un lit bactérien (ou d'un filtre à sables)

Respiration :Echange de gaz entre un organisme et son environnement résultant de l'oxydation du substrat avec libération d'énergie. Elle a lieu en conditions aérobies ou anoxiques

Stabilisation aérobie ; Procédé aérobie qui réduit la matière organique des boues

Station d'épuration des eaux usées : Système destiné à la purification des eaux usées comprenant des ouvrages et des équipements techniques

Surface spécifique d'un matériau de garnissage :Caractéristiques d'un matériau de garnissage exprimées par sa surface développée par unité de volume, mesurée dans des conditions spécifiées,

Système de collecte : Système de canalisations qui recueille et achemine les eaux urbaines résiduaires

Temps de séjour : Durée théorique pendant laquelle un fluide séjourne dans une unité ou un système donné, calculée en divisant le volume du système par le débit du fluide à l'exclusion des débits de recirculation

Traitement aérobie : Epuration des eaux usées à l'aide de microorganismes aérobies en conditions aérobies ou anoxiques

Traitement anaérobie : Traitement des eaux usées à l'aide de microorganismes anaérobies en conditions anaérobies

Traitement des boues :Toute étape de transformation de la boue en vue de sa réutilisation ou de son évacuation. Par exemple, épaissement, stabilisation, conditionnement des boues, déshydratation, séchage, désinfection, incinération

Traitement pas boues activées :Procédé de traitement biologique des eaux usées dans lequel un mélange d'eaux usées et de boues activées est agité et aéré. les boues activées sont ensuite séparées des eaux épurées et sont recirculées vers le traitement. Une partie des boues activées est extraite du traitement en tant que boues en excès

Traitement primaire : Traitement des eaux urbaines résiduaires par un procédé physique et/ou chimique comprenant la décantation des matières solides en suspension ou par d'autres procédés par lesquels la DB05 des eaux résiduaires entrantes est réduite d'au moins 20% avant le rejet et le total des matières solides en suspension des eaux résiduaires entrantes, d'au moins 50 %

Traitement secondaire : Le traitement des eaux urbaines résiduaires par un procédé comprenant généralement un traitement biologique avec décantation secondaire ou par un autre procédé

Traitement tertiaire :Procédés complémentaires permettant une épuration plus poussée que celle obtenue à la suite d'un traitement primaire et secondaire

Valorisation des boues : Réutilisation de la boue traitée avec un bénéfice pour l'environnement,

Vitesse de décantation : Vitesse de décantation des matières en suspension déterminées, dans des conditions spécifiées ;

Boues : Mélange d'eau et de matières solides séparées, par des procédés naturels ou artificiels, des divers types d'eaux qui les contiennent (NOTE : les résidus des prétraitements ne sont pas considérés comme étant des boues)

Boues : Boues résiduaires, traitées ou non, provenant de stations d'épuration des eaux urbaines résiduaires

Boues activées : Amas biologique (flocs) formé, au cours du traitement d'une eau résiduaire par la croissance de bactéries et d'autres microorganismes en présence d'oxygène dissous

Boues biologiques ; boues secondaires :: Boues en provenance d'un traitement secondaire ou biologique

Boues primaires : Boues issues d'une décantation primaire qui ne sont pas mélangées à d'autres boues recirculées

Boues recirculées, boues de recirculation : Boues activées qui après séparation d'avec la liqueur mixte sont réutilisées dans le traitement de l'eau

Eau brute : Eau qui n'a subi aucun traitement de quelque sorte que ce soit, ou eau qui entre dans une station afin d'y subir un traitement ou traitement supplémentaire

Liqueur mixte : Mélange d'eaux usées et de boues activées participant au traitement dans une installation à boues activées

Déversoir d'orage : Dispositif équipant un réseau unitaire ou un réseau pseudo séparatif ou une station d'épuration qui élimine du système un excès de débit

Réseau d'assainissement : Réseau d'égouts et ouvrages auxiliaires assurant le transport des eaux résiduaires et/ou des eaux de ruissellement vers une installation de

Réseau de type séparatif : Réseau d'assainissement comprenant normalement deux canalisations, l'une véhiculant les eaux usées et l'autre les eaux de surface

Réseau de type unitaire : Réseau d'assainissement conçu pour véhiculer à la fois les eaux usées et les eaux de surface dans une même canalisation

Débit : Volume de fluide s'écoulant à travers une certaine section pendant une unité de temps

Débit de pointe : Quantité maximale de fluide passant à travers une certaine section pendant une

Unité de temps

Résumé en français :

Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigué et l'industrie. Par ailleurs, La réutilisation des eaux usées semble être une alternative solution face à ce danger alarmant.

Le procédé "boues activées" est l'une des techniques en plein essor, de traitement des eaux usées qui consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des micro-organismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases "eaux épurées" et "boues épuratrices" sont séparées

La présente étude se penche sur le suivi du bon fonctionnement de la step Ouest Boukhalfa, par le dosage des paramètres physico-chimiques et bactériologiques qui ont été réalisée sur des échantillons d'eau, à raison d'un prélèvement dans le mois d'avril durant une période de quatre ans à partir de 2012 jusqu'à 2015.

Les résultats obtenus montrent un abattement important des paramètres de pollution analysés des eaux brutes ainsi que des eaux épurées qui cadrent largement avec les normes de rejets fixé par la réglementation algérienne.

Summary :

Water resources are from surface water and renewable and non-renewable groundwater. In Algeria, the exploitation of these resources is very intense with the growing needs associated with population growth and accelerated development of economic activities, including irrigated agriculture and industry. Moreover, the wastewater reuse appears to be an alternative solution to this alarming threat.

The process "activated sludge" is one of the growing techniques, wastewater treatment which consists of mixing and stirring raw sewage with liquid activated sludge, bacteriologically very active. Aerobic degradation of pollution is achieved by intimate mixing of purifying micro-organisms and the effluent to be treated. Then the phases "purified water" and "purifying sludge" are separated

This study focuses on monitoring the proper functioning of the West Boukhalfa step, by measurement of the physico-chemical and bacteriological parameters were performed on water samples at a rate of a levy in April for a period of four years from 2012 jusqu'à 2015.

The results show a significant reduction of pollution parameters analyzed raw water and treated water that largely aligned with the discharge standards set by the Algerian regulations.