

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref

Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de la Technologie Département de science de la nature et de la vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

en : - Filière : Biologie

- Spécialité : Biologie appliqué et environnement

- Option : Biochimie et microbiologie appliquée

Thème

L'analyse biochimique des eaux usées et des eaux épurées par la station d'épuration de Sidi Merouane

Préparé par :

Chebta Khaled

Zeghilet Hakima

Soutenue devant le jury :

- Président : Kallab Rabah

Grade : maître assistant A

- Examineur : Zouaghi Mohamed

Grade : maître assistant A

- Promoteur : Harieche Ouahiba

Grade : maître assistant A

Année universitaire : 2013/2014

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous remercier tout

d'abord ALLAH le tout puissant de nos avoir

donné la santé la patience, la puissance et

la volonté pour réaliser ce travail.

Nous nous exprimons nos plus vifs remerciements au Madame

Harieche Ouahiba

que sa Profonde gratitude pour avoir orienté, dirigé ce travail et

également pour tous ses conseils dans l'élaboration et la

Conception de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à Monsieur

Kallab Rabah

qui nous fait l'honneur d'être le président de ce jury.

Nous sommes également très honorées de la présence, dans ce jury

Monsieur Zouaghi Mohamed

Nos remerciements s'adressent également à toutes les personnes qui ont

Contribué à la réalisation de ce mémoire les ingénieurs de laboratoire

de centre universitaire de Mila. De STEP de Sidi Merouane,

de STEP de L'Athmania

****Merci****

À ceux et celles qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre

de près ou de loin dans nos travaux,

Nous les remercions du fond du cœur.

Dédicaces

A mon dieu qui nous a donné le courage pour terminer notre projet.

*A mes parents qui m'ont inculqué un esprit de combativité et de persévérance et qui
m'ont toujours poussé et motivé dans mes études.*

Sans eux certainement je ne serais pas à ce niveau.

*A ma trésors ma très chère mère qui sacrifier leur vie et m'a poussée a lavant pour
réaliser mes rêves.*

*A mon père qui je souhaite il est dans le vaste paradis de mon dieu je dédie ce succès
et j'espère que finalement j'atteindre leur but je n'ai jamais oublié toi et vous reste
toujours dans mon cœur et une pieuse pensée.*

A mes sœurs Pour ses encouragements incessants.

*A mes frères Vous occupez une place particulière dans mon cœur. Je vous dédie ce
travail en vous souhaite un avenir radieux, plein de bonheur et succès*

*A tous mes amis, pour votre sincère entité, votre soutien permanent me remonter le
moral et vos conseils m'incitent à relever les défis. A tout Personne qui me connaît.*

KHALED

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Ma très chère mère qui m'a toujours apportée

Son amour et son affection

Mon cher père, qui m'a toujours encouragée, conseillée et

Soutenue dans mon travail

Ma très chère sœur

Mes très chers frères

Toute ma famille

Mes oncles

Mes très chers amis

Mes camarades de la promo de Biologie 2013-2014



Hakima

Sommaire

Introduction

Revue bibliographique

Chapitre I : Les eaux usées et les procédés d'épuration.

1-Les eaux usées

1-1-Définition des eaux usées.....	3
1-2-Nature et origine des eaux usées.....	4
1-3-Composition des eaux usées.....	5
1-4-Les eaux usées : un réservoir de polluants.....	5

2-Epuration des eaux

2-1-Définition d'épuration.....	14
2-2-La nécessité de l'épuration.....	14
2-3-Les biotechnologies appliquées dans le traitement des eaux usées.....	14

Chapitre II : Les paramètres physico-chimiques et biochimiques

1-Les paramètres physico-chimiques

1-1-Les matières en suspension (MES).....	24
1-2-La température	24
1-3-La conductivité électrique (EC).....	25
1-4-La dureté de l'eau (TH).....	25
1-5-La turbidité	26
1-6-L'odeur.....	26
1-7-Le potentiel d'hydrogène (pH).....	26

1-8-La demande biochimique en oxygène (DBO5).....	27
1-9-La demande chimique en oxygène (DCO).....	27
1-10-Les matières oxydables (M).....	29
1-11-Potentiel redox (Eh)	29
1-12-Oxygène dissous (OD).....	29
1-13-L'azote et le phosphore.....	31
1-14-Chlore libre et Bores.....	32
1-15-Métaux lourds.....	32
2- Les paramètres biochimiques.....	35
2-1-L es protéines.....	35
2-2-L es polysaccharides.....	36
2-3-Les lipides.....	36
2-4-Les acides nucléiques.....	37

Matériel et Méthodes

Introduction.....	38
1-Localisation.....	38
2-L'échantillonnage.....	42
3-Le point de prélèvement.....	42
4-Analyse de l'eau.....	42
4-1-Les paramètres physico –chimiques.....	42
4-1-1-La température.....	42
4-1-2-L'oxygène dissous.....	43

4-1-3-La conductivité.....	43
4-1-4-Le pH.....	43
4-1-5-Les MES.....	44
4-1-6-La mesure des matières sèches.....	48
4-1-7-La mesure de la DCO.....	48
4-1-8-La mesure de la DBO5.....	48
4-2-Les paramètres biochimiques	
4-2-1-Dosage des polysaccharides.....	51
4-2-2-Dosage des protéines.....	52

Résultats et discussion

1-Characterisation physico-chimique des eaux usées et traités.....	53
2-Characterisation biochimique.....	63
Conclusion	67
Références bibliographiques	68
Annexes	76
Résumé	

Liste des abréviations :

AMO : Ammonium Monoxygénase

As : l'Arsenic

CaCO₃ : Bicarbonate de Calcium

Cd : le Cadmium

°C : Degré Celsius

DAPE : Direction de l'Assainissement et de la protection de l'environnement

DBO₅ : La Demande Biochimique en Oxygène

DCO : La Demande Chimique en Oxygène

EB : Eau Brute

EE : Eau Epurée

EC : Conductivité électrique

Eh : Potentiel Redox

HAO : Hydroxylamine Oxydoréductase

Hg : le Mercure

MES : Matière en Suspension

MO : Les Matières Oxydables

MRE : Ministère de Ressource en Eau

MS : Matière Sèche

mV: milli Volte

Ni : le Nickel

NO₂⁻ : nitrite

NO₃⁻ : nitrate

nM : nano mètre

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique

OD : Oxygène Dissous

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Pb: Plomb

pH : Potentiel d'Hydrogène

POP : Polluants Organiques Permanents

STEP : Station d'Epuration

TH : Dureté de l'eau

T⁰ : Température

UV: Ultra Violet

WHO: World Health Organization

BSA : Sérum Albumine Bovine

Liste des figures

Les figures	Titre	Pages
Figure 01	Le devenir des eaux usées.	15
Figure 02	Les étapes d'une filière de traitement des eaux.	21
Figure 03	Localisation de la station de Sidi Merouane dans la wilaya de Mila.	39
Figure 04	Vue générale de la station de Sidi Merouane.	40
Figure 05	Un dégrilleur de STEP de Sidi Merouane.	40
Figure 06	Le dessableur /déshuileur de STEP de Sidi Merouane.	41
Figure 07	Les bassins biologiques de STEP de Sidi Merouane.	41
Figure 08	Le clarificateur de STEP de Sidi Merouane.	41
Figure09	Un thermomètre.	45
Figure 10	Un oxymétrie.	45
Figure 11	Un conductimètre.	46
Figure 12	Le pH mètre.	46
Figure 13	L'ensemble de filtration sous vide.	47
Figure 14	Le dessicateur.	47
Figure 15	Une centrifugeuse.	47
Figure 16	L'étuve à 105 ⁰ C.	47
Figure 17	Réacteur à DCO.	50
Figure 18	Le système Oxitop [®] pour la mesure de DBO5.	50
Figure 19	Evolution de la température dans les eaux usées et les eaux épurées	53
Figure 20	Evolution de l'oxygène dissous dans les eaux usées et les eaux épurées	53

Figure 21	Evolution des EC dans les eaux usées et les eaux épurées	54
Figure 22	Evolution de pH dans les eaux usées et les eaux épurées	54
Figure 23	Evolution du taux de MES dans les eaux usées et les eaux épurées	55
Figure 24	Evolution du taux des MS dans les eaux usées et les eaux épurées	55
Figure 25	Evolution de la DCO dans les eaux usées et les eaux épurées	56
Figure 26	Evolution de la DBO5 dans les eaux usées et les eaux épurées	56
Figure 27	Courbe d'étalonnage des protéines	63
Figure 28	Courbe d'étalonnage des glucides	63
Figure 29	Evolution des protéines dans les eaux usées et eaux épurées	64
Figure 30	Evolution des glucides dans les eaux usées et eaux épurées	63

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau 01	Les bactéries pathogènes dans les eaux usées.	10
Tableau 02	Les protozoaires pathogènes dans les eaux usées.	11
Tableau 03	Les virus pathogènes dans les eaux usées.	12
Tableau 04	Les parasites pathogènes dans les eaux usées.	13
Tableau 05	Le rapport DCO/DBO et la biodégradabilité.	28
Tableau 06	Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température.	30
Tableau 07	Normes de rejets de l'OMS appliquée en Algérie.	34
Tableau 08	Les méthodes colorimétriques existantes pour le dosage des protéines.	35
Tableau 09	Les valeurs correctes pour le volume de l'échantillon et le facteur pour la mesure de la DBO5.	49
Tableau 10	Protocole de dosage des polysaccharides.	51
Tableau 11	Protocole de dosage des Protéines.	52
Tableau 12	Le niveau de la biodégradabilité chaque mois.	62

Introduction

L'eau joue un rôle primordial dans l'environnement, indispensable à toutes les formes de vie, elle façonne et embellit le paysage, agit sur le climat, influe sur le milieu ambiant et représente une ressource vitale pour l'agriculture, l'industrie, la production d'hydro-électricité, les loisirs et le tourisme. Le problème de la pollution des eaux présente sans aucun doute. Un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement **(Rabetafika, 2006)**. L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée. Les problèmes liés aux eaux usées sont anciens que eux même et ils s'aggravent avec la croissance démographique, l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement des activités industrielles. Ces eaux usées pour l'essentiel sont déversées par les populations sur les terrains vagues ou tout simplement dans les milieux aquatiques (lacs, rivières, mers, etc....) utilisées comme escudoires naturels, mise en contact direct avec le milieu récepteur, les eaux usées brutes engendrent des effets néfastes notamment une nuisance liée à la stagnation de ces eaux et au dégagement d'odeurs nauséabondes, une perturbation de l'équilibre écologique du milieu naturel surtout par la pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques et un risque sanitaire par contamination microbiologique ou parasitaires **(Akpo, 2006)**.

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 rejeté. Le recyclage de l'eau dans les industries et l'utilisation de l'eau pour contribuer à diminuer la pression sur les ressources naturelles de bonne qualité **(Amy et al., 1996)**.

Les procédés d'épuration des eaux usées urbaines, industrielles, et agricoles sont nombreux. Le principe est basé sur la capacité des bactéries présentes naturellement dans les eaux usées à dégrader la pollution organique qu'elles utilisent pour leur développement. Les stations d'épuration s'appuient sur les technologies pour intensifier. Ce phénomène naturel, le traitement biologique des eaux usées permet de diminuer la pollution organique, azotée, carbonée et phosphorée. L'efficacité d'une station d'épuration dépend d'une part de l'adsorption et de la dégradation des polluants par une population bactérienne adaptée et d'autre part de la bonne séparation de la biomasse épuratrice et de l'eau épurée. L'étape de séparation de la biomasse et de l'eau est un point critique pour le bon fonctionnement d'une station d'épuration **(Avella Vasquez, 2010)**.

Le suivi de la rentabilité de l'épuration d'une station d'épuration des eaux usées à boue activée est généralement basé sur la mesure régulière de certains paramètres physico-chimiques tel que, le pH, la température, la conductivité, la DBO5, la DCO et les MES. Ainsi, la détermination du taux des composés carboné présents sous forme solubles tel que les sucres, les lipides, les protéines et acides nucléiques permettra d'apprécier d'avantage la biodégradation de la matière organique contenue dans les eaux usées.

L'objectif général de ce travail est d'évaluer le niveau de la pollution physico-chimique et de la contamination biologique des eaux usées collectées au niveau de la station d'épuration de sidi merouane. Pour y parvenir nous nous sommes fixés comme objectifs de déterminer les paramètres physico-chimiques et biochimiques.

Revue Bibliographique

Chapitre I

Les eaux usées et
les procédés d'épuration

1-Les eaux usées :**1-1-Définition des eaux usées**

Les eaux usées sont des eaux dont les propriétés ont été modifiées du fait de leur utilisation : domestique, industrielle, agricole ou autre ainsi que par les eaux de ruissellement de temps sec et les eaux pluviales s'écoulant sur les terrains bâtis et surfaces imperméabilisées (eaux météoriques). Parmi les eaux usées figurent également les liquides ayant été recueillis dans les installations de traitement et de stockage des déchets. **(Rahmoun et al., 2013).**

Les eaux usées brutes sont plus particulièrement caractérisées par une forte charge en matières minérales et organiques ainsi qu'en micro-organismes dont certains sont pathogènes. En fait, il existe deux types d'eaux brutes :

- Les eaux grises, peu chargées en éléments polluants, qui proviennent des lavages domestiques (toilette, lessive, vaisselle...) ;
- Les eaux noires, à forte charge polluante (matières fécales, la plupart des rejets industriels...) **(Tiercelin, 2008).**

1-2-Nature et origine des eaux usées :**1- 2-1- 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 **(Baumont et al., 2005).**

1-2-2- Les eaux usées urbaines :

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sortes de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des silts, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toute sortes de

micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopique de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules **(Desjardins, 1997)**).

1- 2-3- Les eaux usées industrielles :

Proviennent des usines et sont caractérisées par une grande diversité. Suivant l'utilisation de l'eau. Les produits ou sous-produits de l'activité industrielle qui peuvent se retrouver concentrées dans l'eau :

- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissage...) ;
 - Sels métalliques (traitement de surface, métallurgie) ;
 - Acides, bases, produit chimiques divers (industrie chimique, tanneries...) ;
 - Eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
 - Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs) ;
- (Ladjel et Boucheref, 2011)**

Selon **Baumont et al ., (2005)**, les rejets industriels peuvent donc suivre trois Voies d'assainissement :

- Directement rejetés dans le réseau domestique ;
- Prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- Entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

1-2-4-Les eaux agricoles :

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses .Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates. Sous une forme ionique ou en quantité ce qui résultent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées. Des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues **(Bourven, 2012)**.

1-3- Composition des eaux usées :

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elle dépend de :

L'activité humaine (eaux ménagères et eaux vannes), la composition des eaux d'alimentation en eau potable et, accessoirement, de la nature des matériaux entrant dans la

constitution des canalisations d'eau, pour les composés Chimiques, la nature et la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le Réseau urbain. **(Faby, 1997 ; Baumont et al ., 2005).**

Les eaux usées contiennent des polluants chimiques qui sont classées en deux catégories :

- Les micropolluants chimiques organiques : (hydrocarbures, pesticides, détergent, Autres...). Ils sont appelés polluants organiques permanents (POP) ;
- Les micropolluants chimiques inorganiques : principalement les métaux lourds (Cuivre, Zinc, Cadmium, Plomb, Mercure et Nickel).

Aussi elles contiennent d'autre polluant :

- Des polluants physiques due aux décharges des déchets et aux particules en suspension (MES) apportés par les eaux de ruissellement et les eaux d'égouts.
- Des polluants biologiques qui sont de nombreux microorganismes virus, bactéries, protozoaires, et helminthes qui sont transportées par les eaux résiduaires urbaines **(Baumont et al ., 2005 ; Lacroix, 2008).**

1-4 - Les eaux usées : un réservoir de polluants :

Vue cette composition les eaux usées sont considérés comme un réservoir de polluants **(Baumont et al ., 2005).**

1-4-1 - Les éléments toxiques organiques :

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique, des rejets industriels et des eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier ...etc. Parmi ces composés chimiques toxiques très persistants et qui ont une grande lipophilicité, telques les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les alkyles phénols, Chlorophénols, phtalates, les pesticides et les résidus pharmaceutiques actifs.

Certains composés ont un pouvoir de perturber le système endocrinien tel que les hydrocarbures polycycliques aromatiques et les alkyles phénols **(Belgiorno et al ., 2007).**

En effet, plusieurs environnements aquatiques ont été pollués par ces composés en plus des autres substances pharmaceutiques dont la principale source est les eaux usées **(Kimura et al ., 2004).**

Il s'est avéré que les stations d'épuration sont des sources potentielles de ces produits toxiques. Cependant, en raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, ils se retrouvent concentrés dans les boues plutôt que dans les eaux résiduaires (**Belgiorno et al., 2007 ; Andreozzi et al., 2003**).

1-4-2 - Les éléments traces, minéraux ou organiques :

Les micropolluants organiques et non organiques résultent d'une pollution multiple et complexe. Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes (**Baumont et al ., 2005**).

1-4-3 - Les substances nutritives :

Leur présence dans les eaux usées peut avoir un impact négatif sur la santé humaine la qualité des eaux superficielles et dans une moindre mesure un impact bénéfique sur les cultures dans le cas d'une réutilisation agricole (**Baumont et al ., 2005**).

- Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l Il peut donc couvrir une partie des besoins des plantes (**Baumont et al ., 2005**).
- Les phosphates sont présents dans les effluents secondaires à hauteur de 6 à 15 mg/l. Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement et en cas d'excès, les Phosphates se fixent dans le sol. Ils peuvent alors être entraînés par l'érosion et participer au phénomène d'eutrophisation (**Baumont et al ., 2005**).
- Les nitrates, qui permettent de fournir de l'azote à la plante :
 - Sur les cultures : ils entraînent des retards de maturation, une altération de la qualité, etc.
 - Sur le milieu naturel : les nitrates sont les principaux responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques.

- Sur la santé humaine : les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques : La méthémoglobinémie est un risque de cancer. Les nitrites sont de puissants oxydants qui ont la capacité de transformer l'hémoglobine en méthémoglobine, rendant le sang incapable de transporter l'oxygène jusqu'aux tissus **(Baumont et al., 2005)**.

1-4-4 - Les métaux lourds :

Les métaux lourds trouvés dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple : ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels **(Cauchi et al., 1996)**. Les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) **(Vilagines, 2003)**.

1-4-5 - Les matières en suspension (MES) :

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures **(Baumont et al., 2005)**.

1-4-6-Les polluants biologiques :

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 : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes **(Belaid, 2010)**.

1-4-6- 1 - Les bactéries :

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

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées (Toze, 1999).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont la plupart sont des *Proteus* et des *entérobactéries*, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 *clostridiums*. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 germes/l. Parmi les plus détectées sont retrouvées, les *salmonelles*, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les *coliformes* thermo-tolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (Belaid, 2010) (Voir le tableau 1).

Agent pathogène	Symptômes maladies	Nombre pour un litre d'eau usée	Voie de contamination principale
<i>Salmonella</i>	Typhoïde, Paratyphoïde, Salmonellose	23 à 80000	Ingestion
<i>Shigella</i>	Dysenterie bacillaire	10 à 10000	Ingestion
<i>E. coli</i>	Gastro-entérite		Ingestion
<i>Yersinia</i>	Gastro-entérite		Ingestion
<i>Campylobacter</i>	Gastro-entérite	37000	Ingestion
<i>Vibrio</i>	Choléra	100 à 100000	Ingestion
<i>Leptospira</i>	Leptospirose		Cutané, Inhalation, Ingestion

1-4-6-2- 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, qui se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle vital une forme de résistance, appelée kyste qui peut être véhiculé par les eaux résiduaires. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (**Baumont et al ., 2005**).

Ainsi, selon les conditions des milieux, ces organisme peuvent survivre plusieurs semaines voire même plusieurs années. En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (**Campos, 2008**) (Voir le tableau 02).

Tableau02 : Les protozoaires pathogènes dans les eaux usées (Baumont et al., 2005**).**

Organisme	Symptôme maladie	Nombre pour un litre	Voie de contamination principale
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée, malabsorption	125 à 100000	Ingestion
<i>Balantidium coli</i>	Diarrhée bénigne , ulcère du colon	28 à 52	Ingestion
<i>Cryptosporidium</i>	Diarrhée	0.3 à 122	Ingestion
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose : ganglion, faible fièvre		Inhalation, Ingestion
<i>Cyclospora</i>	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids		Inhalation, Ingestion
<i>Microsporidium</i>	Diarrhée		Ingestion

1-4-6-3 - 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 (**Baumont et al ., 2005**). Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries (**Aulicino et al ., 1996**) (voir le tableau 03).

Tableau 0 3 : Les virus dans les eaux usées (pour plus de précisions sur leurs effets pathogènes) (**Baumont et al ., 2005**).

Organisme	Symptôme maladie	Nombre pour un litre	Voie de contamination principale
Virus de l'hépatite A	Hépatite A		Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E		Ingestion
Rotavirus	Vomissement, Diarrhée	400 à 85000	Ingestion
Virus de Norwalk	Vomissement, Diarrhée		Ingestion
Astrovirus	Vomissement, Diarrhée		Ingestion
Calicivirus	Vomissement, Diarrhée		Ingestion, Inhalation
Réovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée		Ingestion

1-4-6-4 - 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 à 10^3 oeuf /l (**Faby et Brissaud, 1997**).

Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*. 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. 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., 2005**) (Voir le tableau 04).

Tableau 04 : Les parasites(Les helminthes) pathogènes dans les eaux usées (**Baumont et al., 2005**).

Organisme	Symptômes maladies	Nombre pour un litre	Voie de contamination principale
<i>Ascaris</i>	Ascaridiase diarrhée, Troubles nerveuses	5 à 111	Ingestion
<i>Ancylostoma</i>	Anémie		Ingestion, Cutané
<i>Necator</i>	Anémie		Cutané
<i>Taenia</i>	Diarrhée, douleurs musculaires		Ingestion de viande
<i>Trichuris</i>	Diarrhée, douleurs abdominale, nausée		Cutané

2- Epuration des eaux :

2-1- Définition :

Est un ensemble de techniques qui consiste à purifier l'eau, soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. **(Baumont et al., 2005).**

2-2-La nécessité de l'épuration :

La composition des eaux usées et des eaux résiduelles démontre la nécessité de leur épuration. Quand les eaux usées, urbaines ou industrielles, ne sont pas épurées avant leur rejet dans le milieu naturel, l'altération de ce dernier et les déséquilibres qui s'y produisent ont non seulement des effets immédiats sur les utilisations de l'eau, mais aussi des conséquences à plus long terme et parfois irréversibles sur l'environnement **(Lacroix, 2008).**

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et, d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives) **(Xanthoulis, 1993).**

2-3- Les biotechnologies appliquées dans le traitement des eaux usées :

2-3-1- L'assainissement :

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 » **(Le Hyaric, 2009).**

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**).

On distingue deux systèmes d'assainissement :

- L'assainissement individuel : pour des habitations isolées, les eaux usées sont traitées sur le site de production car il n'est pas possible de les rejeter dans un système de collecte ;
- L'assainissement collectif : le système de collecte est commun pour un grand nombre d'utilisateurs et la totalité des eaux usées est traitée au niveau d'une station de traitement appelée station d'épuration :

Ce système est le plus commun et il est constitué de quatre composants essentiels et indissociables (Voir la figure 01) (**Rejsek, 2002**).

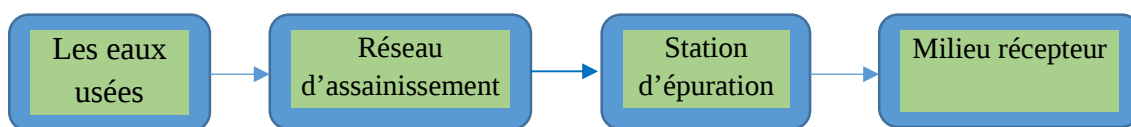


Figure 01 : Le devenir des eaux usées (Rejsek, 2002).

2-3-2 - L'épuration des eaux usées en Algérie :

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement, comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration. Pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées. Le volume annuel des eaux usées est estimé à 600 millions de m³, dont quelques 550 millions de m³ proviennent aux agglomérations de taille supérieure à

50 000 habitants (**Hartani, 2004**).

Au cours de ces dernières années, le Ministère des Ressources en Eau (MRE) a entrepris la mise en œuvre d'un important programme d'investissement concernant la réalisation de 84 stations d'épuration (STEP) et la réhabilitation de 15 autres, dont deux en exploitation. Ceci a porté le nombre actuel des STEP existantes et en exploitation de 46 à 138 avant la fin 2008. À noter aussi que 56 STEP sont actuellement en cours d'étude ou en étude de réhabilitation, et dont le lancement des travaux a été prévu pour le moyen terme (2007-2010), ce qui a permis d'atteindre un parc de 194 STEP à l'horizon 2010 (**DAPE, 2006**).

2-3-3- Les grandes étapes de l'épuration :

Les particules présentes dans les eaux usées ont des tailles allant du nanomètre jusqu'au millimètre. Après une décantation, les particules dont la taille est inférieure à 150µm restent en suspension. Les eaux usées contiennent des particules colloïdales très stables surtout avant l'épuration biologique (**Sigg et al ., 2006**).

Dans une station d'épuration, les eaux usées subissent plusieurs traitements pour éviter des problèmes d'environnement et de santé publique (**Raven et al ., 2009**).

2-3-3-1- Le prétraitement :

C'est une épuration physique qui permet d'éliminer les matières les plus grossières (**Rejsek, 2002**) aussi les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. (**Mamadou, 2010**). Cette épuration appelé aussi épuration mécanique, on enlève des substances solides encombrantes par des dégrilleurs (ou des tamis). Dans le bassin de clarification qui suit, les substances organiques doivent être éliminées par sédimentation, il se forme une boue primaire (**Claus et al ., 2001**). Le prétraitement comprend :

- **Le dégrillage** : permet de retenir les déchets volumineux à l'aide d'une succession de grilles (2 à 4) de plus en plus fines. Les résidus recueillis sont déposés en décharge ;
- **Le dessablage** : permet de prévenir les dépôts dans les canalisations, protéger les organes mécaniques (pompes) contre l'abrasion et éviter de perturber les autres étapes de traitement. Les sables, recueillis généralement par raclage en fond de bassin, sont recyclés ;

- **Le dégraissage-déshuilage** : permet d'éviter l'encrassement de la station par des corps gras. Il s'effectue dans le même bassin que l'étape de dessablage, la récupération des graisses et huiles se fait en surface. Elle se fait par l'injection de fines bulles d'air dans un bassin permet de faire remonter les huiles et les graisses en surface ou elles sont raclées selon le principe de l'écumage (**Aussel, 2004 ; Mamadou, 2010**).

Les composés collectés seront alors incinérés (Cas du traitement d'un effluent urbain) ou recyclés pour la fabrication de savons ou détergents (cas de certains effluents industriels) en fonction de leur qualité (**Bassompierre, 2007**).

2-3-3-2-Le traitement primaire :

C'est une épuration physico-chimique qui permet de décanter toute les matières en suspension au fond de grands bassins, les décanteurs primaires et de former les boues primaires. Le traitement primaire est peu efficace pour éliminer les composés organiques et non organiques dissous dans les eaux usées (**Raven et al ., 2009 ; Mamadou, 2010**).

- **La décantation (processus physique)** : le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, la décantation s'effectue dans des bassins, le plus souvent de forme cyclonique, elle permet d'éliminer 70% environ des matières minérales et organiques en suspension qui se déposent au fond des bassins ou elles constituent les boues dite « primaires » (**Aussel, 2004**), les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation (**Mamadou, 2010**).
- **La flottation (processus physique)** : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient (**Mamadou, 2010**).
- **La décantation associée à l'utilisation d'un coagulant - flocculant (voie physico-chimique)** : le principe est ici de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la Sédimentation grâce à l'obtention de floccs plus gros. Les performances de la décantation peuvent être améliorées par l'adjonction de produits chimiques (sulfate d'alumine, chlorure ferrique, agent de coagulation

Qu'on appelle floculations permet de capter 90% des matières en suspension (**Aussel, 2004**).

Durant la phase de traitement primaire, une quantité importante de la pollution totale est éliminée (abattement des matières en suspension pouvant atteindre 90 % et de la demande biochimique en oxygène de l'ordre de 35 %. La DCO et la concentration en azote peuvent également être réduits durant cette phase de traitement (**Cardot, 1999**).

Les coagulants peuvent être minéraux ou organiques, l'efficacité coagulante est accrue de 1,5 à 2,5 par rapport aux sels d'aluminium avec addition d'une quantité d'anions considérablement réduite par rapport aux coagulants classiques. Le sulfate d'alumine doit être appliqué à un pH de 6 à 7 et le chlorure ferrique peut être appliqué à un pH compris entre 5 et 11. Les coagulants organiques sont des composés de type polymères comme les polyamines et polyadmac possédant de nombreux sites chargés positivement (**Jarraud et al., 2006**).

2-3-3-3-Le traitement secondaire (épuration biologique) :

Cette étape, le plus souvent basée sur la technique des « boues activées ». Permet essentiellement l'élimination de la pollution carbonée dissoute mais aussi l'azote et le phosphore. Le traitement secondaire met en œuvre les processus microbiologiques de l'autoépuration des eaux. Cependant, il existe des procédés physico-chimiques très coûteux et difficiles à réaliser (**Mamadou, 2010**).

Le principe de l'épuration microbiologique consiste à mettre en contact les effluents dégrillés, déshuilés et décantés avec des microorganismes dans un bassin aéré. Les microorganismes se développent en dégradant les divers composés présents dans l'effluent. Il s'en suit élimination de la pollution carbonée dissoute avec formation de boues décantables. Plusieurs techniques sont mises en œuvre dans les stations d'épuration : Les lits bactériens, les biofiltres et les boues activées (**Mamadou, 2010**).

Les lits bactériens et les biofiltres : leur principe de fonctionnement, quelque fois appelé filtre bactérien ou filtre percolateur, qui consiste à faire ruisseler l'eau à traiter. Préalablement décantée, sur une masse de matériau de grande surface spécifique servant de support aux microorganismes épurateurs, qui y forment un feutrage ou un film plus ou moins épais, sous lequel une couche anaérobie peut se développer sous la couche aérobie, si son épaisseur est importante (**WHO, 1989**).

Parallèlement, il existe d'autres lits bactériens appelés disques biologiques tournants. Cette technique très ancienne se rencontre dans un certain nombre de station qui nécessitent une modernisation. Ces disques très légers en matière plastique de 10 mm d'épaisseur et de 2 à 3 mm de diamètre, sont espacés de 1 à 2 cm et montés sur un arbre horizontal. Lequel est entraîné par un moteur (**WHO, 1989**).

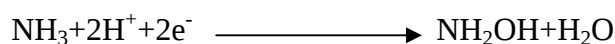
On va développer, seulement. La dernière technique qui est la plus utilisée et qui s'adapte très bien à l'épuration des eaux usées urbaines. Le principe des boues activées est que les effluents prétraités séjournent dans un bassin aéré artificiellement appelé aussi bassin d'aération et contenant une certaine biomasse bactérienne. Les bactéries absorbent les matières organiques et forment des floccs appelés « boues activées ». Ces boues sont décantées dans un décanteur secondaire ou clarificateur. Une partie des boues est réinjectée en amont, dans les bassins d'aération pour renforcer les processus bactériologiques (renouvellement de la flore bactérienne). L'excès de boue est collecté puis traité (incinération) ou recyclé en agriculture. L'aération des bassins est assurée soit par des tribunes ou par insufflation d'air (**Mamadou, 2010**).

Selon **Raven et al., (2009)** les microorganismes (bactéries aérobies) décomposent les composés organiques (sucres, protéines, graisses) en suspension dans les eaux issues du traitement primaires, il existe de nombreux procédés de traitement secondaires dans les lits bactériens (filtre bactériens), les eaux usées percolent à travers des lits aériens de roche poreuses qui abritent des bactéries et autres microorganismes qui décomposent les matières organiques. Dans un autre type de traitement secondaire le procédé des boues activées, les eaux usées sont aérées par des turbines en surface ou par des rampes de distribution de bulles d'air disposées au fond des bassins d'aération. Bactéries sont intimement mêlées à l'eau ou supportées par des particules et décomposent les matières organiques en suspension, les particules et les microorganismes décantent ensuite dans un clarificateur et forment les boues secondaires même après ces deux traitements, les eaux usées contiennent encore des polluants comme des minéraux dissous, des métaux lourds, des virus, et des composés organiques.

2-3-3-4-Le traitement tertiaire :

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination de l'azote, du phosphore ou des germes pathogènes qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires. L'élimination de l'azote concerne les traitements de nitrification-dénitrification qui ne peuvent être assurés que par voie biologique. Dans un premier temps, l'azote réduit est oxydé en nitrates grâce aux bactéries par un processus biologique de nitrification. Deux groupes des bactéries sont spécialisées dans la fonction de la nitrification (**Rejsek, 2002**).

- **Un groupe oxyde l'ammonium en nitrite** : la nitrification par des bactéries nitrifiantes (ou nitrosantes, ou nitreuses, ou ammonio-oxydantes), dont les noms de genre portent le préfixe nitroso (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*,...) (**Wood, 1986**). La nitrification proprement dite se déroule en deux étapes (**Suzuki, 1974 ; Drozd, 1976**) au cours desquelles l'ion ammonium s'oxyde d'abord en hydroxylamine (**Hollocher et al., 1981**), qui ensuite se réduit en nitrite. La formation de l'hydroxy-lamine serait catalysée par une enzyme. L'ammonium monooxygénase (AMO) (**Rees et Nason, 1966 ; Dua et al., 1979 ; Wood, 1986**) alors que la réduction du nitrite est catalysée par l'hydroxylamine oxydoréductase (HAO) (**Hooper et Terry, 1979**) le substrat de l'AMO serait l'ammoniac NH_3 plutôt que l'ammonium NH_4^+ (**Bock et al., 1991**).



- **Un groupe oxyde le nitrite en nitrate** : ce sont les bactéries nitrifiantes (ou nitriques, Ou nitrite- oxydantes), dont les noms de genre portent le préfixe nitro (*Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*). Cependant, de nombreux genres et espèces de bactéries nitrifiantes ont été identifiés la formation de nitrite résulte de deux réaction en série d'oxydoréduction, l'oxydation du nitrite en nitrate se déroule en une seule étape (**Henze et al., 1997**).

Elles peuvent soit oxyder l'ammonium en nitrite, soit oxyder le nitrite en nitrate. (Nitrification). Il n'y a pas d'organisme connu qui puisse directement oxyder l'ammonium en nitrate. Dans les sols, la nitrification est généralement attribuée à *Nitrosomonas europaea* et la nitrification à *Nitrobacter agilis* (**Henze et al., 1997**).

L'élimination du phosphore concerne les traitements de déphosphatation, soit physico-chimique, soit biologique, la déphosphatation biologique, de développement plus récent est basé sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique, mais son rendement est en général moins bon que celui de la déphosphatation physico- chimique (**Rejsek, 2002**).

Un abaissement de la teneur en germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones conchylicoles). Sera réalisé par désinfection chimiques (chlore et dérivés) ou physiques (Irradiation UV) (**Rejsek, 2002**) (Voir la figure 01 qui représente les différentes étapes de traitement).

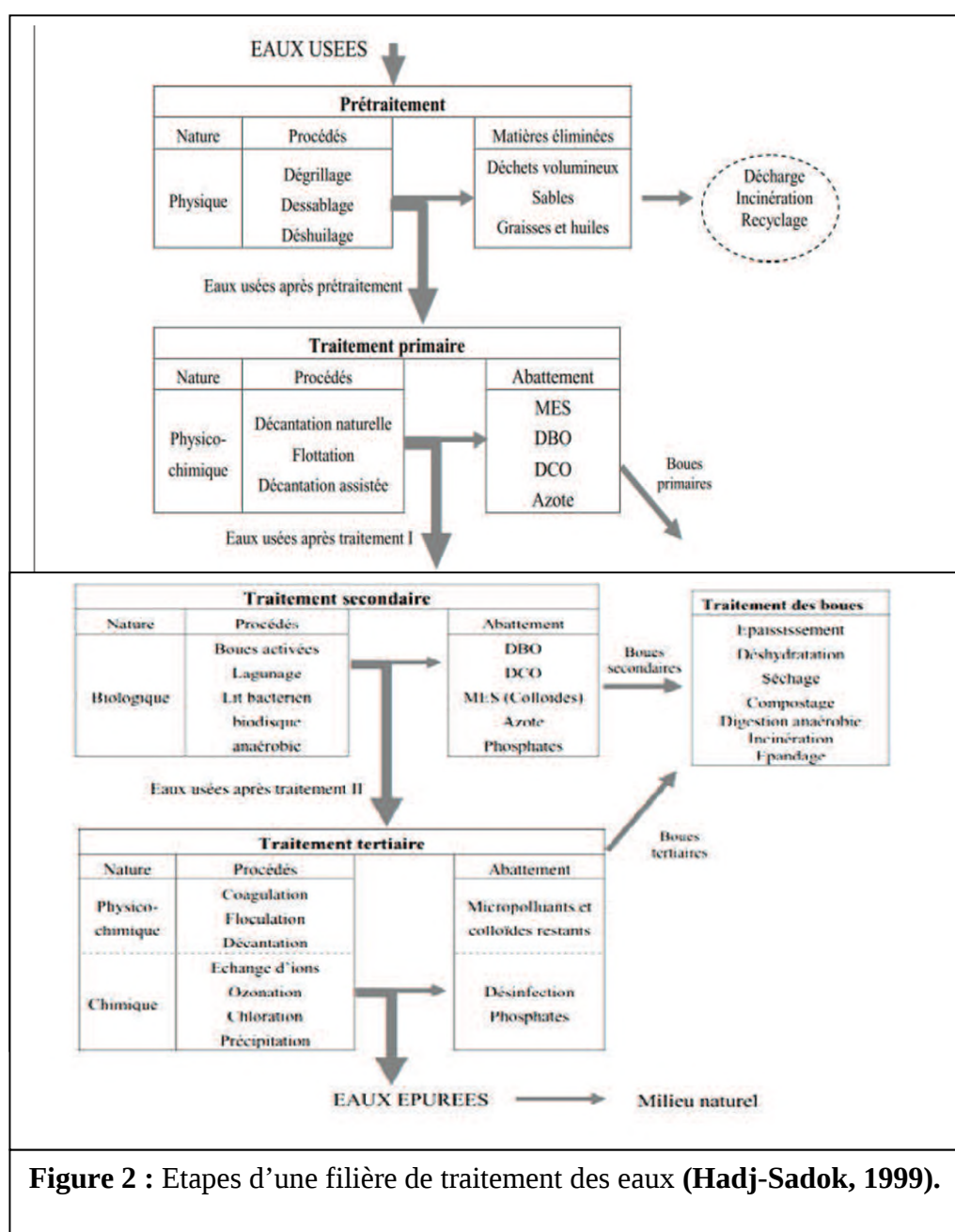


Figure 2 : Etapes d'une filière de traitement des eaux (Hadj-Sadok, 1999).

2-3-4 - La biomasse épuratrice :

Les systèmes de traitement des eaux usées urbaines utilisent la dégradation Microbienne comme principal moyen pour dégrader les matières organiques (**Perry et al ., 2004**). Cette biodégradabilité est un phénomène complexe qui concerne toute. La transformation des polluants dans les eaux sous l'action de microorganismes (**Ouali, 2001**).

2-3-4-1 - Les processus métaboliques :

La connaissance de ces processus est essentielle car elle permet d'expliquer les phénomènes observés d'un point de vue macroscopique. L'activité métabolique de la cellule bactérienne se divise en trois processus (**Bassompierre, 2007**).

- Le catabolisme correspondant au processus de fragmentation des substances Nutritives en éléments plus simples (pyruvates). Il représente l'ensemble des Réactions d'oxydation et de dégradation enzymatique. C'est une activité Exothermique qui libère l'énergie qui servira à la croissance cellulaire et à L'entretien de la cellule (**Bassompierre, 2007**).
- L'anabolisme représentant l'ensemble des réactions de synthèse des constituants Cellulaires. C'est une activité endothermique qui utilise l'énergie libérée par les Processus de catabolisme pour développer la croissance cellulaire et la division cellulaire (**Bassompierre, 2007**).
- La respiration endogène représentant l'étape d'oxydation des composés cellulaires. Leur dissociation en produits résidus (matières carbonées, azotées) permet de satisfaire les besoins des cellules vivantes en cas de carence en substrat (**Bassompierre, 2007**).

2-3-4-2 - Les microorganismes associés à l'épuration :

2-3-4-2-1 - Les bactéries épuratrices

Dans la biomasse épuratrice, les bactéries constituent le groupe le plus important, qui est en même temps l'acteur principal de l'élimination de la pollution. Les bactéries peuvent se présenter sous différentes formes (**Degrement, 2005**).

- **Bactéries libres** : peu abondantes du fait de la prédation par d'autres microorganismes ;
- **Bactéries filamenteuses** : présentes normalement en petite quantité, elles entravant la décantation par le phénomène de foisonnement parmi ces bactéries indésirable : *Sphaerotilus natans* et *Thriothrix Nivea* ;
- **Bactéries floculées** : plus intéressantes dans le procédé d'épuration car elles Permettent une bonne séparation entre la biomasse épuratrice et l'eau épurée. Les genres les plus fréquents de bactéries floculantes sont : *Pseudomonas*, *Actrobacter*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Zooglea*, *Citromonas* *Flaviobacterium* et *Arthromobacter* (**Degrement, 2005**).

La nature des composés organiques qui constituent la pollution et les conditions du milieu (pH, température, oxygène dissous), influent sur la nature des germes dominants. Ainsi, un rejet riche en matières protéiques, favorise le développement des germes : *Alcaligenes*, *Bacillus* ou *Flavobacterium* ; tandis qu'une eau résiduaire riche en glucides ou en hydrocarbures conduit à la prédominance du germe *Pseudomonas*. La présence de soufre réducteur se répercute par le développement des genres *Thiotrix* et *Microtrix* (**Degrement, 2005**).

4- 2- 1-1 - La microflore :

Des algues benthiques se développent à la périphérie des installations. Des cellules sont entraînées dans les boues et dans les fibres nitrifiantes par abrasion du biofilm, on peut mettre en évidence au microscope des frustules de diatomées (**Haslay et Leclerc, 1993**). Toutefois, elles ne jouent pas de rôle en épuration par les procédés de boues activées ou biofiltration, contrairement au cas du lagunage (**Degrement, 2005**).

4 -2-1-2- La microfaune :

La microfaune des boues activées et des biofiltration des cultures fixées est très importante en quantité, de l'ordre de 10^6 à 10^8 cellules par litre de boues activées. Elle intervient comme prédatrice des bactéries isolées et des cadavres de bactéries et participe ainsi à la clarification de l'effluent (**Rejsek, 2002**), comme elle est particulièrement sensible aux variations du milieu. Elle renseigne sur le niveau d'adaptation de la biomasse on distingue deux familles d'individus : les protozoaires et les métazoaires (**Degrement, 2005**).

Chapitre II

Les paramètres physico-chimiques et biochimiques

1-Les paramètres physico-chimiques :

1-1-Les matières en suspension MES :

Les MES est la masse de matières insolubles ou colloïdales retenues par filtration quantitative ou séparées par centrifugation. Elles s'expriment en milligramme par litre. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble et souvent un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (Berné, 1991 ; Baumont et *al.*, 2005).

Les MES proviennent de l'érosion de terrains agricoles, de sols forestiers mis à nu par l'abattage des arbres, de rives de cours d'eau dégradées, de prairies sur pâturées, de mines à ciel ouvert et de constructions. Les MES diminuent la pénétration de la lumière dans l'eau, recouvrent les organismes aquatiques, apportent des polluants toxiques insolubles et envasent les voies d'eau. Les MES rendent l'eau turbide (trouble) et réduisent ainsi la profondeur de pénétration de la lumière (Raven et *al.*, 2009).

Lorsque les MES diminuent la luminosité dans l'eau, elles freinent la photosynthèse. Les espèces végétales se développent plus difficilement, l'oxygène qu'elles produisent diminue dans le milieu et les espèces animales en souffrent (Emilian, 2002). Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. (Devillers et *al.*, 2005).

1- 2-Température :

La température de l'eau joue un rôle important, par exemple, en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autre, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît ambiante (Devillers et *al.*, 2005).

La valeur de ce paramètre est influencée par la température mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaire chaudes. Des changements brusques de température de plus de 30 °C s'avèrent souvent néfastes (**Devillers et al ., 2005**).

Par ailleurs l'augmentation de la température pourrait entraîner des goûts et des odeurs désagréables, ainsi qu'une intensification de la couleur et de la turbidité (**Devillers et al ., 2005**).

1-3-Conductivité électrique (EC) :

La conductivité électrique(EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standards s'exprime généralement en milli siemens par mètre (ms/m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm. L'estimation de la quantité totale de matière dissoute est peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées (**Devillers et al ., 2005**).

1-4-Dureté de l'eau (TH) :

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cation métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{++} et Mg^{++} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux (**Devillers et al ., 2005**). Appelé aussi titre hydrotimétrique on pratique souvent que la dureté totale d'une eau de consommation est égale à la somme de sa dureté magnésienne (duretés dues aux ions Ca^{+2} et Mg^{+2}) (**Desjardins, 1990**).

La dureté se mesure en mg de bicarbonate de calcium (CaCO_3) par litre. (**Devillers et al ., 2005**).

1-5- La turbidité :

La turbidité est l'expression de la propriété optique qui fait que la lumière est dispersée et absorbée plutôt que transmise en ligne droite à travers l'échantillon (**Rodier, 1996**). Elle est causée dans les eaux, par la présence de matière en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes (**Rejsek, 2002**).

1-6-L'odeur :

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore ou organiques en décomposition comme les algues (**Monique, 1984**).

1-7-Le potentiel d'hydrogène pH :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est -à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin); la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (**Devillers et al., 2005**).

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 bactériens (**Metahri, 2012**).

1-8- La demande biochimique en oxygène (DBO5) :

La DBO5, ou demande biochimique en oxygène indique la quantité de matières organiques présentes dans les eaux usées (**Xanthoulis, 1993**). Ou selon **Cardot, (2010)** la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour assurer la dégradation des matières biodégradables en 5 jours à 20 °C et à l'obscurité.

Vu la nature et l'origine de l'eau usée collectée et acheminé vers la station d'épuration afin qu'elle soit traitée. La valeur élevée de la DBO5 au niveau de l'entrée de la station est tout à fait compréhensible, car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables.

La valeur minimale enregistrée au niveau de la sortie de la station d'épuration, indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très acceptable (**Chellé et al., 2005**).

Les valeurs de la DBO5 enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 168,75 mg/l (entrée) à 16,7 mg/l (sortie) (**Gaujous, 1995**). La concentration organique des eaux usées, telle que mesurée par sa DBO5, est un des plus importants critères utilisés dans la conception d'une installation de traitement des eaux usées afin de déterminer le degré de traitement nécessaire. La charge organique de l'installation de traitement est la DBO5 des eaux usées qui y sont amenées. Pour déterminer l'efficacité du traitement et prévoir l'impact des effluents sur les eaux réceptrices, on effectue des tests de DBO5, avant et après le traitement (**Gaujous, 1995**).

1-9-La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique, effectué à l'aide d'un oxydant puissant, des composés organiques présent dans l'eau. Elle permet de mesurer la teneur en matière organiques totales (excepté quelques composés qui ne sont pas dégradés), y compris celles qui ne sont pas dégradables par les bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques (**Cardot, 2010**).

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement. Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la « dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau (Devillers et *al.*, 2005).

Le rapport DCO/ DBO évolue d'environ 2,5 (eau résiduaire récemment déversée) à 10-20 après décomposition totale dans ce dernier cas, on parle d'une eau bien minéralisée. Cependant, lorsque des composés toxiques sont présents, l'activité biologique est ralentie et de ce fait, la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre. Ceci se traduit également par un rapport DCO/DBO élevé. DCO comme la DBO se mesure en mg d'O₂ par litre (Devillers et *al.*, 2005).

Selon **Baumont et *al.*, (2005)** la DCO c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau.

Relation entre DCO et DBO5 comme indicateur de biodégradabilité :

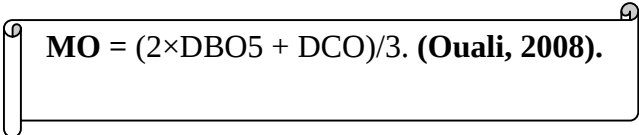
Les eaux résiduaires urbaines (de composition chimique relativement stable) sont correctement biodégradables si elles ne contiennent pas de composés toxiques tels que surfactants ou produits pétroliers. En général, les eaux usées domestiques contiennent des composés surfactants et très souvent elles sont mélangées à des eaux résiduaires industrielles en raison d'activités industrielles dans le tissu urbain. La valeur du rapport DCO/DBO5 d'une eau usée mixte nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité (Voir le tableau 05) (Ouali, 2008).

Tableau n 05 : Le rapport DCO/DBO et la biodégradabilité (Ouali, 2008).

DCO/DBO5	Valeur	Biodégradabilité
DCO/DBO5	~ 1	Bonne biodégradabilité
DCO/DBO5	~ 1,5 à 2,0	Biodégradabilité moyenne
DCO/DBO5	- 3,0 à 4,0	Biodégradabilité faible

1-10- Les matières oxydables (MO) :

La matière organique ou encore l'oxydabilité aux permanganates, dont le principe est analogue à, celui de la DCO, permet d'apprécier les teneurs en substances oxydables. Les eaux de surface renferment naturellement des matières organiques constituées de produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborées sous l'influence des micro-organismes (**Rodier, 2005**).


$$\text{MO} = (2 \times \text{DBO}_5 + \text{DCO}) / 3. \text{ (Ouali, 2008).}$$

1-11- Potentiel redox (Eh) :

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox (ou disponibilité en électrons) affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, O, S, Fe...). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominent. Quand la concentration d'oxygène diminue, le milieu devient plus réducteur ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox. Dans les eaux naturelles, des comparaisons relatives de l'évolution du potentiel redox peuvent être utiles pour suivre les degrés de changement du système aquatique. Le potentiel redox se mesure en mV (**Devillers et al., 2005**).

1-12- Oxygène dissous (OD) et pourcentage de saturation en oxygène :

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de la qualité des eaux pour la vie aquatique (**Devillers et al., 2005**).

L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes

aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau (**Devillers et al ., 2005**).

Globalement, plus la concentration en oxygène dissous (OD) est proche de la saturation, plus l'aptitude de la rivière à absorber la pollution est grande. Une valeur inférieure à 1 mg d'O₂ par litre indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments. Une valeur de 1 à 2 mg d'O₂ par litre indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible. Une teneur de 4 à 6 mg d'O₂ par litre caractérise une eau de bonne qualité. Des teneurs supérieures à la teneur naturelle de saturation en oxygène indiquent une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense (**Devillers et al ., 2005**).

La concentration en oxygène dissous peut être exprimée en mg d'O₂ par litre ou en % de saturation en oxygène. Comme l'illustre le tableau ci-dessous, la relation entre ces 2 valeurs est fonction de la température (**Devillers et al ., 2005**) (voir le tableau 06).

Tableau 06 : Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température
(**Devillers et al ., 2005**).

Température °C	Solubilité (mg O ₂ /L)
0	14,16
10	10,92
15	9,76
20	8,84
25	8,11

1-13- L'azote et le phosphore :

1-13-1- L'azote :

L'azote est essentiel à la croissance du phytoplancton et des plantes aquatiques, mais contrairement au phosphore, il est rarement un facteur limitant en eau douce. L'azote total comprend les formes organiques et inorganiques de l'azote (nitrites-nitrates, ammoniac). En ce qui concerne les rejets urbains d'origine humaine, l'azote provient principalement des urines ; les selles ne représentent qu'environ le dixième de la quantité totale éliminée. Les nitrites-nitrates peuvent causer la méthémoglobinémie chez les nouveau-nés quand les concentrations atteignent des valeurs élevées été décrété pour l'eau brute d'approvisionnement (**MENVIQ, 1990**).

Les concentrations en azote des eaux usées urbaines peuvent varier entre 30 et 100 mg/l dont 60% d'azote ammoniacal et 40% d'azote organique (**Benarbia, 2003**).

• Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans les eaux naturelles est faible. Une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (**Rejesk, 2002**).

• Nitrates (NO_3^-) :

Sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont assimilable par les plantes (**Claus, 2001**). Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique,

en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver (**Bliefert et al., 2001**). Ils sont généralement l'indice d'une pollution (**Detay, 1993**).

1-13-2-Phosphore :

On considère généralement que le phosphore est l'élément limitant de la croissance du phytoplancton et des plantes aquatiques en eau douce. Les apports en phosphore constituent donc la cause directe de l'eutrophisation des cours d'eau (**OCDE, 1982**). Il existe sous forme d'orthophosphates, de poly phosphate et de phosphore organique. Dans les eaux usées, la part des rejets humains ne représente que 30 à 50% du phosphore total (entre 5 et 20 mg /l) ; le reste provient des produits de nettoyage.

Dans le milieu récepteur, tous les phosphates et les combinaisons de phosphore favorisent le développement des algues et réduisent le passage de la lumière. Ils provoquent donc une eutrophisation caractérisée par une anaérobiose générale, se qui aboutit à une modification profonde de la faune (**Benarbia, 2003**).

1-14- Chlore libre et Bore

Le risque de trouver du chlore libre dans les eaux de surface est très limité dans la mesure où cette molécule est très réactive. Le chlore libre peut se combiner à des substances organiques pour former des formes halogénées (Chloroforme...) (**Devillers et al ., 2005**).Le bore ne constitue pas en lui-même un élément toxique mais révèle la présence de détergents (**Devillers et al ., 2005**).

1-15-Métaux lourds :

Le suivi des concentrations en métaux lourds (densité > à 5 g/ cm³) est particulièrement important vu leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement (**Devillers et al ., 2005**).

Les concentrations en cuivre, nickel, chrome, plomb, zinc, cadmium, arsenic sont régulièrement mesurées. Les métaux lourds caractérisent certains types de pollution, comme par exemple :

- ✓ La présence de cuivre et de nickel signe des rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux **(Devillers et al ., 2005)**.
- ✓ Le chrome dénonce la présence d'une tannerie **(Devillers et al ., 2005)**.

- ✓ Le plomb est lié à des pollutions diffuses (apports dus aux transports routiers et à l'existence de sites industriels désaffectés) **(Raven et al ., 2009)**.
- ✓ Le zinc est évacué par des industries qui pratiquent la galvanisation ou la préparation d'alliages tels que le lait on et le bronze, il est également libéré lors du contact entre les eaux de ruissellement et les matériaux galvanisés (toitures métalliques, gouttières) **(Devillers et al ., 2005)**.
- ✓ Le cadmium peut notamment être rejeté par des usines de galvanoplastie et des Industries chimiques de textiles et de teintures **(Devillers et al ., 2005)**.

Les métaux lourds se dissolvent très bien dans une eau acide (pH faible). Dans des eaux neutres ou basiques, ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide (boues). L'analyse de ces boues permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux lourds qui ont eu lieu, tant en nature qu'en quantité **(Devillers et al., 2005)**. Conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS) les normes de rejets des eaux usées en Algérie sont résumées dans le tableau 07.

Tableau 07 : Normes de rejets de L'OMS appliquée en Algérie. (**Ladjel et al., 2011**).

Les paramètres		Les normes
T ⁰	°C	30
pH	-	6,5-8,5
O ₂	Mg/l	5
DBO ₅	Mg/l	30
DCO	Mg/l	90
MES	Mg/l	30
Zinc	Mg/l	2
Chrome	Mg/l	0,1
Azote total	Mg/l	50
phosphates	Mg/l	2
Hydrocarbures	Mg/l	10
Détergents	Mg/l	1
Huiles et graisses	Mg/l	20

2- Les paramètres biochimiques :

La quantification des protéines et des polysaccharides a été souvent réalisée par des méthodes colorimétriques. Ces dernières reposent sur la coloration développée par des réactions chimiques entre les fonctions chimiques de la molécule à doser et des réactifs. La couleur obtenue est fonction de la concentration de l'espèce à doser.

La mesure de l'absorbance de la couleur est effectuée par spectroscopie UV visible. Aussi le dosage des lipides et des acides nucléiques qui sont aussi des paramètres biochimique (**Dubois et al ., 1956**).

2-1- Les protéines :

Trois méthodes classiques de dosage des protéines par colorimétrie se distinguent dans la littérature. Chaque méthode présente des avantages et des inconvénients, ces méthodes sont récapitulées dans le tableau suivant (**Dubois et al., 1956**) (voir le tableau 08).

Tableau 08 : Les méthodes colorimétriques existantes pour le dosage des protéines (**Dubois et al., 1956**).

Méthode	Avantage	Inconvénients
Méthode de Lowry et al (1951) (réaction de biuret)	Capable de mesurer des composés contenant au moins deux liaisons peptidiques.	sensibilité faible (méthode non conseillée dans le cas des eaux peu chargées)
Méthode de Bradford et al (1976) Réaction utilisent le bleu de coomassie	- rapidité de la méthode -Pas d'interférence avec d'autres composés organiques.	-réactivité différente pour les différents types de protéines. -Interférence avec des détergents.
Méthode de l'acide bicinchonique BCA (Smith et al. 1985)	-Sensibilité importante	-Très sensible aux saccharides -Les différentes protéines ont des réponses spectroscopiques différentes.

2-2-Les polysaccharides :

Deux méthodes existent pour la quantification des polysaccharides dont le mécanisme d'action est le même. Les polysaccharides sont hydrolysés à travers le

chauffage par un acide fort (l'acide sulfurique) ensuite, les saccharides réagissent avec le réactif spécifique à chaque méthode (**Dubois et al ., 1956**).

- ✓ **La première méthode :** c'est La méthode de Dubois (**Dubois et al ., 1956**) : elle utilise le phénol. Ce réactif produit la même intensité de couleur pour tous les polysaccharides (**Dreywood, 1946**).
- ✓ **La deuxième méthode :** utilise l'anthrone. L'intensité de la couleur produite par l'anthrone varie en fonction du type de polysaccharide (**Koehler, 1952**). Toutefois, les résultats obtenus sont plus élevés avec le phénol qu'avec l'anthrone et quelques fois, en présence du phénol, ils sont moins reproductibles. D'après **Herbert et al., (1971)**, l'anthrone a l'inconvénient de réagir plus fortement avec les hexoses et plus faiblement avec les pentoses et heptoses.

2-3- Les lipides :

Il existe différents protocoles, dont certains font l'objet de normes françaises et/ou internationales. Ceux-ci sont basés dans la majorité des cas sur une analyse gravimétrique, donc que les graisses sont extraites de l'échantillon par un ou plusieurs solvants, puis pesées après évaporation de ce (s) dernier (s) (**Supinski, 2002 ; Michel, 2004**).

Il existe deux méthodes habituelles de dosage des graisses dans l'eau appelées techniques eaux qui 'son habituellement utilisés des matières aqueuses. Celles-ci se basent sur une analyse gravimétrique de l'échantillon, mais avec un solvant d'extraction différent, à savoir (**Supinski, 2002 ; Michel, 2004**).

*L'hexane dans le cas des Matières extractibles à l'hexane.

*Le chloroforme pour les Substances extractibles au chloroforme.

Ces deux protocoles fréquemment employés dans les laboratoires d'analyses utilisent une extraction par solvant, suivie d'une pesée dans un ballon préalablement taré. Ils possèdent des avantages non négligeables en termes de coût et de facilité d'analyse.

Néanmoins, différentes études ont montré que les taux d'extraction peuvent s'affaiblir lorsque la concentration des graisses augmente et que la répétabilité de l'analyse n'est pas forcément bien vérifiée (**Supinski, 2002 ; Michel, 2004**).

2-4- Les acides nucléiques :

Les acides nucléiques sont dosés par la méthode de **(Dériaz et *al.*, 1949)**, qui fait intervenir la réaction de Dische (réaction à la diphénylamine) après hydrolyse des acides nucléiques à chaud en milieu acide. Les acides nucléiques sont hydrolysés à chaud et en milieu acide. Une solution de diphénylamine à 1 % est préparée dans un mélange d'acide acétique et L'acide sulfurique **(Prolabo, 1830)**.

Matériel et méthodes

Introduction :

L'objectif de ce travail est de faire des analyses physico-chimiques et biochimiques des eaux usées de la station d'épuration de Sidi Merouane en deux points de prélèvement : l'eau d'entrée (eau brute) et l'eau de sortie (eau épurée) cela pour contrôler l'efficacité de l'élimination de la matière minérale et organique de l'eau et ceci pendant trois mois.

Dans cette partie nous avons présenté les différentes méthodes utilisées pour mesurer les paramètres physico-chimiques et biochimiques qui sont des paramètres importants pour apprécier la qualité de l'eau.

1-Localisation de la STEP :

La station est implantée sur le territoire de la commune de Sidi Merouane, côté sud du barrage de Ben Haroun dans la wilaya de Mila. La station d'épuration a pour objectif d'épurer les eaux résiduaires des villes de Mila, Grarem Gouga, Sidi Merouane, Ras El Bir, Anouche Ali, Sibari 1 et Sibari 2. Ainsi elle permet de protéger le barrage de Béni Haroun contre la pollution. La capacité de la station est de 20657 m³/Jour d'eau usée. En effet, avant leur rejet dans le barrage, les eaux usées subissent des traitements de biodégradation par boue activée au niveau de cette station, cette dernière est opérationnelle depuis 20 juillet 2009 (voir les figures 3 et 4).

La station de Sidi Merouane comme toutes les stations traite l'eau par différentes étapes de traitement (prétraitement, traitement primaire, traitement secondaire et les procédés physico-chimiques du traitement tertiaire) (voir l'annexe 1). Mais elle ne fait pas les procédés chimiques de traitement tertiaire ou la désinfection (échange d'ion, ozonation, chloration, précipitation) (Voir les figures 5, 6, 7, 8).



Figure 03 : Localisation de la station de Sidi Merouane dans la wilaya de Mila (site [wiki média](#)).



Figure04 : Vue générale de la station de Sidi Merouane.



Figure 5 : Un dégrilleur (STEP de Sidi Merouane).



Figure 06 : Le dessableur/déshuileur (STEP de Sidi Merouane).



Figure07 : Les bassins biologiques (STEP de Sidi Merouane).



Figure 08 : Le clarificateur (STEP de Sidi Merouane).

2- L'échantillonnage :

La réalisation des prélèvements d'échantillons d'eaux brutes et épurées dans des endroits d'études prédéfinies. Ces échantillons seront mis dans des bidons en plastique appelés sampler et ils doivent être bien représentative des points de prélèvements.

3- Le point de prélèvement :

Pour apprécier la qualité de l'eau épurée de la station d'épuration de Sidi Merouane, il y a deux points où nous avons réalisé le prélèvement des échantillons.

- **Premier point :** après les dégrilleurs fins.
- **Deuxième points :** à la sortie de l'eau épurée.

Chaque bidon doit porter une étiquette.

Les prélèvements ont été effectués durant les mois de janvier, février et mars.

4-Analyse de l'eau :

Pour la réalisation des analyses physico-chimique et biochimique de nos échantillons, notre travail a été réalisé au niveau de trois sites : le laboratoire de la STEP de Sidi Merouane, laboratoire de la STEP de l'Athmania. Ainsi que le laboratoire de département de biologie de centre universitaire de Mila.

4-1-Les paramètres physico chimiques :

Les paramètres d'analyse qui peuvent être altérés rapidement pendant le transport des échantillons sont analysés sur terrain. Une fiche d'analyse sur terrain comporte les paramètres de, T (°C), Oxygène dissous, les autres paramètres sont mesurés au laboratoire.

4-1-1-La température :

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre étalonné, il peut s'agir de thermomètre à mercure à alcoolé, de thermocouples. Nous prenons un échantillon, soit eau brute ou eau épurée puis nous plongeons le thermomètre dans l'échantillon jusqu'au niveau de la lecture et nous laissons stabiliser la température.

4-1-2- L'oxygène dissous :

La détermination de l'oxygène dissous se fait par deux méthodes, une méthode chimique par iodométrie et une méthode électrochimique par utilisation d'une sonde à oxygène qui fait appel à la réduction de l'oxygène moléculaire (**Amino, 1983 ; Loup, 1974**).

La mesure de l'oxygène dissous est effectuée sur les eaux brutes, à l'aide d'un oxymétrie portatif (figure 10), ce dernier est placé dans les bassins de traitements biologique pour contrôler les conditions aérobies nécessaires pour l'épuration ou à l'inverse, les conditions d'anoxie indispensable pour le traitement de l'azote. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂/l.

4-1-3-La conductivité :

La conductivité se mesure à l'aide d'une sonde qui comprend deux électrodes de platine aux bornes desquelles est appliquée un courant alternatif dont la fréquence est adaptée au domaine de conductivité électrique mesurée dans la pratique (**Agrigon, 2000**).

La conductivité électrique de la solution à examiner est déterminée en siemens par mètre (S/m) ou en micro siemens par centimètre (µs/cm). Nous avons mesuré ce paramètre à l'aide du conductimètre portatif (figure 11) en plongeant la cellule de mesure dans l'eau à examiner.

4-1-4-Le pH :

La mesure du pH s'effectue au moyen d'un couple électrode, de verre électrode et électrode de référence plongeant dans le liquide à mesurer, la pile ainsi formée et caractérisée par différence de potentielle fonction du pH de la solution. La mesure se fait à l'aide d'un pH mètre (figure 12).

4-1-5-Les MES : Les matières en suspension sont mesurées par deux méthodes :

4-1-5 -1- Par filtration (cas des eaux peu chargés (traités)) :

Les méthodes gravimétriques reposent sur le calcul de la masse de matière sèche en mg/l obtenue après séparation de MES de l'eau puis déshydratation à 105 °C. La séparation se fait sous vide qui permet le passage de l'eau sur un filtre, les MES sont retenues. Utiliser un appareil de filtration sous vide, membrane en fibres de verre borosilicaté «multipores», trompe à vide, balance de précision ($\pm 0,1\text{mg}$), étuve à 105 °C, dessiccateur.

Mode opératoire :

La membrane est séchée pendant 15min à l'étuve à 105 °C puis refroidie dans le dessiccateur et pesée : un volume d'eau est prélevé tel que la masse de matières retenues sur le filtre soit au moins de $1\text{mg}/\text{cm}^2$. Le volume ne doit pas être inférieur à 100 ml.

La membrane donc est placée sur son support, l'ensemble de filtration est fixé l'eau est versée sur la membrane, la filtration du liquide se déroule sous vide jusqu'à l'écoulement complet. Rincer à l'eau déminéraliser, couper le vide, retirer dessiccateur de filtration, la membrane sécher à l'étuve à 105 °C jusqu'à avoir une masse constante (au moins 2 heures). refroidie au dessiccateur et peser.

Le poids de matière en suspension est calculé selon la relation suivante : selon (Rodier, 2005).

$$\text{MES} = ((b-a) \cdot 1000) / v \quad \text{mg/l}$$

b : la masse du filtre après filtration en mg/l

a : la masse du filtre avant filtration en mg.

v : volume de l'échantillon en ml.

4-1-5-2- Par la méthode de centrifugation :

Cette méthode de détermination peut être réalisée sur les eaux usées lorsque les teneurs en MES sont élevées.

Nous avons prélevées un échantillon de un litre minimum et homogénéisé le contenu du flacon par agitation, puis introduit l'eau dans le flacon de centrifugeuse. Ce dernier est centrifugé pendant 20 min à 1600tr/min. Le surnageant est vidé alors que le culot de boue est recueilli dans une capsule de porcelaine. Le culot est séché pendant 24 heures à l'étuve à 105 °C .refroidis au dessiccateur. La teneur en matière en suspension est pesée en mg/l (**Rodier, 2005**).

$$\text{MES} = ((b-a)*1000) / v \quad \text{mg/l}$$

4-1-6-La mesure des matières sèches :

On utilise à cette mesure les creusés en céramique, la balance analytique, l'étuve à 105°C et le dessiccateur. Pesé le creusé vide (p_1). puis on met 50 ml de boue dans le creusé, on faire le séchage dans l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. Ensuite refroidir au dessiccateur. Pesé le creusé complet (p_2). La matière est exprimée en g/L.

$$\text{Matière sèche } ((P_2 - P_1)/50)*1000.$$



Figure 10 : Un oxymétrie



Figure09 : Un thermomètre



Figure 11 : La mesure de la conductivité (conductimètre)

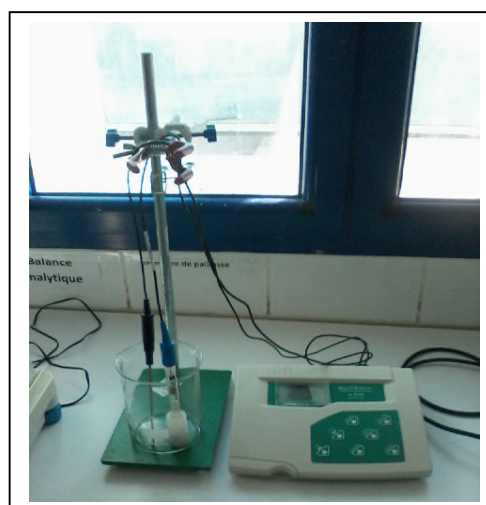


Figure 12 : Le pH mètre.

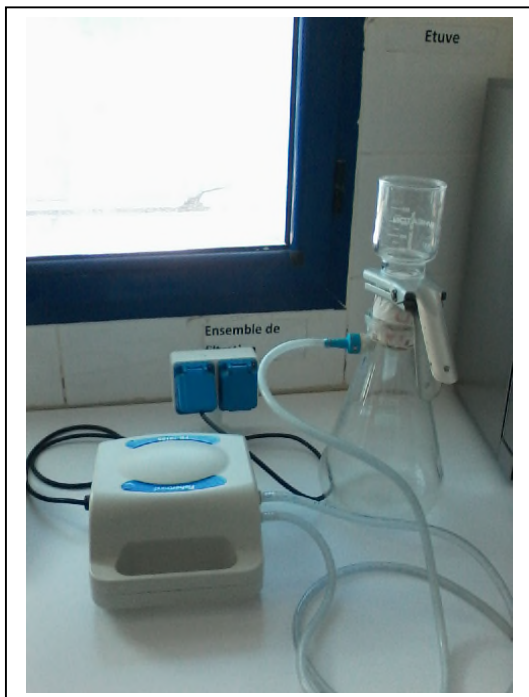


Figure13 : L'ensemble de filtration sous vide.

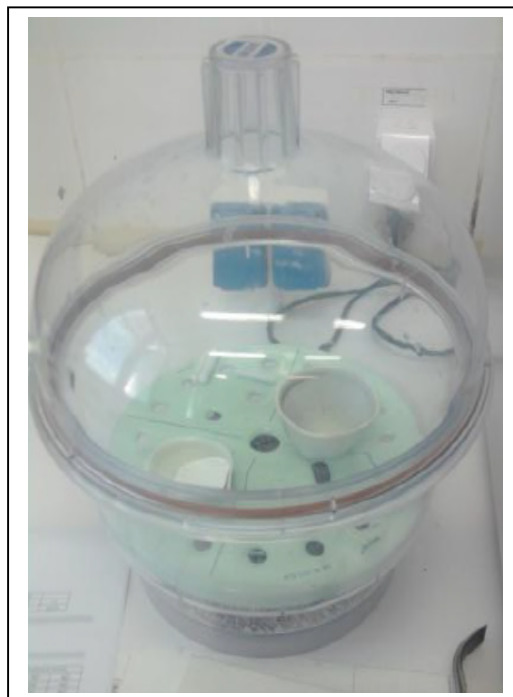


Figure 14 : Le dessiccateur.



Figure15 : Centrifugeuse.



Figure16 : L'étuve à 105 °C.

4-1-7-La mesure de la DCO :

Cette mesure nécessite un réacteur DCO (figure 17) dont la température doit atteindre 160 °C. Pour cela deux tubes prédosés sont préparés l'un de 1500 ppm et l'autre de 150 ppm, ensuite 2 ml d'eau brute sont ajoutés à la tube de 1500 ppm et 2 ml d'eau épurée sont ajoutés à celui de 150 ppm. Ces deux tubes sont bouchonnés et agités pour homogénéisation.

En parallèle, le blanc spécial de chaque tube est préparé en mettant 2 ml d'eau distillé dans deux tubes prés dosés (150 ppm et 1500 ppm), Après, les quatres tubes (échantillon et blanc) sont mis dans le réacteur DCO et laissés pendant deux heures. Quand ce temps est écoulé, les quatres tubes sont retirés du réacteur et mis dans un endroit sombre à température ambiante pendant 30 minutes.

Enfin, l'analyse de la DCO se fait par spectrophotométrie. Le résultat est affiché en mg/l de DCO.

4-1-8-La mesure de la DBO5 :

Le tableau ci-dessous représente la plage de mesure, les valeurs correctes pour le volume de l'échantillon et le facteur pour la mesure de la DBO5. Selon **le système de DBO manométriques Oxitop®** (Figure 18).

Tableau 09 : Les valeurs correctes pour le volume de l'échantillon et le facteur pour la mesure de la DBO5.

Volume de l'échantillon (ml)	Plage de mesure (mg/l)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50
22,7	0-4000	100

On générale, on utilise le volume 164 ml pour les eaux épurée et 365 ml pour les eaux usées (brutes).

Dans deux bouteilles de 500 ml. On met 164 ml d'eaux brute et 365ml d'eau épurée, ensuite on les met dans l'incubateur à 20°C. et dans lesquels on met un barreau magnétique pour assurer une agitation continue.

Les deux bouteilles restent ouvertes pendant une heure du temps, ensuite on met l'inhibiteur de dénitrification et 3 pastilles de soude (NaOH) dans deux cupules en caoutchouc et on ferme par les calculateurs Oxitop®. L'incubateur reste fermé pendant 5 jours, après la DBO5 est donné en mg /l.



Figure17 : Réacteur de DCO.



Figure18 : Représente le système Oxitop® pour la mesure de DBO5.

4-2- Les paramètres biochimiques :

4-2-1-Dosage des polysaccharides :

La concentration en carbohydrates dans les eaux usées et les eaux épurées est déterminée selon la méthode de Dubois qui utilise le phénol et l'acide sulfurique concentré **(Perrine Pasquier, 2011)**.

Lorsque les sucres sont mis en contact avec du phénol et de l'acide sulfurique concentré, une couleur jaune orange apparait. Cette coloration est stable et fonction de la concentration en carbohydrates **(Perrine Pasquier, 2011)**.

Nous avons préparés une solution mère de glucose de 100 mg/l. A partir de laquelle des solutions filles de concentration connue : 80 mg/l, 60 mg/l, 40mg/l ,20 mg /l ,10 mg/l sont préparés. Le protocole opératoire de dosage des polysaccharides est décrit dans le tableau (tableau 10) selon **(Avella Vasquez, 2010)**.

Tableau 10 : Protocole de dosage des polysaccharides (Anthony, 2004).

Dans un tube à essai
1ml de Phénol à 5% m/V + 1ml d'échantillon d'eau
Homogénéisation au vortex
+5mL d'acide sulfurique concentré
Mise au Bain marie à 100°C pendant 5 min
Mise 30 min à l'obscurité
La Lecture à 492nm contre un blanc réactif.

La concentration en carbohydrates est déterminée grâce à une courbe d'étalonnage réalisée à partir de différentes solutions de glucose.

4-2-2-Dosage des protéines :

Le réactif de dosage des protéines repose sur la présence d'un réactif qui appelle réactif de Gornal (voir l'annexe 3). Dans laquelle les protéines réagissent avec le réactif de Gornal. Les protéines sont dosées par colorimétrie en utilisant la méthode de biuret .Cette dernière a été développée par **Gornal et al ., (1949)**

- **Principe de la méthode :**

La réaction de Biuret est la formation d'un complexe pourpre entre le biuret ($\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$) et deux liens peptidiques consécutifs en présence de cuivre en milieu alcalin. Le complexe de coordination résultant absorbe fortement dans le Blue (530-540).

Une solution mère de BSA est préparée à une concentration de 100 mg/l selon **(Arnaud, 2004)**. Ensuite des solutions filles de concentration : 80 mg/l, 60 mg/l ,40 mg/l ,20 mg/l, 5 mg/l sont préparés par dilution dans une solution de Na Cl à 9 g/l (voir le tableau 11). **(Perrin, 2011)**.

Tableau 11 : Protocole de dosage des protéines.

Dans un tube à essai :
1 ml d'échantillon + 4 ml de réactif de réactif de Gornal.
Mise à l'étuve 37 °C pendant 10 minutes.
Mise à l'obscurité pendant 30 minutes.
Lecture par le spectrophotomètre à 540 nm.

Analyse biostatistique :

Le traitement des résultats obtenus, après dosage des protéines et des glucides, a été réalisé en utilisant le test student, les calculs ont été effectués en utilisant Excel 2007 et Auto CAD.

Résultats et discussion

1-Les paramètres physico-chimiques

1-1- Température :

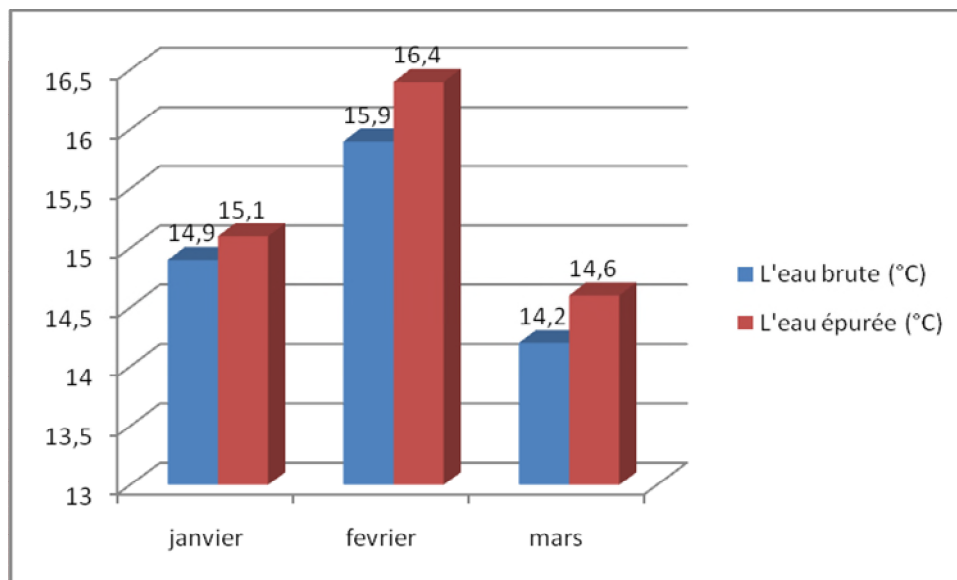


Figure 19 : Evolution de la température dans les eaux usées et les eaux épurées

Sachant que notre étude a duré 3 mois la figure 19 montre que la moyenne de température enregistrée est inférieure à 20 °C. La température maximale de l'eau brute est 15,9 °C au mois de février. Le Minimum 14,2 °C au mois de mars. La température maximale de l'eau épurée est 16,4 °C au mois de février et la valeur minimale est 14,6 °C au mois de mars.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés au Maroc par (Rassam et al., 2012) ces derniers ont enregistré une température de 17,5 °C (eau brute) et 14 °C (eau épurée) au mois de janvier. Mois de mars 18 °C (eau brute) et 16,5 °C d'eau épurée, aussi similaire à celle trouvée par (Reggam et al., 2009) dans la STEP de la ville de Guelma (Nord-est Algérien) qui trouve la valeur minimale au mois de février 8 °C (eau brute) et maximale au mois de mars est de 14 °C. L'eau épurée minimale au mois de janvier 8 °C, au mois de mars 18 °C et celle enregistrée dans la STEP de la ville de Guelma par (Boucherit et al., 2009) la valeur minimale de l'eau usées est 11 °C au mois de janvier et février et maximale au mois de mars est 17 °C. La valeur minimale enregistrée au mois de janvier est 12 °C, et maximale au mois de mars 16 °C.

Dans cette étude, les températures enregistrées sont inférieures à 30 °C qui est considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur. En fait l'élévation de la température s'accompagne toujours d'une modification de la densité et la réduction de la viscosité. Les variations de la température affectent aussi certain propriété de l'eau comme la solubilité de l'oxygène ou la vitesse de réaction chimique de dégradation et de minéralisation des matières organiques (**Martin, 1979**). Elles affectent aussi sur le développement des microorganismes surtout les bactéries, à cause de l'évapotranspiration ce qui favorise la méniralisation et l'augmentation des concentrations des éléments dans l'eau.

1-2-Oxygène dissous :

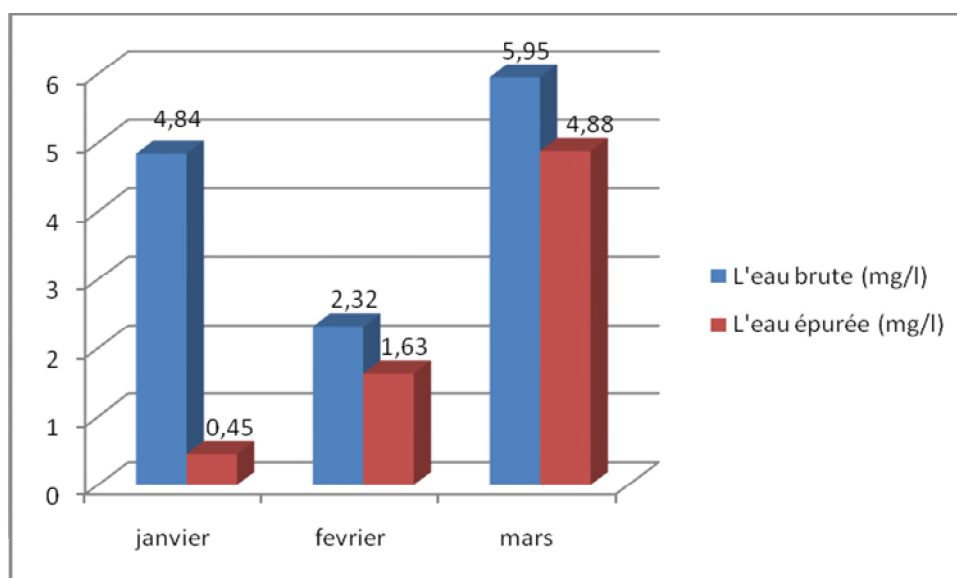


Figure 20 : Evolution de l'oxygène dissous dans les eaux usées et les eaux épurées

Concernant ce paramètre, les résultats obtenus dans les eaux brutes et les eaux épurées sont représentées dans la figure 20. Cette dernière montre une variation dans l'évaluation de la teneur de l'O₂ dissous entre janvier et mars et entre eau brutes et eau épurée. Ainsi, la valeur maximale dans les eaux brutes était enregistrée le mois de mars (5,95 mg/l) alors que la valeur minimale était mesurée le mois de février (2,32 mg/l). Dans les eaux épurées, le taux de l'O₂ dissous augmente progressivement de janvier à mars avec des valeurs minimale et maximale 0,45 mg/l et 4,88 mg/l respectivement.

La saturation en oxygène de l'eau est associée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface air-eau (**Leynaud, 1980**). Sa variation peut être fonction de la présence d'algues, de microorganisme aérobies et anaérobies et des matières organiques oxydables (**Rodier et al., 2005**).

En plus, quand la température s'élève, la teneur en O_2 dissous diminue en raison de sa plus faible solubilité et aussi à cause de la consommation accrue par les êtres vivants (protozoaires, métazoaires, algues...) (**Meinck et al., 1977 et Leynaud, 1980**).

1-3-La conductivité électrique :

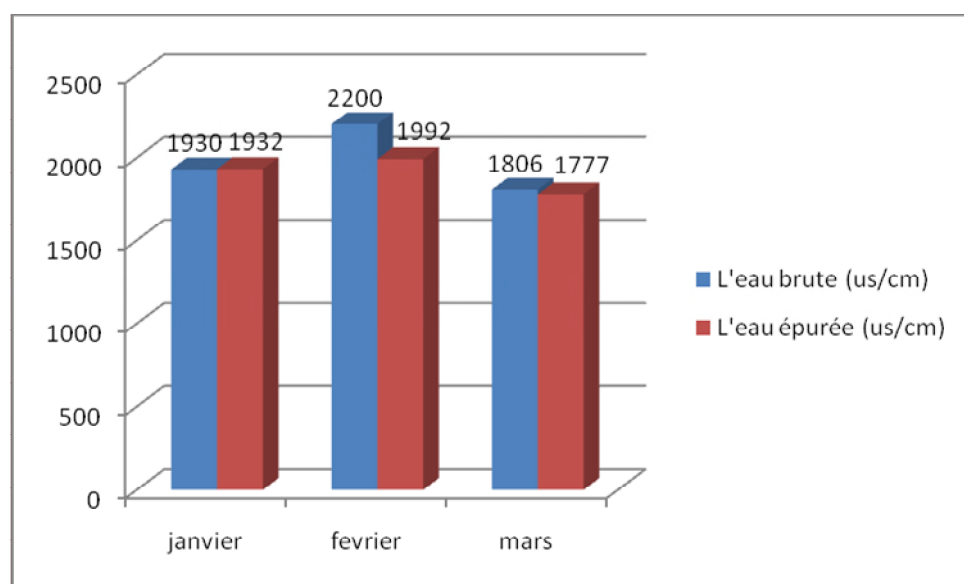


Figure 21 : Evolution de la conductivité dans les eaux usées et les eaux épurées

Selon la figure 21 la valeur maximale qui a été enregistrée dans les eaux brutes est celle mesurée le mois de février qui est de 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Alors que la valeur minimale était mesurée le mois de mars étant 1806 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dans les eaux épurées, la conductivité électrique maximale était enregistrée le mois de février qu'ont égale à 1992 $\mu\text{S}/\text{cm}$ alors que la valeur minimale était mesurée le mois de mars était 1777 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ces résultats sont relativement différents à ceux obtenus par (**Boucherit et al., 2009**) l'étude réalisée dans la STEP de Guelma qui enregistré la valeur de CE 2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 3300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entre janvier et mars.

En fait, la conductivité permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit une valeur de pH anormale soit une salinité élevée, elle est

proportionnelle à la quantité de sels minéraux dissous dans l'eau donc la mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau (Rodier, 1984).

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. (Rejsek, 2002).

1-4- Le pH :

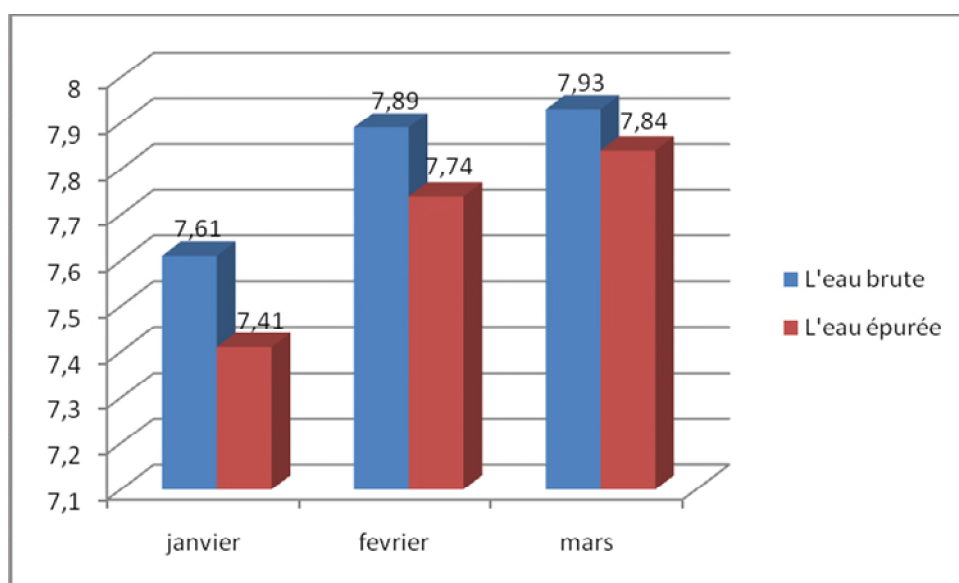


Figure 22 : Evolution de la conductivité dans les eaux usées et les eaux épurée

Montre que les valeurs du pH (figure 22) des eaux dans la STEP de Sidi Merouane sont stables ; elles varient entre 7,47 et 7.93 et indiquent que le pH est neutre à alcalin. Donc ce paramètre répond aux normes Algérienne, qui varient de 6.5 à 9 (Ladjel et *al.*, 2011). Ces résultats sont aussi similaires à ceux obtenues par Rassam et *al.*, (2012) au Maroc, qui ont enregistré des valeurs de pH allant de 8,1 à 8,5 ,aussi similaire à celle enregistré par (Reggam et *al.*, 2009) dans la STEP de la ville Guelma entre 7,7 et 8. Les résultats de l'étude de (Boucherit et *al.*, 2009) de la ville de Guelma trouvé aussi le pH entre 8 et 8,1 est presque similaire a nos résultats.

En fait, le pH est un facteur primordial pour la cinétique des réactions chimiques qui se déroulent au cours de la biodégradation telles que : ammonification, nitrification et dénitrification. La dénitrification est complète lorsque le pH est supérieur à 7 avec une vitesse de réaction maximale au pH 8 à 10 (Halassi, 2009).

En outre, le pH indiquant l'alcalinité des eaux usées, joue un rôle capital dans la croissance des microorganisme lorsque sa valeur est inférieur à 5 ou supérieure à 8,5, la croissance microbienne est généralement affectées (Belghyti et al., 2009). Selon (Nisbet et vernaux, 1970) un pH entre 7 et 10 permet un développement favorable de la faune et de la flore aquatique.

1-5-Les matières en suspension :

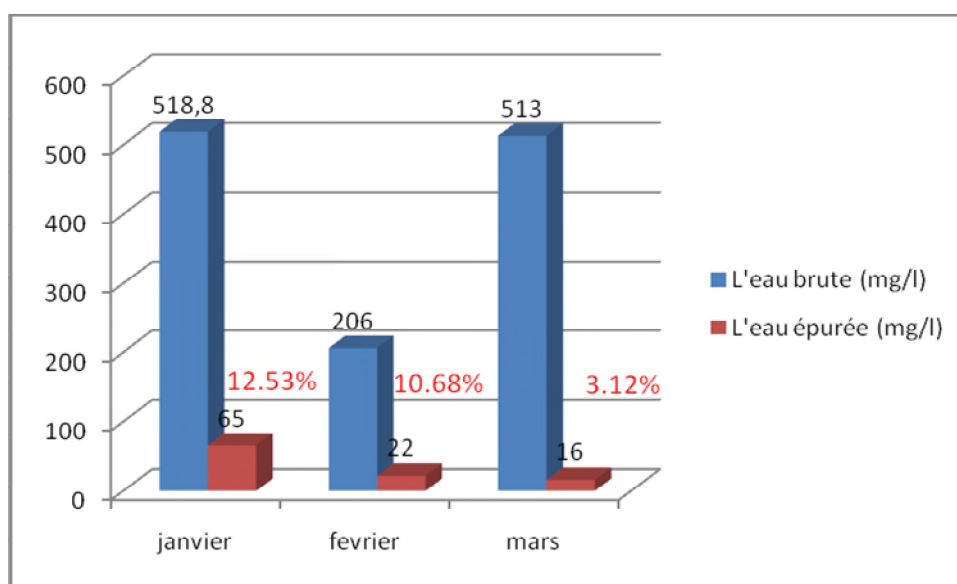


Figure 23 : Evolution du taux de MES dans les eaux usées et les eaux épurées

L'évaluation du teneur des matières en suspension est représentée dans la figure n 23. Cette dernière permet de constater que la valeur maximale de MES, des eaux brutes était enregistrée le mois de janvier (518.8 mg/l) alors que la valeur minimale était mesurée le mois février étant 206 mg/l.

Dans les eaux épurée, les MES étaient concentrées dans le prélèvement de janvier (65 mg/ l) et peu concentrées dans le prélèvement du mois de mars.

Selon ces résultats, le processus d'épuration dans la station de Sidi Merouane permet d'éliminer entre 87,47 % et 96,88% des matières en suspension dans les eaux.

Ces résultats diffèrent à ceux obtenus par **(Reggam et al., 2009)** qui a étudié la qualité des eaux usées dans la STEP de Guelma. Les valeurs du teneur de MES entre février et mars enregistrées dans cette étude étaient entre 60 et 500 mg/l dans les eaux brutes et entre 2 et 7 mg/l dans les eaux épurées.

Ces résultats est presque similaire de ceux obtenus par **Rassam et al., (2012)** qui a étudié la qualité des eaux usées dans la STEP d'Oujda au Maroc ,le taux de MES entre janvier et février est 20 mg/l dans les eaux épurées.

Cette différence dans les valeurs du taux de MES entre les trois études est dues à la variation de la charges des effluents d'une part et l'intensité de précipitation d'autre part.

1-6-Les matières sèches :

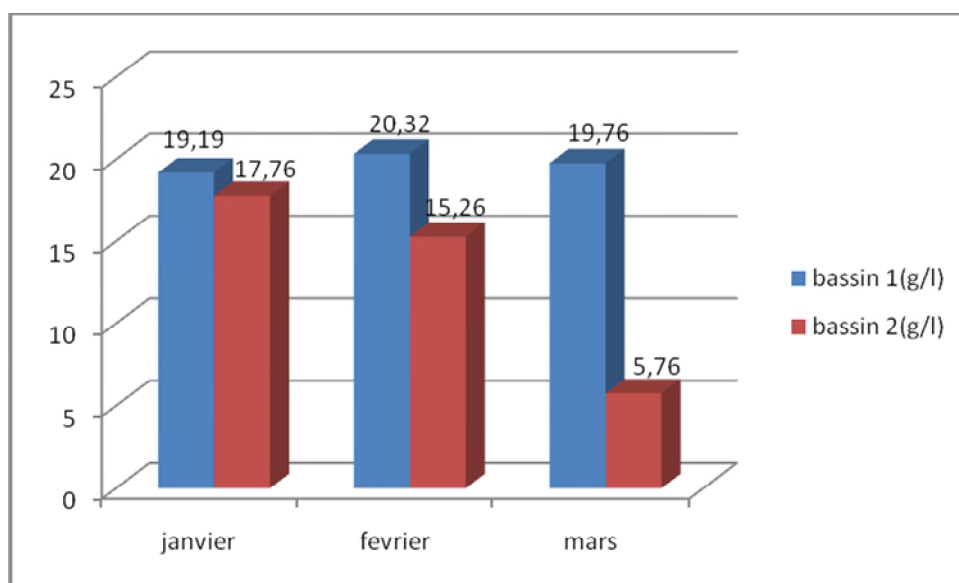


Figure 24 : Evolution du taux des MS dans les bassins biologiques

Représente l'évolution du taux des matières sèches dans les bassins biologiques 1 et 2 (figure 24) et ceci durant les mois de janvier, février et mars. Cette figure montre aussi que la teneur des matières sèches diminue du bassin 1 au bassin 2. En outre, dans le 1^{ère} bassin biologique, la teneur des matières sèches se change pratiquement pas, et égale en moyenne à 19,76 g/l.

Alors que dans le 2^{ème} bassin biologique, le taux des MS diminue progressivement de janvier à mars avec une large différence 17,76 g/l et 5,76g/l respectivement.

Ces différences sont dû aux variations importants dans l'espace et dans le temps qui pouvaient être traduites par le lessivage des terrains traversées pendant la saison pluvieuses.

1-7-La DCO :

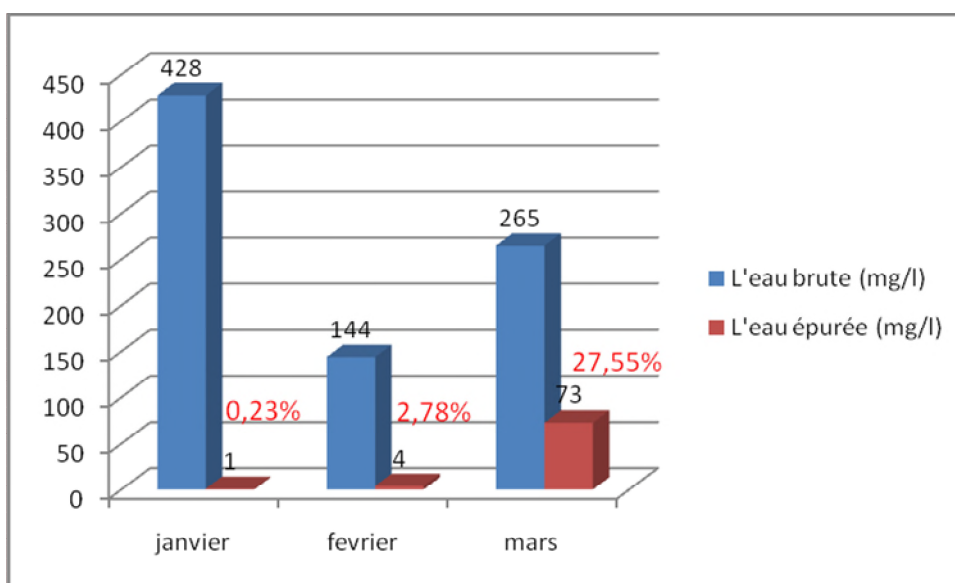


Figure 25 : Evolution de la DCO dans les eaux usées et les eaux épurées.

Les valeurs de la DCO mesurées dans les eaux brutes et les eaux épurées pendant trois mois sont a présenté dans la figure 25. Ces valeurs montrent une large différence entre la DCO des eaux brutes et celle des eaux épurées. Ainsi, la valeur maximale de la DCO des eaux brutes était enregistrée le mois de janvier 428 mg /l alors que la valeur minimale était enregistrée le mois de février 144 mg/l.

Ces résultats sont dus probablement à la surcharge des effluents par la matière organique et minérale. Dans les eaux épurées, la DCO accroît progressivement de janvier à mars avec des valeurs minimale et maximale de 1mg/l et 73 mg/l respectivement.

Ces valeurs montrent aussi que la DCO avec un taux allant de 72,45% à 99,77% après épuration. Cette diminution est causée, d'une part, par l'élimination de la matière

minérale, lors des procédés de prétraitement et d'autre part, de la dégradation de la matière organique dont les microorganismes sont responsables.

En outre, ces résultats sont conformes à ceux obtenus par (Reggam et al., 2009) dans la STEP de Guelma où les valeurs de la DCO dans les eaux épurées se situent entre 12 et 90 mg/l. Mais, nos résultats sont différents de ceux trouvés par Rassam et al., (2012) dans la STEP d'Oujda au Maroc qui ont enregistré une valeur égale à 100 mg/l.

1-8-La DBO5 :

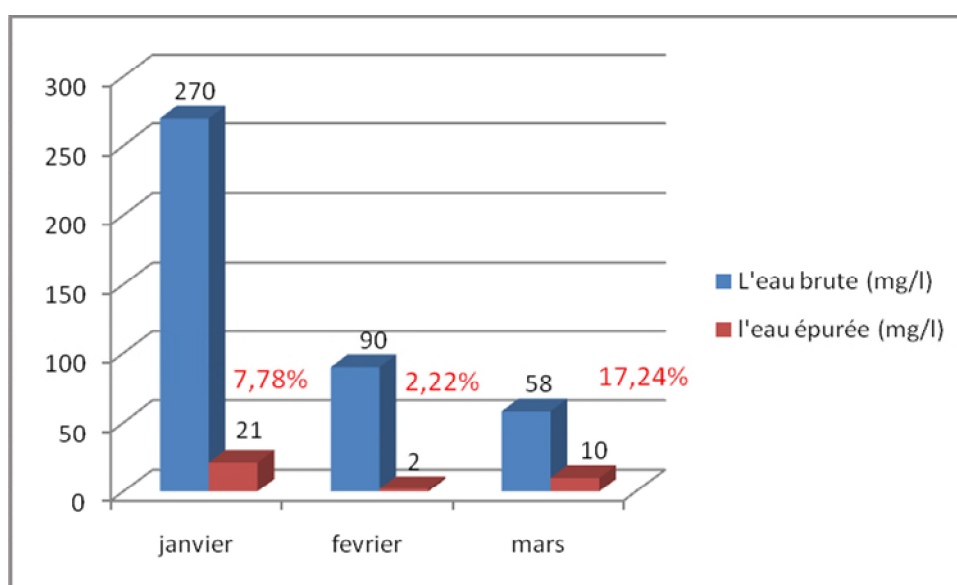


Figure 26 : Evolution de la DBO5 dans les eaux usées et les eaux épurées

La figure 26 montre l'évolution de la DBO5 dans les eaux brutes et les eaux épurées entre janvier et mars. Dans les eaux brutes la DBO5 décroît progressivement de janvier à mars avec des valeurs minimales et maximales de 58 mg/l et 270 mg/l respectivement.

Dans les eaux épurées, la DBO5 est variable ; la valeur minimale était enregistrée le mois de février alors que la valeur maximale était mesurée le mois de janvier étant 21 mg/l.

Ces résultats permettent de dire qu'après épuration la DBO5 diminue de 92,22% au mois de janvier de 97,78% au mois de février et de 82,76% au mois de mars.

Ceci est conforme a ce qui était obtenue par **(Reggam et al ., 2009)** dans la STEP de Guelma ou la DBO5 varie entre 2 et 14 mg/l dans les eaux épurées. Mais différente à celle trouvée au Maroc par **Rassam et al ., (2012)** qui ont enregistrée la valeur minimale au mois de janvier 50mg/l et maximale au mois de mars 80mg/l dans les eaux épurées.

Sachant que l’oxygène est un élément fondamental au maintien et au développement de la flore et de la faune présente dans le milieu naturel. La détermination de la DBO5 a donc pour but d’évaluer cette nuisant et d’estimer les effets **(Rejsek, 2002)**.

Par conséquent, la chute de la DBO5 dans la STEP de Sidi Merouane est due à la bio-dégradation et à la minéralisation de la matière organique contenue dans les effluents. Dont les microorganismes sont responsables.

Le rapport DCO/DBO5 :

Le rapport DCO/DBO5 donne une idée sur la biodégradabilité, les résultats sont enregistrés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Montre le niveau de la biodégradabilité chaque mois.

	Janvier		Février		Mars	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
Rapport DCO /DBO	1 ,59	0,05	1,6	2	4,57	7,3
Biodégradabilité	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible

2-Les paramètres biochimiques :

2-1-Les protéines :

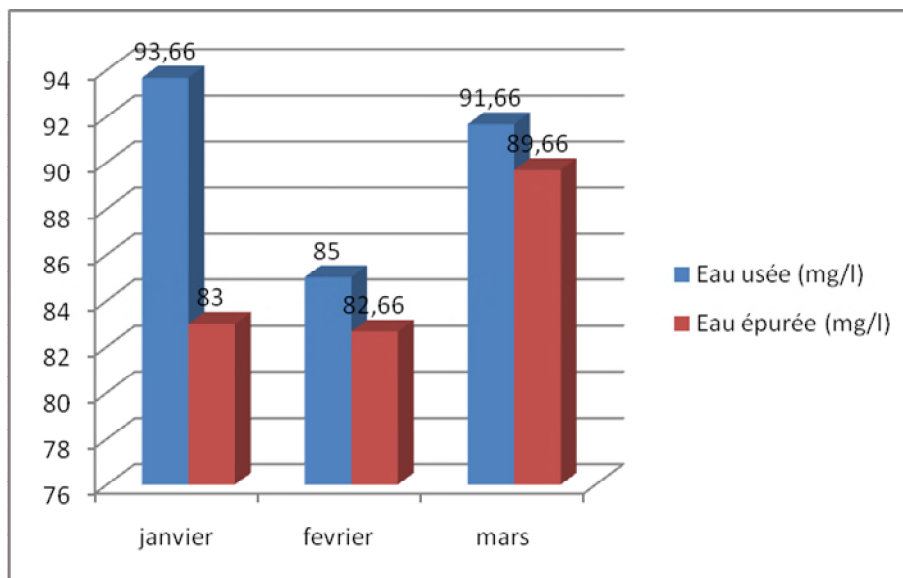


Figure 29 : Evolution des protéines dans les eaux usées et les eaux épurées.

Sachant que notre étude a duré trois mois (figure 29). Les résultats montrent que la concentration maximale des protéines de l'eau brute est 93,66mg/l au mois de janvier et la concentration minimale est égale à 85 mg/l au mois de février. Alors que La concentration maximale des protéines de l'eau épurée est 89,66 mg/l au mois de mars et la concentration minimale est égale à 82,66 mg/l au mois de février. Statistiquement, la diminution des taux des protéines, après l'épuration, est non significative dans les trois mois ($p > 0.05$).

2-2-Les glucides :

Les concentrations des glucides mesurées dans les eaux brutes et les eaux épurées pendant trois mois sont présentées dans la figure 30. La concentration maximale des glucides des eaux brutes était enregistrée le mois de janvier (14,66 mg/l) alors que la concentration minimale était enregistrée le mois de février (5,16 mg/l). De même, dans les eaux épurées la concentration maximale des glucides était enregistré le mois de janvier 5,16 mg/l alors que la concentration minimale était enregistré le mois de février 2 mg/l.

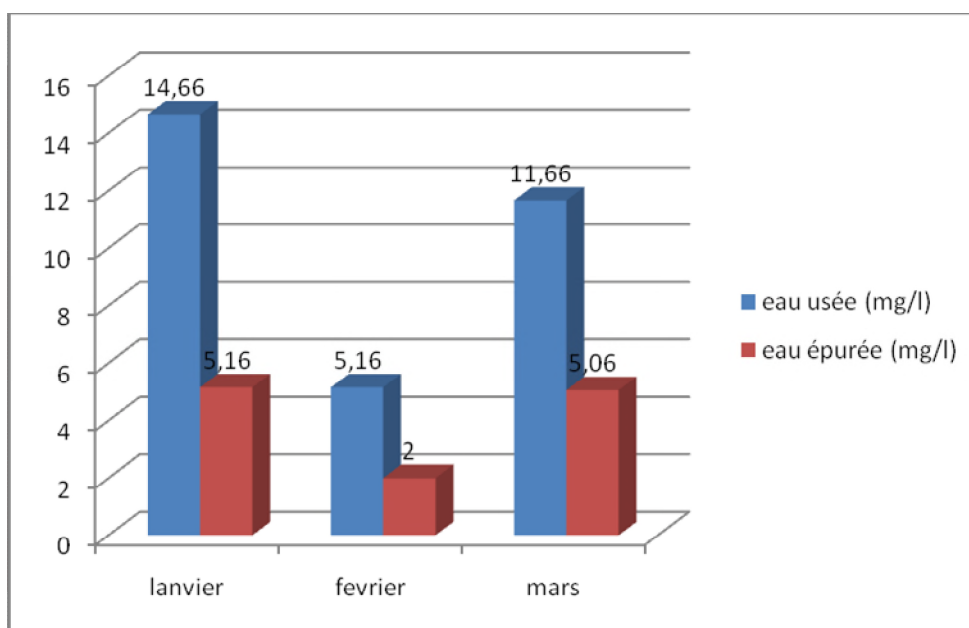


Figure 30 : Evolution des glucides dans les eaux usées et les eaux épurées.

Statistiquement, la diminution enregistré dans le taux des glucides est significative au mois de janvier ($p < 0.05$), après épuration, et non significative au mois de février et mars ($p > 0.05$).

Ces résultats montrent que les protéines et les glucides, qui constituent une partie de la matière organique soluble, n'étaient pas dégradé par la boue activé durant les trois mois de l'étude, exception faite pour le taux des glucides qui a diminué significativement le mois de janvier.

Selon Degrement (2005) la nature des composés organiques qui constituent la pollution et les conditions du milieu (pH, la température, oxygène dissous) influent sur la nature des germes dominants. Un rejet riche en matière protéiques, favorise le développement des germes (*Alcaligenes*, *Bacillus* ou *Flavobacterium*), tandis qu'une eau résiduaires riche en glucides ou en hydrocarbures conduit à la prédominance du germe *Pseudomons*. ainsi, notre hypothèse suggère que les caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute ont défavorisé le développement des bactéries responsable de la dégradation des protéines et des glucides.

Il faut noter que la dégradation des matières organique, en particulier les glucides, est assurée par les microorganismes :

Soit par métabolisme aérobie où les microorganismes sont capables de transformer la matière organique dissoute en matière minérale (nutriment et gaz) (**Khatabi, 2002**). Cette dégradation est assurée par une oxydation biochimique, la décomposition de l'ensemble des matières organiques protéiques, lipidique et glucidique est le résultat du développement des microorganismes essentiellement hétérotrophe. Cette oxydation produit le CO_2 et H_2O (**Metahri, 2011**)

Soit par métabolisme anaérobie. Dans ce cas les bactéries utilisent l'oxygène des nitrates (NO_3^-) et des sulfates (SO_4^{2-}) pour dégrader la matière organique. Les produits sont des hydrogènes sulfureux (H_2S), méthane (CH_4), des acides (voir l'annexe 2) (**Metahri, 2011**). Ce type de métabolisme permet le développement des microorganismes méthagènes (produisent le méthane) qui peuvent tolérer des concentrations assez faible en oxygène et assurent la méniralisation de la matière organique (**Khatabi, 2002**).

Les microorganismes, en particulier les bactéries sont nourries par les matières organiques et éliminent les polluants par les processus suivants :

- Par absorption des particules sur les floques bactériens ;
- Par oxydation en CO_2 et H_2O qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et à la croissance bactérienne (**Khatabi, 2002**).

Conclusion

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes et du monde rural. L'épuration des eaux usées est effectuée non seulement pour protéger la santé de la population et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier but devient de plus en plus important et les techniques de traitement et les stations d'épuration évoluent constamment. L'eau, élément indispensable à la vie, doit être protégée et sa qualité doit être régulièrement contrôlée ; aussi bien l'eau que l'on boit que l'eau que l'on rejette.

Après le traitement biologique par boue activée, la température et le pH des eaux traitées varient considérablement. Nous avons noté aussi une diminution de la conductivité électrique et de l'oxygène dissous. Les paramètres relatifs à la pollution organique (matières en suspension, demande chimique et biochimique en oxygène) diminuent largement après épuration. Ces résultats montrent que les eaux collectées à la station d'épuration de Sidi Merouane sont légèrement polluées sur le plan physico-chimique. En outre, l'étude physico-chimique de ces eaux a montré une différence importante pour chaque paramètre mesuré à l'entrée et à la sortie de la STEP et cela est dû au divers procédé de traitement utilisé. Néanmoins, l'étude des paramètres biochimiques a révélé une stabilité dans les teneurs en protéines et en glucides à l'exception du mois de janvier où nous avons enregistrée une diminution significative dans le taux des glucides.

Sachant que les eaux usées de la ville de Mila sont traitées puis elles sont rejetées dans le barrage de Ben Haroun, ces résultats sont conformes aux normes algérienne des rejets des eaux usées. Les valeurs de ces paramètres ne présentent aucun danger quant à leur rejet dans l'environnement.

En perspective, nous proposons pour les études prochaines de faire une étude de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et biochimiques et de suivre l'évolution des autres paramètres biochimiques (lipides, acide nucléique).

Agrigon A., 2000. Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments. Dunod, 206p.

Akpo Y., 2006. Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Camberene (DAKAR), mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales, faculté des sciences et techniques. Université de Cheikh Anta Diop de DAKAR, P 09,37.

Amino A. et Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. France, 395 p.

Amy G., Debroux J.F., Arnold R et Wilson L.G., 1996. Préozone for enhancing the biodegradability of wastewater effluent in a potable. Recovery soil aquifer treatment (SAT) system. Rev. eau, p365-380.

Andreozzi R., Raffele M. et Nicklas P., 2003. Pharmaceuticals in STP effluent and solar photodegradation in aquatic environment, Chemosphere, p1319.

Antony M., 2004. Bioréacteur à membranes immergées pour le traitement des eaux résiduaires urbaines. Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Toulouse, p 105.

Arnaud C., 2004. Accumulation de molécules organiques modèles par des agrégats biologiques de type de boues activées. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy, p 63.

Asano T., 1998. Wastewater reclamation and reuse water quality management library p1475.

Aulicino E.A., Mastrantonio A., Orsini E., Bellucci C., Muscillo M and Larosa G., 1996. Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome water, air and soil pollution, p327-334.

Aussel H., 2004. Le traitement des eaux usées, Institut national de recherche et de sécurité, p1, 2.

Bassompierre C., 2007. Procédés à boues actives pour le traitement d'effluents papetiers : de conception d'une pilote à la validation de modèles. Thèse de doctorat Institut national polytechnique de Grenoble, p25-42.

Baumont S, Camard J.P., Le franc A et Franconi A., 2005. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile de France, institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile de France, p 11 :15-31.

Belaid N., 2010. Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de doctorat de l'université de Sfax, P1-39.

Belghyti D., El guamri Y., Ztit G., my. Ouahidi L., Joti B., Harchross A., Amghar A., Bouchouata O., El kharrim K et Bounouira H., 2009. Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat : Cas de Kenitra au Maroc. Afrique science 05 (2), P204.

Belgiorno V., Luigi R., Despo F., Claudio D.R., Giusyl., Nikola ou A., Vincenzo N. et Sureyya M ., 2007. Review on endocrine disrupting emerging compounds in urban wastewater: Occurrence and removal by photocatalysis and ultra-sonic irradiation for wastewater reuse, p166-176.

Benarbia W., 2003. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées déversant dans deux plages de l'agglomération d'Annaba (Rezgui Rachid et Rizi) Mémoire d'ingénieur, université Badji Moukhtar. Annaba, Algérie ,50 p.

Berné F ., Cordonnier Y., 1991. Traitement des eaux .Technp, paris, p 12-13.

Bliefert C ., Perraud R., 2001. Chimie de l'environnement, 1^{ère} édition, P325.

Bock E., Koops H.P., Harms H et Ahlers B., 1991. The biochemistry of nitrifying microorganisms. In: variation in autotrophic life, Shively J.M et Barton L.L (ed) Academic, n^o 34. Boeck, 477p.

Boucherit K.E., Kadi K et Dafri F.Z., 2009. Caractérisation microbiologique et physico-chimique de l'eau durant un traitement au niveau de la STEP de la ville de Guelma. Mémoire pour l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état, Université de Guelma, P 72-74.

Bourven I., 2012. Caractérisation de la fonction organique et minérale de la matrice extracellulaire issue de boues biologiques. Thèse de doctorat, faculté des sciences et techniques groupement de recherche eau, sol, environnement, p 60.

Campos C., 2008. New perspectives on microbiological water control for waste water reuse, p 34.

Cardot C., 1999. Les traitements de l'eau. Procédés physico chimiques et biologiques. Ellipses, paris p 11-247.

Cauchi., Hyvrard ., Nakache ., schwartybrod., Zagury., Derangere., Martigne et Seguret., 1996. Dossier de la réutilisation des eaux usées après épuration, technique, sciences et méthodes, p81-118.

Chellé., Dellale ., Dewachter M., Mapakou F et Vermey L., 2005. L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer, office international de l'eau, p 15.

Degrement., 2005. Memento technique de l'eau, tome1,2^{ème} édition Cinquantenaire, paris, p 109-111.

Dériaz R.E., Stacey. Teece E.G et Wiggins L.F., 1949. Deoxy sugars part, the dishe reaction for 2-deoxy pentose J.chem.soc, p14.

Desjardins R., 1997. Le traitement des eaux ,2^{ème} édition. Ed école polytechnique de montéal, Canada, p303.

Detay M., 1993. Le forage d'eau : réalisation, entretien et réhabilitation.masson, 379 p.

Direction de l'assainissement et de la protection de l'environnement (DAPE)., 2006. Etude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles au autre sur tout le territoire national, mission 01 : reconnaissance et collecte des données de bases, p120.

Drozd J.w., 1976. Energy coupling and respiration in *Nitrosomonas europaea*. Arch.

Dua R.D., Bhandari B et Nicholas D.J.D., 1979. Stable isotope studies on the oxidation of ammonia to hydroxylamine by *Nitrosomonas europaea*.FEBS Lett.n⁰ 106.

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A et Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, analytical chemistry, p 350-356.

Faby J.A et Brissaud F.,1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, office international de l'eau. p76.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques aide (ed).techniques et documentations. Lavoisier, paris, p220.

Hadj-Sadok., 1999. Modélisation et estimation dans les bioréacteurs, prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. Thèse de doctorat science de l'ingénieur, Nice-sohia Antipolis, p267.

Hartani T., 2004. La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Institut national agronomique, Alger, p34.

Haslay C et Leclerc H., 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition technique et documentation, paris, p 309-313.

Henze M., Harremoe P., Jansen J.L.C et Arvin E., 1996. Wastewater treatment biological and chemical processes Springer, p34,35.

Henze., Harremoe P., la cour Jansen J et Arvin E., 1997. Wastewater treatment biological and chemical processes. Springer, 2^{ème} edition.

Hollocher T.C., Tate M.E et Nicholas D.J.D., 1981. Oxidation of ammonia by Nitrosomonas europaea.J.Biol.Chem, p34.

Hooper A.B et Terry K.R., 1979. Hydroxylamine oxidoreductase of Nitrosomonas production of nitric oxide from hydroxylamine.Bioch.Biophys.Acta n°571, p 12.

Halassi I ., 2009. Degré de contamination du lac des oiseaux et contribution à l'étude du pouvoir auto épurateur de l'eau. Mémoire de magister, Université de Guelma, P91-93.

Jarraud S et Jaffrey., 2006. Traitement des eaux de refroidissement.Lavoisier. Édition TEC, p34.

Khattabi H., 2002. Intérêt de l'étude des paramètres hydrogéologique et hydro biologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lexiviats de la décharge d'ordure ménagères d'étueffont (Belfont, France).Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, institut des sciences de l'environnement, p 18.

Kimura., Toshimas., Amyg., Watanabe Y.,2004. Ejection of neutral endocrine disrupting compounds (EDC) and pharmaceuticals active compounds RO membrane. Journal of membrane science, p71-78.

Koller E., 2002. Traitement des pollutions industrielles (eau, air, déchets, sols, boues) ,2^{ème} édition.Dunod, p25.

Lacroix S., 2008. Etude des mécanismes physiologique et moléculaires de la filamentation de *Sphaerotilus natans*. Thèse de doctorat, institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement Agros paris Tech, p28, 31.

Ladjel F et Boucheref S., 2011. Exploitation d'une STEP à boues activées niveau II, ministère de formation aux métiers de l'assainissement, p5, 10 ,12.

Le Hyaric R., 2009. Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épurations. Thèse de doctorat, institut national de sciences appliquées de Lyon, p3, 33,34.

Leynaud G., et Verrel J.L., 1980. Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions. La pollution des eaux continentales, incidence sur les biocénoses aquatique, Paris, 345p.

Loup J.P., 1974. Les eaux terrestres. Collection dirigée par Jean pelletier. Masson .Paris,

Martin G., 1979. Le problème de l'azote dans les eaux. Techniques et documentation. Lavoisier. Paris, 279 p.

Metahri M.S., 2012. Elimination simultanée de la pollution azoté et phosphaté des eaux usées traités par des procédés mixtes cas de la STEP de la ville de Tizi ouazou. Thèse de doctorat, P 7,13.

Michel., 2004. Etude de la fonction et de l'efficacité de différent séparateurs à graisses rapport de stage protection de l'environnement option de traitement et analyse de l'eau et des déchets aqueux université, paris.47 p.

Ministère de L'environnement du Québec (MENVIQ)., 1990 . Critère de qualité de l'eau, Québec, 425 p.

Monique Tardat H., 1984. Chimie des eaux, édition les griffons d'argile, Canada.

Ndiaye M.L., 2010. Impact des eaux usées sur la chimie et la microbiologie des sols, p7, 8,11.

Nisbet M et Vernaux., 2009. Composantes chimiques des eaux courantes discussion et proposition de classe en tant que base d'interprétation des analyses chimique. Tome 6,p 161-190.

Organisation de coopération et de développement économique (OCDE)., 1982. Eutrophisation des eaux, méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte, paris, 164 p.

Ouali M.S., 2008. Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux ,2^{ème} édition, Ben Aknoun, Alger, p 31,32.

Ouali M.S., 2001. Cours de procède unitaires biologiques et traitement des eaux office des publications universitaires Alger, p12.

Raven P.H., L.R Berg et D.M Hassan zahl., 2009. Environnement .6^{ème} édition Belgique, p573, 574.

Pasquier-Meunier P. 2011. Mise en place de protocoles d'analyse des carbohydrates, lipides et acides gras volatiles sur des échantillons d'un décanteur primaires. Institut national des sciences appliquées Toulouse, France, p 06.

Perrin J .F., 2011. Analys chim/TP-dosage-protéines-abs.odt, p1.

Rabetifika H.N., Paquot M., Janssens L et Castiaux A., 2006. Développement durable et ressources renouvelables, Ph. Dubois 2006. Bruxelles, Belgique, p 56-58.

Rahmoun H., Elkharrim K., Belghyti D et Hadj M. 2013. Etude physico-chimique des eaux uses se l'unité sucrière Sunabel de Mechraa belksiri, volume 5, n⁰ 130215, p 3.

Rassam A., Chaouch A.E., Bourkhiss B., et Bourkhiss M., 2012. Performances de la dégradation de la matière organique par lagunage aéré dans la station des eaux usées de la ville de d'Oujda (Maroc orie !12ntal), laboratoire de biotechnologie, environnement et qualité. Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, p 121-125.

Rees M et Nason A., 1966. Incorporation of atmospheric oxygen into nitrite formed during ammonia oxidation by Nitrosomonas europaea. Bioch. Biophys. Acto n⁰113, p398.

Reggam R., Khettal M., et Karaali R. 2009. Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées avant et après épuration : Cas de la station d'épuration de la ville de Guelma (Nord-est Algérien).Mémoire d'ingénieur d'état, P86-90.

Rejsek F., 2002. Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Edition scérén CRDP aquitaine, Bordeaux, p165-239.

Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eaux de mer, 8^{ème} édition. Dunod, 1383 p.

Rodier., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles-eaux résiduaires-eaux de mer, 8^{ème} édition.

Sigg L., Behra P et Sturm .W., 2006. Chimie des milieux aquatique. 4^{ème} édition, paris. P406.

Supinski., 2002. Les graisses dans le réseau d'assainissement de la ville de paris : étude de cas sur le bassin versant « Montaigne » rapport de DEA sciences et techniques de l'environnement université, paris, p 40.

Suzuki I., 2003. Mechanisms of inorganic oxidation and energy coupling. Annu. Rev n^o 11, p35.

Tiercelin j.R., 2008. L'eau et les espèces. Lavoisier. Édition TEC, p 110.

Toze S., 1999. PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Water Res, p35-45.

Vilagines R., 2003 . Eau environnement et santé publique introduction à l'hydrologie. 2^{ème} édition, édition TEC et DOC paris, p198.

Villers J. Squilbin M. Yourassow C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement observatoire des données de l'environnement l'eau à Bruxelles.

Wood P.M., 1986. Nitrification as a bacterial energy source. In: Prosser J (ed) nitrification, IRL press Washington. DC 39-62.

World health organization, health (WHO)., 1989. Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. thecnical report series, n^o 778.

Xanthoulis D., 1993. Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires, Tribune de l'eau, n^o :563/3, p 27-32.

Annexes

Annexe 1 : (Fiche technique assainissement, *organisation et fonctionnement d'une station d'épuration*, édité par l'ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie).



Figure : Organisation d'une station d'épuration à boues activées.

Annexe 2 :

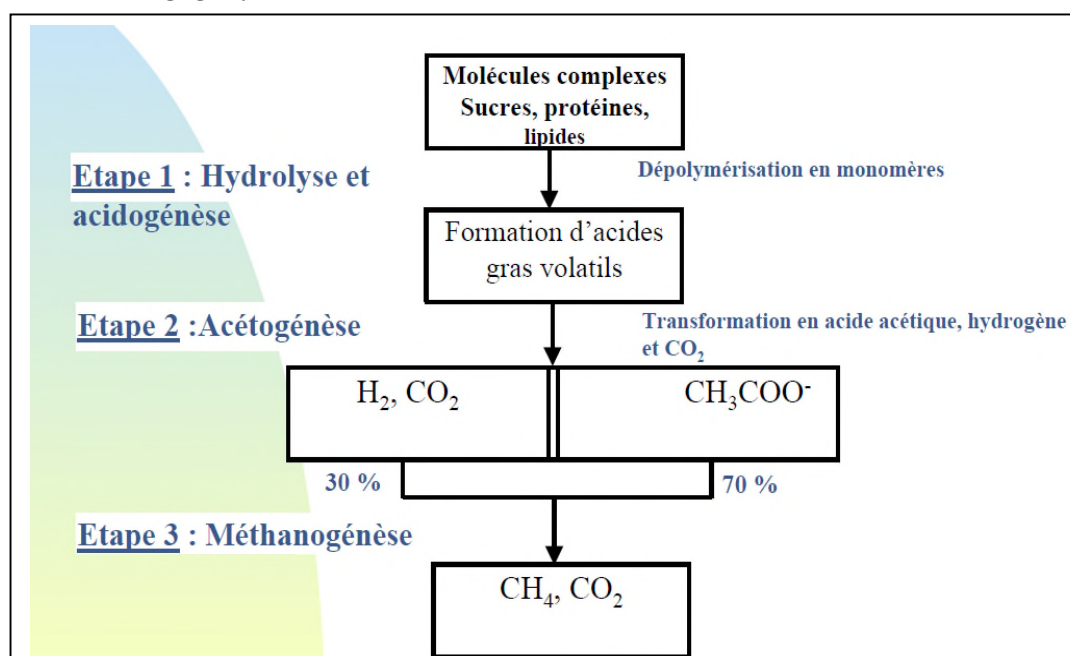


Figure : Principes de la digestion anaérobie des boues

Annexe 3 :

Le réactif de dosage des protéines repose sur la présence d'un réactif qui appelle réactif de Gornal .un litre de réactif de Gornal contient :

- 1,5 g de Cu SO_4
- 6 g de tartrate de Na et K
- 1g de KI
- 30 g de NaOH
- 1L d'eau distillé

Annexe 4 : Les courbes d'étalonnage des protéines et des glucides

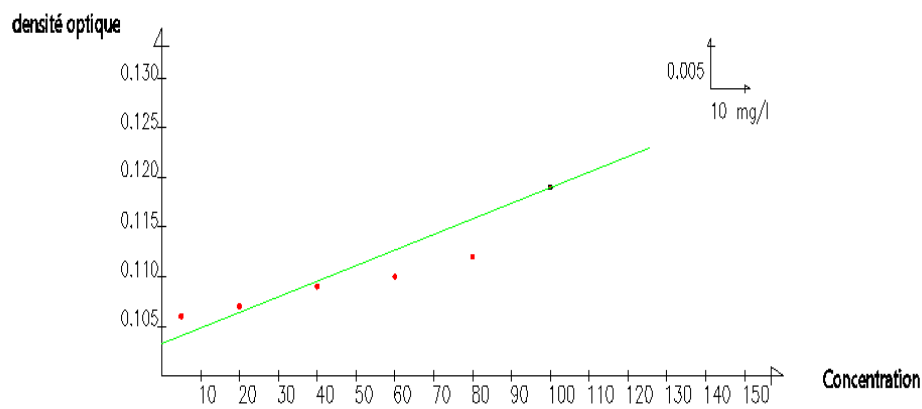


figure n 27 : Courbe d'étalonnage de proteines

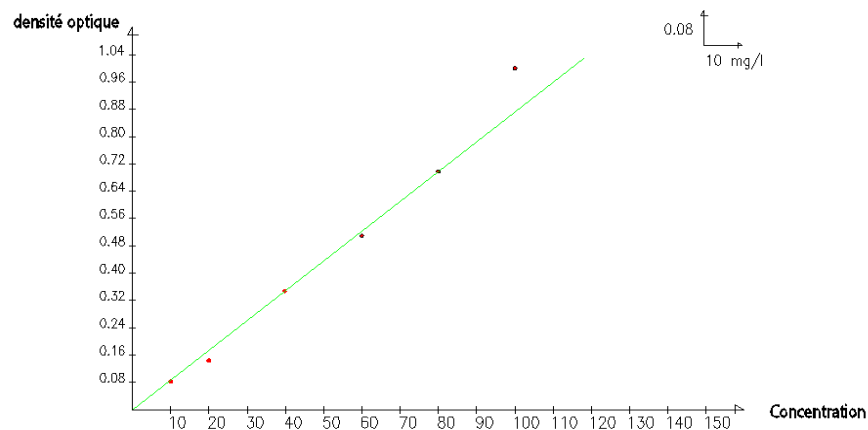


figure n 28 : Courbe d'étalonnage de Glucides

Résumé :

Dans notre travail, nous nous sommes intéressée à l'étude physicochimique et biochimique des eaux à l'entrée, et à la sortie de la STEP de Sidi Merouane. Selon nos résultats, il s'avère que : les valeurs obtenues des indicateurs physicochimiques de pollution ne dépassent pas les normes admises. Dans la STEP de Sidi Merouane, le processus d'épuration permet d'éliminer entre 87,47% et 96,88% des matières en suspension, et la DCO diminuent entre 72,45% et 99,77% après l'épuration. Aussi, la DBO5 diminue de 82,76% au mois de mars et 97,78 % au mois de février après l'épuration. Concernant les paramètres biochimiques il n'avait pas une diminution significative dans le taux des protéines et des glucides sauf au mois de janvier où nous avons enregistré une diminution significative dans le taux des carbohydrates. Reste à dire que le traitement biologique par boues activées est actuellement le plus utilisé pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines car il donne des résultats parfaits et une eau saine, propre, qui peut être rejetée dans le milieu récepteur en toute sécurité.

Mot clé : STEP de Sidi Merouane, épuration, eau usée, eau épurée, protéines, glucides.

Abstract:

In our work, we are interested in the physicochemical and biochemical study of water at the inlet and at the outlet of the WWTP Sidi Merouane. According to our results, it appears that: the value of the physicochemical indicators of pollution does not exceed the permitted standards. In STEP Sidi Merouane, the purification process eliminates between 87.47 % and 96.88 % of suspended solids and COD decreases from 72.45 % to 99.77 % after purification. In addition, BOD5 decreased 82.76 % in March and 97.78 % in February after treatment. On biochemical parameters, it was not a significant decrease in the rate of protein and carbohydrates except in January where we recorded a significant decrease in the rate of carbohydrates. It remains to say that the biological activated sludge treatment is currently the most widely used for treatment of urban wastewater as it gives perfect results and a safe, clean, which can be discharged into the receiving environment safely.

Key word: STEP Sidi Merouane, sewage, wastewater, purified water, proteins, and carbohydrates

الملخص :

في هذا العمل تطرقنا لدراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والبيوكيماوية للمياه المستعملة قبل وبعد المعالجة في محطة التصفية سيدي مروان. القيم الخاصة بالمؤشرات الفيزيوكيميائية للتلوث المتحصل عليها لم تتعدى المعايير المحددة من طرف منظمة الصحة العالمية. أظهرت النتائج أن عملية التصفية تزيل من 87, 47% إلى 96, 88 % من المواد العالقة. ومن 72, 45 % إلى 99,77% من DCO ومن 82,76%, إلى 97,78% من DBO5. وبخصوص العوامل البيوكيميائية لا نلاحظ أي نقص للبروتينات والسكريات بعد التصفية ما عدا السكريات في شهر جانفي حيث سجلنا نقص معتبر في كمية السكريات. بقي أن نقول إن المعالجة البيولوجية بالحماة النشطة هي الأكثر استعمالا في تصفية المياه لأنه تعطي نتائج ممتازة ماء صحي ونظيف يمكن رميه في الوسط الخارجي دون تشكيل أي خطورة على الوسط.

الكلمات المفتاحية: محطة التصفية سيدي مروان، التصفية، المياه المستعملة، المياه المعالجة، البروتينات، السكريات.