

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH de nous avoir donné la volonté et la santé pour réaliser ce modeste travail.

Monsieur BOUBHRA Mustafa, docteur à l'université de Bordj Bou Arreridj, a encadré notre travail. Nous le remercions d'avoir suivi, guidé soutenu et fait confiance à nous.

Nous remercions aussi le Jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail.

Les remerciements ne seraient rien sans une mention particulière pour nos collègues de la promotion sans oublier Monsieur MOULA chef de département S.M.

Et pour nos amies de longues dates, merci pour tous les moments que nous avons passé ensemble.

Nous remercions toute personne ayant contribué, de



RESUME

De nombreuses activités anthropiques ont provoqué des changements environnementaux globaux considérables. La composition de l'atmosphère terrestre en particulier a été fortement modifiée par l'émission de polluants gazeux et particulaires (métaux lourds). Notre travail est focalisé sur l'étude de la présence des métaux lourds dans les eaux usées urbaines. Pour connaître le rôle de la station d'épurations de BBA dans la variation des taux en métaux lourds des analyses par spectroscopie d'absorption atomique ont été effectuées en amont et en aval de la station.

L'étude que nous avons menée concerne 5 métaux à savoir: le cuivre, le cobalt, le zinc, le cadmium et le plomb.

Les résultats obtenus sont conforme aux normes Algériennes de rejet; mais ces métaux lourds ne sont pas totalement inexistantes. Enfin, d'après nos résultats et nos recherches sur les métaux lourds, on recommande au responsable de la station d'épurations de BBA de se doter d'un système plus efficace pour éliminer et garantir un meilleur traitement des eaux usées.

Mots clés: Métaux lourds, bioaccumulation transfert, norme, rejet eaux usées.

Abstract

Numerous human activities have caused considerable global environmental changes. The composition of the Earth's atmosphere in particular has been greatly modified by the emission of gaseous and particulate pollutants (heavy metals). Our work is focused on the study of the presence of heavy metals in urban wastewater. To understand the role of the purification station of BBA in the variation of heavy metal levels, atomic absorption spectroscopy analyzes were carried out upstream and downstream of the station.

The study we conducted concerns five metals namely: copper, cobalt, zinc, cadmium and lead. The results obtained comply with Algerian rejection standards; but they are inexistent. Finally, according to our results and our research on heavy metals, we recommend that the person in charge of the BBA wastewater treatment plant acquire a more efficient system to eliminate and guarantee better wastewater treatment.

Key words: Heavy metals, bioaccumulation transfer, standard, wastewater

ملخص

تسببت العديد من الأنشطة البشرية في حدوث تغييرات بيئية عالمية كبيرة. تم تعديل تكوين الغلاف الجوي للأرض على وجه الخصوص بشكل كبير عن طريق انبعاث الملوثات الغازية والجسيمات (المعادن الثقيلة). يركز عملنا على دراسة وجود المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي الحضرية. لفهم دور محطة التنقية في ولاية برج بوعريريج في تباين مستويات المعادن الثقيلة، أجريت تحليلات مطيافية الامتصاص الذري في المنبع والمصب للمحطة. تتعلق الدراسة التي أجريناها على 5 معادن وهي: النحاس والكوبالت والزنك والكاديوم والرصاص. النتائج التي تم الحصول عليها تتوافق مع معايير الرفض الجزائرية؛ لكنها ليست منعدمة تمامًا. أخيرًا، وفقًا لنتائجنا وأبحاثنا حول المعادن الثقيلة، نوصي بأن يتبنى الشخص المسؤول عن محطة معالجة مياه الصرف الصحي لولاية برج بوعريريج على نظام أكثر كفاءة للتخلص من مياه الصرف الصحي وضمان معالجة أفضل لها.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة، نقل التراكم الحيوي، المعيار، التصريف، مياه الصرف.

LISTE DES ABREVIATIONS

BBA: Bordj Bou Arreridj.

Cl⁻: Ion chlorure.

DBO₅: Demande biologique en oxygène au bout de 5 jours.

DCO: Demande chimique en oxygène.

ETM: Eléments traces métalliques.

Eqh: Equivalent habitat.

H₃O⁺: Ion hydronium ou ion oxonium.

K⁺: Ion potassium.

K₂O: Oxyde de potassium.

MES: Les matières en suspension.

N₂: Azote.

NaCl: Le chlorure de sodium (sel).

NH₃: Ammoniaque gazeux dissous.

NH₄⁺: Ion ammoniac.

NH₄⁺NO₂⁻ : Nitratation par Nitrosomonas.

NO₂⁻NO₃⁻ : Nitratation par Nitrobacter.

N organique à NH₄⁺: Ammonification.

O₂: Oxygène.

ONA: Office National de l'Assainissement.

PCB: Polychlorobiphényle.

pH: Le potentiel d'hydrogène.

P₂O₅: Pentoxyde de phosphore.

SAA: Spectroscopie d'Absorption Atomique.

SO₄²⁻ : Ion sulfate.

STD: Standard.

STEP: Station d'épuration des eaux usées.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les eaux usées domestiques.	4
Figure 2 : Les eaux de ruissellement.	5
Figure 3 : Les eaux usées industrielles.	6
Figure 4 : Les eaux usées agricoles.	7
Figure 5 : Installation courante avec traitement par boues activées.	18
Figure 6 : Dégrillage (Station de Bordj Bou Arreridj).	19
Figure 7 : Dessablage-Déshuilage (Station de Bordj Bou Arreridj).	20
Figure 8 : Lagunage naturel.	22
Figure 9 : Epanchage.	23
Figure 10 : Lit bactérien.	24
Figure 11 : Schéma de fonctionnement d'un lit bactérien.	24
Figure 12 : Disque biologique.	25
Figure 13 : Principe de fonctionnement d'un disque biologique.	25
Figure 14 : Principe de fonctionnement des boues activées.	26
Figure 15 : Classification périodique des éléments.	32
Figure 16 : Localisation de la station de traitement des eaux usées de Bordj Bou Arreridj. ...	38
Figure 17: Photo par satellite de la STEP de BBA.	40
Figure 18 : Les échantillons.	41
Figure 19 : pH-mètre de laboratoire (WTW inolab).	43
Figure 20 : Conductimètre de laboratoire (WTW inolab).	44
Figure 21 : La minéralisation avec plaque chauffante.	45
Figure 22 : Minéralisateur automatique de marque Buchi.	45
Figure 23 : Courbe d'étalonnage du Cuivre.	46
Figure 24 : Courbe d'étalonnage du Cobalt.	46
Figure 25 : Courbe d'étalonnage du Zinc.	47
Figure 26 : Courbe d'étalonnage du Cadmium.	47
Figure 27 : Courbe d'étalonnage du Plomb.	48
Figure 28 : Spectrophotomètre à absorption atomique de type SHIMADZU AA-6800.	49
Figure 29 : Variation de la concentration en Cuivre dans l'eau à l'entrée de la station.	51
Figure 30 : Variation de la concentration en Cuivre dans l'eau à la sortie de la station.	52

Figure 31 : Variation de la concentration en Cobalt dans l'eau à l'entrée de la station.....	52
Figure 32 : Variation de la concentration en Cobalt dans l'eau à la sortie de la station.	53
Figure 33 : Variation de la concentration en Zinc dans l'eau à l'entrée de la station.	53
Figure 34 : Variation de la concentration de Zinc dans l'eau à la sortie de la station.	54
Figure 35 : Variation de la concentration en Cadmium dans l'eau à l'entrée de la station.....	55
Figure 36 : Variation de la concentration en Cadmium dans l'eau à la sortie de la station.	55
Figure 37 : Variation de la concentration en Plomb dans l'eau à l'entrée de la station.	56
Figure 38 : Variation de la concentration en Plomb dans l'eau à la sortie de la station.	56

LISTE DES TABLEAUX

Table 1 : Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels.	32
Table 2 : Effets de certains métaux lourds sur la santé.	36
Table 3 : Résultats de mesure du pH, de la température et de la conductivité.....	44

SOMMAIRE

RESUME

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE I : GÉNÉRALIERS SUR LES EAUX USEES

I.1. DEFINITION DES EAUX USEES.....3

I.2. ORIGINES DES EAUX USEES.....3

I.2.1. EAUX USEES DOMESTIQUES 3

I.2.1.1. Eau grise..... 3

I.2.1.2. Eau noire 3

I.2.2. EAUX DE RIUSSELLEMENT 4

I.2.3. EAUX USEES INDUSTRIELLES 5

I.2.3.1. Eaux résiduaires 6

I.2.3.2. Liquides résiduaires 6

I.2.4. EAUX AGRICOLES..... 7

I.3. COMPOSITION DE L'EAU USEE.....8

I.3.1. MATIERES EN SUSPENSION (MES) 8

I.3.2. MICROPOLLUANTES ORGANIQUES ET NON ORGANIQUES 8

I.3.2.1. Eléments traces..... 9

I.3.2.2. Micropolluants organiques..... 9

I.3.3. SUBSTANCES NUTRITIVES 10

A. L'azote 10

B. Le phosphore..... 11

C. Le potassium 11

D. Chlore et sodium 11

I.4. POLLUTION DE L'EAU.....	12
I.5. CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES.....	12
I.5.1. PARAMETRES PHYSIQUES DES EAUX USEES ET ORGANOLEPTIQUE.....	12
a) <i>Couleur</i>	12
b) <i>Matières en suspension</i>	13
c) <i>Température</i>	13
d) <i>Turbidité</i>	13
e) <i>Conductivité</i>	13
I.5.2. PARAMETRES CHIMIQUES DES EAUX USEES	13
a) <i>Demande chimique en oxygène (DCO)</i>	13
b) <i>Potentiel hydrogène (pH)</i>	13
c) <i>Azote dissous</i>	14
d) <i>L'Oxygène dissous</i>	14
e) <i>Phosphore</i>	14
f) <i>Chlorures (Cl⁻)</i>	14
g) <i>Sulfates (SO₄²⁻)</i>	14
h) <i>Métaux lourds</i>	14
I.5.3. PARAMETRES BIOLOGIQUES DES EAUX USEES.....	14
a) <i>Demande biochimique en oxygène (DBO)</i>	14
b) <i>Huile et graisse</i>	14
c) <i>Vie microbienne dans les eaux usées</i>	15

CHAPITRE II :PROCEDES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

II.1. STATION D'EPURATION (STEP).....	17
II.1.1. DEFINITION D'UNE STATION D'EPURATION	17
II.1.2. PARAMETRES ESSENTILS POUR LE CHOIX D'UNE TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES	17
II.1.3. FONCTION D'UNE STATION D'EPURATION.....	18
II.2. PROCEDES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES.....	18
II.2.1. PRETRATEMENTS	19
II.2.1.1. <i>Dégrillage</i>	19
II.2.1.2. <i>Dessablage-Déshuilage</i>	20
a) <i>Dessablage</i>	20
b) <i>Déshuilage</i>	20

II.2.2. TRAITEMENT PRIMAIRE	21
II.2.3. TRAITEMENT SCONDAIRE.....	21
<i>II.2.3.1. Procédés biologiques extensifs.....</i>	22
II.2.3.1.1. Lagunage naturel	22
II.2.3.1.2. Epannage	22
<i>II.2.3.2. Procédés biologiques intensifs</i>	23
a) Lit bactérien	23
b) Disque biologique	24
c) Boues activées.....	25
<i>II.2.3.3. Décantation secondaire.....</i>	26
II.2.4. TRAITEMENT TERTIARE	26
<i>II.2.4.1. Elimination de l'azote</i>	27
<i>II.2.4.2. Elimination du phosphore</i>	27
<i>II.2.4.3. Désinfection.....</i>	27
a) Les traitements chimiques de désinfection	27
b) Les traitements physiques de désinfection par les ultraviolets	28
<i>II.2.4.4. Traitement des odeurs</i>	28
II.2.5. TRAITEMENT DES BOUES	29

CHAPITRE III: GENERALITES SUR LES METAUX LOURDS

III.1. DEFINITION DES METAUX LOURDES.....	31
III.2. SOURCES DES METAUX LOURDS.....	33
III.2.1. SOURCES NATURELLE	33
III.2.2. SOURCES ANTHROPIQUE	33
III.3. TOXICITE DES METAUX LOURDS.....	34
III.4. EFFETS DES METAUX LOURDS	35
III.4.1. EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT	35
III.4.2. EFFETS SUR LA SANTE	35

CHAPITRE IV : MATÉRIELS ET METHODES

INTRODUCTION.....	38
IV.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	38
IV.1.1. PRESENTATION DE L'ONA	38

IV.1.2. FICHE TECHNIQUE DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DE LA VILLE DE BBA	39
IV.1.3. LES DIFFERENTS OUVRAGES DE TRAITEMENT AU NIVEAU DE LA STATION DE BBA	40
IV.2. PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS.....	41
IV.2.1. BUT GENERAL DE LA MANIPULATION	41
IV.2.2. LOCALISATION DU SITE DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS.....	41
IV.3. PREPARATION DES ECHANTILLONS.....	41
IV.3.1. LIEU DE TRAVAIL.....	41
IV.3.2. MATERIEL A UTILISER.....	42
IV.3.3. MODE OPERATOIRE.....	42
IV.3.3.1. Préparation des flacons d'échantillonnage (étiquetage et identification).....	42
IV.3.3.2. Echantillonnage.....	42
IV.3.3.3. Minéralisation des échantillons	44
IV.3.3.4. Courbes d'étalonnages des éléments à analyser	46
A. Courbe d'étalonnage du Cuivre (Cu).....	46
B. Courbe d'étalonnage du Cobalt (Co)	46
Courbe d'étalonnage du Zinc (Zn)	47
C. Courbe d'étalonnage du Cadmium (Cd).....	47
D. Courbe d'étalonnage du Plomb (Pb).....	48
IV.3.3.5. L'analyse des échantillons.....	48
CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION	
V.1. HISTOGRAMMES DES ANALYSES.....	51
A. CUIVRE	51
B. COBALT	52
C. ZINC.....	53
D. CADMIUM	54
E. PLOMB	56
CONCLUSION GENERALE.....	59
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau ne peut pas être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme patrimoine mondial qui doit être protégé, défendu et traité comme tel.

En Algérie, L'eau est de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable. Elle fait désormais l'objet d'une exploitation compétitive entre les besoins de la population, et les besoins de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée.

En raison de la baisse marquée de l'approvisionnement en eau depuis plusieurs décennies, la gestion durable de l'eau, l'un des principaux axes du développement durable, a utilisé les eaux usées pour répondre aux besoins des générations actuelles et satisfaire les générations futures. La pollution des eaux de surface et souterraines est possible par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. La pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération et utilisation irrationnelle.

L'intérêt porté par les pouvoirs publics algériens au traitement des eaux usées s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations.

L'objectif de cette étude est:

- La quantification de la pollution par les métaux lourds dans les eaux usées urbaines à la station de traitement des eaux usées de Bordj Bou Arreridj et sa comparaison avec les normes de rejet Algériennes ;
- Sensibilisation aux dangers des matériaux lourds pour les plantes, les animaux et les humains.

La présentation de ce travail s'articule autour de cinq chapitres:

Chapitre I: Généralités sur les eaux usées;

Chapitre II: Procédés de traitement des eaux usées;

Chapitre III: Généralités sur les métaux lourds;

Chapitre IV: Matériels et méthodes;

Chapitre V: Résultats et discussions.

CHAPITRE 1:
Généralités sur les eaux
usées.

Chapitre I:

Généralités sur les eaux usées

I.1. DEFINITION DES EAUX USEES

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques et à différentes concentration qui atteignent les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance.[1]

I.2. ORIGINES DES EAUX USEES

On distingue 4 origines des eaux usées:

I.2.1. EAUX USEES DOMESTIQUES

Ce sont les eaux usées provenant des habitations, des lieux commerciaux, etc..., on peut distinguer:

I.2.1.1. Eau grise

Comprend l'eau de bain et de cuisson, car elle contient des graisses, des tensioactifs (savons et lessives), des résidus alimentaires ... etc.

I.2.1.2. Eau noire

C'est de l'eau de toilette et se compose d'excréments et d'urine.

La pollution de l'eau domestique peut être facilement estimée une fois que vous connaissez la population et les heures de la journée. [2]

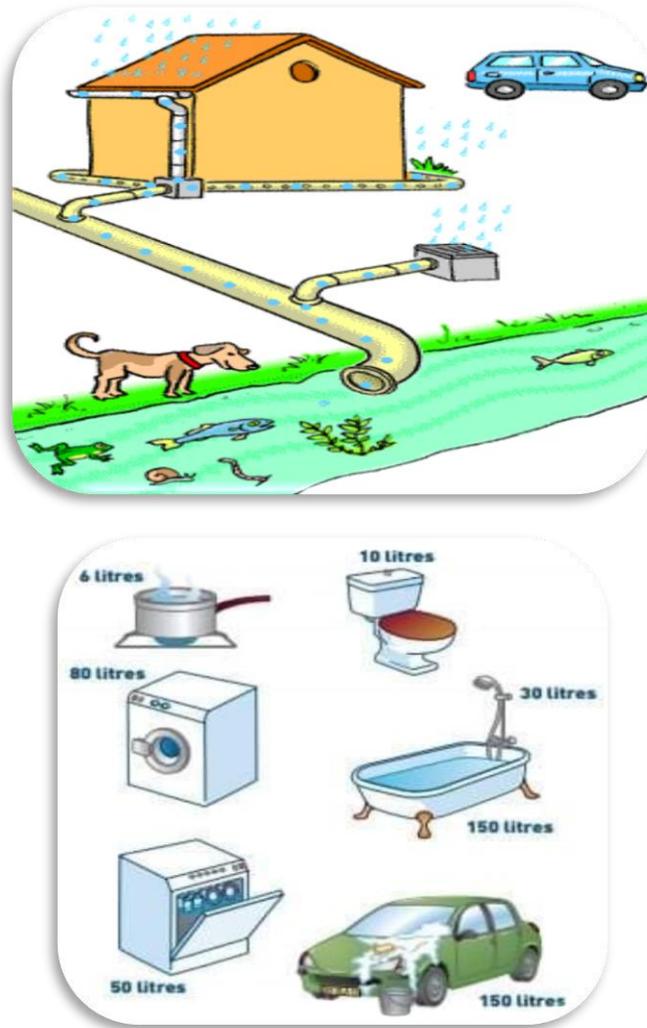


Figure 1 : Les eaux usées domestiques.

I.2.2. EAUX DE RIUSSELLEMENT

Ce sont des eaux de pluies et de lavage des chaussées. Cette eau est caractérisée par toutes sortes de déchets minéraux et organiques: saleté, limon, sable et résidus végétaux (herbes, pailles, feuilles, etc...) et toutes sortes de particules fines (hydrocarbures, pesticides de jardin, etc...).[3]

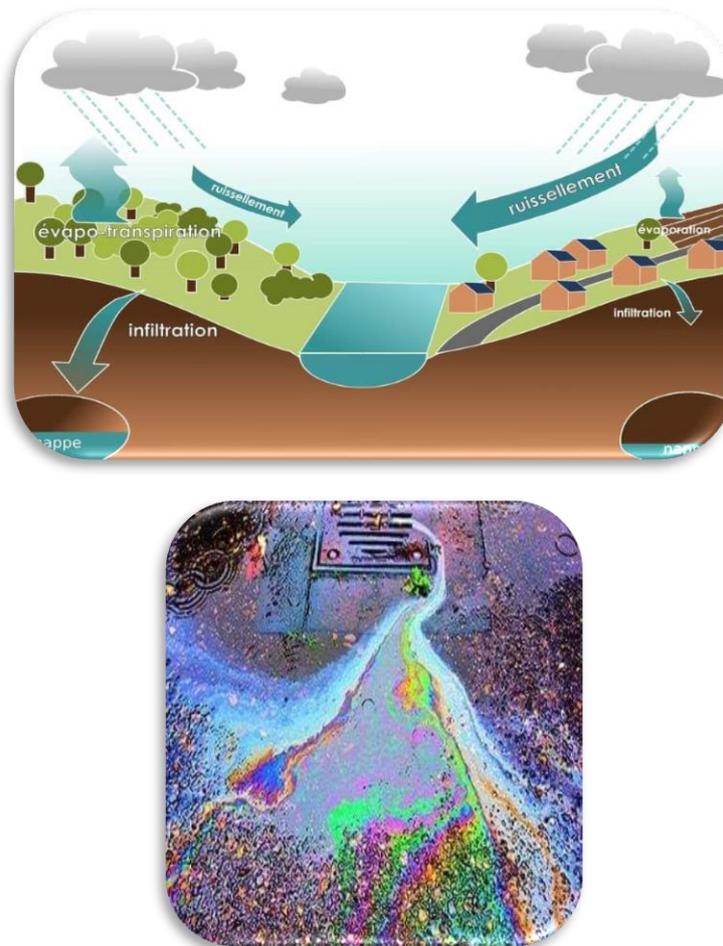


Figure 2 : Les eaux de ruissellement.

I.2.3.EAUX USEES INDUSTRIELLES

Ce sont les eaux usées provenant de différentes usines et s'infiltrant dans les réseaux d'égouts à partir des puits souterrains par lessivage et fuite par les tuyaux endommagés ou par les raccords de tuyaux, en plus de l'eau de pluie qui entre par les trous d'homme et les drains.

La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certaines de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques, ou pour l'homme. Il faut bien distinguer les eaux résiduaires et les liquides résiduaires de certaines industries.



Figure 3 : Les eaux usées industrielles.

I.2.3.1. Eaux résiduaires

Ils sont celles qui ont été utilisées pour nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, ou qui ont servi à retenir des poussières de fumées .Elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des fabrications

I.2.3.2. Liquides résiduaires

Ils sont des liquides résultant des fabrications; C'est le cas des solutions de produit chimiques, des solutions de sous-produits, c'est le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux.

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement:

- Ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- Ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;

- Ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.[3]

I.2.4. 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 terre cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles des eaux des cours d'eau ou des retenues. [4]



Figure 4 : Les eaux usées agricoles.

I.3. COMPOSITION DE L'EAU USEE

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

Pour voir la composition des eaux usées, nous dépendons 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 de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.

Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes: les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives. [5]

I.3.1. MATIERES EN SUSPONTION (MES)

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures. [5]

I.3.2. MICROPOLLUANTES ORGANIQUES ET NON ORGANIQUES

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. [5]

I.3.2.1. Eléments traces

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux, les plus abondants (de l'ordre de quelques mg.L^{-1}) 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.

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux: le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments. [5]

I.3.2.2. Micropolluants 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 de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales: eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont déversés dans les égouts ou même des traitements de désinfections des effluents par le chlore.

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées:

Hydrocarbures polycycliques aromatiques, chlorophénols, phtalates, avec une concentration de l'ordre de 1 à 10mg.L^{-1} dans les effluents. Dans le sol, ces micropolluants restent liés à la matière organique ou adsorbés sur les particules du sol. Cependant, quelques composés ioniques (pesticides organochlorés, solvants chlorés) peuvent être entraînés en profondeur.

Il semble que les plantes soient susceptibles d'absorber certains composés organiques, mais il existe peu de données disponibles à ce sujet. Les PCB, quant à eux, restent fixés à 97% dans les racines.

En raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues et c'est surtout lors de l'épandage de ces dernières que leurs teneurs devront être contrôlées.

Les pesticides sont les éléments traces les plus surveillés, et une étude d'impact et de métabolisme est obligatoire avant leur mise sur le marché. Par contre, le danger représenté par tous les autres polluants organiques est encore mal apprécié actuellement. Les contrôles de routine ne permettent pas de repérer toutes les toxines. Par ailleurs, on ne connaît rien de la toxicité des mélanges complexes qui peuvent se former par réaction entre les différents contaminants. [5]

I.3.3. SUBSTANCES NUTRITIVES

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non. D'une façon générale, une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare de:

- 16 à 62 kg d'azote ;
- 2 à 69 kg de potassium ;
- 4 à 24 kg de phosphore ;
- 18 à 208 kg de calcium ;
- 9 à 100 kg de magnésium ;
- 27 à 182 kg de sodium.

A. L'azote

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+).[5]

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes:

- N organique à NH_4^+ : ammonification ;
- $\text{NH}_4^+\text{NO}_2^-$: nitratisation par Nitrosomonas ;
- $\text{NO}_2^-\text{NO}_3^-$: nitratisation par Nitrobacteria.

B. Le phosphore

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg.L^{-1} (soit 15 à 35 mg.L^{-1} en P_2O_5). Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement, mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore. [5]

C. Le potassium

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg.L^{-1} (12 à 36 mg.L^{-1} de K_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins.

Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes. [5]

D. Chlore et sodium

Leurs origines sont:

- Naturelle (mer : 27 g.L^{-1} NaCl, et terrains salés) ;
- Humaine (10 à 15 g.L^{-1} NaCl dans les urines/j) ;
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire).

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres. [5]

I.4. POLLUTION DE L'EAU

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricoles, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies.[6]

I.5. CARACTERISTIQUES DES EAUS USEES

Les eaux usées sont caractérisées en fonction de leur composition physique, chimique et biologique. Selon le niveau de polluants et les réglementations locales, un traitement physique, chimique et/ou biologique est utilisé. La plupart du temps, les trois traitements sont combinés ensemble pour obtenir la meilleure qualité d'eau. Les caractéristiques des eaux usées varient considérablement d'une industrie à l'autre. Par conséquent, les caractéristiques particulières détermineront les techniques de traitement à utiliser pour satisfaire aux exigences en matière de rejets ou de conformité. En raison du grand nombre de matières polluantes, les caractéristiques des eaux usées ne sont généralement pas prises en compte pour chaque substance en tant que telle. Les matières ayant des effets de pollution similaires sont plutôt regroupées en classes de polluants ou de caractéristiques. [7]

I.5.1. PARAMETRES PHYSIQUES DES EAUX USEES ET ORGANOLEPTIQUE

a) Couleur

Les eaux usées fraîches sont normalement brunes et jaunâtres, mais avec le temps, elles deviennent noires.

b) Matières en suspension

Ce sont des matières solides insolubles en suspension dans un liquide et visibles à l'œil nu.

c) Température

Pour les eaux résiduaires, elle est corrélée à la température extérieure tout en étant plus chaude, car presque personne ne prend de douche froide.

d) Turbidité

En raison des matières en suspension, les eaux usées auront une turbidité plus élevée.

e) Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm^2 . [8]

I.5.2. PARAMETRES CHIMIQUES DES EAUX USEES

Les eaux usées contiennent différents produits chimiques sous diverses formes, comme indiqué ci-dessous:

a) Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est une mesure de la quantité de matières organiques dans les eaux usées en fonction de l'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques.

b) Potentiel hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier).

De manière à faciliter cette expression, On utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ , C'est le pH.

$$pH = -\log [H^+]. [8]$$

c) Azote dissous

Il est mesuré sous ses différentes formes: nitrite, nitrate, ammoniac, et azote organique (qui est la quantité d'azote présente dans les composés organiques).

d) L'Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en $mg O_2 \cdot l^{-1}$. [3]

e) Phosphore

Mesuré généralement sous sa forme minérale et organique, le phosphore total.

f) Chlorures (Cl^-)

g) Sulfates (SO_4^{2-})

h) Métaux lourds

I.5.3. PARAMETRES BIOLOGIQUES DES EAUX USEES

a) Demande biochimique en oxygène (DBO)

La DBO est la quantité d'oxygène nécessaire pour stabiliser la matière organique au moyen de micro-organismes.

b) Huile et graisse

L'huile et la graisse proviennent de déchets alimentaires et de produits pétroliers.

c) Vie microbienne dans les eaux usées

Les eaux usées contiennent les microbes suivants:

- Bactéries ;
- Protozoaires ;
- Champignons ;
- Virus ;
- Algues ;
- Rotifères ;
- Nématodes.

Chapitre II:
Procédés de traitement
des eaux usées

Chapitre II:

Procédés de traitement des eaux usées.

II.1. STATION D'EPURATION (STEP)

Les eaux usées constituent un effluent très chargé en matières polluantes, pour remédier à cette pollution, l'eau usée doit subir un traitement avant son rejet dans le milieu naturel ou sa réutilisation. [9]

L'épuration des eaux usées constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur. Elle se fait dans des stations de traitement des eaux usées. [10]

II.1.1. DEFINITION D'UNE STATION D'EPURATION

Une station d'épuration est une installation permettant le traitement de l'eau usée avant son rejet dans le milieu naturel ou sa réutilisation. [6]

Elle est généralement placée à l'extrémité d'un réseau de collecte des égouts et on amont d'un milieu naturel bleu, tel un lac.

Une STEP est constituée d'une succession de dispositifs et de procédés bien spécifique, conçu pour extraire en différentes étapes les différents polluants contenus dans les eaux. Equipée d'un laboratoire d'analyse qui a pour but de surveiller le fonctionnement de la station. [11]

Les niveaux de traitement d'une station sont généralement définis selon la succession suivante:

Les prétraitements, le traitement primaire, le traitement secondaire et dans certains cas un traitement tertiaire est nécessaire.[12]

II.1.2. PARAMETRES ESSENTILS POUR LE CHOIX D'UNE TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de Traitement doivent tenir compte:

- Des caractéristiques des eaux usées ;

- Des exigences du milieu récepteur ;
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc...);
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).[13]

II.1.3. FONCTION D'UNE STATION D'EPURATION

La fonction d'une station d'épuration peut être résumée dans les points suivants:

- Traiter les eaux usées polluées ;
- Protéger l'environnement ;
- Protéger la santé publique ;
- Valoriser les boues issues du traitement. [13]

II.2. PROCEDES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

Le traitement des eaux usées se décompose en plusieurs étapes:

- Les prétraitements ;
- Le traitement primaire ;
- Le traitement secondaire ;
- Le traitement tertiaire ;
- Le traitement des boues résiduaire.[9]

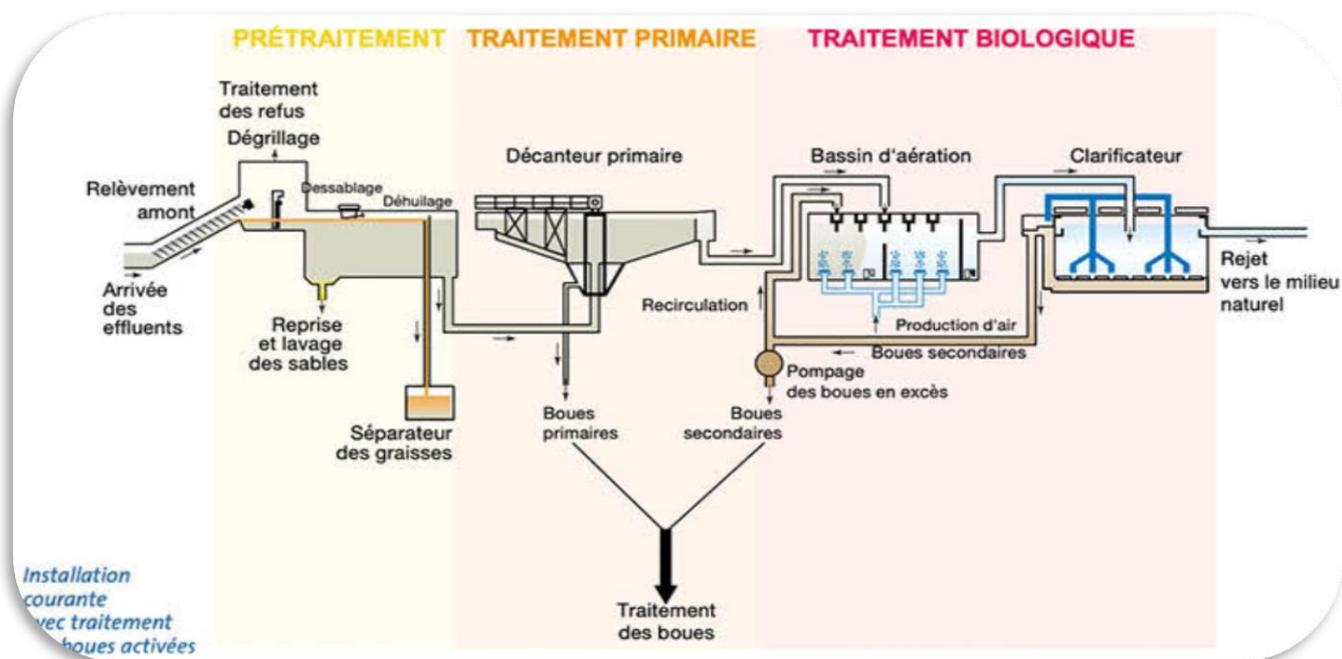


Figure 5 : Installation courante avec traitement par boues activées.

II.2.1. PRETRATEMENTS

Les effluents doivent subir avant le traitement proprement dit, un prétraitement. Le prétraitement est un procédé physique qui consiste à retirer de l'effluent les matières les plus grossières susceptibles de provoquer des colmatages des tuyauteries afin de protéger les équipements et procédés d'épuration en aval.

Le prétraitement inclure les opérations suivantes:

- Le dégrillage pour les déchets volumineux ;
- Le dessablage pour les sables et les graviers ;
- Le déshuilage pour les huiles et les graisses. [14]

II.2.1.1. Dégrillage

A l'entrée de la station d'épuration, les eaux usées brutes passent au travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées.

Cette opération retient les matières les plus volumineuses et elle assure le bon fonctionnement des étapes ultérieures, le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. [1]

Selon l'espacement entre les barreaux de la grille, on distingue:

- Le pré-dégrillage grossier : espacement de 30 à 100mm ;
- Le dégrillage moyen : espacement de 10 à 25mm ;
- Le dégrillage fin : espacement de 3 à 10mm. [15]



Figure 6 : Dégrillage (Station de Bordj Bou Arreridj).

II.2.1.2. Dessablage-Déshuilage

Le dessablage et le déshuilage se réalisent le plus souvent dans un même ouvrage, l'eau polluée se déplaçant lentement, pendant que les sables décantent au fond les graisses remontent en surface. [1]

a) Dessablage

Cette opération permet par décantation d'extraire des eaux brutes les sables, les graviers, les MES de granulométrie supérieure à 100 μ m.

C'est une étape indispensable notamment pour éviter le bouchage des canalisations et protéger les équipements contre l'abrasion.

L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin entraîne le dépôt des sables au fond de l'ouvrage.

Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage.[1]

b) Déshuilage

Cette opération destinée à éliminer les huiles et les graisses présentes dans les eaux usées, c'est une étape indispensable pour assurer la protection du réacteur biologique.

L'injection de fines bulles d'air dans le bassin, permettant d'accélérer la flottation des graisses en surface où elles sont raclées par écumage. [16]



Figure 7 : Dessablage-Déshuilage (Station de Bordj Bou Arreridj).

II.2.2. TRAITEMENT PRIMAIRE

Le traitement primaire consiste à séparer de l'effluent prétraité des matières solides (des matières en suspensions et colloïdales) sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé décanteur primaire sous forme des boues, dites primaires. Ce procédé de décantation primaire peut être physique ou physico-chimique, et le décanteur peut avoir une forme rectangulaire, circulaire ou lamellaire. [14]

La décantation primaire classique élimine 50 à 55% de MES et réduit d'environ 30% la DBO₅ et la DCO.

L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère le processus de dépôt des particules. Une décantation lamellaire permet d'éliminer plus de 70% de MES et diminue de plus de 40% la DCO et la DBO₅.

La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. La coagulation-floculation permet d'éliminer jusqu'à 90% de MES et 75% de la DBO₅. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif, qui provoque l'agglomération des particules en suspension. Les amas de solides ainsi obtenus sont appelés floes. [17]

Cette phase constitue alors les boues primaires, fortement organiques et fermentescibles qui sont envoyées vers la chaîne de traitement des boues. Le traitement primaire permet de réduire la charge polluante arrivant au traitement secondaire mais génère un volume de boues important. [18]

Malgré ce traitement primaire, il reste toujours dans l'eau tout ce qui y est dissous: éléments azotés, phosphatés, composés actifs et des particules fines. [19]

II.2.3. TRAITEMENT SECONDAIRE

Le traitement secondaire est un traitement biologique consiste à l'utilisation de la flore bactérienne dans les eaux usées pour dégrader les matières organiques polluantes. Ce stade est destiné initialement à éliminer la DBO₅ et la DCO qui subsiste après le traitement primaire. [16]

L'épuration des eaux usées fait appel à deux types de procédés:

- Les procédés intensifs ;
- Les procédés extensifs. [9]

II.2.3.1. Procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. [10]

Parmi ces procédés, on distingue: le lagunage naturel, l'épandage.

II.2.3.1.1. Lagunage naturel

L'épuration se déroule naturellement par passage de l'eau dans une succession de bassins généralement dans lesquels des algues sont présentes, des bactéries et microorganismes. Où l'aération est naturelle. La profondeur de ces bassins est généralement comprise entre 1 m et 1,8m. Ceux-ci sont dimensionnés de façon à ce que le temps de séjour de l'eau soit de l'ordre de 40 jours (cas de climat méditerranéen). [9]



Figure 8 : Lagunage naturel.

II.2.3.1.2. Epandage

C'est le procédé le plus ancien, Il consiste à déverser directement sur le sol perméable des eaux usées, où les granulats constituant le sol sont alors un matériau de support de micro-organismes, ces derniers servent à dégrader la matière organique.

Ce procédé peut être dangereux dans la mesure où les eaux qui s'infiltrent à travers le sol peuvent contaminer les nappes. [9]



Figure 9 : Epannage.

II.2.3.2. Procédés biologiques intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. [10]

Parmi ces procédés, on distingue: les lits bactériens, les disques biologiques et les boues activées.

a) Lit bactérien

L'épuration sur lit bactérien est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique.

On fait passer l'effluent sur le substrat. La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni trop lente (pour une bonne évacuation de MES en excès).

Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement virus et bactéries mais aussi les œufs d'helminthes et les kystes de protozoaires. [5]



Figure 10 : Lit bactérien.

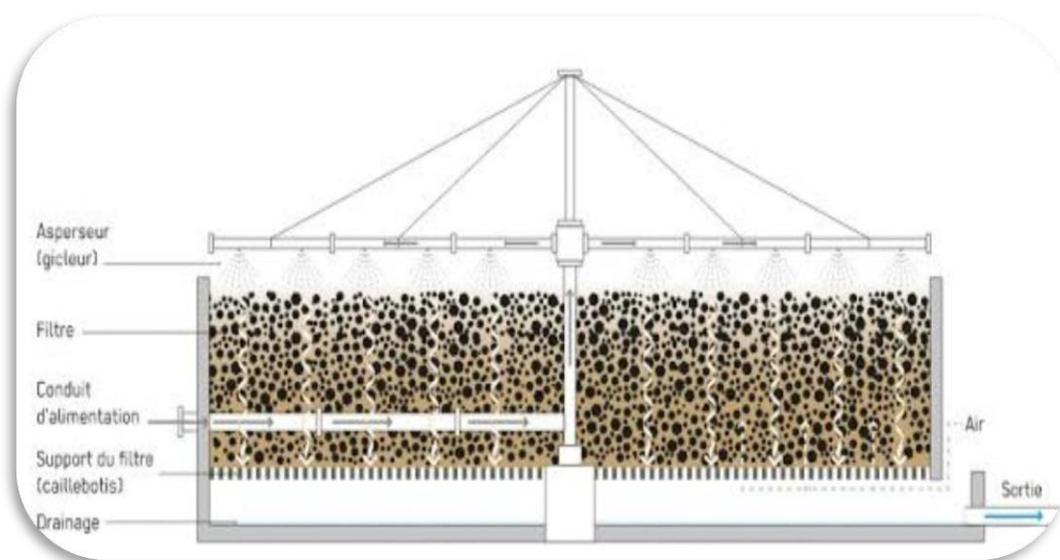


Figure 11 : Schéma de fonctionnement d'un lit bactérien.

b) Disque biologique

Ce procédé peut être rangé par les systèmes d'épuration biologique aérobie où la culture bactérienne est fixée sur un support comme c'est le cas pour les lits bactériens. Il est également appelé procédé d'épuration par bio disques. Les disques tournent lentement autour d'un axe horizontal de telle sorte que la culture bactérienne présente sur le support se trouve alternativement au contact de l'eau et de l'air. [9]



Figure 12 : Disque biologique.

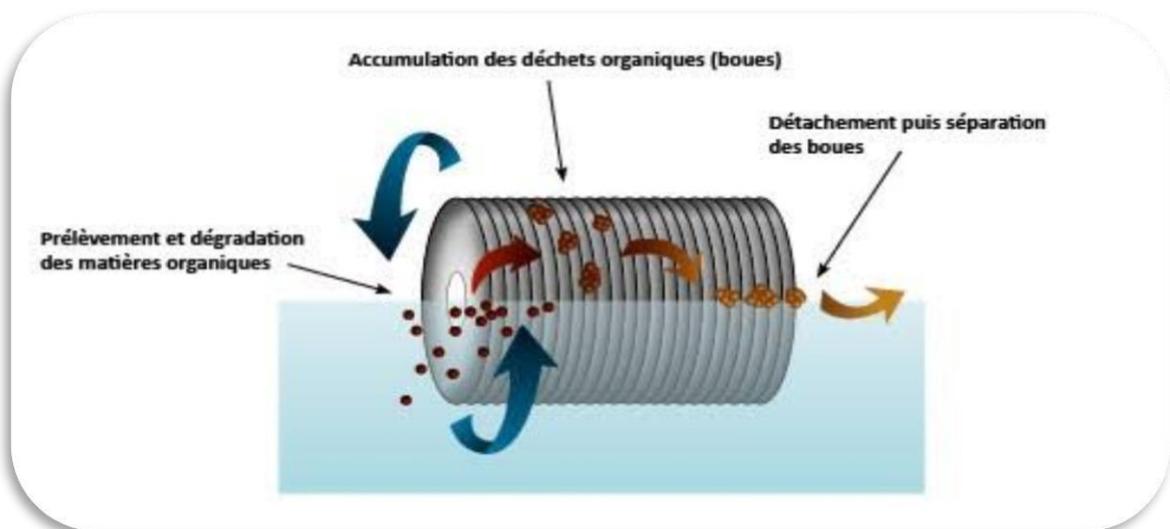


Figure 13 : Principe de fonctionnement d'un disque biologique.

c) Boues activées

Le traitement par boues activées est très largement utilisé. Il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter, dans lequel est injectée une boue chargée de bactéries.

Les bactéries consomment la matière organique et contribuent à l'élimination de l'azote et du phosphate. L'action des bactéries dans le réacteur nécessite de l'oxygène (traitement aérobie). [5]

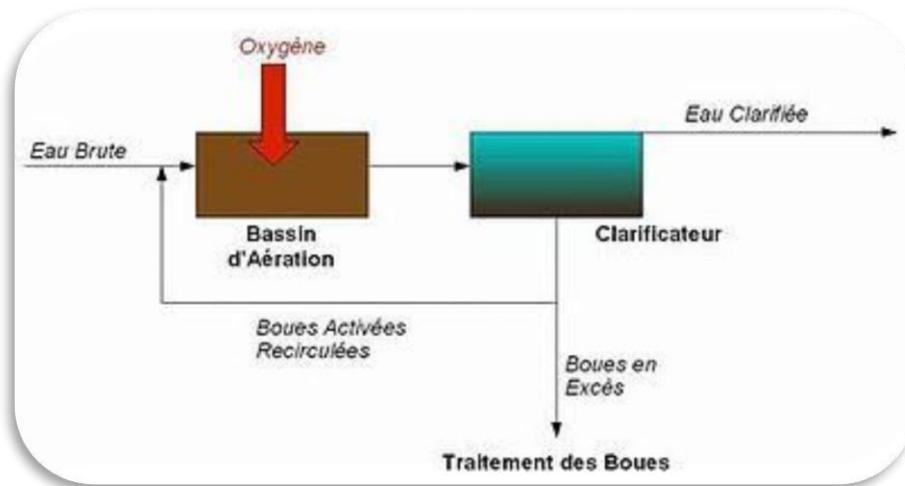


Figure 14 : Principe de fonctionnement des boues activées.

II.2.3.3. Décantation secondaire

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux appelés « les clarificateurs ».

L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel. Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage). [10]

II.2.4. TRAITEMENT TERTIAIRE

Le traitement tertiaire peut être à la fois biologique et physico-chimique. En effet, ce traitement est réalisé après le traitement primaire et secondaire et regroupe un ensemble de techniques destinées à réduire la concentration des éléments nutritifs résiduels (comme le phosphore et l'azote), polluants organiques résistants, germes pathogènes et des éléments traces métalliques. C'est pour cela que les traitements tertiaires sont classés comme des traitements complémentaires qui deviennent nécessaires, pour assurer une meilleure réduction de ces substances dans les milieux naturels. [19]

On y distingue généralement les opérations suivantes:

- Elimination de l'azote ;
- Elimination du phosphore ;
- La désinfection. [10]

II.2.4.1. Elimination de l'azote

L'azote est souvent éliminé par des transformations biologiques ou échange d'ions. L'azote subit différentes transformations au cours d'un traitement biologique: passage de la forme nitreuse puis nitrique et de retour à la forme gazeuse. Chacun des composés Formés au cours de ces différentes étapes à un poids moléculaire différent. Le suivi de l'évolution de l'azote au cours du traitement ne peut être effectué qu'à partir d'une base commune: le nombre de moles d'azote ou les masses d'azote mises en jeu.[10]

II.2.4.2. Elimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou « déphosphatation », peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Ce mécanisme est relativement complexes, et leur rendement variable en fonction de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées. Ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis.[10]

II.2.4.3. Désinfection

Les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. On suppose donc que ces opérations constituent un développement technique minimum de l'usine de traitement des eaux usées en vue de réutiliser. [10]

a) Les traitements chimiques de désinfection

Le chlore est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes. Les traitements primaires (purification et clarification) sont très importants pour permettre une bonne efficacité du traitement et éviter la nécessité d'utiliser beaucoup de chlore en raison de son coût élevé, qui permet de limiter considérablement l'effet toxique de certains produits dérivés formés lors du traitement, est élevé.

L'ozone est un procédé de désinfection. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'apparaissent aucune toxicité. Vous pouvez également utiliser l'acide péracétique, le dioxyde de chlore et les ferrates.[10]

b) Les traitements physiques de désinfection par les ultraviolets

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes.

Ce traitement est très simple à mettre en œuvre. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30s).

L'efficacité du traitement dépend essentiellement de deux paramètres:

- Les lampes, doivent être remplacées régulièrement: elles sont usées au bout d'un an et demi. De plus, elles doivent être nettoyées car elles ont tendance à s'encrasser ;
- La qualité de l'effluent, dont les MES et certaines molécules dissoutes absorbent les UV, ce qui diminue l'efficacité des lampes.

Les désinfections utilisant des produits chimiques (chlore, ozone, etc.) sont efficaces, sauf contre cryptosporidium. La plus grande partie des kystes de cryptosporidium sont éliminés pendant les phases primaires de décantation et coagulation/floculation. Il faut trouver l'équilibre entre le risque posé par les désinfectants en eux-mêmes, et le risque lié aux microorganismes pathogènes. Pour le chlore dont l'utilisation crée des dérivés halogénés potentiellement cancérigènes. Pour les ultraviolets, ce problème ne se pose pas.

Le traitement aux rayons UV est plus économique et pose moins de problèmes de toxicité que le chlore.[10]

II.2.4.4. Traitement des odeurs

La désinfection des eaux usées est produite par sa source principale, c'est des boues et du traitement antérieures, et raison des inconvénients causés par ces mauvaises odeurs à la recherche d'opérateurs des usines de traitement des eaux usées afin de réduire les odeurs émises processeurs.

- La conception des stations est le premier élément permettant de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage. Il faut, par exemple ;
- Réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées ;
- les ouvrages les plus odorants sont souvent regroupés pour concentrer l'émission d'effluves nauséabonds ;

- Couvert pour réduire les émissions de mauvaises odeurs.

Des installations de désodorisation chimique ou biologique sont également mises en place, au sein des stations d'épuration. La désodorisation chimique est la technique la plus utilisée. Les gaz malodorants sont captés puis envoyés dans des tours de lavage, où un liquide désodorisant est pulvérisé. Ces lavages peuvent comporter de la soude, de l'acide et/ou de l'hypochlorite de sodium (eau de javel), réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs.[10]

II.2.5. TRAITEMENT DES BOUES

Le traitement d'un mètre cube d'eaux usées produit de 350 à 400 grammes de boues. Ces boues, généralement très liquides, contiennent une forte proportion de matières organiques. Elles sont donc très fermentescibles et susceptibles de causer des nuisances.

Le traitement a pour but de les conditionner en fonction des filières d'élimination:

- Réduction de leur volume par épaissement, déshydratation, séchage thermique ou incinération ;
- Diminution de leur pouvoir de fermentation par stabilisation biologique, chimique ou thermique (rajout de chaux par exemple).

Un traitement chimique des odeurs est souvent associé à ce traitement.

La gestion des boues représente souvent une préoccupation pour les exploitants des usines de traitement et pour les collectivités locales.

L'élimination des boues connaît d'importantes évolutions, en particulier au niveau des filières et des débouchés finaux: utilisation agricole, compostage, incinération, récupération d'énergie, envoi en centre d'enfouissement technique. [6]

Chapitre III:
Généralités sur les
métaux lourds

Chapitre III:**Généralités sur les métaux lourds.****III.1. DEFINITION DES METAUX LOURDES**

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser.

D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme:

- Tout métal ayant une densité supérieure à 5 ;
- Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium ($Z=11$) ;
- Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.[20]

D'un point de vue chimique, les éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux.

D'un point de vue physique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g.cm^{-3} .

D'un autre point de vue biologique, on en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques: métaux essentiels et métaux toxiques.[21]

Les métaux essentiels sont nécessaires et bénéfiques à la croissance des plantes. Par contre, les métaux toxiques sont des métaux non-essentiels aux organismes, toxiques à l'état de traces. [22]

Le terme métaux lourds implique aussi une notion de toxicité.

Le terme éléments traces métalliques est aussi utilisé pour décrire ces mêmes éléments, car ils se retrouvent souvent en très faible quantité dans l'environnement.

Dans ce contexte, nous utiliserons le terme « métaux lourds » dans le sens de l'impact toxique sur les humains et l'environnement.[23]

Métaux lourds de densité > 5

Bloc s												Bloc p					
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Bloc d										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Bloc f														
Lanthanides			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
Transuraniens			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr	

Figure 15 : Classification périodique des éléments.

Le **Tableau 1** résume les principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels. [24]

Eléments essentiels majeurs	Oligo-éléments essentiels	Eléments "essentiels" en ultra trace	Eléments non-essentiels
Calcium, Phosphore, Potassium, Soufre, Magnésium, Chlore, Sodium.	Fer, Iode, Cuivre, Manganèse, Zinc, Cobalt, Molybdène, Sélénium, Chrome, Nickel, Vanadium, Silicone,	Lithium, Fluor, Aluminium, Étain, Plomb, Zinc.	Cadmium, Mercure.

Table 1 : Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels.

La plupart des ETM ne sont que très faiblement volatiles et ne sont pas biodégradables. Ces deux principales caractéristiques confèrent aux ETM un grand pouvoir d'accumulation.[25]

III.2. SOURCES DES METAUX LOURDS

Les métaux lourds peuvent provenir de plusieurs sources d'origine naturelles ou anthropique:

III.2.1. SOURCES NATURELLE

A la différence de la plupart des contaminants organiques, les métaux lourds sont des constituants naturels dans les roches et dans les gisements minéraux. Ainsi, normalement ces éléments sont présents à de faibles teneurs (à l'état de traces, moins de 0.1%) dans les sols, les sédiments, les eaux de surface et les organismes vivants. [26]

Les métaux lourds sont le résultat de processus géogénique comme:

- L'érosion ;
- Les précipitations géochimiques de roches et de l'eau de source ;
- L'activité volcanique et bactérienne ;
- L'altération des continents ;
- Les incendies de forêts. [27]

La concentration naturelle de ces métaux lourds dans les sols varie selon la nature de la roche, sa localisation et son âge.[23]

III.2.2. SOURCES ANTHROPIQUE

En raison de leurs différentes caractéristiques spécifiques, les métaux lourds ont été largement utilisés dans les nouvelles technologies (métallurgiques et électroniques). En conséquence, leurs sources anthropiques sont vastes et leur introduction est plutôt récente dans l'environnement.

Parmi les sources anthropiques de métaux lourds, nous pouvons signaler:

- L'industrie métallurgique et sidérurgique ;
- Les engrais et pesticides appliqués dans la culture des sols ;
- Les incinérateurs et cendres d'incinération des déchets ;
- Les déchets médicaux ;

- Les émissions des usines et moteur à explosion ; [26]
- Utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment) ;
- Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcation) ;
- Produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents, les piles et les batteries) ;
- Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration ordures ménagères) ;
- Déchets agricoles.

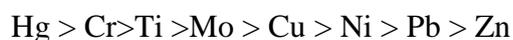
Les métaux lourds d'origine anthropique sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes. [27]

III.3. TOXICITE DES METAUX LOURDS

Les métaux lourds sont particulièrement toxiques pour l'environnement et l'homme. Certains d'entre eux n'ont pas une fonction biologique essentielle (ex : cadmium, plomb, mercure) alors que d'autres (ex : cuivre, zinc, fer, sélénium) présentant une double propriété, sont indispensables à faibles concentrations pour le déroulement des processus biologiques, mais ils peuvent également s'avérer toxiques pour diverses formes de vie dès que leur concentration dans l'organisme dépasse un seuil variable qui va dépendre de la nature de l'élément et du tissu de l'organisme considéré.

Les métaux lourds peuvent pénétrer dans le corps humain par inhalation, ingestion ou exposition cutanée. Ils sont responsables de grand nombre de maladies comme le saturnisme pour le plomb, la maladie de Minamata (en 1956 au Japon) pour le mercure, la maladie du pied noir (en 1960 à Taïwan) pour l'arsenic. Beaucoup d'entre eux ont des propriétés mutagènes et agissent par exemple sur l'appareil reproducteur (plomb), le placenta (cadmium), l'embryon (mercure) et provoquent des malformations diverses: chromosomiques, du système musculaire, du squelette chez l'enfant. L'arsenic et le zinc provoquent également des lésions cutanées très graves.

Par ordre décroissant de toxicité spécifique, les métaux sont classés comme suit:



La toxicité des métaux lourds a conduit les pouvoirs publics à diminuer les émissions en fixant des teneurs. Donc, il est important de doser ces éléments avec précision afin de s'assurer que les normes sont respectées. Dans le cas contraire, il est indispensable d'utiliser des procédés de dépollution afin de les éliminer.[28]

III.4. EFFETS DES METAUX LOURDS

III.4.1. EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les métaux lourds sont dangereux pour l'environnement car, ils ne sont pas dégradables et donc ils s'accumulent. Les métaux lourds peuvent également être absorbés directement par le biais de la chaîne alimentaire entraînant alors des effets chroniques ou aigus.[21]

Tous les sols contiennent naturellement des éléments traces métalliques. On parle de contamination d'un sol lorsque sa teneur en élément trace est supérieure à la concentration naturelle.

Les métaux lourds se dispersent dans les hautes couches de l'atmosphère et retombent ailleurs, après un transport sur de très longues distances. On estime qu'une particule de mercure dans l'atmosphère reste un an dans celui-ci, avant de retomber.

Les métaux lourds dans l'air peuvent se trouver principalement sous deux formes:

- Soit sous forme gazeuse pour certains composés métalliques volatiles ou dont la pression de vapeur saturante est élevée ;
- Soit sous forme de composés métalliques solides, déposés sur les très fines particules ou poussières formées lors des phénomènes de combustion.

Les métaux présents dans l'eau peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions. Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption/désorption. [27]

III.4.2. EFFETS SUR LA SANTE

Les métaux lourds peuvent s'accumuler dans l'organisme où ils provoquent, à partir de certaines concentrations, des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires. [29]

Les métaux ont, de façon générale, des effets toxiques sur les êtres vivants, plus ou moins importants. Certains sont cependant des éléments indispensables pour les êtres vivants comme le cuivre, le sélénium, le zinc. Le cadmium, le mercure et le plomb n'ont pas de telles fonctions et sont toxiques à très faibles doses. Au-delà d'une certaine concentration, la plupart des métaux deviennent toxiques. Certains métaux peuvent être cancérogènes (arsenic par exemple) et dégrader les systèmes immunitaires et reproductifs (mercure par exemple). Il est à noter que les impacts santé sont différents selon la forme chimique sous laquelle le métal se retrouve dans l'environnement. L'impact dépend de leurs concentrations, de leur biodisponibilité et de leur capacité à entrer dans la chaîne alimentaire.[30]

Le Tableau 2 résume les Effets de certains métaux lourds sur la santé.[28]

Métal	Effets sur la santé
Cuivre	<ul style="list-style-type: none"> • Effet irritant par inhalation, allergie par contact. • Lésion du foie par voie orale sur période longue.
Cadmium	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel toxique élevé. • Dommages rénaux pour des expositions chroniques à faible dose. • Oxydes, chlorures, sulfates et le cadmium sont classés cancérogènes.
Plomb	<ul style="list-style-type: none"> • Entraîne l'anémie forte dose. • Perturbe le système nerveux et les reins. • Effet mutagène de l'acétate et du phosphate de plomb (expérience animale).
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'effet cancérogène du zinc par voie orale ou par inhalation, mais, le chromate de zinc est cancérogène.

Table 2 : Effets de certains métaux lourds sur la santé.

Chapitre IV:
Matériels
et méthodes

Chapitre IV:

Matériels et méthodes.

INTRODUCTION

L'objectif principal de ce travail est de quantifier la pollution en métaux lourds dans les eaux usées urbaines de la station d'épuration de Bordj Bou Arreridj en deux points, l'entrée et la sortie de la station d'épuration.

IV.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

IV.1.1. PRESENTATION DE L'ONA

L'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

Il a été créé par le décret exécutif n° 01-102 du 27 Moharrem 1422 correspondant au 21 Avril 2001.

L'Office est placé sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau, et son siège social est situé à Alger. [3]



Figure 16: Localisation de la station de traitement des eaux usées de Bordj Bou Arreridj.

IV.1.2. FICHE TECHNIQUE DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DE LA VILLE DE BBA

- Nom de station d'épuration : STEP de Bordj Bou Arreridj ;
- Wilaya de Bordj Bou Arreridj ;
- Localités concernées par traitement : Bordj Bou Arreridj ;
- Surface de la station : 42750 m² ;
- Capacité de la station : 150000 Eqh, 30000 m³/j ;
- Milieu récepteur : Oued K'sob, eau réutilisée à des fins agricole (périmètre d'irrigation 300 hectare) ;
- Procédé de traitement : boue activé à faible charge ;
- Entreprise retenue pour la réalisation du génie-civil : Hydrotraitement ;
- Entreprise retenue pour la partie équipement : Hydrotraitement ;
- Date de mise en service de la station : 15 mai 2002 et inaugurer par le président de la république Algérienne le 17 octobre 2003 ;
- Date de transfert de la station à l'ONA : 16 juillet 2003 ;
- Caractéristique des eaux usées épurées :
 - Matière en suspension MES : 30mg.L⁻¹ ;
 - Demande chimique en oxygène DCO : 90mg.L⁻¹ ;
 - Demande biologique en oxygène DBO5 :30mg.L⁻¹ .[6]



Figure 17: Photo par satellite de la STEP de BBA.

IV.1.3. LES DIFFERENTS OUVRAGES DE TRAITEMENT AU NIVEAU DE LA STATION DE BBA

La filière d'épuration des eaux usées utilisée dans la station de traitement des eaux usées de la wilaya de BBA est la suivante:

- Dégrillage grossier par grilles avec râteau manuel ;
- Dessablage et dégraissage par le biais de canaux dessableur aérés, avec écumage ;
- Traitement biologique dans des réservoirs aérés à boues activées ;
- Décantation dans des décanteurs secondaires, circulaires à racleur ;
- La concentration de boue dans le bassin est élevée, il faut la réduire à l'aide des pompes en excès ;
- Les boues excédentaires provenant du procédé d'épuration subissent le traitement suivant :
 - Epaissement dans un bassin d'épaissement ;
 - Séchage par évaporation naturelle dans des lits de séchage des boues. [3]

IV.2. Prélèvement des échantillons

IV.2.1. BUT GENERAL DE LA MANIPULATION

Faire des analyses pour quantifier la pollution en métaux lourds dans les eaux usées urbaines.

IV.2.2. LOCALISATION DU SITE DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

La campagne de prélèvement s'est étalait du 18 avril au 2 mai 2021 au niveau de la station d'épuration de BBA.

Dans ce travail, le prélèvement a été réalisé en 02 points.

- L'eau entrée : l'eau brute ;
- L'eau sortie: l'eau épurée.

Les prélèvements ont été réalisés dans des flacons en plastique préalablement bien lavés et rincés avec de l'eau à examiner.



Figure 18 : Les échantillons.

IV.3. PREPARATION DES ECHANTILLONS

IV.3.1. LIEU DE TRAVAIL

Laboratoire de département SM dans le bloc T et laboratoire de l'absorption atomique (Faculté de technologie de Sétif – département de génie électrochimique).

IV.3.2. MATERIEL A UTILISER

- Spectrophotomètre d'absorption atomique ;
- Un agitateur magnétique et un minéralisateur ;
- Erlenmeyers à col rodé de 100 ml ;
- Equipement de sécurité (gants antiacides et un masque) ;
- Fiole jaugée de 100 ml ;
- Eprouvettes de 25 ml, 50 ml ;
- Pipette en verres gradués de 1 ml, 5 ml, 10 ml ;
- Une plaque chauffante.

IV.3.3. MODE OPERATOIRE**IV.3.3.1. Préparation des flacons d'échantillonnage (étiquetage et identification).****IV.3.3.2.Echantillonnage.**

Pour chaque échantillon on mesure le pH, la température et la conductivité, seul neuf parmi les douze échantillons ont subi ces mesures.

- **Le pH**

Nous avons mesuré le pH de nos échantillons à l'aide d'un pH-mètre de laboratoire (WTW Inolab pH 730) selon les étapes suivantes:

- Etalonnage de l'appareil ;
- Introduire un volume de l'eau à analyser dans bécher ;
- La lecture est faite après stabilisation de la valeur affichée du pH.



Figure 19 : pH-mètre de laboratoire (WTW inolab).

- **La température**

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à pH-mètre étalonné avant chaque manipulation.

- On lit directement la température exprimée en degré Celsius.

- **La conductivité électrique**

Nous avons mesuré la conductivité électrique de nos échantillons à l'aide d'un conductimètre de laboratoire (WTW Inolab 730) selon les étapes suivantes:

- Etalonnage de l'appareil ;
- Introduire un volume de l'eau à analyser (eau brute et eau épurée) dans bécher ;
- Les résultats sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 20 : Conductimètre de laboratoire (WTW inolab).

Le **Tableau 3** résume les valeurs de pH, de température et de conductivité électrique des neuf échantillons, tel que:

- Les échantillons 1 et 2 sont préparés le 20 avril 2021 ;
- Les autres échantillons sont préparés le 24 avril 2021 ;

L'échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	6.6	6.5	6.9	6.9	6.0	5.8	6.9	6.0	7.3
T (°C)	22.4	22.5	24.8	25.1	24.9	24.9	25.1	25.3	24.3
Conductivité ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	1610	1595	1600	1597	1561	1579	1602	1571	1437

Table 3 : Résultats de mesure du pH, de la température et de la conductivité.

IV.3.3.3. Minéralisation des échantillons

Cette étape permet l'élimination des matières organiques tout en stabilisant l'analyte, la minéralisation a été effectuée selon les étapes suivantes:

- On introduit 100 ml de l'échantillon à analyser dans un bécher, puis on ajoute de 20 à 25 ml d'acide nitrique concentré HNO_3 ;
- L'échantillon est ensuite minéralisé par voie humide, sur une plaque chauffante jusqu'à la minéralisation totale. Nous avons utilisées aussi le minéralisateur pour gagner du temps où on peut préparer six échantillons simultanément ;
- La préparation de l'échantillon doit être faite sous une hotte ventilée, car il peut y avoir formation de vapeurs toxique.



Figure 21 : La minéralisation avec plaque chauffante.

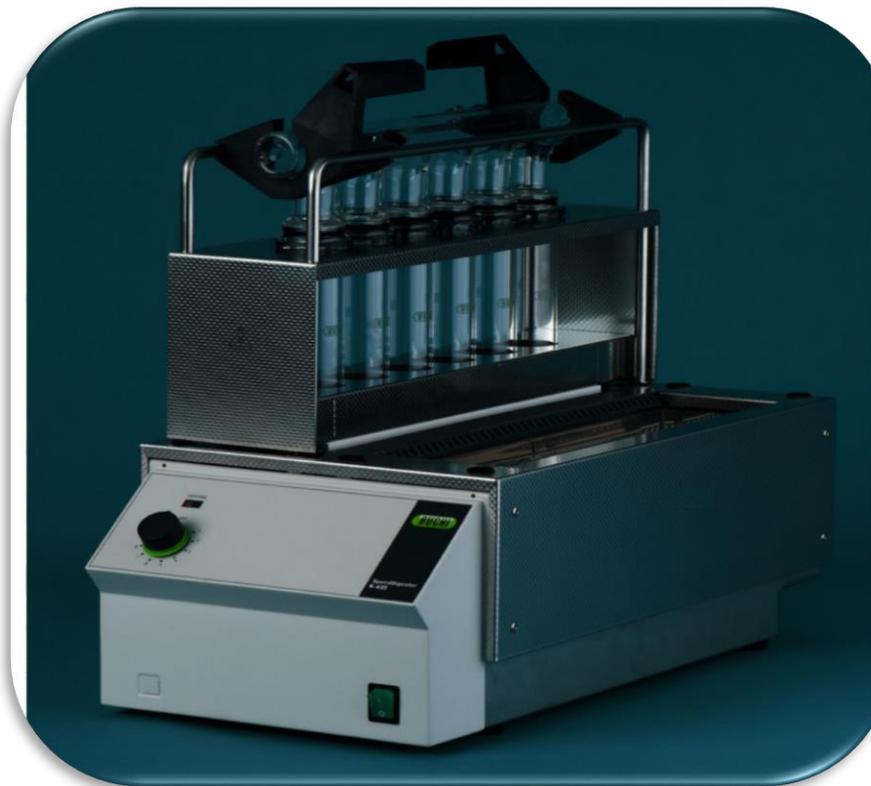


Figure 22 : Minéralisateur automatique de marque Buchi.

- On laisse les échantillons refroidir pendant 20 min ;
- Les échantillons minéralisés seront conservé à température ambiante.

IV.3.3.4. Courbes d'étalonnages des éléments à analyser

A. Courbe d'étalonnage du Cuivre (Cu)

La courbe d'étalonnage est représentée dans la **Figure 23**.

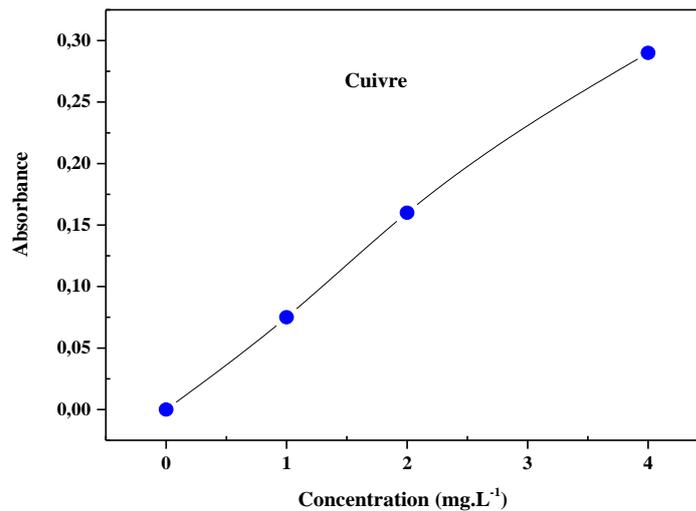


Figure 23 : Courbe d'étalonnage du Cuivre.

B. Courbe d'étalonnage du Cobalt (Co)

La courbe d'étalonnage est représentée dans la **Figure 24**.

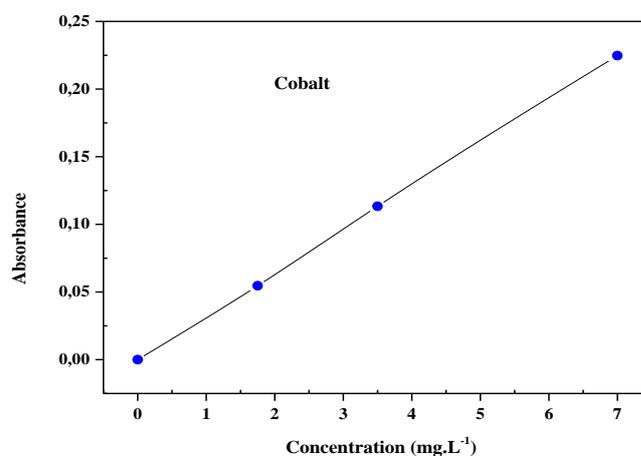


Figure 24 : Courbe d'étalonnage du Cobalt.

Courbe d'étalonnage du Zinc (Zn)

La courbe d'étalonnage est représentée dans la **Figure 25**

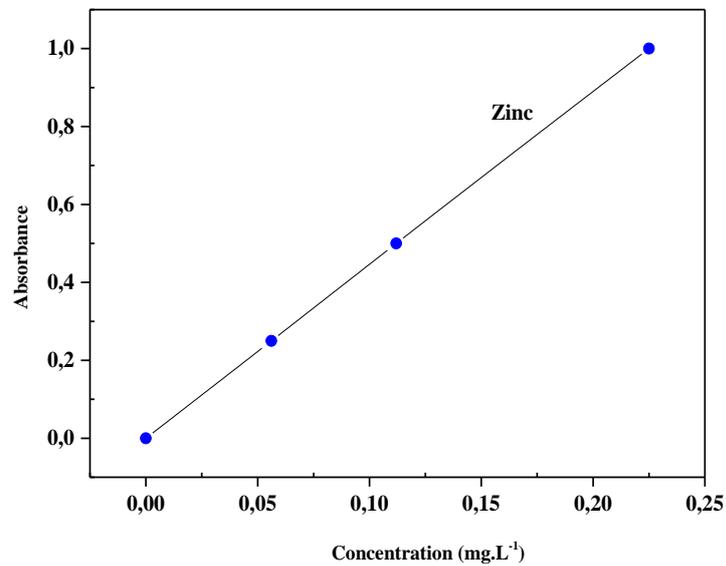


Figure 25 : Courbe d'étalonnage du Zinc.

C. Courbe d'étalonnage du Cadmium (Cd)

La courbe d'étalonnage est représentée dans la **Figure 26**.

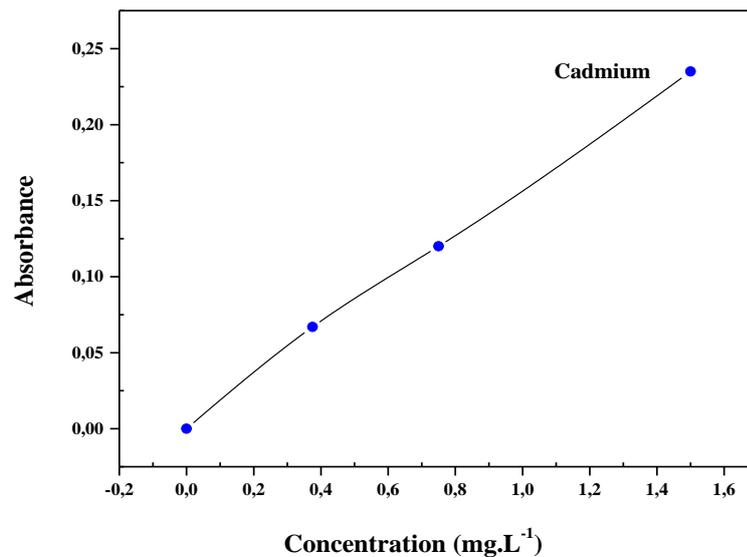


Figure 26 : Courbe d'étalonnage du Cadmium.

D. Courbe d'étalonnage du Plomb (Pb)

La courbe d'étalonnage est représentée dans la **Figure 27**.

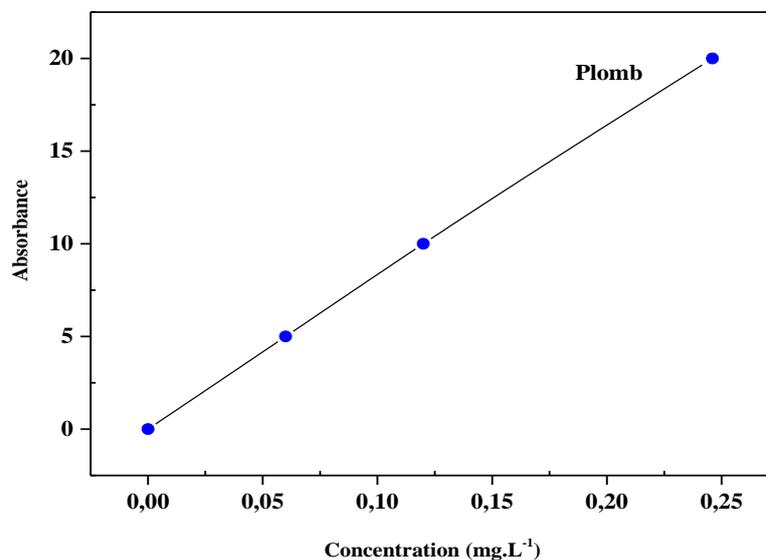


Figure 27 : Courbe d'étalonnage du Plomb.

IV.3.3.5. L'analyse des échantillons.

La méthode d'analyse que nous avons utilisée est la spectrométrie d'absorption atomique (SAA), technique flamme.

La spectrométrie d'absorption atomique (Atomic absorption spectroscopy en anglais) est une technique de spectroscopie atomique permet de quantifier les éléments métalliques en solutions.



Figure 28 : Spectrophotomètre à absorption atomique de type SHIMADZU AA-6800.

Lors du procédé d'absorption atomique l'énergie fournie à l'atome provient d'une source lumineuse appelée lampe à cathode creuse.

L'atome dans son état de base absorbe l'énergie lumineuse à une longueur d'onde spécifique et passe à un état d'excitation. Un détecteur mesure la quantité de lumière absorbée et un signal électronique est produit en fonction de l'intensité lumineuse. Ce signal est traité et la quantité d'analyte dans l'échantillon est déterminée en fonction de l'absorbance mesurée.

Chapitre V:

Résultats et discussion

CHAPITRE V: RESULTATS ET DISCUSSIONS.

Les résultats des analyses concernant les mesures des concentrations en métaux lourds dans les échantillons d'eau prélevés au niveau de la STEP de BBA en deux points (à l'entrée: l'eau brute, et à la sortie: l'eau épurée) sont donnés dans ce chapitre sous forme d'histogrammes.

V.1. HISTOGRAMMES DES ANALYSES

A. CUIVRE

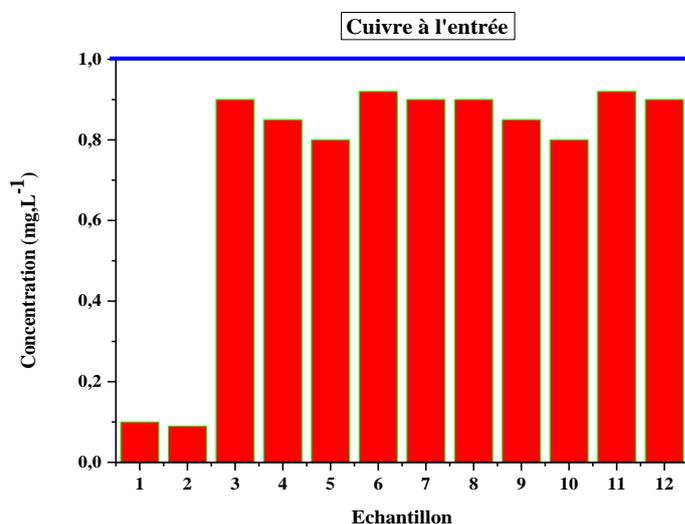


Figure 29 : Variation de la concentration en Cuivre dans l'eau à l'entrée de la station.

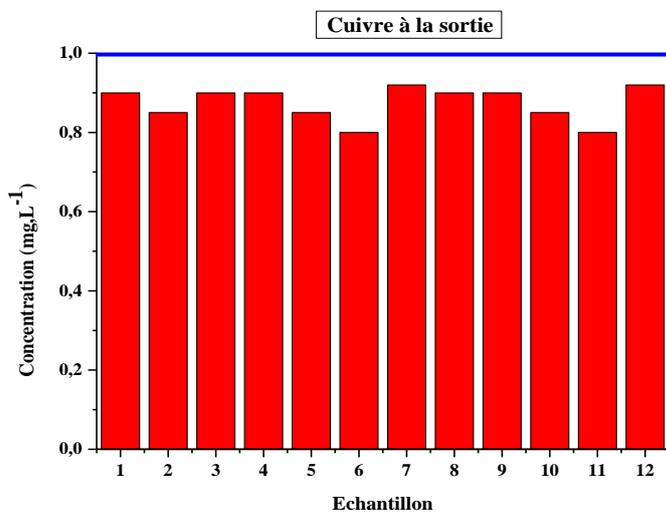


Figure 30 : Variation de la concentration en Cuivre dans l'eau à la sortie de la station.

Les **Figures 29** et **30** représentent la variation des concentrations en Cuivre dans l'eau brute et l'eau épuré au niveau de la STEP de BBA, on enregistre la concentration la plus élevée avec 0.9 mg.L^{-1} et la moins concentration avec 0.09 mg.L^{-1} .

Les concentrations en Cuivre dans les deux points (l'entrée et la sortie) sont presque égaux; ce qui signifie que les procédés de traitement des eaux usées urbaines utilisées au niveau de la STEP de BBA n'a pas d'effet sur la diminution de Cuivre.

Selon les normes Algériennes de rejet, la concentration en Cuivre ne doit pas dépasser 1 mg.L^{-1} , les concentrations en Cuivre de notre station au niveau de la sortie sont tous inférieur à 1 mg.L^{-1} .

B. COBALT

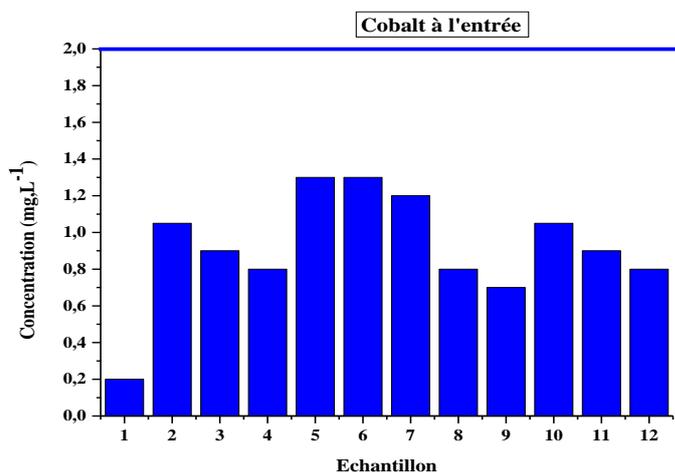


Figure 31 : Variation de la concentration en Cobalt dans l'eau à l'entrée de la station.

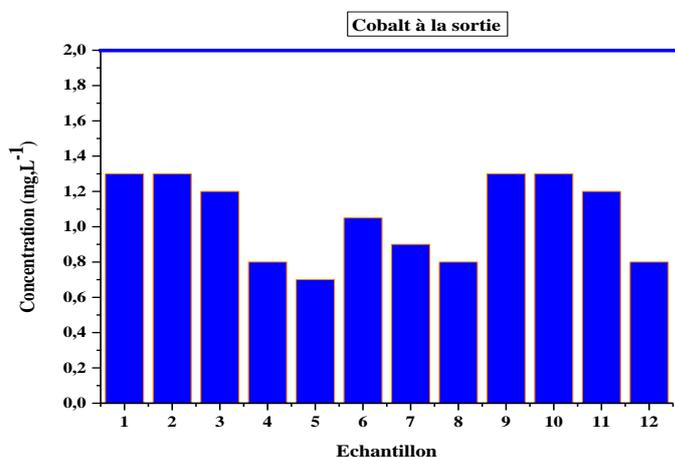


Figure 32 : Variation de la concentration en Cobalt dans l'eau à la sortie de la station.

Les **Figures 31** et **32** représentent la variation des concentrations en Cobalt dans l'eau brute et l'eau épuré au niveau de la STEP de BBA, on enregistre la concentration la plus élevée avec 1.3mg.L^{-1} et la moins concentration avec 0.7mg.L^{-1} .

Les concentrations en Cobalt dans les deux points (entré et sortie) sont presque égaux ce qui signifie que les procédés de traitement des eaux usées urbaines au niveau de la STEP de BBA n'a pas d'effet sur la diminution de Cobalt.

Selon les normes Algériennes de rejet, la concentration en Cobalt ne doit pas dépasser 2mg.L^{-1} , les concentrations en Cobalt de notre station au niveau de la sortie sont inférieur à 2mg.L^{-1}

C. ZINC

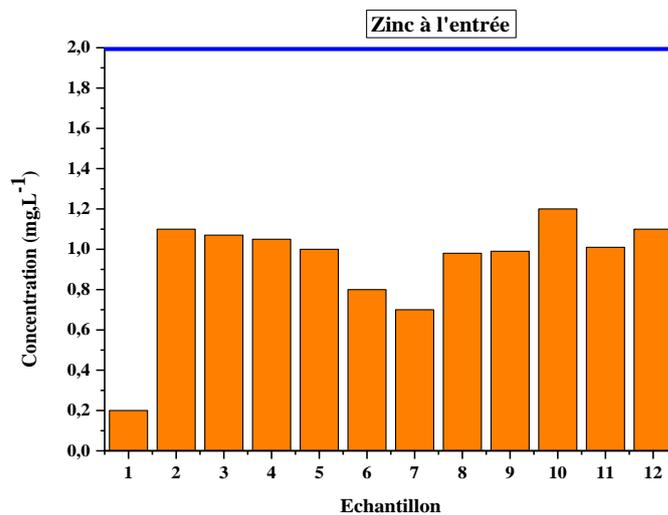


Figure 33 : Variation de la concentration en Zinc dans l'eau à l'entrée de la station.

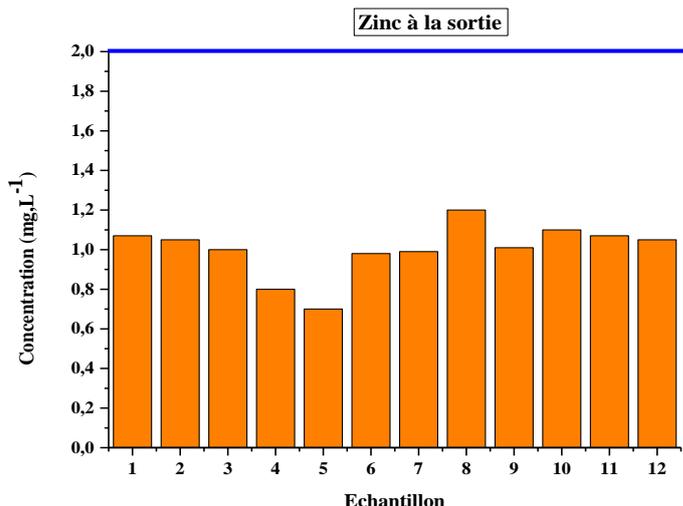


Figure 34 : Variation de la concentration de Zinc dans l’eau à la sortie de la station.

Les **Figures 33** et **34** représentent les variations des concentrations en Zinc dans l’eau à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration. On enregistre la concentration la plus élevée avec 2mg.L^{-1} et la moins concentration avec 0.7mg.L^{-1}

Les concentrations en Zinc dans les deux points (entré et sortie) sont presque égaux ce qui signifie que les procédés de traitement des eaux usées urbaines utilisées dans la STEP de BBA n’a pas d’effet sur la diminution de Zinc.

Selon les normes Algériennes de rejet, la concentration en Zinc ne doit pas dépasser 2mg.L^{-1} , les concentrations en Zinc de notre station au niveau de la sortie sont inférieur à 2mg.L^{-1} .

D. CADMIUM

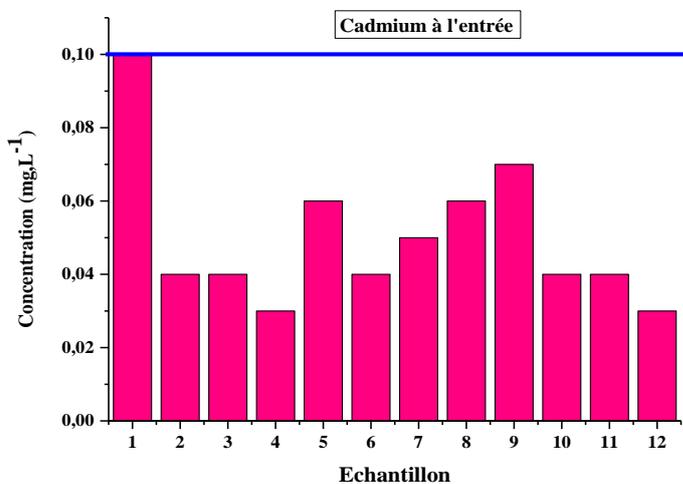
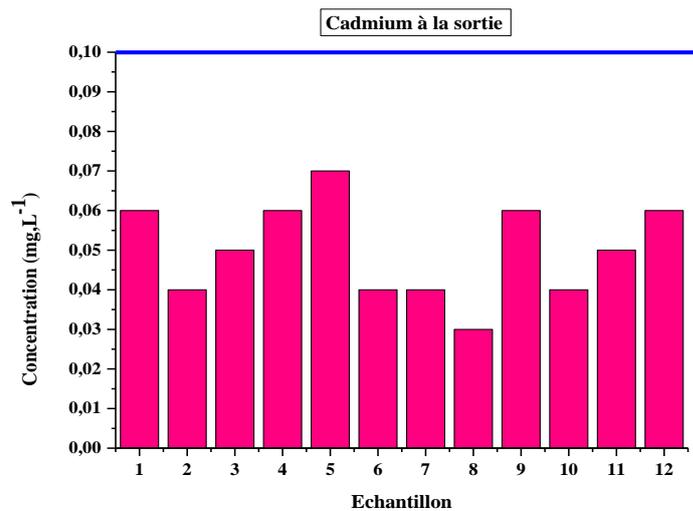


Figure 35 : Variation de la concentration en Cadmium dans l'eau à l'entrée de la station.**Figure 36 :** Variation de la concentration en Cadmium dans l'eau à la sortie de la station.

Les **Figures 35** et **36** représentent la variation des concentrations en Cadmium dans l'eau brute et l'eau épuré au niveau de la STEP de BBA, on enregistre la concentration la plus élevée avec $0,07\text{mg.L}^{-1}$ et la moins concentration avec $0,03\text{ mg.L}^{-1}$.

Les concentrations en Cadmium dans les deux points (entré et sortie) sont presque égaux ce qui signifie que les procédés d'épuration des eaux usées urbaines dans la STEP de BBA n'a pas d'effet sur la diminution de Cadmium.

Selon les normes Algériennes de rejet la concentration en Cadmium ne doit pas dépasser $0,1\text{ mg.L}^{-1}$, les concentrations en Cadmium de notre station au niveau de la sortie sont inférieure à $0,1\text{mg.L}^{-1}$ mais reste élevé quand même.

E. PLOMB

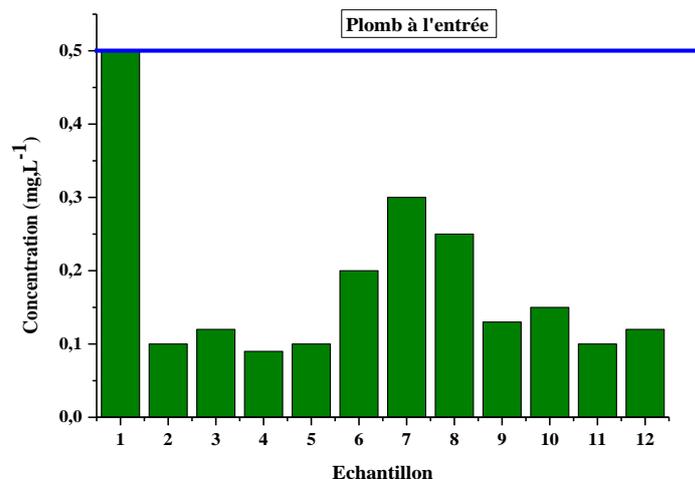


Figure 37 : Variation de la concentration en Plomb dans l'eau à l'entrée de la station.

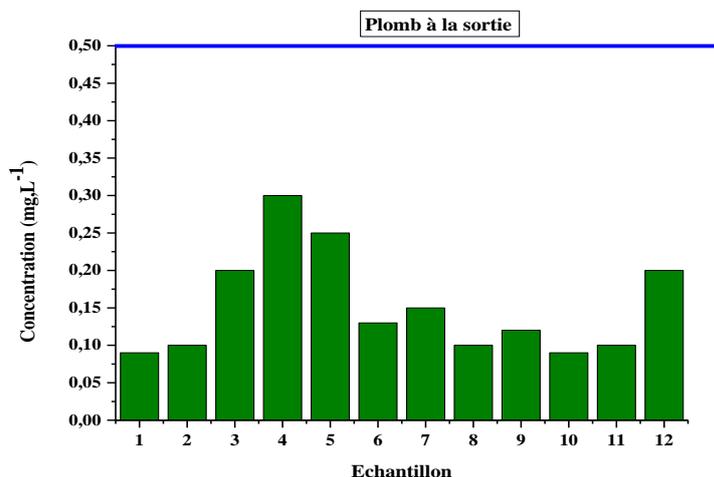


Figure 38 : Variation de la concentration en Plomb dans l'eau à la sortie de la station.

Les **Figures 37** et **38** représentent les concentrations en Plomb dans l'eau brute et l'eau épuré, on enregistre la concentration la plus élevée avec 0.5 mg.L^{-1} et la moins concentration avec 0.09 mg.L^{-1} .

Les concentrations en Plomb dans les deux points (entrée et sortie) sont presque égales ce qui signifie que les procédés d'épuration des eaux usées urbaines au niveau de la STEP de BBA n'ont pas d'effet sur la diminution de Plomb.

Selon les normes Algériennes de rejet, la concentration en Plomb ne doit pas dépasser 0.5 mg.L^{-1} , les concentrations en Plomb de notre station au niveau de la sortie sont inférieures à 0.5 mg.L^{-1} .

A la lumière des résultats obtenus, nous concluons que les concentrations en métaux lourds concernés par notre étude (Cuivre, Cobalt, Zinc, Cadmium et Plomb) sont conformes aux normes Algériennes de rejet.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Cette étude nous a permis de déterminer les concentrations en cinq métaux lourds (Cuivre, Zinc, Cobalt, Cadmium et Plomb) pour les eaux usées urbaines non traitées et les eaux usées urbaines traitées au niveau de la station d'épuration de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj dans le but est de connaître l'efficacité et l'influence de traitement effectuée sur l'élimination ou la dégradation des concentrations en métaux lourds dans les eaux rejetées dans l'environnement ou réutilisées dans l'irrigation.

La méthode utilisée est basée sur l'analyse spectrophotométrie des échantillons prélevés avant et après les opérations de traitement effectuée dans la STEP pour déterminer les concentrations en métaux lourds et savoir s'il y a une diminution de cette concentration et donc un effet des traitements utilisés dans la STEP sur ces éléments.

A la lumière des résultats des analyses des eaux usées urbaines non-traitées et traitées dans la station, nous constatons que:

- Les résultats obtenus au niveau de l'entrée de la station d'épuration sont identiques aux résultats obtenus à la sortie de la station d'épuration ce qui nous permet de savoir qu'il n'y a pas de traitement spécifique pour l'élimination de ces éléments.
- Les résultats obtenus sont conformes aux normes Algériennes de rejet; mais ils ne sont pas totalement inexistantes. Ceci nous conduit à penser dans les méfaits lors de la réutilisation de cette eau, car on sait que les métaux lourds ne sont pas volatiles et ne sont pas biodégradables, ces deux principales caractéristiques confèrent aux métaux lourds un grand pouvoir d'accumulation. C'est-à-dire c'est possible si on fait des analyses dans les lieux agricoles qui sont irrigués avec cette eau, il est très possible que nous trouvions des gisements de ces métaux qui sont particulièrement toxiques pour l'environnement et pour l'homme.

Enfin, d'après nos résultats et nos recherches sur les métaux lourds, on recommande à la station d'épurations de Bordj Bou Arreridj de se doter d'un système de traitement plus efficace pour éliminer les métaux lourds afin de garantir un meilleur traitement des eaux rejetées.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- [1] **Mr METAHRI Mohammed Saïd.** THÈSE de DOCTORAT, ÉLIMINATION SIMULTANÉE DE LA POLLUTION AZOTÉE ET PHOSPHATÉE DES EAUX USÉES TRAITÉES, PAR DES PROCÉDÉS MIXTES. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. 01 07 2012.
- [2] <http://maji-solution.com/fr/les-eaux-usées-definition/>. [En ligne].20.04.2021.
- [3] <http://www.memoireonline.com/11/13/7935//traitment-des-eaux-usées-urbaines-par-boues-activees-au-niveau-de-la-ville-de-bordj-bou-arreridj.html>. [En ligne].20.04.2021.
- [4] **Atoui Naânaâ, Iftene et Asma,** THÈME: Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux usées urbaines de Bordj Bou Arreridj traitée par la chaux résiduaire de l'ENGI. 14 06 2015.
- [5] **DJEDDI Hamsa.** Utilisation des eaux usées d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. 2017.
- [6] **Sahli Cherifa, Bounoua, Khawla, Meziti et Rima,.** Analyses physico-chimiques des eaux usées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Comparaison avec les normes algériennes et l'OMS). 2017.
- [7] **Mlle MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE Hamsatou, .** Les eaux résiduaires des tanneriesnet des teintureries: caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux usées souterraines. 01 07 2005.
- [8] <http://www.1h203.com/apprendre/parametres-des-eaux-usées/quelles-sont-les-caracteristiques-des-eaux-usées/>. [En ligne] 20.05.2021.
- [9] **Mme. BELABBAS Mohamed, M. CHADOULI et Malika,.** Etude du fonctionnement de la digestion d'une station d'épuration des eaux usées urbaine : Cas de la STEP de Baraki (W. Alger) . 2017.
- [10] **Lounis Nawel, Draa el guendoul et nadjima.** Etude d'amélioration des performances de la station d'épuration de Zemmouri. 2017.
- [11] **Mr HIMRANE NABIL.** VALORISATION ÉNERGETIQUE DES BOUES DE LA STATION D'ÉPURATION DE BOUMERDES. 2016.
- [12] **Djeddou Messaud,** Thèse de Doctorat en sciences: Prévission du taux d'échec avec les

réseaux neurones artificiels dans une station de traitement des eaux résiduaires. 04 12 2014.

- [13] **LAHMAR FARES ALAA MOHAMED, SAADI et EDDINE.** Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de GUELMA (N-EST ALGERIE) . 2018.
- [14] **Mampuya Kinda FIDELE.** THÈSE DE DOCTORAT:Conception d'une station expérimentale de traitement des eaux usées par filtres plantés des macrophytes « Cas de l'Université Kimpa Vita d'Uíge / Angola ». 17 12 2020.
- [15] **GASMI Sana, BENMOUSSA et Imane.** Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara) . 2015.
- [16] *ED 5026 Les point des connaissances sur le traitement des eaux usées.* 2004.
- [17] <http://www.senat.fr/rap/102-215-2/102-215-269.html>. [En ligne].02.06.2021.
- [18] **Sébastien Renou.** Thèse de doctorat:Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées. 04 01 2006.
- [19] **Sohayb KHAOULANI.** Thèse,Traitement d'eaux usées par adsorption sur des polymères de cyclodextrine et développement de capteurs chimiques à base de membranes de verres de chalcogénures destinées à la détection des ions Hg²⁺. 16 12 2015.
- [20] **BELABED BOURHANE-EDDINE, .** Thèse,La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». 2010.
- [21] **SAIB Zineb, HAMMADACHE, Samah, GUERRACHE et Samia.** Evaluation du transfert des métaux lourds dans le système sol-plante (Phragmites australis) dans le bassin versant d'oued NIL la région de Jijel. 2015-2016.
- [22] **FRANCIS BARIL.** ANALYSE DE LA CONTAMINATION DES SOLS ALLUVIAUX EN ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES (ÉTM) DU SECTEUR MINIER EUSTIS-CAPELTON, EN ESTRIE. 05 2014.
- [23] **Thi My Dung HUYNH.** Thèse de Doctorat, IMPACTS DES METAUX LOURDS SUR L'INTERACTION PLANTE/ VER DE TERRE/MICROFLORE TELLURIQUE. 22 12 2009.
- [24] **Mme OTMANI Hadjer Epouse SELMANE.** Thèse, Evaluation de la toxicité de quelques métaux lourds sur le comportement d'un modèle animal du groupe des Coelomates. 2017-2018.
- [25] **Diana Katerine LAMPREA MALDONADO.** Thèse de Doctorat, Caractérisation et origine des métaux traces,hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides

transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs péri-urbains. 01 12 2009. N) E.D. 498-75.

- [26] **Walid ZORRIG.** Thèse de doctorat, Recherche et caractérisation de déterminants contrôlant l'accumulation de cadmium chez la laitue "Lactuca sativa". 24 01 2011.
- [27] **Bougherara Rokia, Benariba, Roukia, Mokhtari et Nadia.** La toxicité du cadmium et ses risques sur la santé humaine. 05 06 2016.
- [28] **Melle GHALI SOUAD.** Mémoire de Magister, ÉTUDE DE LA CARBONISATION D'UN PRÉCURSEUR VÉGÉTAL, LES NOYAUX D'OLIVES. UTILISATION DANS LE TRAITEMENT DES EAUX. 2008.
- [29] **Melle OMAR Yamina.** THESE DE DOCTORAT, Bioaccumulation de quelques métaux lourds(Pb, Zn et Cu) d'origine routière au moyen d'une mousse (Bryum argenteum Hedw) dans la ville de Tiaret (Algérie):classesde pollution et cartographie. 2014-2015.
- [30] **Tara CUNIASSE, Benjamin et GLASS.***Métaux lourds; Citepa. Rapport Secten édition 2020.* 167.