



Mémoire MASTER ACADEMIQUE / PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité: Protection des écosystèmes

Présenté par : SOUABAA Halima et BEN ZERARA Kahina

Thème

Valorisation des eaux et des boues : Caractérisation, traitement et destination. Cas de la STEP de la ville de Kaïs (N.E Algérien).

Devant le jury :

Président :	Dr ABABSA Nawal	MCA	Université de Khenchela
Encadreur :	Dr HALIMI Samia	MCA	Université de Khenchela
Examineur :	Mme Mezhoud Amal	MAA	Université de Khenchela

Année : 2021 /2022



REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier **ALLAH** tout puissant qui m'a donné la force, le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nous souhaitons exprimer nos gratitude et remerciements à tous les intervenants et toutes les personnes de près ou de loin qui ont contribué à sa réalisation, en particulier :

Dr. HALIMI Samia de la faculté des sciences de la nature et de la vie, de l'université de Khenchela qui a dirigé ce travail, sa confiance, ses critiques, ses encouragements et ses orientations qui étaient pour nous d'une très grande utilité pour la réalisation de ce travail Je remercie vivement **Dr. ABABSA Nawal** de l'Université de Khenchela d'avoir honoré et accepter de présider le jury,

Mes vifs remerciements sont adressés aussi à **Mme MEZHOUD Amel** de l'université de Khenchela pour avoir accepté de faire partie du jury et d'évaluer notre travail.

Un grand merci à l'ensemble du personnel les administrateurs et le personnel d'Office National de l'Assainissement (ONA) et de station d'épuration des eaux usées de la ville de Kaïs pour l'encouragement et l'orientation, aides et conseils :

Nous sommes également très reconnaissants à tous les professeurs de l'Université d'Abbès Laghrour Khenchela, en particulier les professeurs du Département de l'écologie et l'environnement faculté SNV.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour mener à terme cet humble travail

Souabaa Halima & Ben Zerara Kahina





Dédicace

*Je dédie ce travail à : qui est mon meilleur et pourquoi pas, elle s'est sacrifiée pour moi, et n'a ménagé aucun effort pour me rendre heureuse (ma mère bien-aimée: **Milouda**)*

*Au cœur pur et au chaleureux refuge qui a consacré sa vie pour nous (mon cher père: **Ramadane**),*

*A l'ami et à l'amant qui ne m'a pas privé de son soutien et qui m'a toujours accompagné. Mon compagnon de vie et mon cher fiancé (**Bilal**).*

*À ma sœur (**Malika**), que ni les mots ni les expressions ne suffisent à décrire, elle m'a accompagnée depuis la première étape de mon parcours académique jusqu'à aujourd'hui. Que Dieu éclaire son chemin et rende sa vie heureuse.*

*À ma sœur amicale et bien-aimée (**Rawia**), à qui je demande à Dieu de compléter son mariage et de la bénir.*

*A mes chères sœurs (**Khadija, Houria**), que Dieu les préserve. Et bénis leur progéniture (**Issam. Louay. Wissal et Ishaq**)*

*A mes frères **Abd elkader** (à qui je demande à Dieu de lui accorder une progéniture juste, si Dieu le veut) et **Abd ellingah**, **Soliman**, et mon frère qui n'est pas né de ma mère (**Habib**)*

*aux épouses de mes frères (**Saaida** et **Souria**) J'espère à Dieu pour les rendre heureux dans leur vie .*

*A mon neveu **Riad**, je demande à Dieu de l'aider à mémoriser son livre saint et dans sa carrière académique.*

A toute ma famille et la famille de mon fiancé, que Dieu les protège et prenne soin d'eux.

*A mes chères amies, ou plutôt à mes sœurs (**Asmaa. Chaima. Donia. karima.....**) et à toutes celles que je n'ai pas citées, Dieu témoigne qu'elles sont dans mon cœur*

HALIMA , S





DÉDICACE

Je dédie ce travail avec plein d'amour et de respect :

*À mon cher père (**Aissa**), mon support dans ma vie, ce travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation.*

*À ma chère maman (**Nadia**), Tu présentes pour moi le symbole de la bonté par excellence la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi*

*A mes frères: **Oualid, Abd Errahim, Massinissa.***

*Je ne peux pas oublier de remercier chaleureusement mes chères amies : **Ilham Assia chaima Saida***

KAHINA.B

Liste des Abréviations

ADE: Algérienne Des Eaux.

ADEME: Agence De l'Environnement et de la Métrise de l'Energie .

AEME: Agence de l'Environnement et de la Métrise de l'Energie

AFEE: Association Française pour l'Etude des Eaux.

BA: Boue activée.

BD: Boue déshydratée.

BE: Boue épaissie.

BP: Boue primaire.

CaCO₃: calcaire.

CE : Conductivité électrique.

V₃₀ : Test de décantation.

DBO: Demande biochimique en oxygène.

DCO: Demande chimique en oxygène.

EB: Eau brute.

ED: Eau décantée.

EE: Eau épurée.

Eq/hab: Equivalent habitat.

ERI: Eau résiduaire industrielle.

ERU: Eau résiduaire urbaine.

JORAD: Journal Officiel de la République Algérienne.

MES : Matière en suspension.

MO : Matière organique.

MP : Matière phosphorée.

MS : Matière sèche.

MVS : Matière volatile en suspension

N_T: Azote total.

NTU : Unité de mesure de la Turbidité (Nephelometric turbidity unit).

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA: Office National de l'Assainissement.

PE: Polyéthylènes (Thermoplaste).

pH : Potentiel d'hydrogène.

Pr: Phosphore total.

SEAAL: Société des Eau et d'Assainissement d'Alger.

STEP: Station d'épuration.

T: Température.

μS : Micro Siemens

V: Volume.

Table de matière

I. GENERALITE SUR LES EAUX USEES.....	7
Introduction.....	7
I.1 Définition des eaux usées.....	6
I.2. Les origines des eaux usées :	6
I.2.1 Eaux usées domestiques.....	6
I.2.2 Eaux usées industrielles	6
I.2.3 Les eaux usées pluviales	7
I.2.4 Les effluents agricole.....	7
I.3 Composition des eaux usées	7
I.3.1 Matière en suspension et matière organique (MES) :	7
I.3.2 Micro polluant organique, métallique.....	8
I.3.3 Substances nutritives.....	8
I.3.4 Les micro-organismes bactériologiques pathogènes.....	9
I.4. Les normes internationales (normes OMS).....	9
I.5. L'assainissement des eaux usées.....	10
I.5.1 Le Système unitaire :.....	10
I.5.2 Le Système séparatif :	10
I.6. Procédés d'épuration des eaux usées	10
I.6.1. Le prétraitement	11
I.6.1.1. Le Dégrillage.....	11
I.6.1.2. Le Dessablage	12
I.6.1.3. Le Déshuilage	12
I.6.2. Traitements physico-chimiques	12
I.6.3. Traitements biologiques.....	13
I.6.4. Décantation secondaire (clarification)	14
I.6.4.1. Fonctions du clarificateur.....	14
I.6.5. Traitement tertiaire (complémentaires, facultatifs).....	15
I.6.5.1. La déphosphatation	15
I.6.5.2. La déphosphatation biologique	15
I.6.5.3. La désinfection.....	16

I.6.5.4. L'élimination de l'azote	16
I.6.5.4.1. La nitrification.....	16
I.7. Calcul de l'efficacité de traitement	
I.7.1.Taux d'abattement de pollution des stations d'épuration.....	18
I.7.2.Choix de l'indicateur.....	18
I.7.3.Mode de calcul et données utilisées	18
II.BOUES RESIDUAIRES URBAINES	19
II.1.Définition des boues	19
II.2.L'origine des boues résiduaires	19
II.3.Les différents type de boues	19
II.3.1.Les boues primaires	19
II.3.2.Les boues biologiques.....	19
II.3.3.1.Les boues mixtes.....	19
II.3.3.2.Les boues d'aération prolongée	20
II.3.4.Les boues physico-chimiques	20
II.4. Les caractéristiques des boues	20
II.4.1.Les caractéristiques physiques des boues	20
II.4.1.1.Masse volumique	20
II.4.1.2.Le pouvoir calorifique	20
II.4.2. Les caractéristiques chimiques des boues.....	20
II.4.2.1.Les matières en suspension.....	20
II.4.2.2.Les matières volatiles sèches	20
II.4.2.3.Les matières minérales	20
II.4.2.4.Fraction volatile en % des matières sèches.....	21
II.4.2.5.La siccité.....	21
II.4.2.6. L'indice de boue	21
II.4.2.7. Le volume de décantation.....	21
II.4.3.Les caractéristiques biologiques des boues	21
II.4.3.1.Les bactéries	22
II.4.3.2.Les virus	22
II.4.3.3.Les parasites.....	22
II.4.3.4.Les micropolluants.....	22
II.4.3.5.Les matières organiques	22
II.4.3.6.Les matières minérales	23

II.4.4. Les métaux lourds dans les boues.....	23
II.5. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées	23
II.6. Classement des procédés par boues activées	25
II.7. Traitement des boues d'une STEP.....	26
Les différentes filières de traitement des boues	26
II.7.1. L'épaississement.....	26
II.7.1.1. L'épaississement gravitaire (décantation)	26
II.7.1.2. L'épaississement dynamique	27
II.7.2. La stabilisation.....	27
II.7.2.3. Par stabilisation chimique :.....	27
II.7.2.1. La digestion anaérobie.....	28
II.7.2.2. La digestion aérobie:.....	28
II.7.3. La déshydratation.....	28
II.7.3.1. La déshydratation mécanique	28
II.7.3.1.1. Filtre à bandes presseuses.....	28
II.7.3.2. Déshydratation naturelle.....	29
I. Présentation de la STEP de kaïs.....	34
I.1. Situation géographique de la STEP	34
I.1.2. Les données techniques de la STEP :.....	35
I.1.3. Les caractéristiques des effluents brutes	35
I.1.4. Qualité des eaux de sortie	31
II. Traitement des boues au niveau de la STEP de kaïs.....	31
II.1. Extraction des boues	31
II.2. Épaississement statistique.....	32
II.3. Déshydratation des boues	
II.3.1. Déshydratation mécanique (par filtre à bande).....	32
II.3.2. Lit de séchage	33
III. PROTOCOL DES ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES	35
III.1. Phase eau	35
III.1.1. Mesure du pH	35
III.1.2. Mesure de La conductivité électrique (CE).....	35
III.1.3. Mesure de la température	36
III.1.4. Mesure de l'oxygène dissout.....	36
III.1.5. Mesure des matières en suspension (M.E.S).....	36

III.1.6.Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO5).....	36
III.1.7.Mesure de la demande chimique en oxygène DCO	37
III.1.8.Mesure des nitrates NO ₃	38
III.1.9.Mesure des nitrites NO ₂	38
III.1.10.Mesure du phosphore PO ₄	39
III.2. LA PHASE BOUE	39
III.2.1.Test de décantation D ₃₀ OU V ₃₀	39
III.2.2.Mesure de la matière volatile (MVS)	40
III.2.3.Mesure de la Siccité	41
III.2.4.Mesure du pH	41
III.2.5.Mesure de la Conductivité électrique :.....	42
III.2.6.Mesure de la matière organique	42
III.2.7.Mesure de phosphore.....	43
III.2.8.Mesure de calcaire.....	43
I. VARIATIONS DES ELEMENTS PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX DE LA STEP	45
I.1.Variation du pH.....	45
I.2.Variation de la CE:.....	45
I.3.Variation des températures.....	46
II.4.Variation d'oxygène dissout	47
II.5.Variation des matières en suspension	47
II.6.Variation de la DBO ₅	48
II.7.Variation de la DCO	49
I.8.Variation de NO ₃	49
I.9.Variation des nitrites	50
I.10.Variation des PO ₄	50
III.VARIATIONS DES ELEMENTS PHYSICOCHIMIQUES DES BOUES DE LA STEP	52
III.1. Le pH.....	52
III.2. La conductivité électrique (CE).....	52
III.4.Le calcaire CaCO ₃	52
III.5. La matière organique (MO)	52
III.6.La décantation de la boue activée (D30)	53
III.7.Les matières volatiles sèches(MVS)	53

III.8. Le P ₂ O ₅	53
VI.VALORISATION ET DESTINATION DES BOUES DE LA STEP DE KAÏS	54
VI.1.La quantité de boues épandues.....	54
VI.2.Les conditions techniques d'épandage	54
VI.3.Les périodes d'épandage.....	54
VI.4.Des distances minimales par rapport aux ressources en eaux et au voisinage	55
VI.5.Le stockage des boues.....	55
CONCLUSION GENERALE	58
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	59
Résumé	62
Abstract	63
الملخص.....	68

Liste des figures

N°	Titer	Page
01	Schéma général de prétraitement	11
02	Dégrilleurs	11
03	Ouvrages de dessablage-déshuilage combinés	12
04	Procédé coagulation floculation	13
05	Clarificateur	14
06	Etapes d'une filière de traitement des eaux	17
07	Coupe longitudinal d'un épaisseur gravitaire	26
08	Schéma de la composition principale du lit de séchage	28
09	Différentes filières de traitement des boues	29
10	Situation géographique de la STEP de Kaïs, wilaya de Khenchela (N-E Algérie)	30
11	L'épaisseur de la STEP	32
12	La déshydratation mécanique des boues dans la STEP	33
13	La boue dans les lits de séchage	34
14	Multi paramètre	35
15	La mesure de MES	36
16	La mesure de DBO ₅ dans 5 jours dans une armoire thermorégulatrice	37
17	Appareils et solutions pour mesure la DCO	37
18	La mesure de NO ₃	38
19	La mesure de NO ₂	38
20	La mesure de PO ₄	39
21	Test de décantation	40

22	La hotte de 105°c	41
23	Four a Moufle de 550°c	41
24	L'agitation des boues pour mesure le pH	41
25	La mesure de CE du boue	42
26	La mesure de MO du boue	42
27	Variation du pH des eaux brutes et épurées de la STEP de kais (2022)	45
28	Variation de la CE des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2022)	46
29	Variation de la température des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2022)	46
30	Variation de l'O2 des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2022)	47
31	Impact de la concentration en oxygène dissous sur les espèces aquatiques	47
32	Variation du MES des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2021)	48
33	Variation du DBO5 des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2022)	48
34	Variation du DCO des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2022)	49
35	Variation du NO3 des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2022)	49
36	Variation du NO2 des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2022)	50
37	Variation du PO4des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais (2022)	51

Liste des tableaux

N°	Titer	Page
01	Normes internationales des rejets de l'OMS (1989)	09
02	Classement des procédés par boues activées	24
03	Données Techniques de la STEP Kaïs wilaya de Khenchela	31
04	Tableau récapitulatif des caractéristiques des effluents brutes	31
05	Caractéristiques des eaux de sortie	31
06	Tableau récapitulatif des paramètres physicochimiques des boues(laboratoire de STEP de Kaïs et Laboratoire El Hamma, 2022)	54

***Introduction
générale***

INTRODUCTION GENERALE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL

La quantité d'eau douce sur la planète est pratiquement constante. Le concept de rareté de l'eau n'a de sens que dans un contexte local ou régional et relève de la comparaison entre la disponibilité plus ou moins grande des ressources (causes naturelles ou climatiques), et l'évolution des prélèvements. La dégradation de la qualité des eaux est également cause de sa raréfaction, la rendant ainsi indisponible (El Addouli et *al.*, 2009a ; 2009b ; Fouad et *al.* 2012).

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physique, physico-chimique et biologique. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'évincer la majeure partie de la pollution carbonée. Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote et du phosphore (traitement tertiaire). Une grande majorité de ces polluants est transférés de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse (Salghi, 2001) .

En Algérie, les quantités des boues produites annuellement sont énormes, le volume global des eaux usées rejetées annuellement est évalué par l'Office National d'Assainissement en 2015 à près de 600 millions de m³, ce chiffre passerait près de 1,150 millions de m³ à l'horizon 2020 (Chouial, 2017).

A cet effet, beaucoup de réflexions à propos de la gestion et l'utilisation des boues urbaines, en l'occurrence, celle du directeur de l'assainissement au ministère des ressources en eau et de l'environnement Mr. Ait Amara en 2017, où il a précisé qu'une étude a été réalisée pour la mise en place de nouvelles normes d'utilisation des boues dont l'objectif concernant les conditions et les modalités d'utilisation de ces boues. L'intérêt de ce dernier consiste à l'utiliser comme fertilisant naturel, en vue d'améliorer le rendement des terres agricoles, sachant que le parc national de stations d'épuration (STEP), compte actuellement 177 stations, générant ainsi 120.000 tonnes de boues par an (ONA, 2017).

Le recyclage ou la valorisation agricole seule, constitue un mode de gestion plus rationnel et contribue à une réintégration des éléments minéraux et organiques dans les sols, ce qui permet de se rapprocher des cycles naturels (De Bertoli et al, 1983). En effet, les boues présentent les caractéristiques d'un amendement organique, bien pourvu en matière organique, en azote, en phosphore, ainsi qu'en oligo-éléments (Jarde, 2003).

En vue de connaître les limites et les possibilités de la réutilisation des eaux et des boues résiduaires de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Kaïa, nous avons adopté la méthodologie suivante :

I. Une partie théorique (Synthèse bibliographique)

Comportant trois grands titres :

- a) Généralités sur les eaux usées (Définition, origine, composition, l'assainissement des eaux usées).
- b) Les indicateurs de pollutions des eaux usées (Les Paramètres organoleptiques, Les paramètres physico-chimiques, Paramètres de pollution organique, Les paramètres bactériologiques, et Normes de rejet).
- c) Définition de l'épuration, Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées, rôle des stations d'épuration, les différents procédés d'épuration des eaux usées ainsi que les boues résiduaires.

II. Une partie Expérimentale

Récapitule les caractéristiques générales de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Kaïs (Situation, capacité, fonctionnement...etc.), puis une étude générale sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées et des boues épurées (les éléments nutritifs, la DBO₅, la DCO, les MES, D30, MVS, CaCO₃, C, CE, pH ...etc.).

Le traitement des résultats obtenus à l'issue de cette caractérisation nous permet de voir la performance, le rendement de cette station et la destination des boues résiduaires.

Et En fin une conclusion générale

OBJECTIFS DU TRAVAIL

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'établir un diagnostic de l'état physicochimique des eaux usées et des boues épurées de la STEP de la ville de Kaïs (wilaya de Khenchela, Nord Est Algérien), dans le domaine agricole, de déduire le rendement, la performance de cette station et de valoriser la boue résiduaire . Pour cela, nous avons analysé les paramètres suivants : DBO₅, DCO, MES, pH, Conductivité (CE), Nitrites (N-NO₂), Nitrates (N-NO₃), phosphore (P-PO₄), Température (T C°) des eaux usées avant et après leur nettoyage et quelques paramètres physicochimiques de la boue (pH, CE, C, Siccité, P₂O₅, V30, MVS, CaCO₃) pour préciser sa destination exacte.

PARTIE I:
Synthèse
bibliographique

I. GENERALITE SUR LES EAUX USEES**Introduction**

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être entièrement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique.

Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques (Benelmouaz, 2015).

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement rapproché à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration (Hartani, 2004). En effet, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées, contre une couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, (Medkour, 2003). D'après un rapport publié par l'Office national d'Assainissement (ONA) en 2015, l'Algérie à compte 120 stations d'épuration qui produisent un volume de 14,6 millions de mètres cubes par mois d'eaux usées épurées.

Toutefois ce volume reste très réduit par rapport aux grandes quantités d'eaux usées produites et qui sont toujours répandre dans les différents milieux naturels (Dafri,2008).Depuis les années 80, l'Algérie a engagé un vaste programme de réalisation, de stations d'épuration. Cependant, une grande partie de ces stations fonctionne avec des productivités épuratoires souvent faibles si elles ne sont pas déjà à l'arrêt.

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physique, physico-chimique et biologique. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'évincer la majeure partie de la pollution carbonée.

Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote et du phosphore(traitement tertiaire).Une grande majorité de ces polluants est transférés de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse (Salghi, 2001).

Le procédé d'épuration à boue activée est le procédé le plus utilisé en Algérie pour traiter les eaux usées (EU). Bien que les performances épuratoires et la fiabilité

de ce procédé soient approuvées, plusieurs types de dysfonctionnements peuvent apparaître. Le plus habituel est le développement excessif de bactéries filamenteuses, susceptibles d'entraîner une dégradation de la décantation des boues (consécutive à l'augmentation de l'indice de boue) ou un moussage stable (Kenkins et al., 1986).

I.1 Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées en matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique. L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'elles ne causent pas la pollution de ces autres sources (Da, 2003). Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers est considéré comme une eau usée. (Da, 2003)

I.2. Les origines des eaux usées :

I.2.1 Eaux usées domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la plupart des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts (Baumont et al., 1997). Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent (Franck, 2002):

- ✚ Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes ;
- ✚ Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides, protéides), et des produits détergents ;
- ✚ Des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents ;
- ✚ Des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées ;

I.2.2 Eaux usées industrielles

Ce sont les eaux usées qui proviennent de locaux utilisés à des fins industriels, artisanales, commerciales ou de services, leurs eaux de refroidissement de pompes à chaleur et de climatisation (El Hachemi, 2012).

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances organiques chimiques et métalliques (Rabah, 2012).

I.2.3 Les eaux usées pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie par deux mécanismes (Regsek, 2002):

- Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent.
- Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées
- Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt des matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts.

I.2.4 Les effluents agricole

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau (Salem, 1990) et (Richarde, 1996). Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- ✓ Apport de pesticides chlorés ou phosphorés de désherbants d'insecticides.
- ✓ Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais.
- ✓ Apport de sulfate de cuivre de composés arsenicaux destinés à la protection des plantes

I.3 Composition des eaux usées

I.3.1 Matière en suspension et matière organique (MES) :

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradable.

La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées, est associée aux MES. Les particules en suspension peuvent, par définition, être éliminées par décantation. C'est une étape simple et efficace pour réduire la charge organique et la teneur en germes pathogènes des eaux usées.

La présence de matière organique dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien à l'inverse, elle contribue à la fertilité des sols (Belaid, 2010).

La matière organique d'une eau usée peut être mesurée en effectuant des tests de laboratoire. Chacun de ces tests permet aussi d'évaluer l'ampleur de l'activité biologique de

l'échantillon d'eau donnée. Parmi ces tests, on peut citer les tests de la demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO) et la mesure du carbone organique total (COT) (Bandu,1999)..

D'autres tests tels que le test de la demande totale en oxygène (TOD) et celui de la demande théorique en oxygène ont aussi été utilisés dans le même but (Bandu,1999).

I.3.2 Micro polluant organique, métallique

Les micropolluants sont des éléments existant en quantité infinitésimale dans les eaux usées (généralement produites par les unités industrielles). 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.

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques µg/l) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (aluminium, chrome, arsenic, sélénium, manganèse, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc...) sont présents à l'état de traces(Zeghoud, 2014).

Leur origine est multiple : ils proviennent des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de diffusion d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, transport) et éventuellement de rejets industriels. 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 (O.M.S., 2012).

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 substantiel, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non. D'une façon générale et d'après .une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare (Faby, 1997):

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

I.3.4 Les micro-organismes bactériologiques pathogènes

Ils proviennent essentiellement des matières fécales qui contiennent majoritairement une flore anaérobie détruite à l'air, et une flore aérobie facultative.

La présence de ces microorganismes dans les eaux usées et les boues résiduaires nécessite des règles sanitaires lors de leur traitement et de leurs éliminations, en particulier lorsque le rejet se fait à proximité d'une zone conchylicole, une zone baignade ou d'une prise d'eau potable, il est nécessaire d'effectuer une désinfection (Mssaadia et Toumi, 2005).

I.4. Les normes internationales (normes OMS)

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau.01: Normes internationales des rejets de l'OMS (1989)

Paramètres	Normes utilisées (OMS)	Unité
T	<30	°C
Ph	6.5-8.5	-
O ₂	05	mg/l
DBO ₅	<30	mg/l
DCO	<90	mg/l
MES	<20	mg/l
NH ₄	<0,5	mg/l
NO ₂	1	mg/l
NO ₃	<1	mg/l
P ₂ O ₅	<2	mg/l
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution.

Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement (Benelmouaz, 2015).

I.5.L'assainissement des eaux usées

C'est un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers une station d'épuration. On distingue (Abdelli, 2018) ; (Halimi, 2018):

I.5.1 Le Système unitaire :

L'assainissement des eaux se fait au moyen d'un seul collecteur qui recueille les eaux usées et les eaux pluviales. Appelé aussi « tout-à-l'égout ».

I.5.2 Le Système séparatif :

L'assainissement des eaux se fait cette fois-ci au moyen de deux collecteurs, l'un étant réservé aux eaux usées et l'autre aux eaux pluviales. Ce système présente certains avantages :

- ✚ Il assure à la station d'épuration qui traite les eaux collectées un fonctionnement régulier.
- ✚ Il permet d'évacuer rapidement et efficacement les eaux les plus polluées, sans aucun contact avec l'extérieur.

I.6.Procédés d'épuration des eaux usées

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physique, physico-chimique et biologique. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'évincer la majeure partie de la pollution carbonée.

Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote et du phosphore (traitement tertiaire). Une grande majorité de ces polluants est transférés de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse (Salghi, 2001).

Le procédé d'épuration à boue activée est le procédé le plus utilisé en Algérie pour traiter les eaux usées (EU).

Bien que les performances épuratoires et la fiabilité de ce procédé soient approuvées, plusieurs types de dysfonctionnements peuvent apparaître. Le plus habituel est le développement excessif de bactéries filamenteuses, susceptibles d'entraîner une dégradation de la décantation des boues (consécutives à l'augmentation de l'indice de boue) ou un moussage stable (Kenkins et al, 1986).

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré (Kollere, 2004) :

I.6.1. Le prétraitement

Avant l'arrivée dans la station d'épuration, les collecteurs des eaux usées charrient des matières très hétérogènes, et souvent grossières.

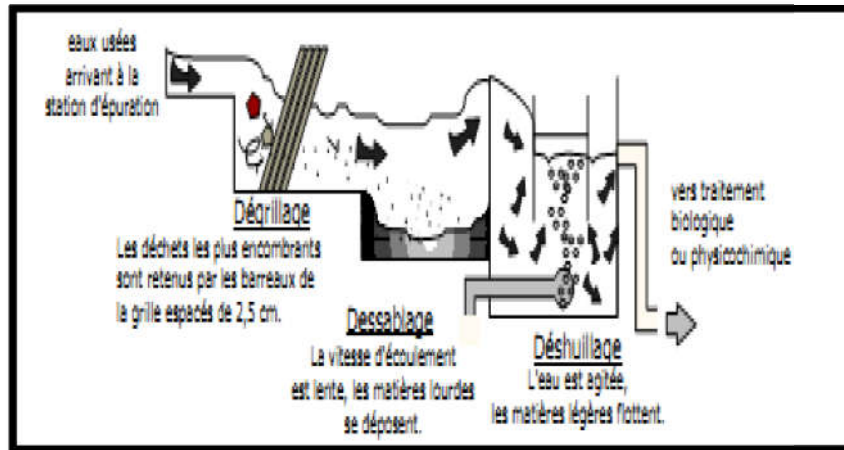


Fig.01 Schéma général de prétraitement (Halimi, 2018)

Les eaux qui arrivent à la station d'épuration vont subir en premier lieu des traitements de dégrossissage nommés prétraitements sous trois étapes enchainées

I.6.1.1. Le Dégrillage

Permet d'éliminer les matières volumineuses (bouteilles, bois...) charriées par les eaux brutes et qui pourraient provoquer l'obturation de différentes unités de l'installation et nuire à l'efficacité des traitements ultérieurs. Le dégrillage est assuré par des grilles dont l'écartement des barreaux varie suivant la taille des objets à piéger (Degrement, 1978).

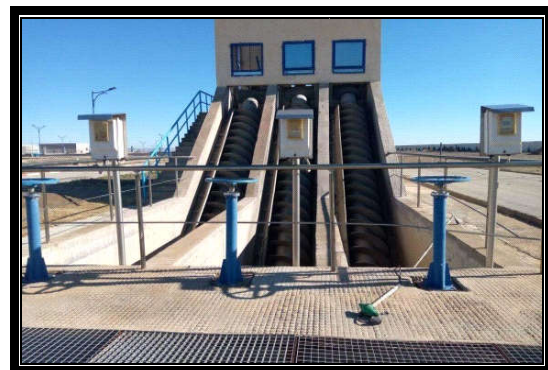
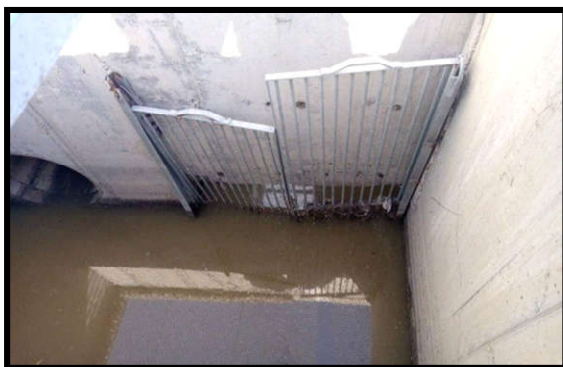


Fig.02: Dégrilleurs (STEP Kaïs, 2022)

I.6.1.2. Le Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes, du gravier, du sable et des particules minérales plus ou moins fines afin d'éviter les dépôts dans les canaux. Cette opération conduit aussi à protéger contre l'abrasion des pompes et d'autres appareils (Morel, 1977).

I.6.1.3. Le Déshuilage

Les eaux usées urbaines contiennent souvent des matières flottantes, qui passent à travers les grilles (huiles, hydrocarbures, débris des graisses, fragments de matière plastique...), les huiles et les hydrocarbures forment une couche mince en surface et gênent ainsi le processus d'aération.

Dans le cas des boues activées, quant aux matières flottantes solides elles risquent de former des bouchons qui pourraient obstruer des canaux ou des orifices dans la station, il est donc nécessaire de piéger ces substances au niveau du prétraitement par un dispositif d'écumage (Duchene, 1990).

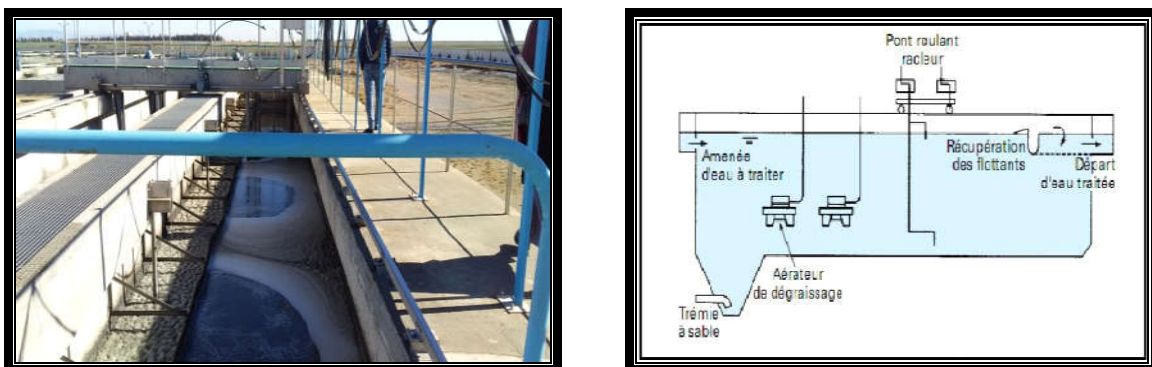


Fig.03 : Ouvrages de dessablage-déshuilage combinés (STEP Kaïs, 2022)

I.6.2. Traitements physico-chimiques

Les eaux prétraitées sont additionnées de réactifs chimiques, flocculant ou coagulant (poly-électrolytes, chaux...etc.) qui agglomèrent les particules solides sous formes de flocons décantables. Une décantation sépare ensuite l'eau et les boues (Sbih, 1990). Les traitements physico-chimiques permettent d'agglomérer ces particules par adjonction d'agents coagulants et flocculants (sels de fer ou d'alumine, chaux...).

Les amas de particules ainsi formés, ou "flocs", peuvent être séparés de l'eau par décantation ou par flottation. Les sels de fer ou d'aluminium et la chaux sont couramment utilisés pour les eaux usées urbaines à des concentrations de l'ordre du décigramme par litre alors que les poly électrolytes naturels (alginates) ou de synthèse donnent de bons résultats

pour des teneurs de l'ordre du milligramme par litre. Le coût élevé de ces derniers conduit généralement à l'utilisation simultanée des agents de floculation organique et minéraux.

La présence des sels minéraux dans les boues augmente le volume et le poids, ceci aura évidemment une influence sur les traitements ultérieurs des boues (Mathain, 1986).

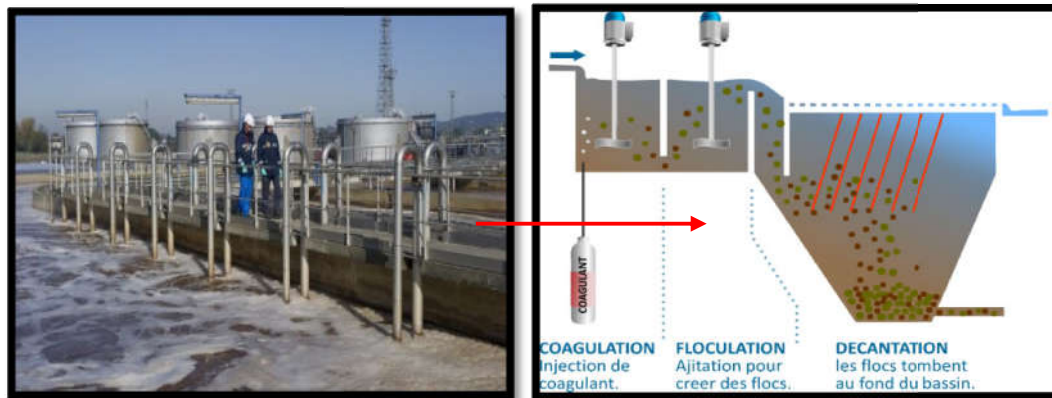


Fig.04: Procédé coagulation floculation (Halimi, 2018)

I.6.3. Traitements biologiques

Dans cette opération, les microorganismes sont la base de traitement par l'utilisation des composés organiques comme substrat nutritif (Vedry, 1975). Il s'agit de réduire la charge en matière organique de l'eau usée par des micro-organismes regroupés en « floccs » et de produire des boues dites « activées ». Cette phase nécessite une aération conséquente.

Les eaux usées décantées sont aérées par des turbines agissant sur la surface de l'eau ou par des rampes d'air comprimé ou d'oxygène au fond d'un bassin. Après ce traitement, les eaux sont à nouveau décantées (Filali, 2019).

Le traitement biologique permet la biodégradation des matières organiques des eaux usées grâce à des bactéries aérobiques ou anaérobiques dans des systèmes suivants :

- Système intensif à cultures fixes telles que les lits bactériens et les disques biologiques ou à cultures libres telles que les boues activées.

- Système extensif dont le plus répandu et le plus classique est le lagunage surtout dans les pays à climat chaud et où le terrain est disponible à coût raisonnable. Il consiste en un lent écoulement de l'affluent dans un ou plusieurs réservoirs plus ou moins profonds (Filali, 2019).

I.6.4. Décantation secondaire (clarification)

Permet de clarifier les eaux usées et de collecté les boues résultantes.

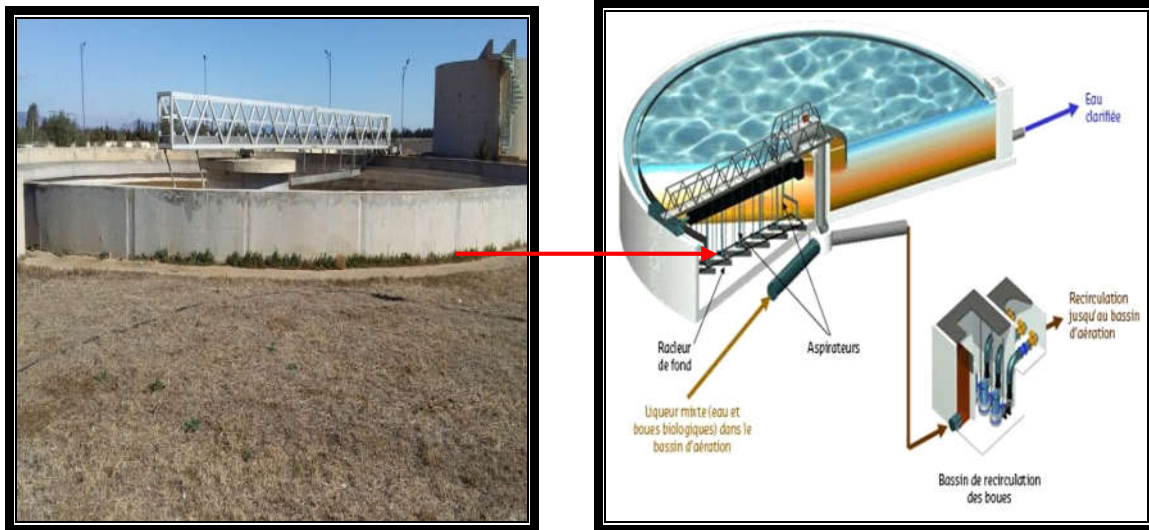


Fig.05:Clarificateur (ONA,2022)

I.6.4.1.Fonctions du clarificateur

Le bon fonctionnement d'une station d'épuration par boues activées exige de bien séparer l'eau traitée de la masse de boue activée de manière à produire un effluent clarifié conforme aux normes de rejet.

Cette séparation solide-liquide peut classiquement être réalisée par sédimentation gravitaire dans un décanteur secondaire ou clarificateur. Le clarificateur est un composant fondamental d'un système à boues activées. Il doit combiner trois fonctions :

- **Fonction de clarification** : produire un effluent final clarifié dont la teneur en matières en suspension est généralement inférieure à $20\text{-}30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, soit un rendement de séparation supérieur à 98 % ;
- **Fonction d'épaississement** : produire un débit continu de boue concentrée pour les recirculer dans le réacteur biologique ce qui assure le maintien de la concentration en MES de celui-ci et extraire les boues en excès ;
- **Fonction de stockage** : stocker la masse de boue supplémentaire générée par une surcharge hydraulique momentanée (en temps de pluie notamment).

En cas d'échec de l'une de ces trois fonctions, les matières en suspension vont s'évacuer avec l'eau de sortie avec comme double conséquence la détérioration de la qualité de l'eau traitée en MES, mais aussi en DCO, DBO, NT et PT et risque de dégradation du fonctionnement biologique par réduction incontrôlée de la concentration en biomasse.

Le comportement du clarificateur dans ces trois fonctions est influencé par différents facteurs dont les plus importants en termes de dimensionnement sont les débits d'eau à traiter et les caractéristiques de la boue (aptitude à la décantation et à l'épaississement) (Jarde , 2002).

D'autres facteurs, tels que les caractéristiques hydrauliques et physiques de l'ouvrage, la conception de la zone de dégazage entre réacteur biologique et clarificateur, notamment pour les réacteurs de forte profondeur (supérieure à 7 m) interviennent également, en particulier pour l'obtention de très faibles concentrations en MES (Jarde , 2002) .

I.6.5.Traitement tertiaire (complémentaires, facultatifs)

Les eaux usées contiennent divers composés azotés provenant des déjections humaines, ainsi que du phosphore provenant pour l'essentiel des détergents utilisés pour les lessives. En effet, les phosphates sont employés pour annihiler l'action du calcaire en fixant des ions calcium permettant ainsi une meilleure performance du pouvoir nettoyant du détergent (Jarde , 2002). .

Si ces substances ne sont pas directement nocives, leur action sur le milieu aquatique est néfaste. Elles diffusent jusqu'à la surface éclairée où elles favorisent la prolifération excessive d'algues et autres plantes vertes qui à leur tour décomposent nitrates et phosphates dont l'oxygène passe dans l'atmosphère (Jarde , 2002). .

Elles jouent un rôle prépondérant dans l'eutrophisation des eaux. Dans la STEP, ce traitement se généralise de plus en plus en combinaison avec le traitement secondaire. Il s'agit d'un procédé biochimique dit de boues activées à alternance de phase (Jarde , 2002).

I.6.5.1. La déphosphatation

Le principal inconvénient de la forte teneur en phosphore dans les eaux est de favoriser l'eutrophisation des cours d'eau, des lacs et des milieux marins (Jarde , 2002). .

Les techniques de déphosphatation qui sont généralement appliquées font appel à des réactions de précipitation (procédés physico-chimiques) ou à des micro-organismes épurateurs qui assurent une sur-élimination du phosphore (procédés biologiques) (Jarde , 2002).

I.6.5.2.La déphosphatation biologique

Repose sur un transfert de phosphore de la phase liquide (eaux usées à épurer) vers la phase solide (boues) par stockage intracellulaire. Cette accumulation conduit à la formation de

granules de poly phosphate (poly-P) et entraîne un enrichissement progressif de la boue en phosphore jusqu'à des teneurs très importantes (Jarde , 2002).

Il est alors aisé d'assurer l'élimination du phosphore de l'eau par simple soutirage des boues en excès après une étape de décantation (Jarde , 2002).

I.6.5.3. La désinfection

Les eaux usées urbaines, parce qu'elles représentent les déchets de la vie individuelle et collective des agglomérations, contiennent des micro-organismes pathogènes susceptibles d'être à l'origine de maladies (bactéries, virus, parasites...). La désinfection a pour but de détruire les micro-organismes pathogènes (Jarde , 2002).

I.6.5.4. L'élimination de l'azote

I.6.5.4.1. La nitrification

C'est la transformation de l'azote organique par des organismes dits nitrifiant.

I.6.5.4.2. La dénitrification

C'est la deuxième étape, qui consiste à une conversion de nitrate par les hétérotrophes facultatifs sous les conditions d'anoxie (Sahnoun 2019).

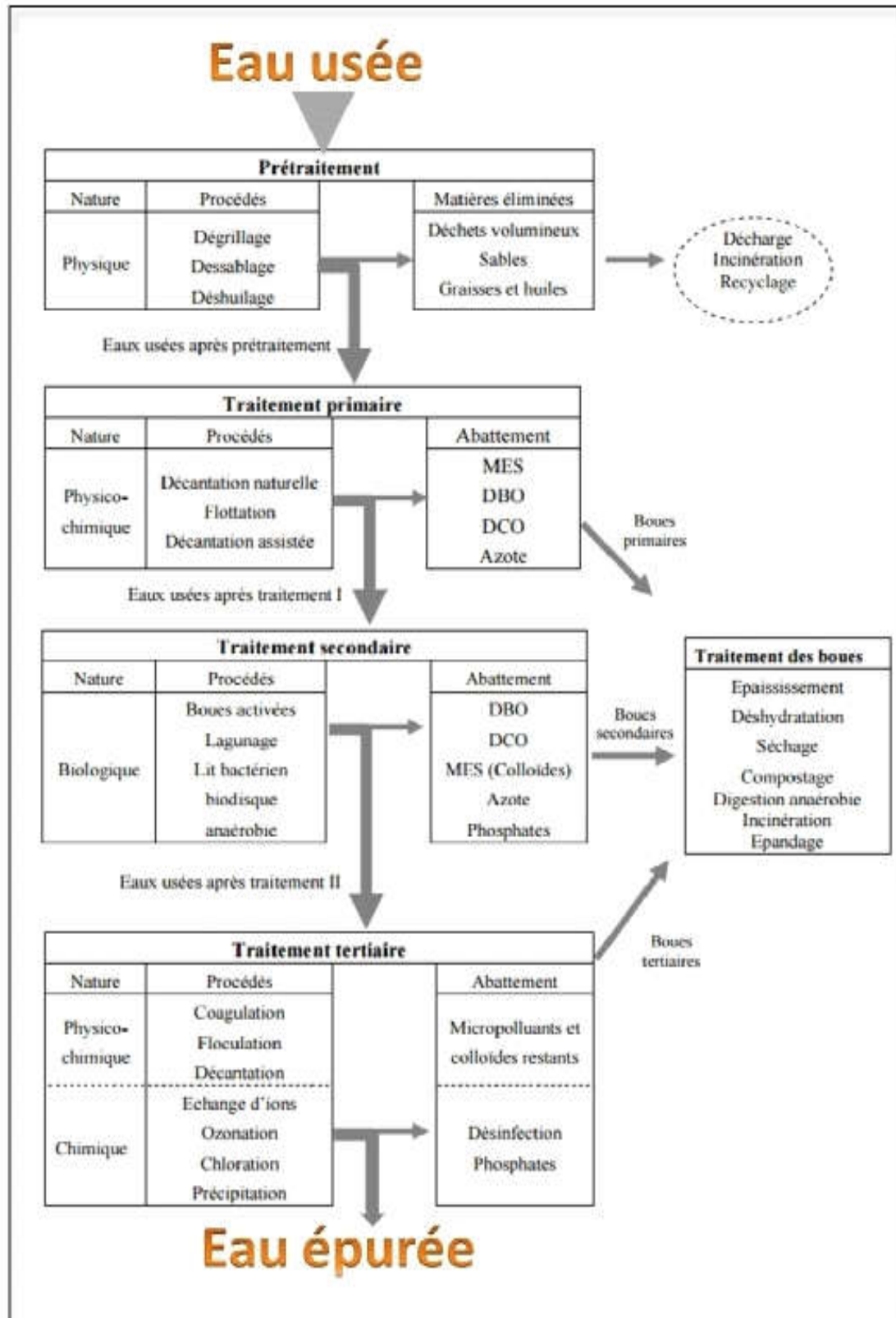


Fig.06 :Etapes d'une filière de traitement des eaux (Zeghdani et Allaoui, 2016).

I.7. Calcul de l'efficacité de traitement**I.7.1. Taux d'abattement de pollution des stations d'épuration**

Le taux d'abattement journalier correspond au rapport entre la concentration mesurée à la sortie de la filière biologique sur la concentration mesurée à l'entrée de la station. Lorsque les valeurs de concentrations sont inférieures à la limite de détection, la limite de détection est utilisée dans le calcul du taux.

Il arrive que les taux soient négatifs : ces valeurs sont comptabilisées dans la moyenne annuelle au même titre que les valeurs positives. Les taux sont déterminés sur base des concentrations journalières mesurées dans les échantillons prélevés de manière automatique à l'entrée de la station et à la sortie de la filière biologique (Bruxelles Environnement, 2015).

I.7.2. Choix de l'indicateur

Cet indicateur renseigne sur la performance épuratoire des stations d'épuration, autrement dit la qualité du traitement des eaux dans la filière biologique de la station d'épuration de la ville de Kaïs. Il permet plus précisément de calculer les charges en polluants traitées par la station d'épuration au niveau de la filière biologique avant leur rejet vers le milieu naturel.

Quelle est l'évolution des performances épuratoires (de la filière biologique) de la station d'épuration de Kaïs ?

On doit déterminer le taux d'abattement moyen annuel en (%) de 6 paramètres, à l'entrée de la station de la filière biologique (DBO5, DCO, MES, NO₂, NO₃, PO₄).

I.7.3. Mode de calcul et données utilisées

Les performances de la STEP sont exprimées en termes de taux d'abattement sur la DCO, la DBO5, les matières solides en suspension ou tout autre paramètre (Brahmi et Madaoui, 2019) Chaque taux d'abattement est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$R\% = (P_e - P_s) / P_e$$

Avec :

R (%) est le taux d'abattement pour un paramètre donné (DCO, DBO5, MES, etc....),

Pe : c'est la valeur du paramètre à l'entrée.

Ps : c'est la valeur du même paramètre à la sortie.

II. BOUES RESIDUAIRES URBAINES**II.1. Définition des boues**

Les boues sont définies par le Comité Européen de Normalisation (CEN) comme «un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui les contiennent». Elles peuvent être considérées comme des substances extraites à partir des eaux usées afin de pouvoir récupérer dans le milieu naturel une eau épurée (Benfedda, 2017).

II.2. L'origine des boues résiduares

Les boues des stations d'épuration sont des produits résiduares qui résultent du traitement des eaux usées dans la station d'épuration. Les effluents urbains, comprennent les eaux résiduares urbaines d'origine domestiques et éventuellement industrielle et les eaux pluviales, subissent un traitement de dépollution avant leur rejet dans le milieu naturel (Mazouni et Ramdani, 2017).

II.3. Les différents type de boues

Les différents types de boues résultent de la combinaison de plusieurs critères :

- Nature de l'effluent (urbaine, abattoir, papeterie);
- Caractère de traitement des eaux (primaire, physico-chimique, biologique),
- Procédé de stabilisation (aérobie, anaérobie, chaulage, compostage);
- État physique des boues (liquides, pâteux, solide granulé);

Selon la nature du traitement, on peut distinguer les types suivants:

II.3.1. Les boues primaires

C'est les boues de traitement primaire appelées boues fraîches, elles sont obtenues au niveau de décanteur primaire par simple décantation des matières en suspension (MES) contenue dans les eaux usées (Addou, 2009).

II.3.2. Les boues biologiques

Ce sont les boues issues du traitement biologique des eaux usées. Elles sont issues des purges en sortie des bassins d'aération et sont également appelées boues activées en excès. On distingue :

II.3.3.1. Les boues mixtes

C'est le mélange des boues biologiques et des boues primaires. Ce mélange est généralement réalisé avant la stabilisation des boues (Addou, 2009).

II.3.3.2. Les boues d'aération prolongée

Ces boues existant au niveau de STEP sans décantation primaire. Elles sont moins organiques et donc produisent moins de nuisances ultérieures (Addou, 2009).

II.3.4. Les boues physico-chimiques

Sont générées par l'ajout d'un réactif injecté soit en tête de traitement, soit en traitement de finition, en tertiaire, on retrouve souvent dans ces boues des hydroxydes, voire d'autres métaux dans le cas des industries de traitement de surface. Ces boues peuvent donc présenter certaine similitude avec des boues d'eau potable (Ademe, 2001).

II.4. Les caractéristiques des boues**II.4.1. Les caractéristiques physiques des boues****II.4.1.1. Masse volumique**

Elle permet de calculer le volume de boue à convoyer .

II.4.1.2. Le pouvoir calorifique

Les teneurs en matières organique des boues leur donne une aptitude à la combustion non négligeable qui permet de l'incinérer (AFEE, 1974).

II.4.2. Les caractéristiques chimiques des boues**II.4.2.1. Les matières en suspension**

Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules organiques ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (Duguet , 2006).

II.4.2.2. Les matières volatiles sèches

Elles représentent la fraction organique des matières sèches et sont obtenus par calcination de ces matières sèches à 525 °C/2 h, la différence de poids entre les matières sèches à 105 °C et les matières sèches à 525 °C donne la (perte au feu) et correspondant à la teneur en matières volatiles sèches en (mg /l) d'une eau (Duguet , 2006).

II.4.2.3. Les matières minérales

Elle représente le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son (extrait sec) constituée à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates (Duguet , 2006) .

Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matière organiques consommatrices d'oxygène (Duguet , 2006).

II.4.2.4. Fraction volatile en % des matières sèches

C'est le rapport des matières volatiles (en g/l) sur les matières sèches (en g/l). Elle donne une précieuse indication sur le degré de stabilisation de la boue (Dudkow S, 2001) et son aptitude à divers traitements (déshydratation, incinérationetc.) (Dudkow S, 2001).

II.4.2.5. La siccité

Les boues sont constituées d'eau et de matière sèche. La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90% (Mazouni et Ramdani 2017) :

- Boues liquide : siccité de 0-10%.
- Boues pâteuses : siccité de 10 -25%.
- Boues solides : siccité de 25 -85%.
- Boues sèches : siccité supérieure à 85%

II.4.2.6. L'indice de boue

L'indice de boue est défini à partir de tests de décantation permettant d'obtenir des volumes de boues compris entre 100 et 250 ml (Rodier, 2009 ; Amadou, 2007).

Si: $IB < 100$: correspondent à des boues qui sédimentent facilement.

Si: $100 < IB < 200$: décantation difficile (quelques filaments).

Si: $IB > 200$: mauvaise décantation (boue riche en filaments)

II.4.2.7. Le volume de décantation

Le volume décanté pendant 30 min, doit impérativement être inférieur à 300 ml, au-delà, y a nécessité d'opérer une dilution des boues par de l'eau avant la réalisation du test (Rodier, 2009).

II.4.3. Les caractéristiques biologiques des boues

Les boues résiduelles contiennent une grande quantité de microorganismes (virus, bactéries et parasites...etc.), ils sont éliminés de l'eau avec les boues qui décantent. La concentration des microorganismes pathogènes peut être réduite significativement par les procédés de traitement des boues, comme la digestion anaérobie, aérobie et compostage (Tauzin et Juste, 1986).

II.4.3.1. Les bactéries

Dénombrer de différents types de bactéries dans les boues, une partie de celle-ci est d'origine fécale et certaines sont porteuses de germes, elles peuvent donc être pathogènes. Classées en quatre types:

- **aérobies strictes** qu'elles développent qu'en présence d'air, elles sont nombreuses dans les boues activées.
- **aérobies facultatives** qui peuvent se développer en anaérobiose par consommation de l'oxygène contenue dans la matière organique (aéromonase).
- **anaérobies facultatives** qui peuvent supporter la présence de l'air mais ne se développent que grâce à des processus anaérobies (lactobacillus).
- **anaérobies strictes** dont le développement ne s'effectue qu'en anaérobiose (Clostridium) (Tauzin et Juste, 1986).

II.4.3.2. Les virus

Des entérovirus, des adénovirus adsorbés sont trouvés sur la matière organique solide des boues dans une proportion non négligeable environ 30% des échantillons de boues. Leur élimination n'est pas facile à mener à bien mais selon l'utilisation ultérieure des boues, il faut s'en préoccuper (Tauzin et Juste, 1986).

II.4.3.3. Les parasites

Des très nombreux parasites se trouvent dans les boues d'origine fécale ou tellurique. Les cas les plus fréquents sont les œufs d'ascaris (Tauzin et Juste, 1986).

II.4.3.4. Les micropolluants

Les boues contiennent, en faible quantité de nombreux produits qui peuvent être toxiques pour les plantes et même présenter des inconvénients ou des dangers pour l'homme par l'intermédiaire des plantes (Mazouni et Ramdani, 2017).

II.4.3.5. Les matières organiques

Les boues sont constituées de matières organiques complexes non dégradées. Ces dernières sont principalement constituées de quatre grandes familles : les protéines, les lipides, les carbohydrates (glucose) et les acides gras (Koller, (2009).

II.4.3.6. Les matières minérales

Il s'agit essentiellement de ce qui nomme des métaux lourds, qui ont été très largement étudié en laboratoire et sur le terrain pour leur rôle dans le développement des cultures irriguées par des boues liquides ou solide (Koller, (2009).

II.4.4. Les métaux lourds dans les boues

L'importance des métaux lourds dans les boues dépend de l'importance des métaux lourds dans les eaux entrant en station, issues elles-mêmes de quatre origines : des activités domestiques, de l'activité urbaine, de l'activité commerciale (ex: laboratoires) et de l'activité inertielle (Slimani, 2007)

Cette importance est surtout liée aux effectifs (taille de la population raccordée au réseau assainissement), et au type d'activité. Les éléments traces évoluant sous différents états physiques : sous l'état particulier (matières solides décantables), sous un état colloïdal-matière solides non décantables et sous un état dissous 45%de plomb, du zinc, du cadmium, du chrome, se trouvent à l'état dissous dans les eaux usées, et sont par conséquent difficilement éliminable (Slimani, 2007).

La concentration des métaux dans les boues dépend du type de l'eau résiduaire qui est traité, le cadmium, Chrome, plomb, Nickel, mercure, argent et zinc peuvent être présents (Eckenfelder , 1989).

II.5. Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées

Le procédé à boues activées est définit par les paramètres suivants :

- La charge massique ;
- La charge volumique ;
- Age des boues ;
- Indice de Mohlman ;
- Besoin en oxygène.

La charge massique (Cm)

C'est la quantité de DBO_5 (en kg/j) rapportée à la masse de matières en suspension totales contenues dans l'ouvrage de volume V. Elle s'exprime en $kg\ DBO_5 / (kg\ MEST. j)$, est parfois rapportée à la masse de micro-organismes ou de matières volatiles sèches (MVS) contenues dans l'ouvrage (Belhani, 2008). Elle s'exprime alors en $kg\ DBO / (j. kg\ MVS)$

$$C_m = \frac{[\text{DBO}_5] \cdot Q_j}{V_{ab} \cdot \text{MVS}}$$

C_m : kg DBO₅ / kg MES T/j.

V_{ab} (m³): Volume de bassin d'aération

MVS (kg/m³): concentration en matière sèche

Q_j (m³ /j): débit journalier d'eaux résiduaires à épurer.

b. La charge volumique (Cv)

Elle correspond à la quantité journalière de DBO₅ (en kg/j) à dégrader dans le volume V (m³) de l'ouvrage. Elle s'exprime en kg DBO₅/ (j.m³)

$$C_v = \frac{[\text{DBO}_5] \cdot Q_j}{V_{ab}}$$

C_v Est exprimé en kg DBO₅ / m³.j.

c. Age des boues

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination. L'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur (Benelmouaz, 2015).

$$\text{Age} = \frac{C_{b.t}}{C_{b.ex}} = \frac{\text{MES}_{AB} \cdot V_{AB}}{C_{b.ex}}$$

Age: âge des boues (h).

$C_{b.t}$: Concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

$C_{b.ex}$: Concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l).

L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique.

d. Indice des boues :

L'indice de MOHLMAN se définit comme le volume occupé après décantation de 30minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1mg de matières sèche (Rodier, 2005).L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport :

$$IM = \frac{\text{boues décantées en ml/l}}{\text{masse de la matière sèche mg/l}}$$

e. Besoins en oxygène :

Afin de garantir aux micro-organismes des conditions satisfaisantes de croissance tout en assurant un fonctionnement normal; il faudrait maintenir la concentration en oxygène dans le bassin d'aération supérieur à 0.5 et 2 mg/l en tout temps et quel que soit la charge (Dégrémont, 1972).

II.6. Classement des procédés par boues activées

Les populations microbiennes des boues activées sont complexes et ne peuvent se définir qu'au moyen des principaux groupes suivants : bactéries, champignons, protozoaires et métazoaires.

L'essentiel de l'épuration est dû à la microflore peut constituer 10^{11} à 10^{12} bactéries par gramme de matières sèches.

La nature de la microfaune est sujette à divers facteurs tels que la composition chimique de l'effluent, la proportion d'azote présente, la charge massique et le temps de séjours.

Tableau 6: Classement des procédés par boues activées (Olivier, 1998).

Appellation	Charge massique Cm(Kg DBO5/Kg MVS .j)	Charge volumique Cv (KgDBO5/ m ³ .j)	Agés des boues en jour	Rendement (R) d'élimination de la DBO5
Faible Charge	Cm<0,15	Cv<0,40	10 à 30	R≥90% Nitrification possible
Moyenne Charge	0,15≤Cm<0,4	0,5<Cv<1,5	4à10	R=80 à 90% Nitrification possible aux températures élevées
Forte Charge	0,4≤Cm<1,2	1,5<Cv<3	1,5 à 4	R<80%

Alors l'examen de la microfaune, prédatrice est très révélateur de l'état d'une boue activée et il constitue pour un biologiste le plus sûr moyen de diagnostiquer le fonctionnement d'un bassin de boues activées et de connaître les éventuelles solutions à apporter en cas de mauvais fonctionnement (Dégremont, 1978).

II.7. Traitement des boues d'une STEP

Deux éléments sont indispensables à la définition et au choix d'un traitement des boues optimal : l'origine et la composition des boues d'épuration d'un part et la destination finale des boues (recyclage, valorisation, élimination) d'autre part. Généralement, le traitement des boues a plusieurs objectifs (Koller, 2004) :

- Réduire les volumes et éviter la fermentation (odeurs).
- Limiter au maximum les risques pathogènes.
- Utiliser les boues ainsi traités dans des activités de productions (agriculture).
- Réduire dans certains cas la masse de façon ultime.

Les différentes filières de traitement des boues

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale sans nuisance (Boeglin, 2000).

II.7.1.L'épaississement

L'objectif de cette étape est réduire la quantité d'eau pour diminuer le volume des boues pour les étapes suivantes de traitement. Très souvent l'épaississement est réalisé par des moyens physiques tels la flottation, la centrifugation ou la mise dans des bassins pour une simple sédimentation (Boeglin, 2000).

Il existe deux types d'épaississement : l'épaississement gravitaire et l'épaississement dynamique.

II.7.1.1. L'épaississement gravitaire (décantation)

Cette technique est la plus utilisée pour la concentration des boues, elle est très répandue dans les grandes stations (10000 - 100000 EH). Une hauteur de 3,5 à 4m est préconisée pour le bassin de décantation, en tenant compte du volume de stockage, afin de faciliter le tassement de la boue. La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 à 10% selon la nature des boues traitées (Favreau 2011).

Ce procédé est peu coûteux (consommation énergétique de boues biologiques (boues très fermentescibles) avec une siccité seulement de 1,5 – 2,5%. De plus, la mise en place de

l'ouvrage nécessite une surface et un volume très important. Le temps de séjour des boues dans l'épaississeur est d'environ 48 h. la performance est variable selon la nature des boues pour les boues primaire, 40-80 kg de MS/m/jour, et pour les boues biologiques : 25kg de MS/m/jour (Favreau 2011).

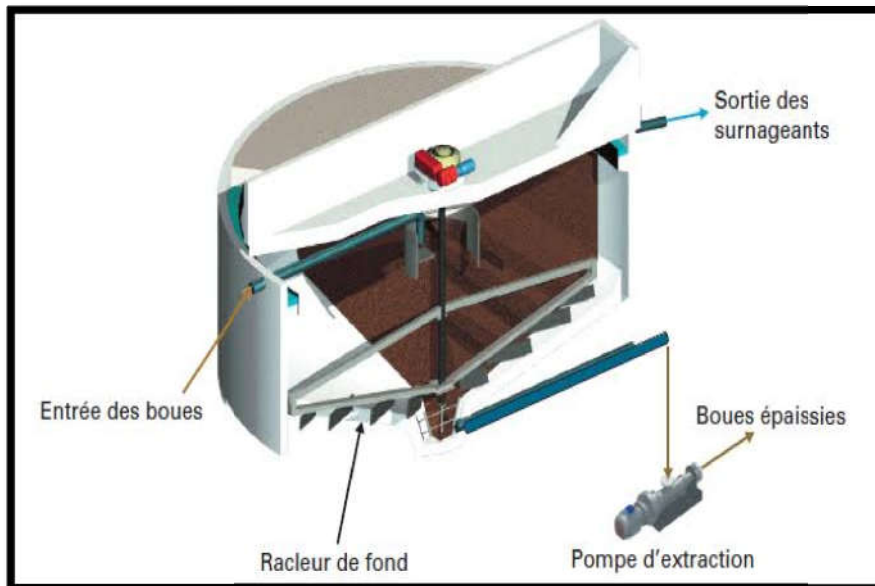


Fig.07: Coupe longitudinale d'un épaisseur gravitaire (Mazouni et Ramdani, 2017)

II.7.1.2.L'épaississement dynamique

Depuis quelques années, trois techniques d'épaississement dynamiques qui en particulier avec les boues légères, permettent d'obtenir des meilleurs taux d'épaississement au prix. Il est vrai d'une forte dépense d'énergie électrique et éventuellement de réactifs flocculant. Il s'agit de la flottation, de la décantation et centrifuge, plus récemment, des grilles et tamis d'égouttage(Boeglin, 2000).

II.7.2. La stabilisation

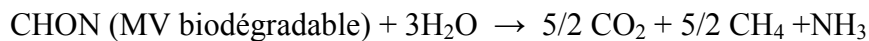
Vise la neutralisation des matières organiques susceptibles de subir des phénomènes de fermentation. Quand la composition des boues reste constante au cours du temps, celle-ci sont alors dites stabilisées. La stabilisation peut être biologique aérobie ou anaérobie ou par stabilisation chimique (OIE, 2001). La stabilisation elle permet d'éliminer 20 à 50%de la matière organique. Elle peut se faire par :

II.7.2.3.Par stabilisation chimique : c'est une méthode peu onéreuse, qui permet une diminution du pouvoir fermentescible de la boue, au moins temporairement, par ajoute de la

chaux à la boue, à des doses bactériostatiques. Une stabilisation chimique efficace passe par un mélange intime de la chaux et des boues (Fayoux, 1995).

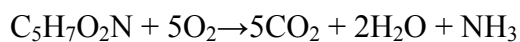
II.7.2.1. La digestion anaérobie

Celle-ci a lieu dans le digesteur où les matières organiques subissent une transformation en dioxyde de carbone et méthane avec également production d'ammoniac (Merciecca, 1984).



II.7.2.2. La digestion aérobie:

C'est une transformation de la matière organique par oxydation en milieu aérobie avec dégagement de chaleur et production des dioxydes de carbone, pour cela les boues séjournent dans des bassins dites stabilisation (Merciecca, 1984).



II.7.3. La déshydratation

La déshydratation est une étape du traitement des boues faisant passer les boues de l'état liquide à un état solide. Elle permet de diminuer la teneur en eau des boues, et d'atteindre en sortie une siccité allant de 15 à 40%, variable selon la filière de traitement des eaux, la nature des boues et la technique de déshydratation utilisée. Elle s'opère sur un mélange de boues primaire, secondaire voire tertiaire. Il existe deux types de déshydratation des boues : la déshydratation mécanique et la déshydratation naturelle (Antonini 2000).

II.7.3.1. La déshydratation mécanique

Dans les stations d'épuration, l'étape de traitement finale des boues est leur déshydratation afin d'éliminer un maximum d'eau. Une teneur en matière sèche située entre 15 et 35% est obtenue. Les boues contiennent encore jusqu'à 85% d'eau. Il est donc impératif d'optimiser cette étape afin d'assurer la plus grande élimination possible d'eau. Les procédés de déshydratation généralement utilisés sont le filtre à bandes presseuses, le filtre presse et la centrifugeuse.

II.7.3.1.1. Filtre à bandes presseuses

c'est la filtration sous pression progressive, de 0,3 à 1 bar: comprime la boue au moyen de rouleaux entre une bande filtrante et une bande presse. Le processus comporte les étapes suivantes : la floculation avec des poly-électrolytes, l'égouttage sur un support filtrant de l'eau interstitielle libéré et le pressage de la boue drainée, entre deux toiles qui la compriment progressivement (Amorce, 2012).

II.7.3.1.2. Filtre presse

c'est un appareil qui permet de filtrer des boues en chambre étanche sous des pressions de l'ordre de 5 à 15 bars il fonctionne en discontinu.(Amorce, 2012).

II.7.3.1.3. La centrifugeuse

peut être assimilée à une sédimentation accélérée. La centrifugation est précédée d'un conditionnement à l'aide de polymères de synthèse aboutissant à une boue floculé (Amorce, 2012).

II.7.3.2.Déshydratation naturelle

Le système consiste à sécher les boues à l'aire libre sur lits de séchage drainés.

II.7.3.2.1. Lit de séchage

Utilise les lits de séchage pour des boues très minéralisées issues d'une station d'épuration totale ou d'un dispositif de digestion des boues (Jamonte, 2010). Introduit la boue dans des bassins peu profonds contenant des graviers et du sable munis d'un système de drainage, la déshydratation naturelle des boues s'opère en faits de deux façons (Ladjel et Abbou, 2014).

La filtration naturelle à travers le lit qui permet la perte jusqu'à 80% de la teneur en eau et l'évaporation naturelle (séchage atmosphérique).

Le lit de séchage est composé de plusieurs couches (Figure 08) à s'avoir:

- Une couche supérieure de sable de 5 à 10 cm. (calibre 0,5 à 15 mm).
- Une couche intermédiaire de gravier fin de 10 cm (calibre 5 à 15 mm
- Une couche inférieure de gros gravier de 20 cm (calibre 10 à 40 mm-les matériaux reposant sur un sol imperméabilisé et nivelé
- Des grains en ciment ou en plastique sont disposés avec une légère pente sur la couche de base.

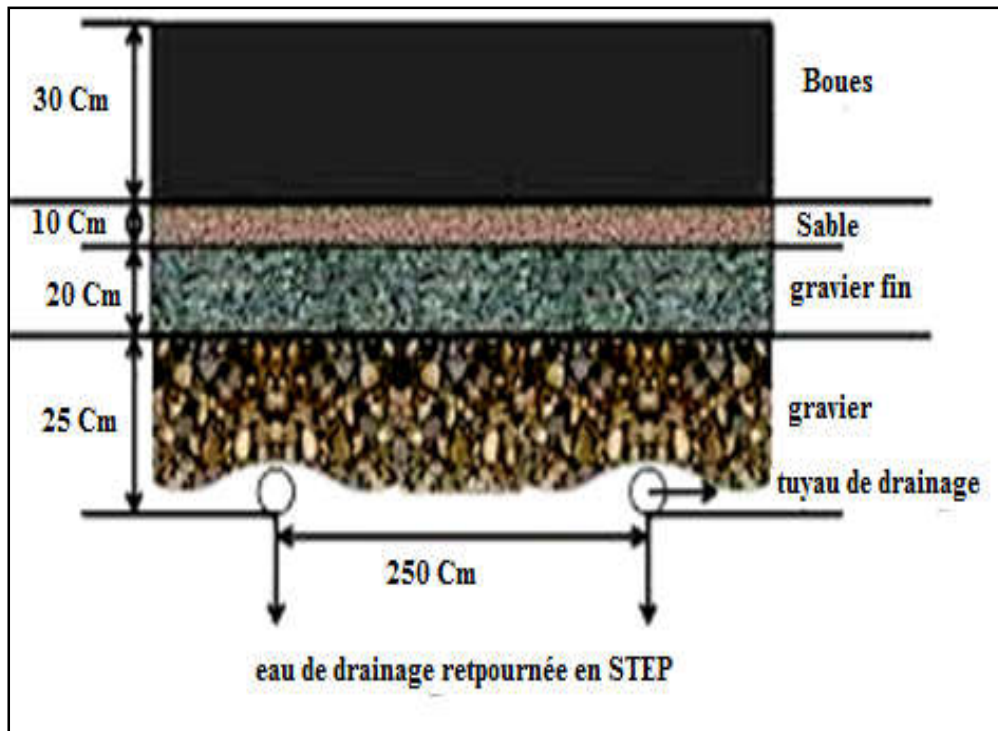


Fig.08: Schéma de la composition principale du lit de séchage(Mazouni et Ramdani 2017)

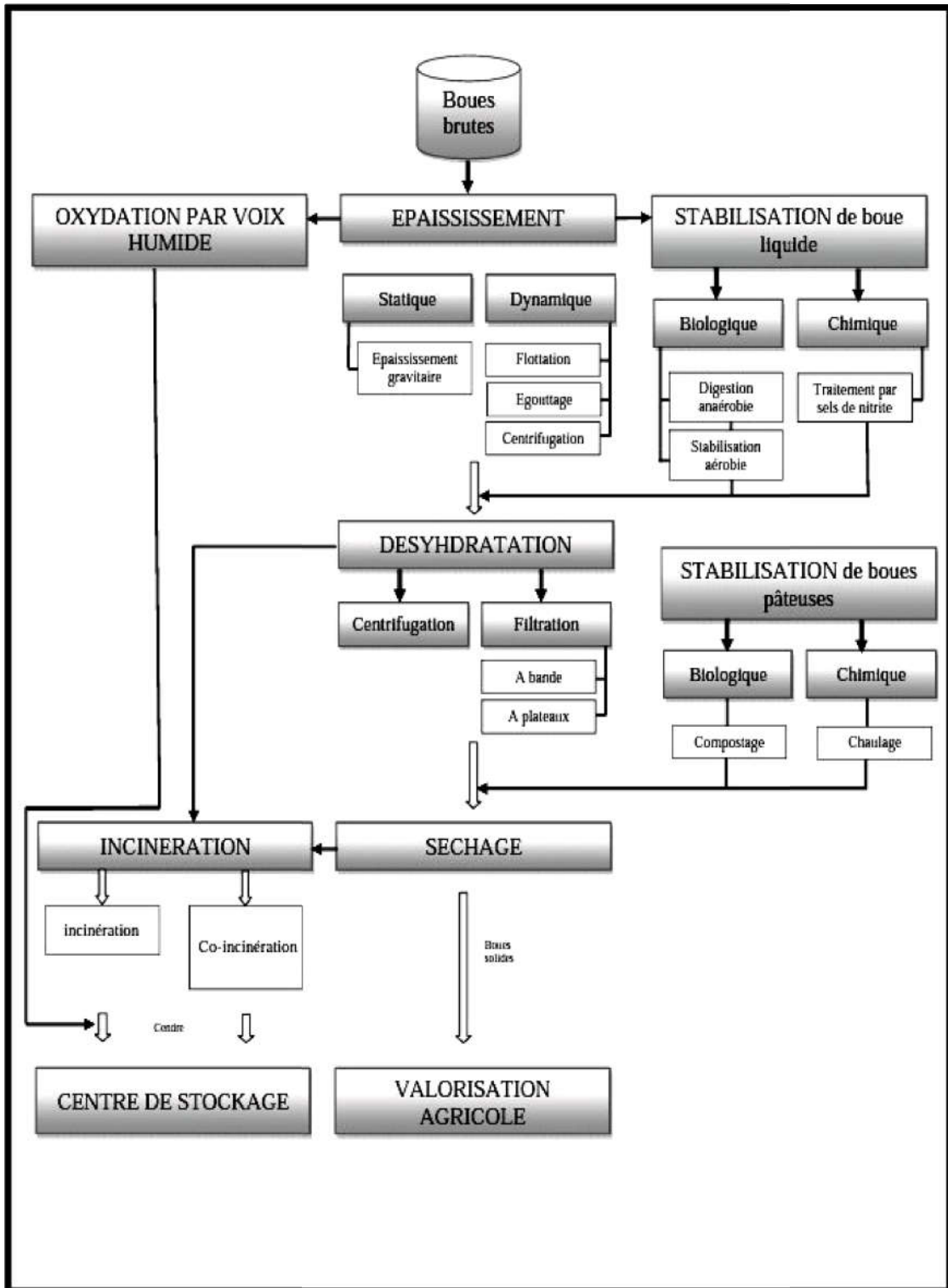


Fig.09: Différentes filières de traitement des boues (Sahnoun, 2019)

PARTIE II:

Partie

Expérimentale

***Matériel
et méthode***

I. Présentation de la STEP de kaïs

I.1. Situation géographique de la STEP

La station d'épuration des eaux usées de la ville de kaïs (wilaya de Khenchela) s'étale sur une superficie de 9.5 hectares délimitée au nord par Remila, à l'Est par la route de Remila, à l'Ouest par route de Ouled Aide et au sud par ville de kaïs avec une capacité d'épuration de 60.000 Eqh 7200 m³/j et un débit traité de 7200 m³/jour, les eaux après traitement sont rejetés directement dans l'Oued Laadjardia (milieu récepteur naturel).

Les eaux sont nettoyées par le Procédé de traitement : Boue activée. La Capacité de la STEP à l'horizon 2035 arrive jusqu'au 100.000 équivalent habitant et un débit traité de l'ordre de 12.000 m³/jour.(Fiche technique de STEP).

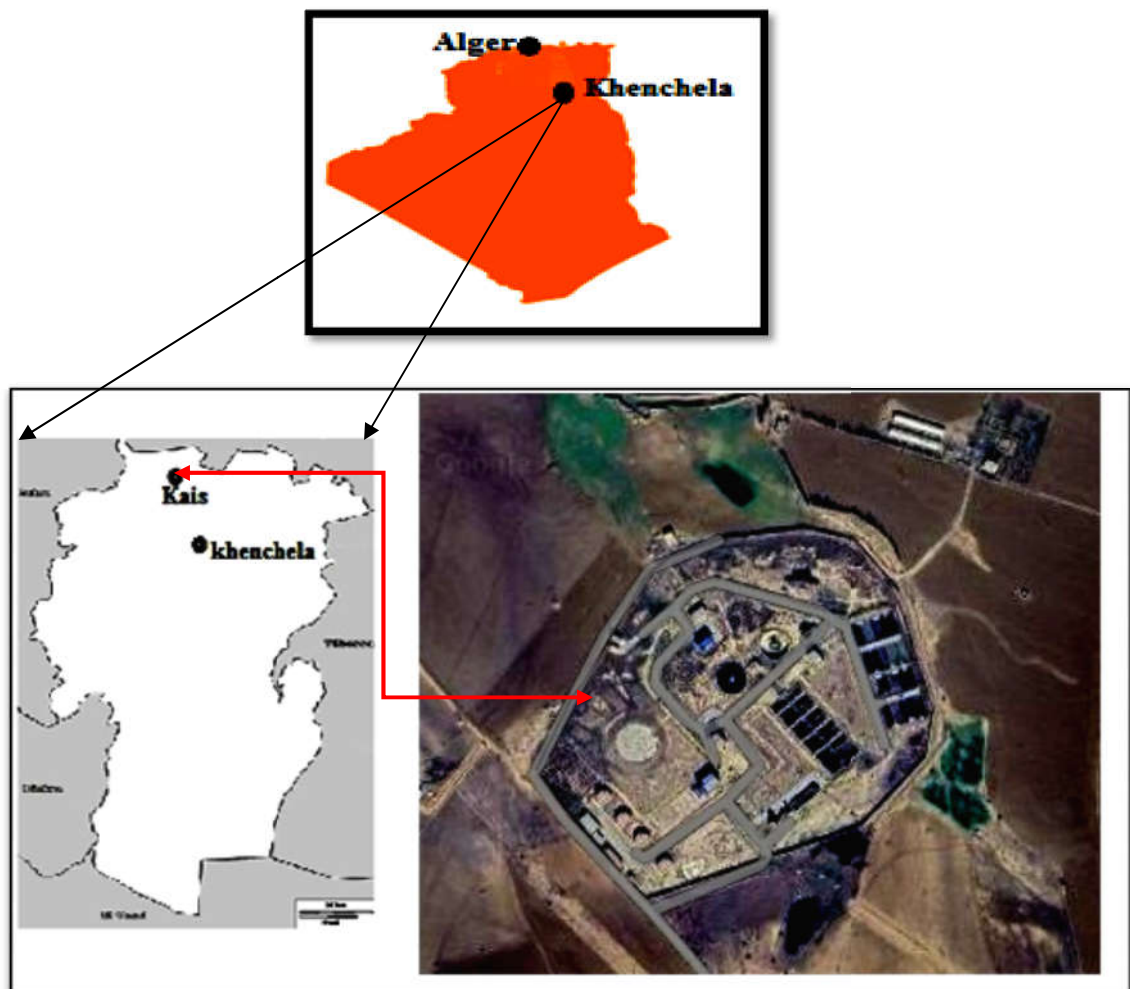


Fig.10: Situation géographique de la STEP de Kaïs, wilaya de Khenchela
(N-E Algérien)

I.1.2. Les données techniques de la STEP :

La station d'épuration de la ville de Kaïs a été dimensionnée sur les bases de données suivantes (Tableau.02) :

Tableau.02: Données Techniques de la STEP Kaïs wilaya de Khenchela (STEP, 2022)

Nom de la station d'épuration	Kaïs
Commune	Kaïs
Wilaya	Khenchela
Localités raccordées	Ville de Kaïs
Origines des effluents	Eaux Résiduaires ville Kaïs
Capacité de la STEP	60 000 E.H 7200 m ³ /j
Procédé de traitement	Boues Activées
Milieu récepteur	Oued Laadjardia
Impact de la STEP	Protection de la nappe phréatique
Périmètre concerné par la réutilisation	250 Hectare
Quantité de boues produites (moyenne)	3.015 Kg matières sèches/ j

I.1.3. Les caractéristiques des effluents brutes

L'ensemble des effluents arrive gravitairement à la station par une canalisation de DN 1.200 et rejoint le poste de relèvement de la station d'épuration, les effluents sont ensuite relevés pour permettre leur traitement avec un écoulement gravitaire (Fiche technique de STEP).

Tableau.03: Tableau récapitulatif des caractéristiques des effluents brutes(STEP, 2022).

Paramètres	Charge nominales en (kg/j)
DBO5	3000 kg/j
DCO	7499 kg/j
MEST	3599 kg/j
NTK	540 kg/j
NH4	300 kg/j
P total	120 kg/j
Débit journalier	7199m ³ /j
Débit moyen horaire	300m ³ /j
Débit de pointe (temps de pluie)	1087 m ³ /j
Débit de pointe (temps sec)	531 m ³ /j

I.1.4. Qualité des eaux de sortie

L'unité de traitement prévue élimine les pollutions carbonées et azotées afin de délivrer un effluent dont les caractéristiques garanties après traitement sont conformes aux concentrations maximales fixées dans le Cahier des charges (Fiche technique de STEP).

Tableau.04:Caractéristiques des eaux de sortie(Eaux épurées)

Paramètres	Concentrations maximales (mg/l)	Rendement épuratoire minimum (%)
DBO5	25	70 à 80
DCO	125	75
MES	35	90

II. Traitement des boues au niveau de la STEP de kaïs

II.1.Extraction des boues

Les boues issues de la station seront déshydratées par filtre à bande. Leur siccité minimale sera de 18 %. En secours, les boues sont déshydratées sur lits de séchage. L'extraction des boues s'effectue à partir du puits de recirculation. Elle est assurée par deux pompes en cale sèche (dont une en secours installé)

Les pompes d'extraction alimentent directement l'épaississement statique (Fiche technique de STEP).

II.2.Épaississement statistique

L'épaississement gravitaire permet de concentrer sous la seule action de la force de pesanteur.

Cette technologie offre l'avantage de nécessiter une consommation électrique très basse en comparaison d'autres technologies disponibles sur le marché. En effet, le seul consommateur d'énergie de ce procédé d'épaississement est la motorisation de la herse qui, par son mouvement circulaire, favorise la séparation de l'eau et de la boue contenue dans celle-ci. Les boues alimentent l'épaississeur grâce à deux pompes installées au niveau du puits à boues (Fiche technique de STEP).



Fig.11: L'épaississeur de la STEP.

L'alimentation en secours des lits de séchage s'effectue au moyen d'une canalisation indépendante équipé d'une vanne manuelle. les eaux de surverse sont dirigées vers le poste de reprise de lixiviat qui est équipé de deux pompes en fosse sèche (fiche technique de STEP).

II.3. Déshydratation des boues**II.3.1. Déshydratation mécanique (par filtre à bande)**

La déshydratation par filtre à bande offre plusieurs avantages

- Compacité de l'installation
- Fonctionnement entièrement automatisé
- Facilité d'exploitation
- Souplesse d'utilisation
- Fonctionnement continu
- Faible consommation énergétique et investissement faible comparativement aux autres procédés de déshydratation mécanique (filtre presse, centrifugeuse).



Fig.12: La déshydratation mécanique des boues dans la STEP

Les boues extraites de l'épaississeur sont conditionnées avec du polymère, en amont du filtre à bandes. Puis, elles sont déshydratées sur le filtre à bande et seront ensuite dirigées vers les bennes de stockage pour évacuation.

Les égouttures provenant du filtre à bandes et les eaux de lavage sont collectées et envoyées en tête de station via le poste "toutes eaux". Après filtre à bandes, les boues déshydratées sont transférées vers la benne de stockage par l'intermédiaire d'un seul tapis convoyeurs (fiche technique de STEP).

II.3.2.Lit de séchage

Après épaissement, les boues sont transférées vers les lits de séchage par une pompe. Les boues exposées à l'air libre subissent une double déshydratation : par percolation interstitielle (drainage) et évaporation. Au bout d'un temps qui peut être plus ou moins long (en fonction de la température et de l'humidité) (Fiche technique de STEP, 2022).



Fig.13: Lit de séchage

III.PROTOCOL DES ANALYSES PHYSICOCHEMIQUES**III.1. Phase eau**

Dans cette partie on va résumer les protocoles à suivre pour analyser les paramètres physicochimiques des eaux brutes et épurées de la station d'épuration des eaux usées par boue activée de la ville de Kaïs (wilaya de Khenchela) ainsi que les boues résiduaires.

Pour évaluer la qualité des eaux traitées et contrôler leur efficacité, et pour l'évaluation de la performance de la station d'épuration, nous avons effectué un ensemble d'analyses physicochimiques des eaux et des boues de la STEP durant les premier mois de l'année 2022.

III.1.1.Mesure du pH

La mesure est réalisée à l'aide pH mètre (d'un multi-paramètre de type HQ40D), muni d'une électrode préalablement étalonné avec des solutions tampon pH=4 puis pH= 7.

La méthode a consisté à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher, avec une agitation manuelle. Nous avons noté le pH Après stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre



Fig.14: Multi paramètre.

III.1.2.Mesure de La conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure est faite à l'aide d'une électrode de CE placée sur le multi-paramètre.

III.1.3.Mesure de la température

La température est déterminée en même temps que la conductivité électrique et le pH sur le cadran à l'aide d'une électrode de CE placée sur le multi-paramètre.

III.1.4.Mesure de l'oxygène dissout

L'oxygène dissout est un composé essentiel de l'eau car il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose.

III.1.5.Mesure des matières en suspension (M.E.S)

Pour la détermination des matières en suspension (M.E.S) nous avons utilisé un colorimètre de type DR 890.



Fig.15: Appareil de mesure des MES

III.1.6.Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO5 est mesurée par méthode manométrique. C'est la mesure de l'oxygène consommé en 5 jours (en mg/l) par un échantillon placé dans une enceinte thermostatée à 20°C et à l'obscurité après dilution appropriée avec une eau saturée en oxygène enrichie en sels minéraux etensemencée avec des germes microbiens.



Fig.16: La mesure de DBO5 dans 5 jours dans une armoire thermorégulatrice

La concentration en oxygène avant et après incubation est mesurée avec une sonde asymétrique. La méthode utilisée est celle de système de mesure Oxi Top. Ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs

III.1.7. Mesure de la demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée pour oxyder par voie chimique certaines matières oxydables contenues dans l'échantillon. La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium, $K_2Cr_2O_7$ dans une solution portée à ébullition, à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag^+ comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} permettant de complexer les ions chlorures (Norme NF T 90-10, équivalente ISO 6060) et les résultats sont obtenus par un colorimètre de type HACH DR890 .

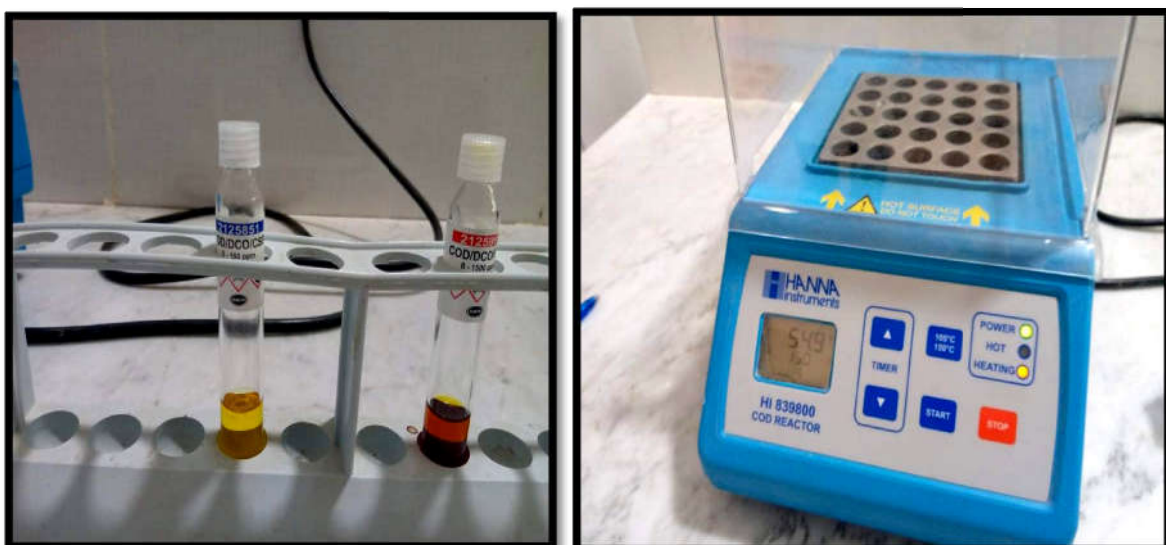


Fig.17: Appareils et solutions pour la mesure de la DCO

III.1.8.Mesure des nitrates NO_3

La méthode de la réduction au cadmium a été appliquée pour la gamme 0 à 30.0 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Le cadmium réduit les nitrates en nitrites. (Méthode colorimétrique en° 355 HACH).



Fig.18: La mesure du NO_3

III.1.9.Mesure des nitrites NO_2

Ils sont mesurés pour la gamme 0 à 0.3 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. (La méthode colorimétrique n°375 HACH). L'absorbance est mesurée à 507nm et la couleur résultante est rose.



Fig.19: La mesure de NO_2

III.1.10. Mesure du phosphore PO_4

Pour la détermination du phosphore réactif, le dosage a été réalisé selon la méthode colorimétrique n°490 HACH pour des teneurs comprises entre 0 et 2,5 mg /l, à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Les phosphores dans les eaux usées se trouvent uniquement sous forme de phosphate.

La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'orthophosphate (réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate). La coloration résultante est bleue et l'absorbance est mesurée à 890nm.



Fig.20: La mesure de PO_4

III.2. LA PHASE BOUE**III.2.1. Test de décantation D_{30} OU V_{30}**

Le V_{30} est le volume de la boue décantée dans 30 minutes, il est appliqué sur la boue activée (BA)

- Verser un volume de 1000 ml de la boue activée dans une éprouvette graduée,
- Lancer le chronomètre,
- Lire le volume occupé par la boue sur l'éprouvette après 30 minutes de décantation.



Fig.21:Test de décantation

III.2.2.Mesure de la matière volatile (MVS)

Le contrôle de ce paramètre permet de connaître la stabilité de la boue et son aptitude à divers traitement.

Le mode opératoire consiste à :

- Prélever des échantillons au niveau de lit de séchage
- peser les coupelles à vide (**P0**),
- peser les coupelles avec l'échantillon de boue (**P1**)
- puis mettre les échantillons de boue à l'étuve à $T^{\circ} = 105^{\circ} \text{C}$ pour un premier séchage
- laisser refroidir les coupelles, et peser (**P2**)
- Mettre dans un four de 550°C
- Laisser refroidir un bon moment et peser les coupelles une dernière fois(**P3**).



Fig.22:La hotte de 105°C



Fig.23:Four a Moufle de 550°C

La concentration des MVS est calculée selon la formule suivante :

$$MVS = ((P2-P3)/ (P2-Po)) *100$$

III.2.3.Mesure de la Siccité

La siccité est le pourcentage de MS par rapport au poids de boue humide, Calculé Selon la formule suivante:

$$Siccité\% = (P2- P0)/(P1-P0)) * 100$$

III.2.4.Mesure du pH

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre dans une solution composé 10 g de boue et 25 ml de l'eau distillée, cette solution a été agitée pendant 30 minutes, puis nous avons effectué la lecture avec le pH-mètre



Fig.24: L'agitation des boues pour la mesure de pH

III.2.5. Mesure de la Conductivité électrique :

La CE a été mesurée à l'aide d'un conductimètre dans une solution composée 10 g de boue et 50 ml de l'eau distillée, cette solution a été agitée durant 30 minutes, ensuite nous avons effectué la lecture avec un conductimètre.



Fig.25: Mesure de la CE de la boue avec un conductimètre.

III.2.6. Mesure de la matière organique

La matière organique (MO) a été estimée par le dosage du carbone organique en utilisant la méthode de Walkley-black qui se base sur l'oxydation à froid du carbone par le bichromate de potassium en milieu acide. La matière organique est calculée selon la relation suivante : $MO\% = 1.75 * C\%$.



Fig.26: La mesure de la MO de la boue

III.2.7.Mesure de phosphore

Le phosphore assimilable (P_2O_5) a été analysé en utilisant la méthode de Joret-Hébert qui consiste à extraire le phosphore par l'oxalate d'ammonium par agitation pendant 2 heures, le rapport boue / solution d'oxalate est égal à 1/25. Le dosage est basé sur la formation et la réduction d'un complexe d'acide phosphorique et d'acide molybdique.

III.2.8.Mesure de calcaire

Le calcaire total ($CaCO_3$ T) a été mesuré en utilisant un Calcimètre de Bernard. Cette méthode consiste à faire attaquer un poids connu de la boue par l'acide chlorhydrique dilué (1/3) et ensuite mesuré le volume de gaz carbonique dégagé

Résultats
Et discussion

I. VARIATIONS DES ELEMENTS PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX DE LA STEP

I.1.Variation du pH

Selon les résultats indiqués sur la figure (27), les valeurs du pH mesurées à l'entrée de la STEP, varient entre 8.18 et 8.80 avec une moyenne de 8,50

Concernant les eaux à la sortie de la STEP, les valeurs enregistrées varient entre 7.79 et 8.30 avec une moyenne de 8,04.

Ces valeurs sont situées dans la bonne gamme d'activités microbienne, elles sont très proche de la norme (6,5-8,5) parfaitement en accord avec les normes algériennes des rejets vers la nature et pour des usages agricoles

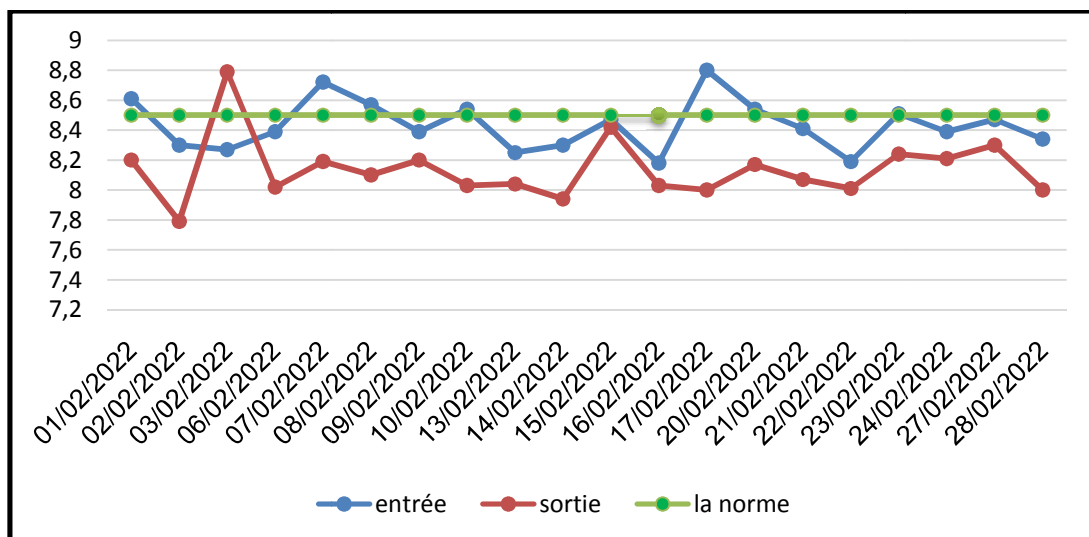


Fig.27: Variation du pH des eaux brutes et épurées de la STEP de kaïa (2022)

I.2.Variation de la CE:

D'après les résultats obtenus (Figure, 28), les valeurs de la conductivité électrique se situent dans un intervalle de 1,2 à 1,4 mS/cm à l'entrée avec une moyenne de 1,3 mS/cm et de 0,9 à 1,1 mS/cm, enregistrées à la sortie, avec une moyenne de 1 mS/cm.

Donc ces valeurs sont pratiquement inférieures à la norme de l'OMS (2 mS/cm). Une conductivité électrique inférieure à 2 mS/cm fait considérer que l'eau est utilisable dans les zones irriguées (ne pose pas un problème de salinité pour les cultures et les sols).

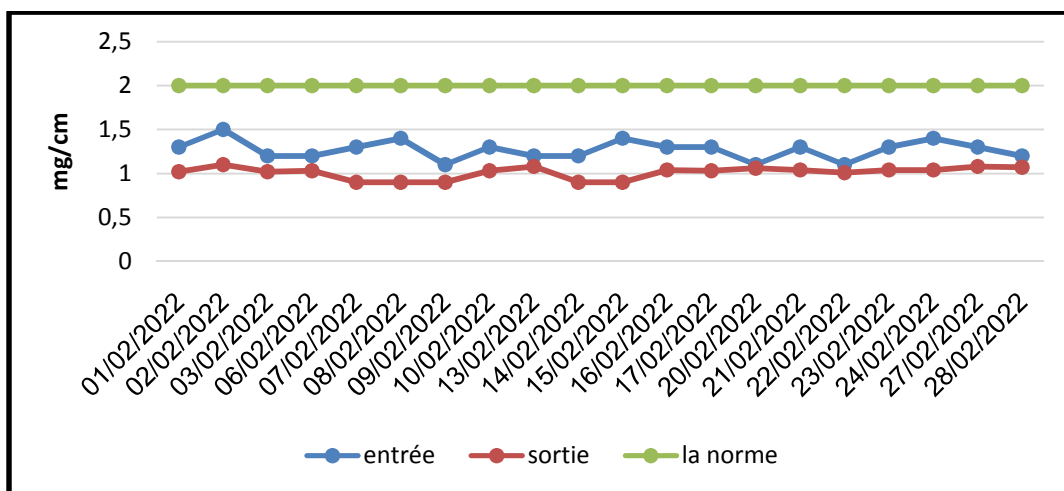


Fig.28: Variation de la CE des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2022).

I.3.Variation des températures

D’après les résultats obtenus(Figure,29), les valeurs de la température à l’entrée de la STEP se situent dans un intervalle qui va d’un minimum de 1°C à un maximum de 14 °C (une moyenne de 07,50 °C), des valeurs varient entre un maximum de 14 °C et un minimum de 1 °C avec une moyenne de 07,50 °C à la sortie.

Les valeurs de la température relevées de la STEP sont inférieures à 30°C(normes OMS et JORA), et sont donc conformes à la norme, ce qui permet aux populations bactériennes de type mésophile de se développé, et favoriser la dégradation de la pollution organique en conséquence.

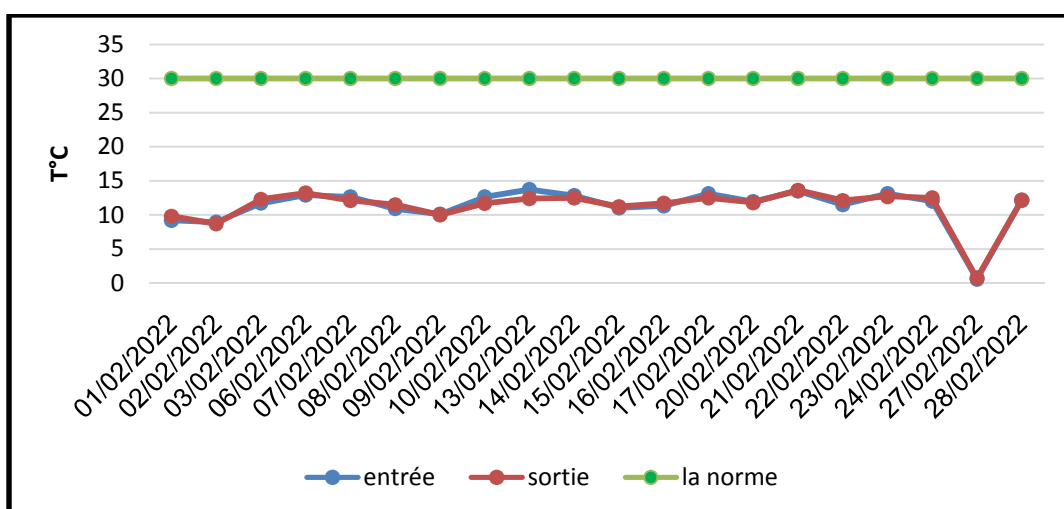


Fig.29:Variation de la température des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2022)

II.4.Variation d’oxygène dissout

D’après la courbe de variation d’oxygène dissout, la concentration à l’entrée de la STEP est supérieure à celle de la sortie de la STEP, cela confirme la haute charge de la matière polluante des eaux brutes par rapport aux eaux épurées.

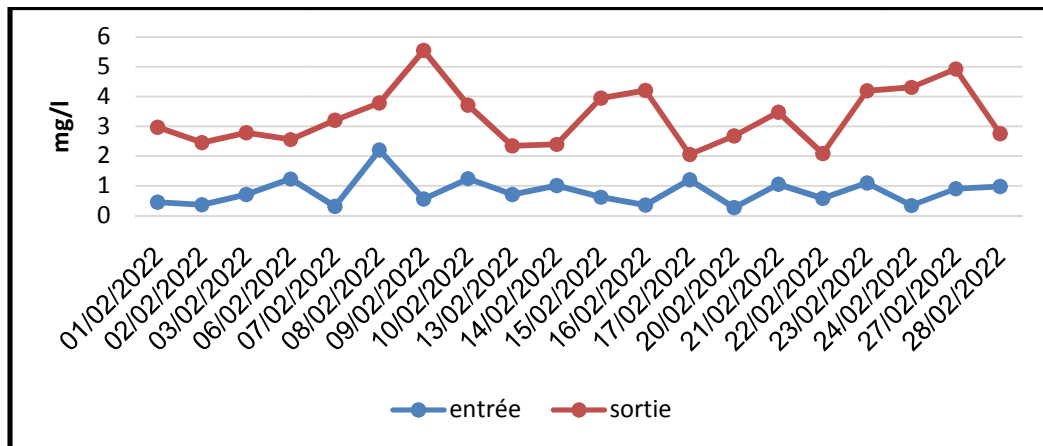


Fig.30: Variation de l’O₂ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2022).

	Concentration en O ₂	Impact sur les poissons
Seuil sensible hypoxie	plus de 5 mg/l	Absence d'effets à long terme. Passage de l'ensemble des espèces migratrices
	de 4 à 5 mg/l	Salmonidés : migration incertaine, croissance altérée
Seuil critique	de 3 à 4 mg/l	
Seuil létal	de 2 à 3 mg/l	Survie des juvéniles incertaine. Croissance et fécondité altérées. Arrêt ou retard du développement embryonnaire. Migration impossible pour beaucoup d'amphihalins. Mortalité des salmonidés
	de 1 à 2 mg/l	Mortalité pour la plupart des espèces
	moins de 1 mg/l	Milieu azoïque

Fig.31: Impact de la concentration en oxygène dissout sur les espèces aquatiques

II.5.Variation des matières en suspension

Les valeurs des MES à l’entrée varient entre 240 et 510 mg/l. A la sortie, on enregistre des valeurs des MES généralement en accord avec les normes (un maximum de 30 mg/l, la valeur moyenne des MES des eaux épurées est de l’ordre de 13.7 mg/l) cette valeur est inférieure à 30 mg/l qui est la valeur exigée par le JORA qui cite les normes fixées sur la REUE à l’irrigation, mais elle est supérieure à celle de l’OMS (10 mg/l).

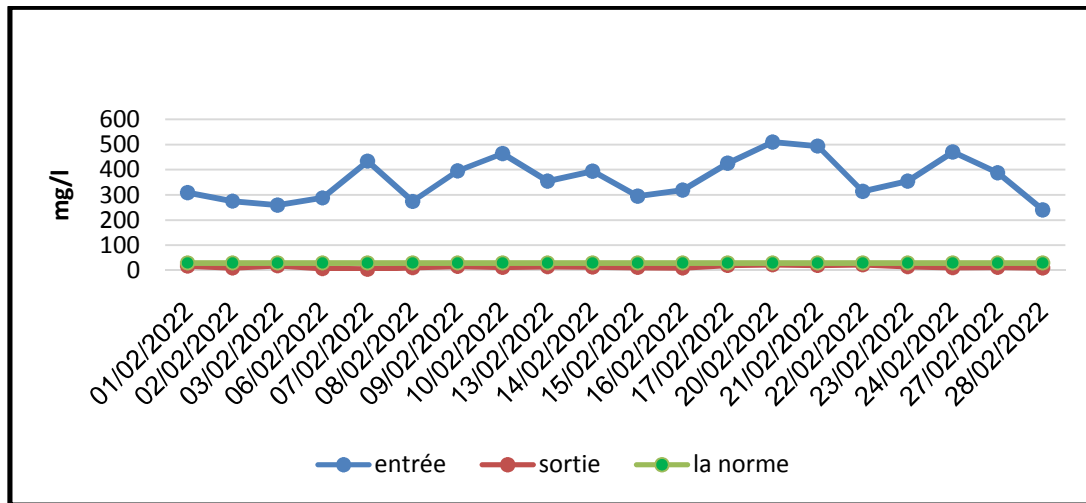


Fig.32: Variation du MES des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2021).

II.6.Variation de la DBO₅

En se référant aux résultats présentés sur la Figure 33 qui représente les variations de la DBO₅ de l'eau brute et de l'eau traitée, notons que l'eau brute à l'entrée de la station présente une DBO₅ qui varie entre 200 mg/l et 300 mg/l avec une moyenne de 250 mg/l.

Par contre à la sortie de la STEP, ces valeurs sont en baisse et en faisant varier entre 9mg/l et 17 mg/l avec une moyenne de 13 mg/l, ces valeurs sont pratiquement constantes et restent très au-dessous de la norme de rejet des effluents liquides (< 35 mg/l).

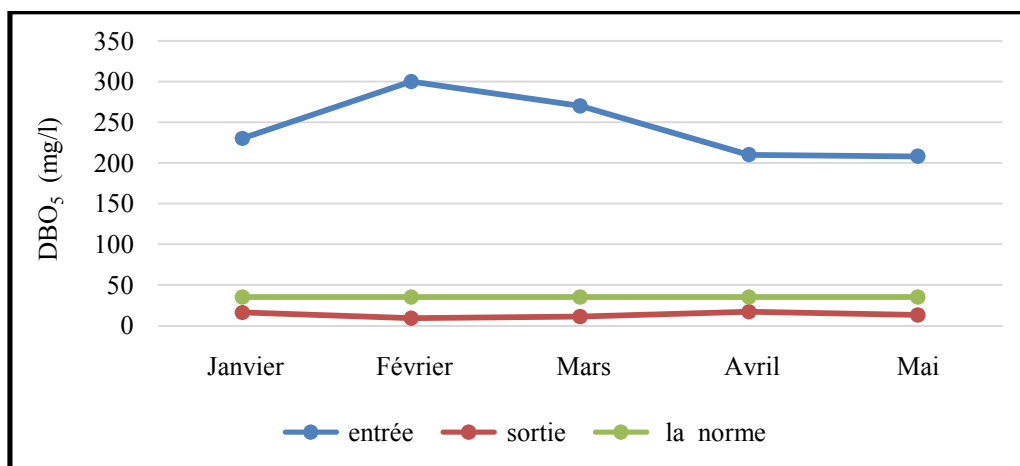


Fig.33: Variation de la DBO₅ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2022)

II.7.Variation de la DCO

On remarque que les valeurs de la DCO de l'eau brute oscillent entre 623 mg/l et 1202.02 mg/l avec une moyenne de 808.404 mg/l (Figure.34).

Concernant l'effluent traité, ces valeurs varient entre un minimum de 54 mg/l et un maximum de 139.57 mg/l avec une moyenne 84.314, elles sont inférieures à la norme de rejet (<100 mg/l).

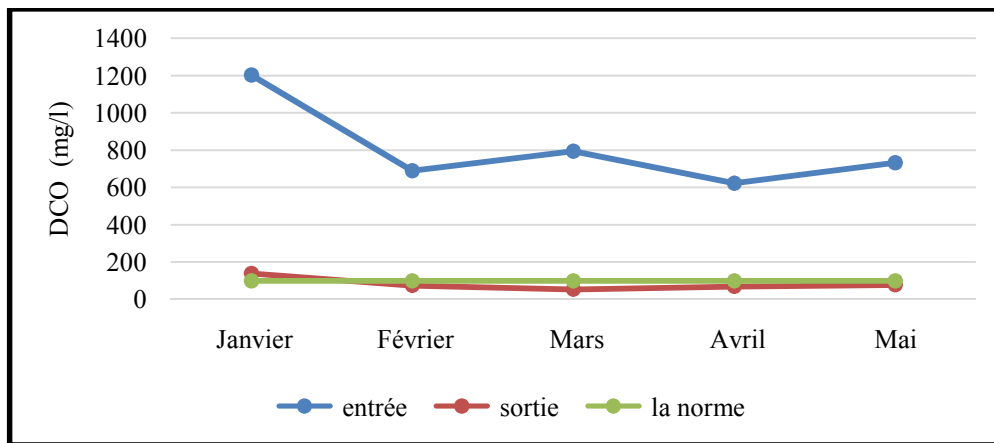


Fig.34: Variation de la DCO des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2022)

I.8.Variation de NO₃

A l'entrée de la STEP, pour les cinq mois d'observation, des valeurs non inquiétantes varient entre 1 et 3,5 mg/l (ne dépassent pas la norme admissible). Pour les valeurs des nitrates à la sortie de la STEP, restent inférieures aux normes admissibles et varient entre 0,2 et 0,6 mg/l.

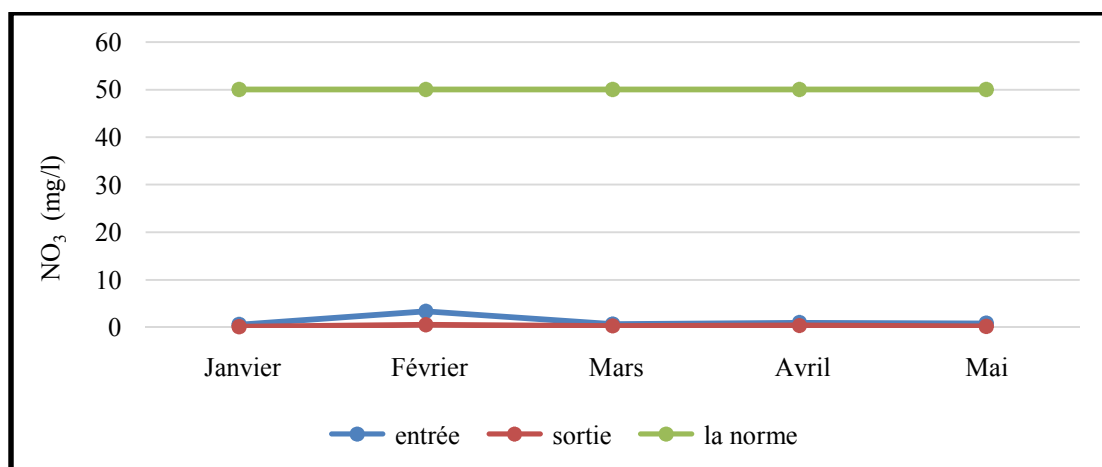


Fig.35: Variation des NO₃ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2022)

I.9.Variation des nitrites

Après l'analyse des résultats, on remarque que les teneurs en nitrites des eaux traitées sont très faibles, situées entre 0,15 mg/l et 0,9 mg/l pour les eaux brutes. Ceci est fonction de la qualité des eaux usées.

Les valeurs enregistrées après traitement varient de 0.1 mg/l à 0.58 mg/l. Cependant, la moyenne de la concentration en nitrites au cours de suivi (0.29 mg/l) est inférieure aux normes de rejets (1 mg/l).

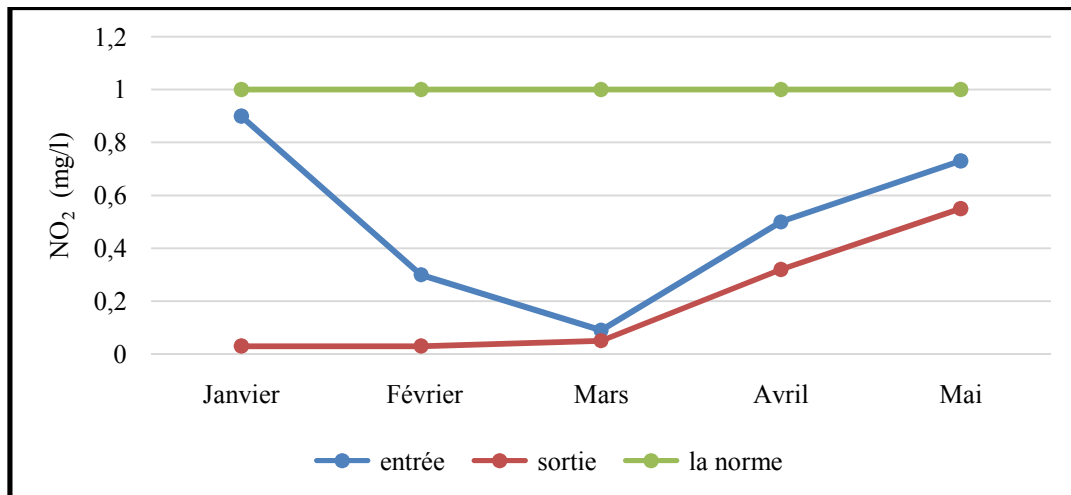


Fig.36 : Variation des NO_2 des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2022)

I.10.Variation des PO_4

D'après les résultats obtenus, les valeurs du phosphore varient d'un minimum de 10 mg/l à un maximum de 27 mg/l au niveau des eaux épurées (Figure37.). La teneur moyenne en phosphore des eaux traitées est de 7,5 mg/l.

Toutes les valeurs sont supérieures aux normes de rejet dans le milieu récepteur cela peut s'expliquer par une déphosphatation qui n'est pas complète dans le bassin d'aération.

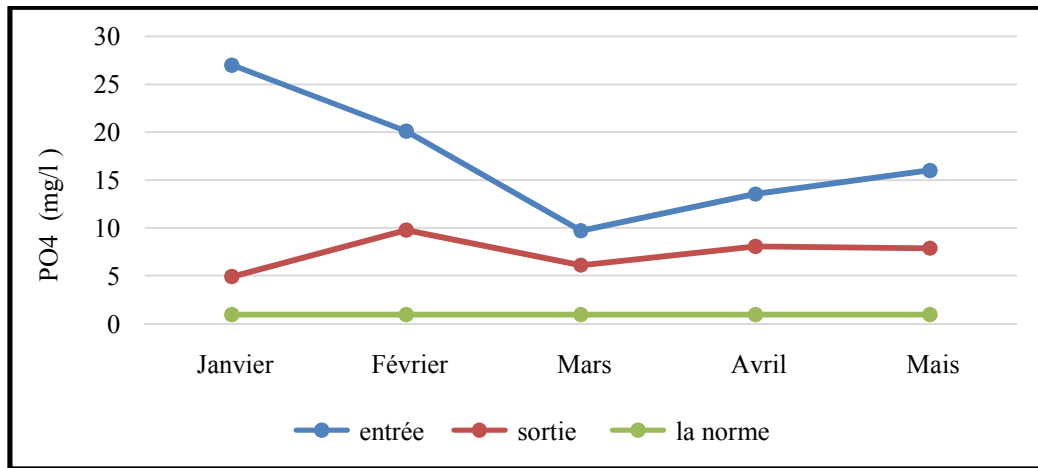


Fig.37 :Variation du PO₄des eaux brutes et épurées de la STEP de Kaïs (2022)

I.11. Calcul de l'efficacité de traitement

I.11.Taux d'abattement de pollution des stations d'épuration de ville de Kaïs

- Pour l'élimination des MES, un taux d'abattement de l'ordre de **92,26 %**,
- Le taux d'abattement pour la DBO₅ et de l'ordre de **89.16 %**,
- Pour la DCO, le taux d'abattement est de (**82,13 %**),
- L'élimination de NO₂ dépasse **46,46 %**,
- L'élimination de NO₃ dépasse **85%**,
- L'élimination de PO₄ dépasse **60,81%**.

III.VARIATIONS DES ELEMENTS PHYSICOCIMIQUES DES BOUES DE LA STEP

III.1. Le pH

D'après le résultat du pH obtenu, on constate que la boue de la station d'épuration de la ville de Kaïs est neutre (pH=7,1 avec une norme varie de 6 à 12).

Notre valeur qui se situe entre la gamme optimale du pH qui est pour la plupart des plants se situe entre 5,5 et 7,5.

III.2. La conductivité électrique (CE)

D'après le résultat obtenu de la CE des boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Kaïs qui ont une valeur de 1,8 mS/cm (légèrement élevée) et dépasse les normes (0.5 à 1.25 mS/cm),

Bien que la valeur de CE est légèrement supérieure aux normes, elle ne pose pas des risques importants pour le sol, c.à.d. que ces boues peuvent être utilisées pour la valorisation agricole mais la salinité doit être contrôlée pour ne pas provoquer des problèmes pour la structure des sols ou bien pour le rendement agricole.

III.4. Le calcaire CaCO₃

Selon le résultat d'analyse obtenu de CaCO₃, on remarque que les boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Kaïs ont un taux de calcaire total égale à 2.68%. Cette valeur correspond avec les normes (0.5 à 5 %)

La présence du calcaire dans le sol provoque en effet chez des nombreuses espèces résineuses des difficultés de croissance accompagnées de troubles physiologiques. Seules, en effet, les espèces tolérantes au calcaire peuvent être utilisées, et ce n'est pas le cas pour les boues de la STEP de Kaïs (Utilisation est en toute sécurité dans le domaine agricole).

III.5. La matière organique (MO)

D'après le résultat obtenu, on constate que la boue de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Kaïs est très riche en matière organique (20.64 %) ce qui permet de la classer comme amendement organique.

L'augmentation de taux de matière organique dans les boues sèches de la station d'épuration de la STEP de Kaïs (6%) peut s'expliquer par la nature des rejets (rejets domestiques riche en matières organique azotée et phosphorée).*

III.6. La décantation de la boue activée (V_{30})

Le résultat de la décantation de la boue activée pendant 30 min indique que le D_{30} égal 225 ml, cette valeur correspond avec les normes admissibles (300 ml).

Le V_{30} est le paramètre encore le plus fréquemment employé aujourd'hui pour caractériser la capacité de compaction naturelle d'une boue.

III.7. Les matières volatiles sèches (MVS)

La détermination des MVS permet d'évaluer la quantité de matière organique et de suivre la stabilisation des boues.

Selon les résultats d'analyse obtenus, le taux des MVS des boues de STEP de Kaïs est de l'ordre de 71.92 %, cette valeur correspond avec les normes admissibles (70 à 80 %). L'utilisation des boues étudiées sur un sol agricole, ne peut pas entraîner des effets indésirables sur la solution, la structure du sol et le rendement agricole.

III.8. Le P_2O_5

D'après le résultat du P_2O_5 obtenu, les boues de station d'épuration des eaux usées de Kaïs ont un taux de phosphore de l'ordre de 218.8 ppm cette valeur correspond avec les normes (280.8 ppm).

Par conséquent, l'utilisation de ces boues dans le domaine agricole pour enrichir le sol en matière organique est nécessaire au lieu d'utiliser des produits chimiques pour fertiliser le sol afin d'éviter qu'il n'endommage la structure, la composition chimique du sol et le type des cultures (rendement agricole).

Tableau.04: Tableau récapitulatif des paramètres physicochimiques des boues
(Laboratoire de la STEP de Kaïs et Laboratoire El Hamma, 2022)

Paramètres	Valeurs
V_{30}	225ml
MVS	71.92%
Siccité	51.50%
pH	7.16
CE	1.8mS/cm
P_2O_5	218.8 ppm
MO	20.64%
C	12%
$CaCO_3$	2.68%

VI. VALORISATION ET DESTINATION DES BOUES DE LA STEP DE KAÏS

Après avoir subi les différents traitements, les boues doivent être valorisées sans nuire à l'environnement. Les principales voies d'éliminations ou de gestion des boues résiduaire sont la mise en décharge, l'incinération et l'épandage agricole.

L'épandage de boues de station d'épuration en agriculture est une pratique largement répandue dans le monde. Tel qu'il est pratiqué actuellement, il s'inscrit dans la longue histoire des techniques d'épuration des eaux usées et de valorisation agricole des résidus produits.

Cette pratique constitue une solution particulièrement favorable à l'environnement, car elle offre l'opportunité de recycler la matière organique nécessaire au sol. De plus, les boues représentent un fertilisant peu onéreux, qui permet à l'agriculteur de réduire ses charges en engrais fertilisants classiques (O.T.V., 1997).

L'aspect positif de l'utilisation agricole des boues résiduaire a été démontré par plusieurs recherches effectuées au Canada, en France. Ces recherches ont confirmé les impacts favorables des boues résiduaire sur la fertilité chimique, biologique et physique des différents types de sol et sur les rendements des cultures (maïs, vigne, blé, fourrage, maraichage, sylviculture). Pour Maîtriser les méthodes d'épandage, il faut respecter les procédures suivantes :

VI.1. La quantité de boues épandues

La quantité de boues épandues est quant à elle calculée en fonction de la fertilité des sols, des besoins nutritionnels des plantes, notamment en phosphore et en azote, et en tenant compte des autres produits épandus. Cette quantité ne doit pas dépasser la capacité d'absorption des plantes, notamment dans les zones sensibles aux nitrates d'origine agricole.

VI.2. Les conditions techniques d'épandage

Elles sont strictement définies de manière à éviter toute accumulation de substances toxiques dans les sols et à protéger les ressources en eau superficielles et souterraines.

VI.3. Les périodes d'épandage

Se résume à deux périodes de un à deux mois au cours d'une année et l'épandage est interdit durant les périodes où le sol est gelé ou abondamment enneigé et pendant les périodes de forte pluviosité. Après épandage sur prairie ou culture fourragère, une période de six semaines doit être respectée avant la remise à l'herbe des animaux ou avant la récolte.

Ce délai s'élève à dix-huit mois avant la récolte pour les cultures maraîchères ou fruitières. L'épandage est interdit pendant la période de végétation pour ces deux types de cultures (Hartani , 2004).

VI.4.Des distances minimales par rapport aux ressources en eaux et au voisinage

Doivent être respectées. Les boues sont épandues à au moins 35 mètres de captages d'eau, d'aqueducs et de réservoirs enterrés d'eau potable. La même distance est requise vis-à-vis des berges des cours d'eau et des plans d'eau. Une distance de 100 mètres par rapport aux immeubles habités et aux zones de loisirs doit être respectée.

VI.5.Le stockage des boues

Ne doit pas engendrer de risques de pollution des sols ou de l'eau. Les boues ne pouvant être épandues que durant certaines périodes de l'année, elles doivent être stockées le reste du temps. La durée de stockage varie en général entre 4 et 9 mois (cas le plus fréquent). Ce stockage fait lui aussi l'objet d'une réglementation précise. Il est notamment conçu pour recueillir les jus afin d'éviter leur dispersion dans l'environnement.

Pour la STEP de Kaïs, la qualité des boues d'après les résultats d'analyses est bonne et peuvent être utilisés en domaine agricole pour enrichir le sol en matière organique au lieu d'utiliser des produits chimiques pour fertiliser le sol afin d'éviter qu'il n'endommage la structure, la composition chimique du sol et la qualité des cultures (rendement agricole).

Cette valorisation est en tout sécurité et ne pose aucun problème que se soit sur la structure des sols ou bien sur la qualité des eaux de surfaces et souterraines.

Si les quantités des boues sont énormes, on peut les stockées avec précautions pour ne pas provoquer des problèmes pour l'environnement et la santé humaine.

***Conclusion
générale***

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Grâce à cette étude préliminaire, les résultats des analyses des eaux et des boues retenues de la station d'épuration de la ville de Kaïs fournissent certaines qualités et caractéristiques qui permettent leur valorisation en domaine agricole. Les résultats obtenus ont montré que pour les eaux traitées :

- Pour l'élimination des MES, un taux d'abattement de l'ordre de **92,26 %**,
- Le taux d'abattement pour la DBO₅ est de l'ordre de **89.16 %**,
- Pour la DCO, le taux d'abattement est de **(82,13 %)**,
- L'élimination de NO₂ dépasse **46,46 %**,
- L'élimination de NO₃ dépasse **85%**,
- L'élimination de PO₄ dépasse **60,81%**.

Pour les boues traitées :

- Le pH de boue est équivalent, L'utilisation des boues étudiées dans le domaine agricole est possible car elles ne peuvent pas entraîner des effets sur l'acidité ou l'alcalinité du sol et par conséquent les formes chimiques des différents nutriments, leurs disponibilités et en influençant les réactions chimiques.
- Le taux (CaCO₃) est très faible correspond avec les normes ;
- Le taux de matière volatile sèche correspond avec les des normes;
- Le taux de matière organique élevée ce qui permet de le classer comme amendement organique. Les boues peuvent être recommandées lorsque la conformité aux normes relatives aux métaux lourds et l'analyse du sol sont vérifiées. Il s'agit d'un critère fondamental pour choisir d'utiliser différentes boues.

Les données de l'ONA confirment que les valeurs enregistrées des eaux et des boues traitées de la STEP étudiée sont bien inférieures aux normes. Il est nécessaire de guider les chercheurs sur les moyens efficaces de réduire les facteurs considérés comme contaminants et toxiques, tels que les métaux lourds, les polluants organiques et les micro-organismes pathogènes.

Il convient de noter que les eaux la STEP de la ville de Kaïs peut être utilisé pour l'irrigation et les boues sont considérées comme des amendements organiques et que leur récupération est très importante, car elle confère un avantage supplémentaire à la production agricole.

*Références
bibliographiques.*

Références bibliographique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aba A R., (2012) Elimination des métaux lourds (Cd, Pb, Cr, Zn et As) des eaux industrielles par le procédé d'infiltration percolation. Thèse doctorat, université ibn Zohr, Agadir. 149 pp.

Addou A., (2009) Traitement des déchets, valorisation, élimination, éditions ellipses. 284 pp.

Amossé J., (2014) La faune du sol comme indicateur de la qualité des sols urbains Étude des communautés de vers de terre, d'enchytréides et de nématodes et de leurs relations avec des sols d'âges différents. THÈSE de doctorat, Université de Neuchâtel, 237 pp.

Alain D., (2002) Guide de traitement des déchets, 2ème édition, Paris année 2002-2003

Amadou H., (2007) Modélisation du séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbaine. Thèses de doctorat, Université Louis Pasteur. 170 pp.

Amir, S. (2005) Contribution à la valorisation de boues de stations and water conservation

Amorce., (2012) Gestion des boues de stations d'épuration, Co-traitement avec les déchets ménagers, DT 52, France.

Antonini G., (2000) Les procédés de valorisation thermique des boues, Actes du colloque les boues. Quels enjeux ? Quelle solution ?, Pau, France. P: 250.

Association Française pour l'Etude des Eaux (AFEE). (1974). Utilisation agricole des boues d'origine urbaine 107pp.

Bascoul V., Chaumonyet O., (2000) Epannage sylvicole des boues de station d'épuration. Experience pratique du SIVOM du pays des Maures et du pays des Maures et du Golfe de Saint-Tropez. Forêt méditerranéenne t,XXI, n°3 .pp374-380

Baumont S ., Camard JP., Le franc A., Franconi A.,(2005) Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, France.

Benelmouaz, A. (2015) Performances épuratoires des eaux usées d'une station d'épuration de Maghnia », Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master En Hydraulique, université Abou Bekr Belkaid, Algérie. 103pp.

Références bibliographique

Benfedda N., Bouguettaya M., (2017) Effet de l'épandage des boues résiduaires urbaines sur la conductivité électrique et le pH d'un sol alluvial (cas de l'orangerie de Boukhalfa)

Benterrouche I., (2007) Réponses écophysiologicals d'essences forestières urbaines soumises à une fertilisation avec les boues d'épuration. Mémoire magister. Université de Constantine 158pp.

Boeglin J-C., (2000) Traitement et destination final des boues résiduaires.

Brahmi R., Madoui H., (2019) Evaluation de la performance d'une station d'épuration des eaux usées. Cas de la STEP d'Ain El-Beida (Wilaya D'Oum Bouaghi, Nord Est Algérien). Mémoire de master, université de Khenchela. 122 pp.

Cadillon M., Lancar L., Lacassin J-C., (2000). Le comportement des espèces forestières dans les sols amendés avec de forts tonnages de boues d'épuration. Forêt méditerranéenne t.XXI, n° 3, 381-386pp.

Charlou Ch., (2014). Caractérisation et modélisation de l'écoulement de boues résiduaires dans un sécheur à palettes. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.

Chossat J-C., (2000). Utilisation des boues de station d'épuration sous forêt de pins en Aquitaine. XXI, n° 3, 391-394pp

Chouial M., (2017). Performances et limites d'utilisation des boues des stations d'épuration pour l'élevage des plants forestiers en pépinière : Cas du pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) Performance and Revue Agriculture vol. 8 n°1 55 – 67, Université Ferhat Abbas Sétif limits of use of sewage sludge for seedlings production: case of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.)

Couillard C., (1986). Etude de quelques indices de croissance de *Larix laricina* fertilisés par des boues anaérobies. Pub.div.selper LTD, pp 191-206.

Dafri A., (2008). Biodégradation des crésols par le microbiote des eaux usées de la ville de Constantine. Mémoire de Magister N°308 ; en microbiologie appliquée, Université Mentouri Constantine, Faculté de la science de la nature et de la vie, 60 pp.

De Bertoldi M., Vallini G., Pera A., (1983). The biology of composting: a review. Waste. Mngmt Res. 1, 157-176

Degrement., (1989) Mémento technique de l'eau, édition technique et documentation Lavoisier, Paris

Références bibliographique

Duchene P., (1990). Les systèmes de traitement des boues des stations d'épuration de petites collectivités. N° 09 p 8-9.

Dudkow S., (2001). L'épandage agricole des boues de STEP.

Duguet J-P., (2006). Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1 ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Environnement) 474 pp.

Eckenfelder W., (1989). Industrial water pollution control. And ed. McGraw Hill Book Co. P: 400.

El Addouli J., Chahlaoui A., Berrahou A., Chafi, A. ; Ennabili A., et Karrouch L., (2009a) Influence de rejets d'eaux usées sur les qualités physicochimique et bactériologique d'eaux utilisées en irrigation, déchets, Revue francophone d'écologie industrielle, 56 (4): 23-28.

El Addouli, J., Chahlaoui A., Berrahou A., Chafi A., Ennabili A., et Karrouch L., (2009) Influence des eaux usées utilisées en irrigation sur la qualité des eaux de l'oued Bouishak – Région de Meknès (centre sud du Maroc), Rev. Microbiol. Ind. San. et Environn., 3 (1): 56-75.

El Hachemi O., (2012). Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (oasis de figuig): performances épuratoires et aspect hytoplanctonique, Thèse Doctorat de Université Mohammed Premier Oujda. 102P.

Faby J-A., Brissaud F., (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau. 76p.

Favreau G., (2011). Traitement et valorisation des boues de station d'épuration.

Fayoux C., (1995). Valorisation des boues et déchets: les approches européennes. Séminaire des 8-9 juin 1995 -2- les législations concernant le traitement et l'élimination des boues.

Filali S-E., (2019). Evaluation des teneurs en phosphore et en potassium assimilables des boues urbaines pour l'amendement des sols agricoles de Tizi Ouzou.

Fouad, S. ; Hebabaze. S. ; Moutayeb, Z. ; Cohen, N. et Claida, M. (2012) Influence des eaux usées de Mediouna (Nord- Est de Casablanca) sur la qualité des eaux de l'oued Hassar, 2ème Colloque International sur la Gestion et la Préservation des Ressources en Eau, Les 10, 11 et 12 Mai 2012, Meknès.

Références bibliographique

Franck R., (2002). Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scéren CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239

Hartani T., (2004). La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie, Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée Rabat

Igoud S., (2001). Valorisation des boues résiduaires issues des stations d'épuration urbaines par leur épandage dans les plantations forestières. Revue des énergies Renouvelables : Production et valorisation - Biomasse, 2001, 69-74

Jamonte B., (2010). Le traitement des boues de station d'épuration centre de formation et de documentation sur l'environnement

Jarde E., (2002) Composition organique des boues résiduaires des stations d'épuration Lorraines :Caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation. Thèse Doc., Univ. Nancy I, 271 pp.

Jarde E., Mansuy L., Faure P., (2003). Characterization of the macromolecular organic content of sewage sludges by thermally assisted hydrolysis and methylation-gas chromatography-mass spectrometer (THM-GC/MS). J. Anal. Appl. Pyrol., 68-69, 331-350pp.

Halimi S., (2018) Caractérisation et traitement des rejets liquides. <http://tele-ens.univ-khenchela.dz/moodle/course/view.php?id=3468>

Kiemnec G L., HemphiLL D., Hickey M., Jackson T L., Volk V., (1990). Sweet corn yield and tissue metal concentration after seven years of sewage sludge applications. J. Prod. Agric., 3: 232-237pp.

Koller E., (2004) : Traitement des pollutions industrielles : Eau, Déchet, Sol, Boues, 2eme édition, Edition DUNOD, France.

Koller E., (2009). Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues». Technique et ingénierie, Série environnement et sécurité ; 2ème édition DUNOD. p: 569.

Laala M., Hafsi M., (2016). Effet de quelques substrats sur la production des plants forestiers : cas du cyprès. Revue Agriculture. Université Ferhat Abbas Sétif 1 Numéro spécial 1, 62-69pp

Ladjel F., Abbou S., (2014). L'Office Nationale d'Assainissement (ONA), Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie.

Références bibliographique

- Looser M. O., Parriaux A., Bensimon M.,(1999)**Landfill Underground Pollution Detection And Characterization Using Inorganic Traces. *Water Research*, 33(17), 3609-3616.
- Mahma Sa., (1995).** Caractérisation Physico –Chimique Des Boues De Station D'épuration De Touggourt : Intérêt Agricole Thèse D'ingénieur, Itas, Ouargla .65p
- Martinen S K., Kettunen R H., Rintala J A.,(2003).**Occurrence And Removal Of Organic Pollutants In Sewages And Landfill Leachates. *The Science Of The Total Environment*, 301, 1-12
- Mathian R., (1986).** Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaines. I. R.C.H.A, documents techniques .
- Mazouni ., et Ramdani A.,(2017).**traitement et valorisation des boues de station d'épuration d'Oued D'Hous. La vile de Bouira
- Mcconnel D B., Shiralipou R A ., Smith W H., (1993).** Compost application improves soil properties. *Biocycle*, 4: 61-67 pp
- Merciecca M., (1984).** Hygiène et sécurité du travail dans les stations d'épuration. 84 pp.
- Morel J L., (1977).** Contribution à l'étude de l'évolution des boues résiduares dans le sol. Thèse de Docteur Ingénieur, Université de Nancy 1, France, p 117
- Nelson D W., et Sommers, L E., (1996)** Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: Sparks, D.L., et al., Eds., *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI, 961-1010.
- OIE,(2001).** Office International de l'Eau.
- O.M.S. (2012).** l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagère. volume ii utilisation des eaux usées en agriculture.254Pp
- ONA ,(2018) .** Office nationale d'assainissement. Algérie.
- Oukci , N.(2015).** Traitement et analyse des eaux domestique. Rapport de stage. Alger.
- Ozores-Hampton M., Hanlon E., Bryan H et Schaffer B., (1997).** Cadmium, copper,lead, nickel and zinc concentration in tomato and squash grown in MSW compost-amended calcareous soil. *Compos. Sci. Util.*, 5 : 40-45 pp
- Polan P., Gagnon J Et Jones J P., (1993).** L'utilisation du compost de boues de stations d'épuration des eaux comme substrat de culture pour la production des plants forestiers en récipients. *Canadian Journal of civil engineering* 20 : 518-527pp

Références bibliographique

Ramdani N., (2007). Magister science de l'environnement et climatologie contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaire. Effet sur la fertilité d'un sol sableux.

Rejsek F., (2002). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. Sciences et techniques de l'environnement. 360p.

Richarde C., (1996). les eaux ; les bactéries ; les hommes et les animaux ; Edition Elsevier; Paris, 138 pp.

Ripert C., (2000) Utilisation de compost d'ordures ménagères en reboisements méditerranéennes. Forêt méditerranéennes. T, XXI, N°3, 374-380 pp

Rodier J., (2009). Analyse de l'eau, 9 ème édition DUNOD. p: 1600.

Roula S., (2005). Caractérisation physico-chimique et valorisation des boues résiduaires urbaines pour la confection de substrats de cultures en pépinière hors-sol. Thèse. Magistère. Dpt. Agro. Batna.115 pp.

Saggai M., Seridi R., et Meza., N., (2004) Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mémoire Magister. Université Ouargla.64pp

Sahnoun.,A Y (2019).contribution à la valorisation des boues des stations d'épuration des eaux usées.

Salghi R., (2001) Différentes filières de traitement des eaux, Univ de Rabat, 22 pp.

Sbih M ., (1990).Etude de la biodégradation des boues résiduaires de station d'épuration: effet pour la biodisponibilité du phosphore pour le végétal. Mémoire DAA.INAPG et INRA Grignon .39p

Slimani K., (2007). Suivi d'une boue dans une station dépuratoin des eaux usées urbaine. Universities. M. B. Boumerdas. P: 123.

Tauzin C., et Juste C., (1986). Effet de l'application à long terme de diverses matières fertilisantes sur l'enrichissement en métaux lourds des parcelles. Rapport du contrat 4084/93 ministère de l'environnement. p: 158.

Verdyb., 1975. L'analyse écologique des boues activées. SGETEC

Zeghdani Z .,Allaoui A., (2016) Aptitude des eaux épurées de la STEP de Khenchela à l'irrigation. Université Abbès Laghrour Khenchela. 12pp.

Zraibi L., Chaabane K., Berrichi A., Sbaa M., Badaoui M., Zarhloule Y., et Georgiadis M., (2015). Evaluation de la valeur agronomique du compost des boues

Références bibliographique

de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Nador. J. Mater. Environ. Sci. 6 (10). ISSN : 2028-2508. 2975-2985 pp.

Résumé

Cette étude est basée sur la détermination des propriétés physiques et chimiques des eaux et des boues résiduelles issues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Kaïs (wilaya de Khenchela, Nord Est Algérien).

L'objectif est de déterminer dans quelle mesure ces boues peuvent être utilisées dans d'autres domaines tels que l'agriculture. Nous avons traité les boues, puis effectué des analyses physiques et chimiques, en comparant les résultats aux normes des rejets (OMS et normes Algériennes).

Les résultats d'analyses des boues produites par la station de Kaïs ont montré que ces dernières sont de bonne qualité et conformes avec les normes admissibles des rejets donc elles peuvent être utilisées dans la valorisation agricole, elles ne causent aucun dommage au sol, au contraire, elles augmentent sa fertilité et par conséquent augmentation du rendement agricole sans utilisation des produits phytosanitaires chimiques et peuvent être stockées si nécessaire

Mots clés : station d'épuration, boues résiduelles, valorisation agricole, Kaïs.

Résumé

Abstract

The physical and chemical parameters of water and residual sludge from the Kaïs municipal wastewater treatment plant were determined for this investigation (Khenchela, North East Algeria).

The goal of this study is to see if this sludge can be used in other fields, such as agriculture. After treating, we conducted physical and chemical investigations, comparing the results to discharge standards (WHO and Algerian standards).

The analyses of the sludge produced by the kaïs station have revealed that it is of good quality and meets acceptable discharge standards, allowing it to be used in agricultural recovery. They do not harm the soil, but rather increase its fertility, increasing agricultural yield without the use of chemical phytosanitary products, and it can be stored if necessary.

Keywords: Treatment 00000plants, residual sludge, agricultural recovery. Kaïs

ملخص

تستند هذه الدراسة إلى تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه والحماة المتبقية من محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة قايس (ولاية خنشلة ، شمال شرق الجزائر)

الهدف هو تحديد إلى أي مدى يمكن استخدام هذه الحماة في مجالات أخرى مثل الزراعة. عالجنا الحماة ، ثم أجرينا التحليلات الفيزيائية والكيميائية ، وقارننا النتائج مع معايير التفريغ (منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية)

أظهرت نتائج تحليلات الحماة التي تنتجها محطة قايس أن الأخيرة ذات نوعية جيدة وتتوافق مع المعايير المقبولة للتصريفات بحيث يمكن استخدامها في الانتعاش الزراعي ، فهي لا تسبب أي ضرر للتربة ، على العكس من ذلك ، فهي تزيد من خصوبتها وبالتالي تزيد المحصول الزراعي دون استخدام منتجات الصحة النباتية الكيميائية ويمكن تخزينها إذا لزم الأمر

الكلمات المفتاحية: محطة معالجة مياه الصرف الصحي ، الحماة ، الاسترداد الزراعي ، قايس