



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département de génie des procédés

**Un projet d'obtention d'un diplôme master + certificat d'une institution
émergente dans le cadre de la Résolution Ministérielle 1275**

Spécialité : génie des procédés de l'environnement

Thème

Dimensionnement Et Réalisation D'une Station D'épuration Intelligente

Présenter par :

HACINI Rania

AKERMI Malha Ismahen

Soutenu publiquement le : 13 /07 /2023., Devant le jury composé de :

**ABDELLI Islam
Safia**

Maître de conférences

Etablissement : FST

Président

A

BEIDRIS Elbatoul

Maître de conférences

Etablissement : FST

Examineur

B

**GHEZZAR Mouffok
Redouane**

Professeur

Etablissement : FST

Encadreur

Projet soutenu dans le cadre de l'arrêté 1275

2022/2023

Remerciements

Tout d'abord nous exprimons nos remerciements à Dieu le clément qui nous a donné la force et le courage d'aller au bout de notre objectif.

Nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à Pr. GHEZZAR Mouffok Redouane notre professeur pour ses conseils, ses orientations et surtout son temps ainsi que la confiance qu'il nous a témoigné, merci pour tous vos efforts.

Nous tenons à remercier les membres de jury d'avoir accepté d'examiner ce travail.

C'est ainsi que nos remerciements vont à Mr. TAKARLI Benssaber, Dr. Housseyn Sekkiou et Dr. Medjahed Mostefa pour leurs confiances sans égale qui n'ont à aucun moment lésiné leurs efforts pour nous aider.

Nous avons l'honneur d'exprimer nos remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu examiner notre travail.

Nous remercions également tous les enseignants qui nous ont accompagné durant notre cycle universitaire et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce présent travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à

Maman, ta bienveillance et ton dévouement infailible ont illuminé mon chemin. Tu es la source de ma force et de ma douceur, et tes câlins sont le réconfort ultime dans les moments de doute.

À

Papa, ton courage et ta sagesse m'ont inspiré à devenir la meilleure version de moi-même. Ton soutien inébranlable m'a donné la confiance nécessaire pour affronter les défis de la vie.

À

Ma sœur jumelle Farah, complice de chaque instant, tu es mon reflet et mon confident. Notre lien indéfectible est une bénédiction qui apporte de la joie et du réconfort à chaque instant de ma vie.

À

Ma famille, mes grands-parents, mes tantes et oncle surtout mounia que j'aime.

À

Mes amis spécialement Soumie et Tadj-Eddine vous êtes les rayons de soleil qui éclairent ma vie de bonheur et de soutien.

Rania

Dédicace

Je dédie mon travail à

À ma maman, qui a toujours été ma plus grande source d'inspiration et ma plus fidèle alliée. Son amour inconditionnel, sa patience infinie et sa détermination sans faille ont été des piliers essentiels dans ma vie. Tu as toujours cru en moi, même lorsque j'ai douté de mes propres capacités. Tes encouragements constants et tes mots réconfortants ont été ma force motrice tout au long de mon parcours universitaire. Je te dédie ce mémoire avec une profonde gratitude pour ton soutien inébranlable.

à

Papa, dont la sagesse, l'intégrité et la persévérance ont été une source d'inspiration constante. Ta foi en mon potentiel et tes conseils avisés ont été d'une valeur inestimable pour moi. Tu m'as toujours encouragée à poursuivre mes rêves et à me dépasser. Je suis profondément reconnaissante de t'avoir comme modèle et mentor. C'est avec une grande admiration que je te dédie ce mémoire.

à

Ma famille, qui a été mon socle, ma source de réconfort et ma principale source de motivation. Votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel ont été les fondements de ma réussite académique. Vos encouragements constants, vos sacrifices et votre compréhension ont été d'une importance capitale pour moi. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers chaque membre de ma famille pour avoir cru en moi et m'avoir soutenue tout au long de ce parcours. Ce mémoire est dédié à vous tous.

Dédicace à mes amis :

À mes amis et spécialement Imen et Nafissa, qui ont été mes compagnons de route tout au long de cette aventure.

Ismaïhen

Sommaire

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.....	I
Remerciements	II
Dédicace.....	III
Liste des figures	VII
Liste des abréviations.....	VIII
Résumé	IX
Partie théorique : Épuration des eaux résiduaires.....	3
I.1 Introduction	- 2 -
I.2 Enjeu environnementaux liés à l’assainissement des eaux usées.....	- 3 -
I.3 Conception d’une station d’épuration conventionnelle.....	- 4 -
I.3.1 Les matières en suspension (MES)	- 4 -
I.3.2 Les matières organiques	- 4 -
I.4 Fonctionnement de la station d’épuration conventionnelles	- 4 -
I.4.1.1 Prétraitement mécanique.....	- 4 -
I.4.1.2 Traitement biologique	- 4 -
I.4.1.3 Décantation	- 5 -
I.4.1.4 Évacuation des boues	- 5 -
Chapitre2 : Dimensionnement d’une STEP.....	- 6 -
I. Introduction.....	- 6 -
II. Procédés de traitement des eaux usées	- 6 -
II.1 Prétraitement.....	- 7 -
II.1.1 Dégrillage	- 7 -
II.1.2 Dessablage.....	- 8 -
II.1.3 Types des dessableurs.....	- 9 -
II.2 Traitement primaire	- 9 -
II.2.1 Préaération.....	- 9 -
II.2.2 Coagulation	- 9 -
II.2.3 Flocculation.....	- 9 -
II.3 Traitement secondaire.....	- 10 -
II.3.1 Analyse des réacteurs	- 10 -
II.3.2 Système d’aération	- 10 -
II.3.3 La production de boues d’épuration.....	- 11 -
II.3.4 Recirculation des boues.....	- 11 -
II.3.5 Le traitement des boues.....	- 11 -

II.4	Traitement tertiaire	- 11 -
II.5	La désinfection	- 12 -
II.5.1	Le traitement de l'azote et du phosphore.....	- 12 -
II.6	Dimensionnement de station d'épuration	- 12 -
II.6.1	Nombre d'habitant.....	- 12 -
II.6.2	Besoin domestique	- 12 -
II.6.2.1	Débit journalier moyenne	- 12 -
II.6.2.2	Débit journalier maximal :	- 13 -
II.6.2.3	Débit horaire maximal (débit de pointe) :	- 13 -
Partie pratique : Prototypage d'une SMART STEP.....		- 6 -
III.	Introduction	- 15 -
III.1	Les types du traitement proposé	- 16 -
III.1.1	Le filtre à sable	- 16 -
III.1.2	La coagulation-floculation	- 17 -
III.1.3	La désinfection	- 17 -
III.2	La construction de la SMART STEP	- 18 -

Liste des figures

Figure II. 1 : schéma du circuit des eaux usées	- 6 -
Figure II. 2 : type des barreaux.....	- 7 -
Figure II. 3 : dégrilleur.....	- 8 -
Figure III.1 : approximation de l'installation du SMART STEP	-16-

Liste des abréviations

STEP : Station d'épuration.

CIO- : Hypochlorite.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DBO : Demande biologique en oxygène.

MES : Matière en suspension.

PVC : Polychlorure de Vinyle.

UV : Rayons ultraviolets.

Résumé

Le projet vise à développer une solution innovante de station d'épuration intelligente, prenant la forme d'un cylindre, pour répondre au problème de la sécheresse et de la pénurie d'eau dans les zones résidentielles, les piscines, les hôtels et autres consommateurs à faible consommation d'eau. La station d'épuration intelligente utilise des technologies avancées pour traiter les eaux usées de manière efficace et respectueuse de l'environnement.

Le fonctionnement du projet se déroule en plusieurs étapes : la collecte des eaux usées provenant de diverses sources, le prétraitement pour éliminer les gros débris et les matières en suspension, et enfin la désinfection pour éliminer tout pathogène restant.

La station d'épuration intelligente se distingue par son aspect cylindrique, permettant une empreinte plus compacte et une intégration facile dans des zones urbaines limitées en espace. De plus, grâce à son système intelligent de surveillance en temps réel, elle peut ajuster automatiquement les paramètres de traitement pour optimiser l'efficacité et minimiser l'utilisation de ressources.

Mots clés :

Station d'épuration intelligente ; cylindre ; sécheresse ; pénurie d'eau ; technologies avancées eaux usées ; respectueuse de l'environnement ; prétraitement ; matières en suspension ; désinfection ; pathogène.

Abstract

The project aims to develop an innovative smart wastewater treatment solution, in the form of a cylinder, to address the problem of drought and water scarcity in residential areas, pools, hotels, and other low water consumption consumers. The smart wastewater treatment plant utilizes advanced technologies to efficiently and environmentally-friendly treat wastewater.

The project operates in several stages: the collection of wastewaters from various sources, pre-treatment to remove large debris and suspended solids, and finally disinfection to eliminate any remaining pathogens.

The distinguishing feature of the smart wastewater treatment plant is its cylindrical shape, allowing for a more compact footprint and easy integration into space-limited urban areas. Additionally, thanks to its intelligent real-time monitoring system, it can automatically adjust treatment parameters to optimize efficiency and minimize resource usage.

Keywords:

Smart wastewater treatment plant; Cylinder; Drought; Water scarcity; Advanced technologies; Wastewater; Environmentally-friendly; Pre-treatment; Suspended solids; Disinfection; Pathogen.

ملخص

المشروع يهدف إلى تطوير حلاً مبتكراً لمحطة تنقية ذكية، تأخذ شكل اسطوانة، للتغلب على مشكلة الجفاف ونقص المياه في المناطق السكنية وحمامات السباحة والفنادق والمستهلكين الآخرين ذوي استهلاك مائي منخفض. تستخدم المحطة الذكية لتنقية المياه تقنيات متقدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي بكفاءة واحترام للبيئة.

يتم تنفيذ مشروع التشغيل في عدة مراحل: جمع مياه الصرف الصحي من مصادر مختلفة، والمعالجة المسبقة لإزالة الرواسب الكبيرة والمواد العالقة، وأخيراً التعقيم للقضاء على أي مسببات متبقية.

تتميز المحطة الذكية لتنقية المياه بشكلها الاسطواني، مما يتيح مساحة أصغر وسهولة في الدمج في المناطق الحضرية المحدودة المساحة. بالإضافة إلى ذلك، بفضل نظامها الذكي للمراقبة في الوقت الحقيقي، يمكنها ضبط المعلمات العملية تلقائياً لتحسين الكفاءة وتقليل استخدام الموارد.

الكلمات الرئيسية:

محطة تنقية ذكية; أسطوانة; جفاف; نقص المياه; تقنيات متقدمة; مياه الصرف الصحي; احترام البيئة; المعالجة المسبقة; المواد المعلقة; التطهير.

Introduction générale

La question de la gestion des eaux usées est devenue de plus en plus importante aujourd'hui en raison de la croissance démographique et économique, ainsi que de la sensibilisation croissante à la protection de l'environnement. Dans ce contexte, le développement de stations d'épuration intelligentes est devenu une priorité pour de nombreux professionnels de l'industrie, y compris les ingénieurs procédés. Dans ce contexte, nous introduisons une nouvelle station de traitement intelligente appelée Smart STEP. Cette STEP est conçue pour répondre aux besoins spécifiques d'une seule maison, contrairement aux stations conventionnelles qui sont généralement conçues pour traiter les eaux usées de plusieurs maisons ou de quartiers entiers.

Le principal avantage de Smart STEP est qu'elle utilise des méthodes et des moyennes intelligentes pour traiter les eaux usées de manière efficace et respectueuse de l'environnement.

La principale préoccupation de Smart STEP est qu'elle est conçue pour être respectueux de l'environnement et qu'elle utilise des méthodes intelligentes de traitement des eaux usées pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement. La station de traitement comprend des systèmes de filtration sur sable pour éliminer les solides en suspension de l'eau et des systèmes de floculation et de floculation pour éliminer les produits chimiques dissous de l'eau. L'attrait de Smart STEP réside dans sa capacité de traitement des eaux usées pour un seul foyer. Cette approche est plus économique et plus verte que les stations traditionnelles, qui sont souvent trop grandes pour les besoins réels du quartier ou de la communauté.

L'objectif de ce travail est de concevoir une station d'épuration unifamiliale intelligente utilisant des moyens de traitement des eaux usées efficaces et respectueux de l'environnement. La station est équipée de trois cylindres internes distincts, chargés chacun d'une étape spécifique de traitement de l'eau : filtration sur sable, coagulation et floculation, et désinfection au ClO_2 . Les travaux visent également à mettre en place un système de suivi et de contrôle en temps réel pour assurer la qualité de l'eau traitée à chaque étape. Des capteurs sont installés pour surveiller la qualité de l'eau, la température et d'autres paramètres importants.

En résumé, Smart Step est une station d'épuration intelligente qui apporte une solution économique et écologique pour le traitement des eaux usées domestiques. Nous utilisons des méthodes intelligentes pour traiter efficacement les eaux avec un impact négatif minimal sur l'environnement.

Ce mémoire se concentre sur l'étude approfondie des systèmes de traitement des eaux usées, en mettant l'accent sur les stations d'épuration conventionnelles et les stations

d'épuration intelligentes. Il est divisé en deux parties principales, chacune comprenant deux chapitres.

La première partie « Théorique », explore les fondements théoriques des stations d'épuration. Dont le premier chapitre présente les principes et les processus des stations d'épuration conventionnelles, mettant en évidence les différentes étapes de traitement et leurs rôles dans l'élimination des contaminants. Le deuxième chapitre se penche sur les stations d'épuration intelligentes, examinant les avancées technologiques récentes et les stratégies novatrices utilisées pour optimiser l'efficacité et la durabilité du traitement des eaux usées.

La partie « Pratique » se concentre sur l'application concrète des connaissances théoriques acquises. Le troisième chapitre aborde le dimensionnement d'une station d'épuration, en décrivant les paramètres clés à prendre en compte et les méthodes de calcul utilisées pour déterminer la capacité et les spécifications requises. Le dernier chapitre présente le prototypage d'une station d'épuration intelligente, mettant en évidence les technologies émergentes et les approches novatrices utilisées pour améliorer les performances, la surveillance en temps réel et la gestion intelligente du traitement des eaux usées.

Ce mémoire vise à fournir une vue d'ensemble complète des systèmes de traitement des eaux usées, en mettant en évidence les différences entre les stations d'épuration conventionnelles et les stations d'épuration intelligentes. Il offre également une approche pratique en explorant le dimensionnement d'une station d'épuration et en présentant un prototype de station d'épuration intelligente. En combinant théorie et pratique, ce mémoire vise à contribuer à une meilleure compréhension des enjeux liés au traitement des eaux usées et à l'exploration de nouvelles solutions pour des processus plus efficaces et plus durables.

*Partie théorique : Épuration des eaux
résiduares*

I.1 Introduction

La station d'épuration est un élément essentiel de notre société moderne, permettant la purification des eaux usées avant leur rejet dans l'environnement. Parmi les différentes méthodes existantes pour traiter ces eaux, la station d'épuration conventionnelle demeure la plus répandue et efficace à ce jour.

En effet, cette technologie repose sur une combinaison de processus physiques, chimiques et biologiques qui permettent de retirer les polluants présents dans l'eau tout en respectant les normes environnementales en vigueur.

Toutefois, malgré ses nombreux avantages indéniables, certaines critiques ont été formulées quant aux impacts écologiques et économiques liés à son utilisation massive. Ainsi il convient donc d'analyser avec précision le fonctionnement ainsi que les limites de cette méthode afin d'envisager des alternatives durables pour répondre aux défis actuels posés par le traitement des eaux usées.

Les stations d'épuration conventionnelles sont des installations de traitement des eaux usées qui ont pour objectif de purifier ces dernières avant leur rejet dans le milieu naturel. Elles se composent généralement de plusieurs étapes distinctes.

La première phase, appelée prétraitement mécanique, consiste à éliminer les matières solides et grasses présentes dans les eaux usées grâce à l'utilisation de grilles, dégrilleurs et déshuileurs.

Les eaux usées sont ensuite dirigées vers un bassin où intervient une étape cruciale du processus traitement biologique. Lors de cette phase, les bactéries présentes dans l'eau vont utiliser l'oxygène dissous pour décomposer la matière organique restante. Cette réaction est essentielle pour garantir que les effluents rejetés ne contiennent pas trop d'éléments polluants.

Une fois ce stade achevé, il convient d'effectuer une décantation afin que toutes les particules en suspension (bactéries incluses) puissent être séparées par gravité au fond du bassin approprié.

Enfin, la dernière étape consiste en un traitement chimique servant à désinfecter efficacement l'eau clarifiée avant sa libération finale dans le milieu naturel. Le chlore est souvent utilisé comme produit chimique désinfectant lorsqu'il s'avère nécessaire.

Chapitre1. Station d'épuration conventionnelle

L'utilité environnementale des stations d'épuration classiques n'est plus à prouver puisqu'elles permettent notamment aux cours d'eau et autres milieux aquatiques locaux de conserver leur qualité originelle face aux pressions anthropiques croissantes exercées sur eux.

Toutefois, de nouvelles technologies émergent actuellement, à l'instar des stations d'épuration à boues activées, qui pourraient remplacer les méthodes conventionnelles dans un futur proche.

I.2 Enjeu environnementaux liés à l'assainissement des eaux usées

L'assainissement des eaux usées est un impératif environnemental et sanitaire crucial, cependant il peut engendrer des effets indésirables sur l'environnement. Les principaux enjeux environnementaux liés à cette pratique sont multiples :

Tout d'abord, la pollution de l'eau résulte de la présence dans les eaux usées non traitées de matières organiques, nutriments tels que l'azote et le phosphore, métaux lourds, produits chimiques ainsi que divers contaminants qui peuvent altérer considérablement les cours d'eau et écosystèmes aquatiques.

Ensuite, une prolifération excessive de plantes aquatiques due aux excès en nutriments tels que l'azote ou le phosphore peut mener à un appauvrissement en oxygène dissous dans les cours d'eau entraînant une détérioration globale du milieu naturel (eutrophisation).

De plus, pour faire fonctionner pompes, moteurs, soufflantes, d'équipements traitement etc....les stations d'épuration nécessitent beaucoup d'énergie contribuant au changement climatique ainsi qu'à la dégradation générale de notre planète.

La gestion adéquate des déchets solides issus du processus telles que boues doit être prise sérieusement afin éviter toute forme contamination supplémentaire.

Finalement, l'assainissement coûte cher tant sur le plan financier (construction, exploitation, maintenance) que celui opérationnel. Il impacte donc fortement aussi bien gouvernements locaux comme particuliers.

Ainsi pour minimiser ces impacts néfastes tout en assurant efficacement le traitement souhaité deux axes sont primordiaux. D'une part, il est impératif de prendre en compte ces enjeux environnementaux dans la planification et d'autre part l'utilisation des technologies ainsi que les pratiques durables doivent être encouragées pour une gestion optimale et efficace de l'assainissement des eaux usées.

I.3 Conception d'une station d'épuration conventionnelle

La conception d'une station d'épuration a pour objectif de traiter les eaux usées provenant des habitants et des industriels connectés au réseau d'assainissement, ainsi qu'une partie des eaux pluviales, afin de produire une eau épurée conforme aux normes définies par les autorités compétentes. Cette opération génère également un résidu appelé boue. L'efficacité du traitement est mesurée en fonction du niveau de pollution présent dans l'eau à traiter.

Afin de comparer la concentration en polluants présents dans les eaux usées et celles qui ont été épurées, plusieurs indicateurs sont utilisés tels que :

I.3.1 Les matières en suspension (MES)

Correspondant aux matières minérales ou organiques non dissoutes exprimées en milligrammes par litre (mg/l).

I.3.2 Les matières organiques

Sous forme particulaire et dissoute : leur quantification se fait indirectement via différents paramètres dont la demande biochimique en oxygène (DBO) exprimée elle aussi mg O₂/l), la demande chimique en oxygène (DCO) également exprimée mg O₂/l), mais aussi le taux d'azote ou encore celui de phosphore contenu dans l'eau à traiter.

Enfin, il convient également prendre compte des contaminants biologiques comme les bactéries, virus parasites etc., dont le nombre/ml peut être mesuré.

I.4 Fonctionnement de la station d'épuration conventionnelles

Le processus de fonctionnement d'une station d'épuration conventionnelle se compose habituellement des étapes suivantes :

I.4.1.1 Prétraitement mécanique

Les eaux usées sont toutes d'abord filtrées à travers des grilles pour éliminer les déchets solides tels que les feuilles, branches et autres. Elles passent ensuite par un dispositif de dégrillage qui permet l'enlèvement de matières plus fines telles que le plastique, papier ou encore cotons-tiges. Enfin, elles sont acheminées vers un déshuileur afin de retirer les huiles et graisses flottantes.

I.4.1.2 Traitement biologique

Après avoir subi un prétraitement adéquat, les eaux usées sont dirigées vers un bassin où des bactéries s'alimentent en matières organiques présentes dans l'eau. Pour garantir leur

Chapitre1. Station d'épuration conventionnelle

croissance optimale et leur oxygénation suffisante, une injection régulière d'air est effectuée dans ce bassin.

I.4.1.3 Décantation

À la suite du traitement biologique, on procède à la décantation de boues formées au fond du bassin grâce aux particules solides en suspension contenues dans l'eau traitée précédemment.

Désinfection

L'étape finale consiste en une désinfection chimique visant à éliminer toutes traces restantes de bactéries pathogènes avant rejet final dans le milieu naturel (à base généralement chlore).

I.4.1.4 Évacuation des boues

Les résidus issus du processus global doivent être évacués selon différentes méthodes comme incendie compostage ou épandage sur terres agricoles.

Le fonctionnement de la station d'épuration conventionnelle est soumis à un contrôle continu pour garantir le respect des normes réglementaires et l'efficacité du traitement global

Chapitre2 : Dimensionnement d'une STEP

I. Introduction

Il est impératif de réaliser une conception et un dimensionnement rigoureux des ouvrages de traitement pour garantir le bon fonctionnement et la performance technique et économique de la station d'épuration. Dans ce chapitre, nous procéderons au calcul et à la conception des différents compartiments nécessaires.

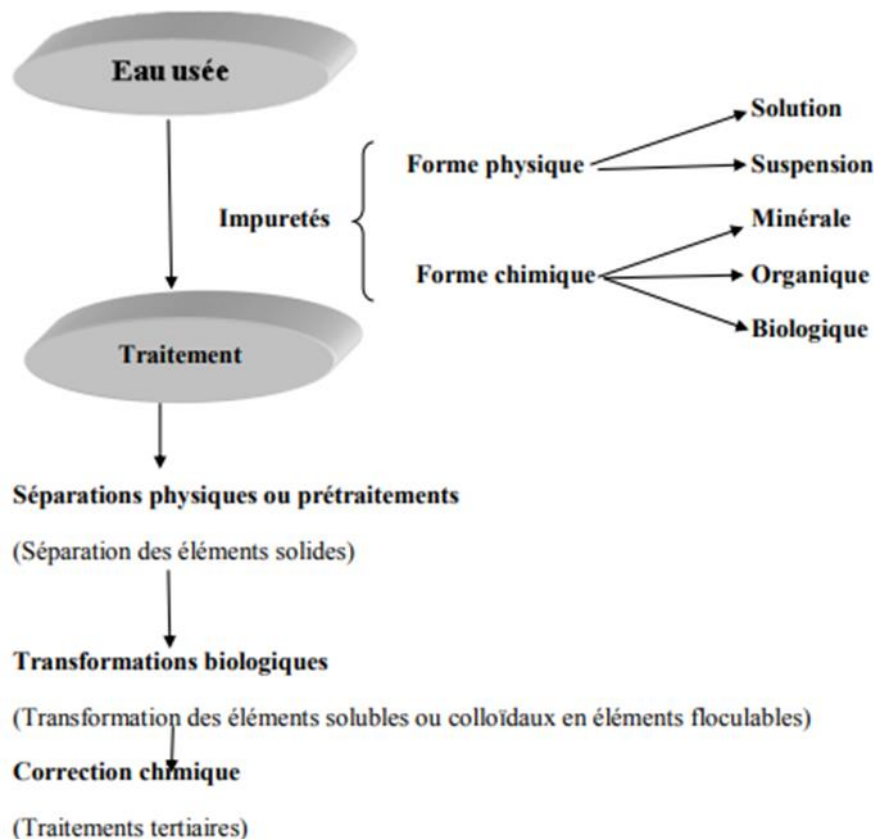


Figure II. 1 : schéma du circuit des eaux usées

II. Procédés de traitement des eaux usées

Selon le niveau de dépollution et les procédés appliqués, plusieurs étapes de nettoyage sont définies par le prétraitement, traitement primaire, Secondaire. Dans certains cas, un traitement tertiaire est nécessaire, surtout si l'eau traitée doit être rejetée dans un milieu particulièrement sensible.

Une station d'épuration comprend généralement une étape de prétraitement où les éléments les plus grossiers sont éliminés par tamisage (pour les gros solides), suivi d'une flottation/sédimentation (pour le sable et la graisse). Vient ensuite le traitement dit primaire, une décantation plus longue, qui élimine une partie des substances en suspension.

Des traitements physico-chimiques et/ou biologiques sont ensuite utilisés pour éliminer la matière organique. Elles sont généralement suivies d'une étape de clarification, qui est encore une décantation. Enfin, un traitement des nitrates et des phosphates est nécessaire en fonction de la sensibilité du milieu hôte. Il existe également des soins dits complets, comme la thérapie lagunaire, qui combine thérapie biologique, physique et naturelle.

II.1 Prétraitement






L'eau brute doit généralement être prétraitée avant le traitement proprement dit, ce qui implique des mesures exclusivement physiques ou mécaniques. L'objectif est de séparer le maximum d'éléments de l'eau brute, dont la nature ou la taille constitue un obstacle au traitement ultérieur. À côté de

La nature de l'eau traitée et la conception de la région, le prétraitement peut inclure les fonctions suivantes :

II.1.1 Dégrillage

Le dégrillage est normalement la première opération utilisée dans une station d'épuration, il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels ou automatiques, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères

Généralement les dégrilleurs peuvent être classés en grossier, moyen ou fin, et peuvent être nettoyé manuellement ou mécaniquement ;

Type des barreaux	β
Rectangulaire à bord tranchant 	2,42
Rectangulaire avec un face amant semi-circulaire 	1,83
Circulaire 	1,79
Rectangulaire avec les faces amant et aval semi-circulaires 	1,67
Forme de lame 	0,76

Réf. Wastewater Treatment plants SYED R. QASIM

Figure II. 2 : type des barreaux.

- Grossier : espacement entre barreaux de 5 à 15 cm
- Moyen : espacement entre barreaux de 6 mm à 5 cm
- Fin : espacement entre barreaux de 2 à 6 mm



Figure II. 3 : dégrilleur

II.1.2 Dessablage

Cet ouvrage est conçu pour éliminer les graviers et sables, par dépôt gravitaire. Les équations qui expriment le comportement des particules séparées sont les suivantes :

$$v = \frac{H}{t} \quad (1)$$

$$v = \left[\frac{4}{3} \frac{g(\rho_s - \rho)d}{Cd\rho} \right]^{1/2} \quad (2)$$

Avec :

H : Profondeur de la chute, m

d : Diamètre de la particule, m

t : Temps de chute, s

ρ_s : Densité de la particule, Kg/m³

ρ : Densité du fluide, Kg/m³

Cd : Coefficient de pénétration

II.1.3 Types des dessableurs

➤ Dessableur non aéré

Sont en général long et étroit, avec des vitesses d'écoulement contrôlées pour les maintenir constantes dans toute la gamme des débits.

➤ Dessableur aéré

Sont conçus pour éliminer les particules ayant un poids spécifique de 2,5, cependant les petites particules peuvent être enlevé en diminuant le débit d'air.

➤ Dégraissage-huilage ou peeling-moussage

L'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses. Les sables sont récupérés par pompage alors que les graisses sont raclées en surface.

II.2 Traitement primaire

La chaîne de traitement peut aussi inclure un système de traitement primaire, surtout dans des grandes installations, avec un taux de charge hydraulique maximal de $130 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{j}$ au débit de pointe et muni d'un système d'extraction de boues. Car, elles restent dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension.

L'objectif de la décantation primaire est d'enlever les matières solides décantables. Dans cette étape on peut enlever 50 à 70% de la matière solide en suspension et 30 à 40% de la DBO5.

II.2.1 Préaération

La préaération des eaux usées avant la sédimentation permet la floculation de la matière non-décantable en des floes facilement décantables. Par conséquent, les rendements d'enlèvement aussi bien de la matière solide en suspension que de la DBO5 augmentent d'approximativement 7-8%.

II.2.2 Coagulation

La coagulation est un traitement chimique qui se fait par ajout d'un coagulant (sels minéraux, polymères, etc....) qui annule les charges électriques qui maintiennent en suspension des particules colloïdales.

II.2.3 Floculation

Les particules colloïdales chimiquement stabilisées suite à une coagulation, doivent être remués avec douceur pour accroître la production de floc. Ce processus est connu sous le nom de : floculation.

II.3 Traitement secondaire

II.3.1 Analyse des réacteurs

La conception d'un système de boues activées doit nécessairement être basée sur un bilan de masse qui tient compte de l'affluent, de l'effluent, des boues extraites et de la cinétique biologique dans le réacteur. Le volume des bassins d'aération doit être suffisant pour que le substrat ait le temps d'être transformé en biomasse. Cependant, il ne doit pas être trop grand, afin de pouvoir maintenir une concentration suffisante de biomasse dans les bassins tout en limitant l'âge des boues pour favoriser une qualité de biomasse propice à sa floculation et à sa décantation. Il faut s'assurer que la masse biologique pouvant être engendrée sous différentes conditions d'exploitation est suffisante compte tenu du volume de réacteur choisi. Une conception basée uniquement sur un temps de résidence hydraulique n'est pas acceptable.

Peu importe le modèle utilisé, certains facteurs doivent être pris en considération lors de la conception du bioréacteur. Il doit être conçu de façon à assurer la stabilité du rendement en fonction des diverses conditions d'alimentation. Il faut entre autres être en mesure de maintenir une concentration de liqueur mixte suffisante pour favoriser la floculation et la décantation de la biomasse. Une concentration d'au moins 2000 mg/L en MVS est recommandée dans la liqueur mixte. L'âge des boues visé à la conception doit également être choisi de façon à favoriser une qualité de biomasse qui offre de bonnes caractéristiques de décantation.

II.3.2 Système d'aération

Les calculs du système d'aération sont basés sur les besoins en oxygène en conditions réelles. Il faut aussi s'assurer que les conditions de mélange sont suffisantes pour permettre une bonne répartition de l'oxygène dissous et maintenir les solides en suspension dans la liqueur mixte.

Plusieurs types d'équipements d'aération peuvent être utilisés, qu'il s'agisse de diffuseurs poreux, de diffuseurs non poreux, de jets, d'aérateurs mécaniques de surface ou autres. Peu importe les équipements considérés.

La concentration minimale en oxygène dissous à maintenir dans les bassins est de 2mg/L en conditions moyennes et de 0,5 mg/L en conditions de pointe.

II.3.3 La production de boues d'épuration

Le traitement des eaux usées en station d'épuration à boues activées produit une eau épurée, rejetée dans le milieu naturel, et un concentrat désigné sous le terme de "boues" ou "boues résiduaire".

- **Les boues dites primaires**

Résultent de la simple décantation des matières en suspension contenues dans les eaux usées brutes. Elles ne sont pas stabilisées.

- **Les boues secondaires**

Sont formées à partir de la charge polluante dissoute utilisée par les cultures bactériennes libres ou fixées en présence d'oxygène (aération de surface ou insufflation d'air).

II.3.4 Recirculation des boues

Les équipements de recirculation des boues doivent être conçus de façon à pouvoir en ajuster le débit en fonction des conditions d'exploitation. Les taux de recirculation doivent pouvoir être ajustables de 25 % jusqu'à 100 % par rapport au débit de l'affluent de la station.

II.3.5 Le traitement des boues

Les traitements des effluents urbains deviennent plus efficaces et éliminent une quantité de matières (soluble et insoluble) plus importante. Ceci entraîne une formation accrue de boues devant être éliminées. Actuellement, les stations ont trois possibilités : la valorisation agricole, les décharges ou l'incinération.

Si on choisit, par exemple, de les valoriser pour l'agriculture, les traitements appliqués aux boues vont dans un premier temps réduire de façon importante le volume et dans un second temps les préparer pour une utilisation agricole.

II.4 Traitement tertiaire

Après le traitement secondaire, les eaux sont parfois rejetées dans le milieu naturel. Autrement, elles subissent un traitement complémentaire ou "affinage" en fonction des exigences du milieu et des normes de rejets en vigueur. Cet affinage permet soit :

- Une réutilisation à des fins industrielles ou agricoles.
- La protection du milieu naturel sensible.

- La protection des prises d'eau situées en aval.

II.5 La désinfection

Elle est utilisée quand le milieu récepteur est sensible et qu'il nécessite une élimination de la pollution bactériologique, pour un milieu de culture ou de baignade par exemple. Une lagune en fin de traitement de boues activées réduit les germes pathogènes en leur imposant des conditions de vies difficiles. On trouve également le traitement par ultraviolets qui agit directement sur les chaînes moléculaires des germes. Enfin la chloration permet une désinfection persistante.

II.5.1 Le traitement de l'azote et du phosphore

Ces traitements complémentaires servent à limiter l'eutrophisation en éliminant l'azote et le phosphore. Ces traitements assez complexes et coûteux, vont être de plus en plus utilisés dans les stations d'épuration au regard des nouvelles normes imposées, notamment dans les pays européens

II.6 Dimensionnement de station d'épuration

II.6.1 Nombre d'habitant

L'évolution de la population future sera donnée par la relation d'accroissement démographique.

$$P_n = P_0 \times (1 + t)^n \quad (3)$$

P_n = Population à l'horizon 2030.

P_0 = Population de l'année de référence.

t = taux d'accroissement de la population $t = 2.8 \%$

n = nombre d'année séparant l'année de l'horizon et l'année de base.

II.6.2 Besoin domestique

II.6.2.1 Débit journalier moyenne

Le débit journalier moyen est le produit de la norme unitaire moyenne journalière par le nombre des consommateurs.

Il est donné par la relation suivante :

$$Q_{j\text{moy}} = q_u \times N/1000 \quad (4)$$

Avec :

$Q_{j\text{moy}}$: consommation moyenne journalière en m³/j.

N : nombre d'habitant.

q_u : dotation hydrique ; 150l/j/hab.

II.6.2.2 Débit journalier maximal :

Il est donné par la relation suivante

$$Q_{j\text{max}} = k_j \times Q_{j\text{moy}} \quad (5)$$

Avec :

$Q_{j\text{max}}$: débit journalier maximale.

$Q_{j\text{moy}}$: débit journalier moyen.

k_j : coefficient de variation de la consommation journalière $k_j =$ entre 1.1 et 1.3.

II.6.2.3 Débit horaire maximal (débit de pointe) :

Il représente le plus grand débit le réseau de distribution pendant une heure

$$Q_{h\text{max}} = k_h \times Q_{j\text{max}} \quad (6)$$

$Q_{h\text{max}}$: débit horaire maximale (m³/h)

k_h : coefficient de variation horaire.

$$k_h = \alpha_{\text{max}} \times \beta_{\text{max}} \quad (7)$$

α_{max} = entre 1,2 et 1,4.

β_{max} : coefficient tenant compte du nombre de la population.

Nombre d'habitants	1000	1500	2500	6000	10000	20000	50000	100000
β_{max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15

Détermination des besoins d'équipements :

Voici quelques exemples :

b) besoin d'une école				
q (l/j/élèves)	N (élèves)	KJ	$Q_{j \text{ moy}} \text{ (m}^3\text{/j)}$	$Q_{j \text{ max}} \text{ (m}^3\text{/j)}$
80	200	1.4	16	22.4
c) besoin d'un hôtel				
q (l/j/lits)	N (lits)	KJ	$Q_{j \text{ moy}} \text{ (m}^3\text{/j)}$	$Q_{j \text{ max}} \text{ (m}^3\text{/j)}$
100	180	1.4	18	25.2
c) besoin d'une mosquée				
q (l/j/pratiques)	N (pratiques)	KJ	$Q_{j \text{ moy}} \text{ (m}^3\text{/j)}$	$Q_{j \text{ max}} \text{ (m}^3\text{/j)}$
20	800	1.4	16	22.4

***Partie pratique : Prototypage d'une SMART
STEP***

III. Introduction

Les stations d'épuration traditionnelles sont à la base des systèmes d'égouts modernes, mais leurs limites deviennent de plus en plus évidentes. Les usines traditionnelles sont souvent grandes et nécessitent beaucoup d'espace, d'infrastructures et de ressources. De plus, les processus de traitement des eaux usées sont énergivores et peuvent provoquer des émissions de gaz à effet de serre et d'autres impacts environnementaux.

Pour répondre à ces enjeux, une nouvelle approche du traitement des eaux usées, la station d'épuration intelligente, a été développée. Ces usines intégreront des technologies de pointe telles que des capteurs, l'apprentissage automatique et des sources d'énergie renouvelables pour créer des processus de traitement des eaux usées plus efficaces et durables. Ce chapitre donne un aperçu des concepts et des avantages des stations d'épuration intelligentes, de la technologie sous-jacente, des cas de mise en œuvre réussis et des défis et opportunités futurs. Explorer cette approche innovante du traitement des eaux usées nous permettront de mieux comprendre son potentiel pour révolutionner la façon dont nous gérons les ressources en eau et protégeons l'environnement.

La station d'épuration intelligente modulable (STEP) qui peut fournir de l'eau traitée pour une utilisation dans les maisons intelligentes. Une approche unique a été adoptée en utilisant le concept d'une usine de traitement d'un seul cylindre qui porte trois nouveaux cylindres intérieurs pour améliorer l'efficacité et la flexibilité de l'usine de traitement. Chaque cylindre de la station d'épuration sera dédié à un traitement spécifique des eaux usées.

Cette approche permet d'optimiser le traitement de l'eau en utilisant des technologies adaptées à chaque étape du processus de traitement. Par exemple, la première étape est la filtration à sable pour éliminer les grosses particules, la deuxième étape c'est un traitement physico-chimique qui utilise un coagulant et un floculant ça sert à éliminer les matières en suspension et les colloïdes et finalement la troisième étape la désinfection. Le système de traitement de l'eau est modulaire, hautement évolutif et facilement adaptable à différentes situations.

La station d'épuration sera également équipée de capteurs intelligents pour surveiller en temps réel le processus de traitement de l'eau et détecter les dysfonctionnements. Les données collectées à partir des capteurs sont utilisées pour régler les paramètres de traitement et optimiser les performances de STEP.

En bref, cette station d'épuration modulaire et intelligente peut être utilisée dans différents domaines. En particulier, il peut être utilisé pour traiter les eaux usées domestiques, industrielles ou agricoles, prévenir la pollution, protéger la santé publique et promouvoir une utilisation responsable des ressources en eau.

Ce nouveau système a l'avantage d'être modulaire. Il prend très peu de place, contrairement aux procédures actuelles qui nécessitent un espace plus important. Ils sont également faciles à manipuler et nécessitent peu d'entretien. Plus sûr que les méthodes traditionnelles

III.1 Les types du traitement proposé

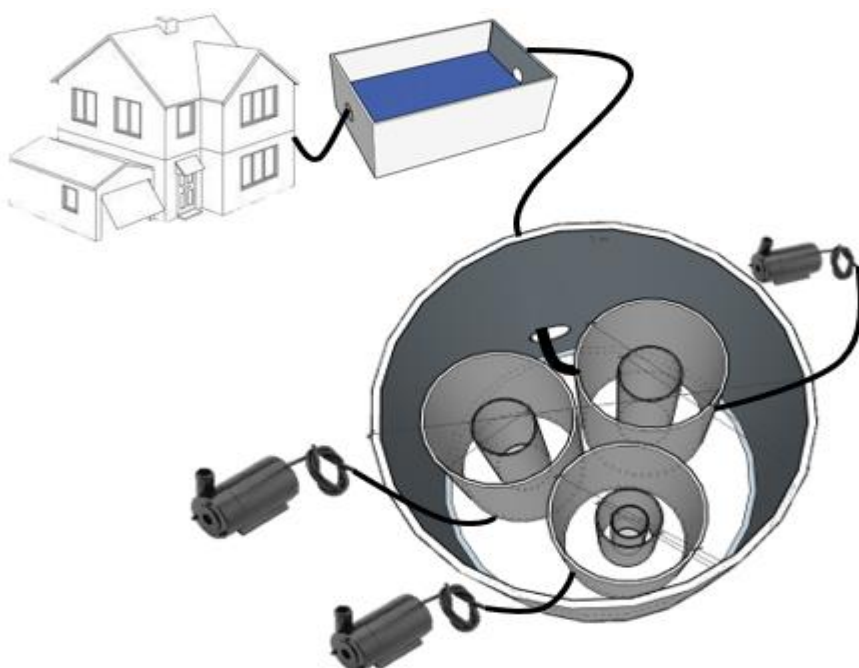


figure.III. 2 : approximation de l'installation du SMART STEP

Dans le cadre de notre projet de station d'épuration intelligente, nous avons mis en place trois types de traitement des eaux usées : le filtre à sable, la coagulation-floculation et la désinfection. Ces traitements ont été choisis en fonction de leur efficacité prouvée et de leur capacité à éliminer les contaminants présents dans les eaux usées.

III.1.1 Le filtre à sable

Constitue la première étape de notre processus de traitement. Il permet de retenir les particules solides et les matières organiques en suspension dans l'eau. Le sable, en tant que milieu filtrant, agit comme un filtre naturel en piégeant les impuretés et en favorisant la clarification de l'eau.

III.1.2 La coagulation-floculation

Ce processus consiste à ajouter des agents de coagulation tels que le sulfate d'aluminium ou le chlorure ferrique à l'eau usée. Ces agents favorisent la formation de flocs, c'est-à-dire l'agglomération des particules en suspension, facilitant ainsi leur élimination ultérieure.

III.1.3 La désinfection

Cette étape vise à éliminer les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau traitée. Pour ce faire, nous utilisons des désinfectants tels que le chlore ou les rayons ultraviolets (UV), qui sont efficaces pour neutraliser les bactéries, les virus et les parasites présents dans l'eau.

Les eaux sont désinfectées pour assurer leur sécurité avant d'être réutilisées dans la maison. Avant tout, des analyses et un contrôle qualité sont effectués pour vérifier la conformité aux normes établies.

L'application de ces trois types de traitement dans notre projet de station d'épuration intelligente garantit une approche globale et complète de la purification des eaux usées. Les eaux ainsi traitées répondront aux normes environnementales et pourront être réutilisées de manière sécurisée dans diverses applications, contribuant ainsi à la préservation des ressources en eau et à la protection de l'environnement.

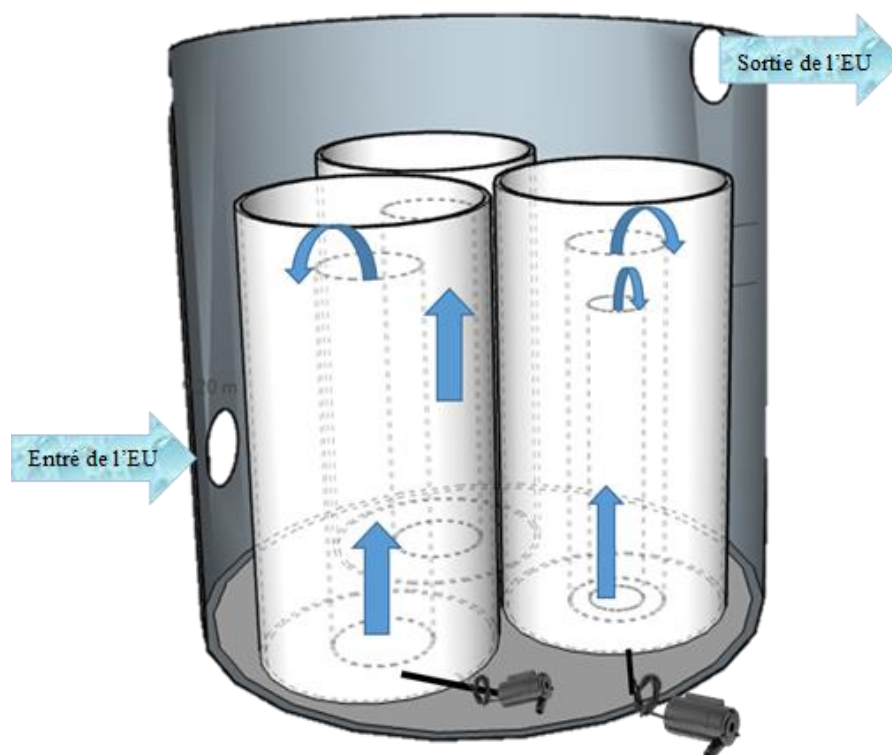


Figure exprimant l'acheminement de l'eau dans la STEP

III.2 La construction de la SMART STEP

La station d'épuration intelligente que nous avons développée est un système novateur conçu pour le traitement efficace des eaux usées. Sa structure cylindrique compacte, mesurant 1 mètre de hauteur et 0,5 mètre de diamètre, renferme un ensemble de trois cylindres internes qui assurent les différentes étapes du processus de traitement. Cette conception ingénieuse permet d'optimiser l'espace tout en garantissant des performances de traitement optimales.

Nous avons opté pour l'utilisation de tuyaux en PVC dans la construction des cylindres de la station d'épuration. Cette décision a été prise en tenant compte de plusieurs facteurs, tels que la durabilité, la facilité d'installation et l'étanchéité offertes par les tuyaux en PVC.

Pour les cylindres internes, nous avons également utilisé des tuyaux en PVC d'un diamètre de 20 cm et d'une hauteur de 70 cm, afin de construire les cylindres internes de la station d'épuration. Nous avons veillé à fixer solidement les cylindres internes à l'intérieur des cylindres externes en utilisant des raccords appropriés, garantissant ainsi la stabilité de l'ensemble du système.

À l'intérieur de chaque cylindre principal, nous avons intégré des cylindres internes en PVC d'un diamètre de 10 cm. Ces cylindres internes, qui s'étendent sur toute la hauteur des cylindres principaux, jouent un rôle crucial dans les différentes étapes du processus de traitement.

Les équipements tels que les pompes et les vannes ont été installés en les fixant aux parois des cylindres en PVC, assurant ainsi leurs stabilités et leurs bons fonctionnements. De plus, les connexions électriques et de plomberie ont été réalisées à l'aide de raccords et de colliers adaptés, permettant ainsi de connecter les tuyaux en PVC aux systèmes électriques et de plomberie nécessaire.

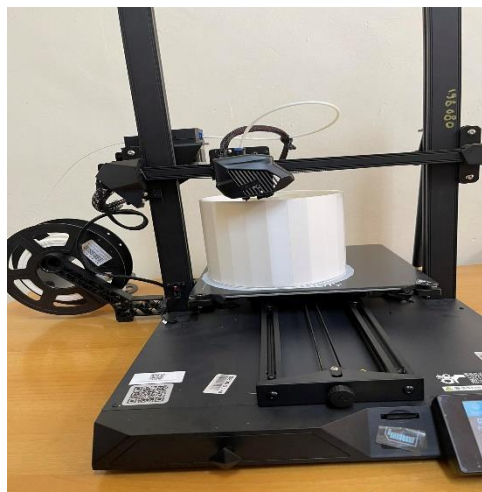


figure.III. 3 : imprimante 3D CREALITY CR-10 Smart

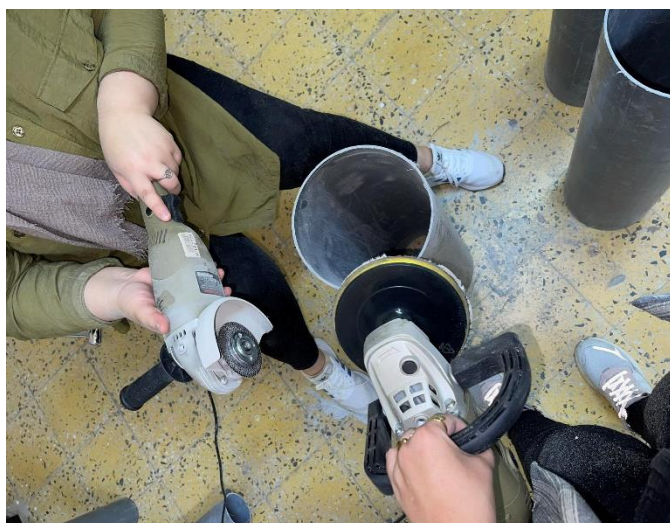


figure.III. 4 : session de travail pour la réalisation du prototype.

Conclusion

En conclusion, le projet de "Station d'épuration intelligente sous forme d'un cylindre" représente une contribution significative à la résolution du problème pressant de la sécheresse et de la rareté d'eau dans les zones urbaines à faible consommation d'eau. En combinant les avancées technologiques avec une approche écologique, cette solution innovante offre un potentiel prometteur pour améliorer la qualité de l'eau, réduire la pollution environnementale et encourager une gestion responsable des ressources hydriques.

Reference

AITOUARAB D ; MADOUCHE Y : Evaluation de statut de phosphate dans quelques parcelles sous culture du haricot phaseolus vulgaris L dans la wilaya de TiziOuzou, thèse d'Ingénieur d'Etat en sciences Agronomique, UMMTO, 2008

R. Bourrier, M. Satin, B. Selmi, 2010. Guide technique de l'assainissement, Editions le Moniteur, 4emeEdition, 2010.

R. Desjardins, le traitement des eaux, 2eme Edition, Editions de l'école Polytechnique de Montréal ,1997.

Degrémont, mémento technique de l'eau, dixième édition, Tome 1, mai 2005.

Figure II. 3 : <https://www.hydro-group.com/blog/le-degrillage-une-solution-indispensable-mais-complexe-a-mettre-efficacement-en-uvre/>

Figure : Conception de station d'epuration - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Bac-de-dessablage-et-degrillage-combinees-La-vitesse-decoulement-qui-permet-la_fig5_235009407 [accessed 30 May, 2023]

L'annexe

Ces calculs sont obtenus théoriquement :

CALCULE DE DEBIT DE REJET

N (nombre d'habitants)	6
dotation (L/hab J)	150
coefficient de rejet Cr	0,800
Débit journalier (m3/j)	0,721
Débit moyen horaire (m3/h)	0,034
Débit moyen (L/s)	0,012
Kp	28,894
Débit de pointe (m3/j) Qph=	0,867
Débit de pointe (m3/s) Qps=	0,001

CALCULE DE DEBIT DE REJET

nombre d'habitants)	6
dotation (L/hab J)	150
coefficient de rejet Cr	0,800
debit journalier (m3/j)	0,720
debit moyen horaire (m3/h)	0,030
debit moyen (L/s)	0,008
	28,886
debit de pointe (m3/j) Qph=	0,867
debit de pointe (m3/s) Qps=	0,0002

BILLAN DE MATIERE AVANT LE TRAITEMENT

DBO5 (g/m3)	260
charge moyenne journalière en DBO5 (kg/J)	0,187
MES =NO (g/m3)	280
Charge moyenne journalière en MES (kg/J)	0,202
DCO (g/m3)	544
Charge en DCO (kg/j)	0,392
MVS (kg/j)	0,161
MM (kg/j)	0,040
MM e (kg/j)	0,032
MM s (kg/j)	0,008
MES s (kg/J)	0,169

Charges polluantes

DBO5 (L0)	0,007

MES (N)	0,198
---------	-------

FOSSE SEPTIQUE (collecteur principale)	
Volume (m3)	4
Largeur L (m)	1,55
Longueur l (m)	1,55
hauteur h(m)	1,7

Dégrillage manuel	
Largeur L (m)	0,012
Longueur l (m)	0,011

CYLINDRE DES TRAITEMENTS	
Volume (m3)	2,643
Diamètre (m)	1,050

BILLAN DE MATIERE APRES LE TRAITEMENT
--

DBO5 éliminée	0,066
DBO5 sortie	0,122
MM éliminée	0,008
MM sortie	0,0004
MES éliminée	0,102
MES sortie	0,068
DCO éliminée	0,137
DCO sortie	0,255