

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de BLIDA 1
Faculté de Technologie
Département de Génie des Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Génie de l'Environnement

**Conception et dimensionnement d'une station d'épuration des
eaux usées urbaine par boues activées dans la nouvelle ville de
Bouinan.**

Présenté par

Meriem HAMMOUDI

Promoteur

Professeur Omar BOURAS

Co. Promotrice

Khaoula KETEB

2021/2022

ملخص

لسنوات عديدة، أصبحت إدارة مياه الصرف الصحي تحديًا للقرن الحادي والعشرين خاصة بالنسبة للمدن الجديدة في الجزائر التي تستحوذ على مدينة بويان الجديدة في حالتنا.

الحل المقترح هو تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة بويان.

يتكون هذا المشروع من تصميم وتحديد أبعادها محطة معالجة مياه الصرف الصحي الحضرية، في مدينة بويان الجديدة الواقعة في البلدية، بسعة تعادل 422.500 نسمة ومعدل تدفق يبلغ 66000 متر مكعب / يوم (أفق 2030).

العملية التي تنفذها محطة المعالجة هي معالجة بيولوجية بواسطة الحمأة المنشطة منخفضة الحمولة.

يضمن نظام التنقية هذا إزالة الملوثات (المواد الكربونية) عن طريق التهوية والمواد النيتروجينية عن طريق النتروجين / نزع النتروجين وفقًا للمعايير الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: محطة معالجة، مياه الصرف الصحي، الحمأة المنشطة، المعالجة.

Summary

Since years, wastewater management has become a challenge for the 21th century, especially in the new cities in Algeria, taking the new city of Bouinan in our case.

The aim of this work is the design and the dimensioning of a urban wastewater treatment plant for the city of Bouinan.

This project consists of the design and sizing of an urban wastewater treatment plant in the new town of Bouinan located in Blida, with a capacity of 422,500 equivalent inhabitants and a flow rate of 66,000m³/day (by 2030)

The operation of the wastewater treatment plant is based on biological treatment by activated sludge with a low load.

This purification system ensures the elimination of pollutants (carbonaceous matter) by aeration and nitrogenous matter by nitrification according to Algerian standards.

Key words: Wastewater treatment plant, wastewater, activated sludge, treatment.

Résumé :

Depuis des années, la gestion des eaux usées est devenue un défi pour le 21ème siècle surtout dans les nouvelles villes en Algérie notamment la nouvelle ville de Bouinan.

Cette étude propose la conception et le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Bouinan.

Ce projet consiste à la conception et le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées urbaines de la nouvelle ville de Bouinan située à Blida pouvant avoir une capacité de 422500 équivalent habitants et un débit de 66000 m³/jour à l'horizon 2030.

Le fonctionnement de la station d'épuration ciblée consiste à effectuer un traitement biologique par boues activées à faible charge.

Ce système d'épuration assure l'élimination des polluants (matières carbonées) par aération et des matières azotées par nitrification /dénitrification selon les normes Algériennes.

Mots clés : Station d'épuration, Eaux usées, Boues Activées, Traitement.

Remerciements

C'est avec grande joie et reconnaissance que j'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent au promoteur Omar BOURAS, Professeur à l'université Saad DAHLAB de Blida, pour ses encouragements dans les périodes de doute.

Je remercie ainsi, Mademoiselle Khaoula KETEB Co-promotrice pour avoir consacré de son temps dans l'amélioration de la qualité de ce travail. Sans son soutien ce travail n'aurait pas abouti.

Je remercie Monsieur Karim MESSAOUDI, pour sa réactivité, sa grande disponibilité et ses conseils concernant les orientations de mon mémoire et le projet.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur Abdelkader MEKLATI chef projet de la STEP de Bouinan, pour avoir accepté ma demande à l'étude de ce projet de mémoire de fin d'études.

Toute la gratitude à nos professeurs et enseignants spécialement à Monsieur Abdel Malek BADIS chef d'option de génie de l'environnement au département de Génie des procédés à l'université de Saad Dahleb de Blida, qui nous ont guidés au cours de la formation de master.

Nos respects et considérations s'adressent également aux membres de jury qui nous font l'honneur d'apprécier ce travail.

Enfin, je tiens à remercier tout le personnel « AMENHYD » pour leurs accueils, gentillesse et soutiens.

Dédicaces

Je remercie Allah le tout puissant de m'avoir accordé le courage pour pouvoir terminer ce travail.

Je dédie ce travail :

- *A mon mari Hamza EDDIB pour son soutien et ses encouragements qui me tirent toujours plus haut et me poussent toujours plus loin.*
- *A Mes très chers parents Noufel et Fatima Zohra AMMOUR qui ont été toujours là pour moi et à qui je ne pourrais jamais assez exprimer l'amour que je leur porte,*
- *A mes grands-parents Mustapha et Fatiha ainsi qu'à ma grand-mère Maternelle Rabéa,*
- *A ma chère sœur Mounira,*
- *A mes adorables petits frères : Mohcene, Mohamed et Mahmoud Yacine,*
- *A mes tantes et oncles et tous mes cousins,*
- *A mes beaux-parents, mes belles-sœurs et leurs maris ainsi qu'à mes beaux-frères, leurs femmes et à tous leurs enfants,*
- *A mes meilleures Amies Yousra, Nour El Houda, Samah et Aicha Meriem ainsi à leurs familles,*
- *A tous mes ami(e)s ici et ailleurs,*
- *A tous mes proches,*

Je dédie ce travail spécialement à la mémoire de Mon cher grand-père

Mahfoudh AMMOUR

Celui dont son absence m'a tant pesée mais dont son souvenir m'a tant apaisée...

Meriem Hammoudi

Table de matière

Table de matière	1
Liste des figures	3
Liste des tableaux	4
Introduction générale	5
CHAPITRE I : Impact des eaux usées sur l'environnement	6
I.1 Environnement	6
I.2 Homme et l'environnement.....	8
I.3 : Pollution de l'environnement	9
I.4 Pollution d'eau.....	9
I.5 Lutte contre la pollution des eaux	10
I.6 Conclusion.....	10
CHAPITRE II : Procédés de traitement des eaux usées	11
II.1 Généralités sur les eaux usées	11
II.2 Origine des eaux usées	12
II.3 Composition des eaux usées.....	14
II.4 Procédés extensifs ou naturelles.....	18
II.5 Procédés intensifs	22
II.6 Les procédés de traitement innovants	27
II.7 Traitement tertiaire.....	30
II.8 Conclusion et choix de la filière de traitement des eaux.....	31
CHAPITRE III : Etude de site et solution adéquat	32
III.1 Données du projet	32
III.2 Données de base de dimensionnement	34
III.3 Conclusion	52

CHAPITRE IV : Dimensionnement de la station d'épuration de Bouinan et Présentation de a zone d'étude.	53
IV.1 Données de départ de Bouinan	53
IV.2 Dimensionnement du prétraitement	54
IV.3 Dimensionnement de traitement biologique.....	63
IV.4 Bilan des boues	71
IV.5 Traitement tertiaire	76
IV.6 Traitement et élimination des boues	80
IV.7 Plan proposé pour l'aménagement du STEP	83
IV.7 Conclusion	84
CHAPITRE V : Gestion et sécurité	85
V.1 hygiène et sécurité.....	85
Conclusion générale	91
Abréviations et Glossaire.....	92
Références	93

Liste des Figures

Chapitre I : Impact des eaux usées sur l'environnement.

Figure I.1 : Composants majeures de l'environnement.

Figure I.2 : Les espaces concentriques d'interaction individu-environnement

Chapitre II : Procédés de traitement des eaux usées.

Figure II.1 : Schéma montrant le parcours des eaux usées.

Figure II.2 : Les trois familles principales des eaux usées.

Figure II.3 : Procédés de traitement par lagunage.

Figure II.4 : Exemple d'un filtre planté roseaux.

Figure II.5 : Une STEP par boues activées.

Figure II.6 : Exemple d'une STEP à lits bactériens.

Chapitre III : Etude de site et solution adéquat.

Figure III.1 : Proposition d'aménagement de la STEP à Bouinan.

Figure III.2 : Etapes de filière de traitement des eaux usées.

Figure III.3 : Principe du déversoir d'orage.

Figure III.4 : Dégrillage grossier

Figure III.5 : Schéma d'une grille mécanique courbe.

Figure III.6 : Schéma d'une dessableur – dégraisseur.

Figure III.7 : Ouvrage longitudinal de dégraisseur et déshuilage.

Figure III.8 : Schéma représentant les étapes de traitement biologique dans notre STEP.

Figure III.9 : Principe de nitrification – dénitrification en STEP.

Figure III.10 : Différentes étapes de l'élimination biologique de l'Azote dans une Station d'épuration.

Figure III.11 : Schéma représentant un bassin d'aération.

Figure III.12 : Système d'aération « aérateurs de surface à l'axe verticale ».

Figure III.13 : Schéma d'emplacement du dégazeur en STEP.

Figure III.14 : Schéma d'un clarificateur.

Figure III.15 : Schéma du principe de clarification.

Chapitre IV : Dimensionnement de la station d'épuration de Bouinan et Présentation de a zone d'étude.

Figure IV.1 : Le plan proposé pour l'aménagement de la STEP.

Chapitre V : Gestion et sécurité.

Figure V.1 : Mesures de prévention pour le personnel.

Liste des tableaux

- Tableau II.1** : Charges de fonctionnement pour les boues activées.
- Tableau II.2** : Représentation entre les différents procédés de traitement biologique.
- Tableau III.1** : Normes de rejets des eaux usées.
- Tableau III.2** : Qualité des eaux après traitement biologique.
- Tableau III.3** : Qualité des eaux après traitement tertiaire.
- Tableau IV.1** : Les normes des rejets des EU.
- Tableau IV.2** : Données de départ de la STEP.
- Tableau IV.3** : Données de la fosse à bâtard.
- Tableau IV.4** : Données de dégrillage grossière.
- Tableau IV.5** : Données de la grille fine.
- Tableau IV.6** : Valeurs des paramètres de dégrillage grossier et fin selon les méthodes choisies.
- Tableau IV.7** : Les données de poste de relevage.
- Tableau IV.8** : Les données du dimensionnement de l'ouvrage (Dessablage – Déshuilage aéré).
- Tableau IV.9** : Rappel sur Les caractéristiques de l'effluent admis au traitement biologique.
- Tableau IV.10** : Les données nécessaires au dimensionnement la zone de contact.
- Tableau IV.11** : Valeurs des coefficients a' et b' en fonction de la charge massique.
- Tableau IV.12** : Données d'ouvrage de dégazage.
- Tableau IV.13** : Conditions de fonctionnement des clarificateurs.
- Tableau IV.14** : Tableau récapitulatif des résultats obtenus en prétraitement.
- Tableau IV.15** : Récapitulatif des résultats obtenus en traitement biologique.
- Tableau IV.16** : Données de poste de relevage.
- Tableau IV.17** : Données nécessaires au traitement tertiaire.
- Tableau IV.18** : Valeurs obtenues après le traitement tertiaire.
- Tableau IV.19** : Tableau récapitulatif après traitement tertiaire.
- Tableau IV.20** : Caractéristiques de l'ouvrage d'épaississement des boues.
- Tableau IV.21** : Tableau récapitulatif (traitement des boues).

Introduction générale

Autant qu'un pays au cours de développement, l'Algérie a rencontrée des défis par rapport à la croissance démographique ces dernières années, car plus de population veut dire plus de consommations des ressources naturelles.

La croissance démographique s'est explosée dans les nouvelles villes dans la région nord alors que les ressources en eaux sont devenues limitées à cause de la forte demande de la population de ces nouvelles régions.

Le problème devient inquiétant du point de vue quantitatif et qualitatif.

L'Algérie a dû renforcer leur capacité dans le traitement des eaux usées notamment dans les nouvelles villes comme celle de Bouinan située à l'est de Blida dans le but d'éviter les risques de contamination par ces eaux polluées.

Dans ce contexte, la conception et le dimensionnement d'une station d'épuration dans la ville de Bouinan s'avère la solution idéale pour traiter ses eaux usées.

La finalité principale de la conception est d'avoir un milieu récepteur qui reçoit ces eaux rejetés dans des conditions qui permettant la préservation de l'environnement et la protection de l'hygiène publique.

Pour commencer, l'implantation du site de la STEP est importante, afin de faciliter l'arrivée de ces eaux usées.

Puis, l'installation des ouvrages nécessaires au traitement des eaux et des boues avant de les rejeter dans le milieu naturel.

Ce mémoire répond à des questions telle que : quelle sont les origines et la composition des eaux usées ? C'est quoi les paramètres de pollution ? Quelles sont les méthodes de traitement connus ? Quelles sont les nouvelles méthodes qui diminuent les impacts négatifs sur l'environnement ? C'est quoi le type de notre STEP et les ouvrages utilisés en traitement ?

Ce présent mémoire s'articule sur les points suivants :

- **Chapitre I** : Impact des eaux usées sur l'environnement.
- **Chapitre II** : Procédés de traitement des eaux usées.
- **Chapitre III** : Etude de site et solution adéquate.
- **Chapitre IV** : Dimensionnement de la station d'épuration de Bouinan.
- **Chapitre V** : Gestion et sécurité.

Chapitre I : Impact des eaux usées sur l'environnement

I.1. L'environnement

Selon « ANDRE », l'environnement est défini comme étant un concept à plusieurs sens :

- Ce qui entoure et constitue le voisinage,
- L'entourage habituel d'une personne ainsi que le milieu dans lequel elle vit,
- L'ensemble des éléments naturels et artificiels qui conditionnent la vie humaine.

Le thème de la pollution de l'environnement concerne plutôt le troisième sens. Bien que de nombreux spécialistes aient tenté de donner une définition complète mais complexe de l'environnement, nous retiendrons la définition claire et synthétique de l'Union Européenne qui définit, dans la Directive (85/337/CEE), les incidences sur l'environnement comme « les effets directs et indirects d'un projet sur les facteurs suivants :

- L'homme, la faune, la flore,
- Le sol, l'eau, l'air, le climat et le paysage,
- Les biens matériels et le patrimoine culturel,
- L'interaction entre les facteurs visés aux premier, deuxième et troisième tirets.

Pour plus de clarté, nous pouvons définir l'environnement comme étant le système qui réunit l'homme et la nature [1].

L'environnement traite aussi la combinaison des éléments naturels (le champ de forces physico-chimiques et biotiques) et socio-économiques qui constituent le cadre et les conditions de vie d'un individu, d'une population, d'une communauté à différentes échelles spatiales.

Ce vieux mot français qui vient du verbe « environner », dans le sens d'« entourer » évoque le contour, la totalité et les environs d'un lieu. Il a été employé par un certain nombre de géographes comme synonyme de « milieu géographique » comme par exemple chez Élisée Reclus ou plus tard chez Albert Demangeon.

Si les deux termes s'opposent sur le plan de la géométrie ils désignent presque la même chose en géographie.

L'une des définitions de l'Union européenne est : « l'ensemble des éléments qui dans la complexité de leurs relations constituent le cadre, le milieu et les conditions de vie pour l'homme ».

Du point de vue législative Française, le terme environnement recouvre la nature, c'est-à-dire les espèces animales, végétales, les équilibres biologiques et les ressources naturelles (eau, air, sol, mines) ainsi que les sites et les paysages (loi du 10 juillet 1976 relative à la

protection de la nature ; loi du 19 juillet 1976 concernant les installations classées pour la protection de l'environnement, première loi à utiliser le terme dans son titre).

Cette approche plus restrictive incite à parler de "géo-environnement" qui met l'accent sur les lieux et les formes d'inscription des groupes humains. En effet, ils agissent sur l'environnement et leurs actions entraînent des effets de chaîne, des rétroactions positives ou négatives. C'est pourquoi, une Charte de l'environnement a été désormais adossée à la constitution Française.

D'autres disciplines sont partie prenante dans l'approche environnementale telles que les sciences de la matière (physique, chimie), les sciences de la vie et de la terre (biologie, géologie, géophysique, climatologie), les sciences humaines (anthropologie, sociologie) et les sciences économiques et juridiques. Pour la géographie, ce sont les sociétés humaines et leurs aménagements qui font parties intégrantes de l'environnement.

Aujourd'hui, la géographie tend de plus en plus à substituer au singulier le pluriel « les environnements ». C'est à la fois, une manière d'insister sur leur diversité pour éviter d'essentialiser la nature et un moyen de rappeler la nécessité d'une démarche multiscalaire. L'environnement de l'échelle locale n'est pas celui de l'échelle nationale et encore moins celui de l'échelle mondiale.

La Géographie de l'environnement de Paul Arnould et Laurent Simon est ainsi devenue, une décennie plus tard, *la Géographie des environnements* [2]

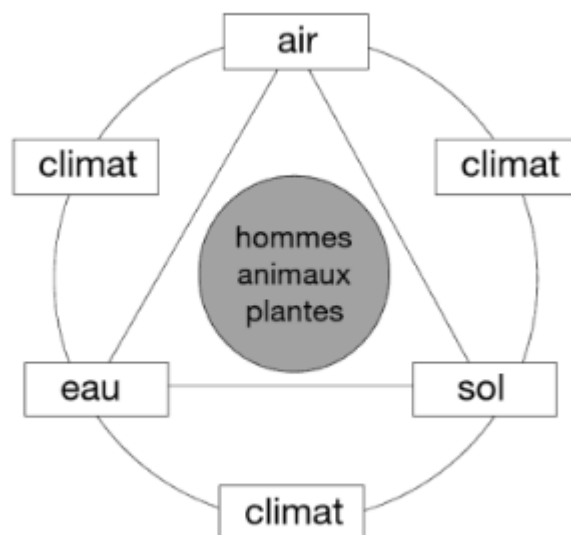


Figure I.1 : Composants majeurs de l'environnement.

I.2 L'homme et l'environnement

L'homme est une partie de l'écosystème de la Terre qui influence son environnement et réciproquement. L'homme utilise l'environnement et le transforme à travers l'économie, la technique afin de créer son espace vital et assure ses besoins. Entre-temps, l'homme est devenu le facteur déterminant dans l'écosystème. Il est surtout beaucoup intervenu dans l'aménagement de la nature par l'industrialisation et a fortement transformé son environnement.

Ce n'est que lors des dernières années que la conscience du public a été touchée, en partie probablement parce que les effets en retour négatifs de l'activité industrielle des hommes ne sont, pour la plupart, visibles ou perceptibles que de nos jours.

Le développement ultérieur de l'environnement - et par conséquent de la Terre – dépendra donc de la façon dont l'homme comprendra le comportement du système de la biosphère et de la façon dont il prend connaissance des relations, des rétroactions ou d'autres manières d'agir ainsi que de la façon dont il pourra alors s'y intégrer.

Des réflexions concernant l'environnement ont entre-temps acquis une grande valeur dans les décisions concernant notre société et aussi le monde industriel. Indirectement les principaux intervenants dans la chimie de l'environnement sont l'homme et son environnement [3].

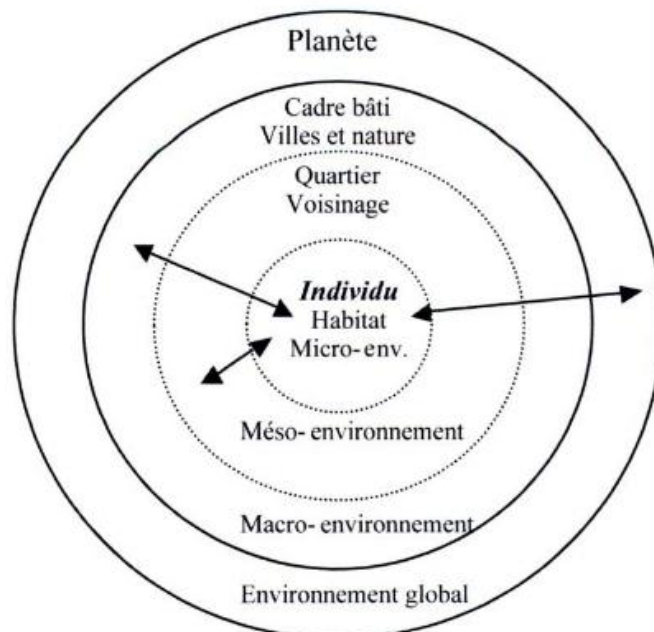


Figure I.2 : Les espaces concentriques d'interaction individu-environnement.

I.3 Pollution de l'environnement

La pollution est la dégradation d'un milieu naturel par des substances extérieures, introduites de manière directe ou indirecte. La santé humaine, la qualité des écosystèmes et de la biodiversité aquatique ou terrestre peuvent être affectés et modifiés de façon durable par la pollution.

On considère une pollution lorsqu'un écosystème ne peut pas ou plus dégrader les substances introduites dans son milieu. Le seuil critique de sa capacité à éliminer naturellement les substances est dépassé : l'équilibre de l'écosystème est brisé.

Les sources de pollutions sont nombreuses et l'identification des différentes substances polluantes et de leurs effets sur les écosystèmes est complexe. Elles peuvent provenir de catastrophes naturelles ou résulter de l'activité humaine.

Les pollutions peuvent être aussi bien les marées noires, les pollutions chimiques, les accidents nucléaires, l'introduction d'espèces invasives, les déchets déversés dans la nature... Les nuisances engendrées par les diverses sources de pollutions sont variées et peuvent s'accumuler en entraînant une augmentation de la mortalité des espèces humaines, animales ou végétales qui peut aller jusqu'à l'extinction de l'espèce, destruction de l'habitat naturel ainsi que la détérioration de la qualité des sols, de l'eau, de l'air...

La prévention de la pollution et l'application du principe de précaution sur toutes les potentialités de pollution issues des activités humaines est systématique dans l'application des principes du développement durable. Il s'agit bien entendu de remédier aux pollutions existantes, mais également d'anticiper et d'éviter les sources de pollutions à venir afin de préserver l'environnement et la santé publique.[3]

I.4 Pollution de l'eau

La qualité de l'eau est affectée par l'urbanisation accrue, car les polluants produits dans l'environnement urbain se déposent et contaminent l'eau, et il y a une augmentation de la concurrence de l'eau entre les villes, les industries, l'agriculture, etc. La qualité et la quantité de l'eau ont été affectées par les altérations du microclimat, la dynamique de l'eau, géomorphologie, écologie et bio géo chimie. Au fur et à mesure que de plus en plus de trottoirs sont créés, il devient de plus en plus difficile pour l'eau de s'infiltrer dans le sol, ce qui entraîne une diminution de la nappe phréatique. Les structures imperméables comme les

rues et les toits, lorsqu'elles sont lavées par la pluie, déposent des polluants excessifs dans les plans d'eau. L'augmentation globale de la pollution de l'eau est un danger potentiel pour la santé humaine et la vie aquatique. Il est donc nécessaire de prendre des mesures adéquates pour résoudre le problème de la pollution de l'eau qui peut potentiellement survenir en raison de l'urbanisation accrue. [4]

I.5 Lutte contre la pollution des eaux

La protection de la ressource en eau s'apprécie en termes qualitatif et quantitatif. La pollution s'entend comme une modification nocive des propriétés des eaux, produites directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie.

Il est donc interdit d'évacuer, de rejeter ou d'injecter dans les fonds du domaine public hydraulique des matières de toute nature et notamment des effluents urbains et industriels ; contenant des substances solides, liquides ou gazeuses, des agents pathogènes, en quantité et concentration de toxicité susceptibles de porter atteinte à la santé publique, à la faune et à la flore ou nuire au développement économique

Tout déversement ou immersion dans les fonds du domaine public hydraulique de matière ne présentant pas les risques prévus est soumis à concession d'utilisation du domaine public hydraulique, appelée autorisation de Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie 59 déversement. [5]

Les conditions de délivrance, de modification ou de retrait de l'autorisation de déversement sont fixées par voie réglementaire. L'autorisation de déversement est refusée notamment lorsque les matières déversées sont de nature à nuire à :

- la capacité de régénération naturelle des eaux.
- exigences de l'utilisation des eaux réceptives.
- la protection de la santé publique. [1]

I.6 Conclusion :

Ce chapitre met en relief les conséquences de la dégradation de l'environnement, causée par l'homme, sur la qualité de la vie et l'avenir de la planète. Cette dégradation a conduit, non seulement, à une prise de conscience généralisée, mais aussi, au développement des politiques environnementales.

Chapitre II : Procédés de traitement des eaux usées

II.1 généralités sur les eaux usées

Ce sont des eaux domestiques et industrielles véhiculant des déchets. La question de l'élimination des eaux usées a revêtu une importance croissante au début des années soixante-dix.

En effet, elle a pris en considération la préoccupation générale exprimée partout dans le monde face au problème de plus en plus important de la pollution de l'environnement humain, de l'atmosphère, des rivières, des lacs, des océans et des eaux souterraines par les déchets ménagers, urbains, agricoles et industriels.

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine.

Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels.[6]

Sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).[7]



Figure II.1 : Schéma montrant le parcours des eaux usées.

II.2 Origine des eaux usées

On distingue trois "familles" d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales et de ruissellement.

L'eau est altéré par l'activité humaine qu'elle soit domestique, industrielle, artisanale, agricole... En effet, après usage, l'eau est dite « polluée » et se doit d'être traitée avant de rejoindre le milieu naturel. Sans cela, elle pourrait causer de graves dommages car la capacité naturelle d'épuration des cours d'eau a pour effet de consommer l'oxygène de la rivière. Ce qui n'est pas sans conséquences sur la flore et la faune aquatiques.

Lorsque l'importance du rejet excède la capacité d'autoépuration de la rivière, la détérioration de l'environnement peut être durable et les zones privées d'oxygène par la pollution entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables empêchant notamment la migration des poissons.

La présence excessive de phosphates favorise le phénomène d'eutrophisation, soit la prolifération d'algues nuisible à la faune aquatique, pouvant rendre la baignade dangereuse et perturber la production d'eau potable.

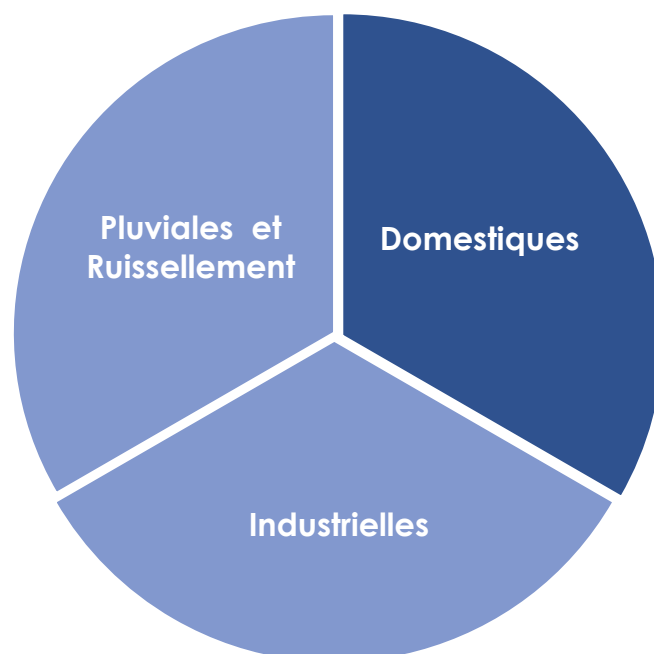


Figure II.2 : les trois familles principales des eaux usées

II.2.1 Eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont essentiellement, porteuses de pollution organique :

- Eaux ménagères (salles de bains et cuisines) sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques...
- Eaux-vannes (rejets des toilettes) chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

II.2.2 Eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir :

- des produits toxiques.
- des solvants.
- des métaux lourds.
- des micropolluants organiques.
- des hydrocarbures.

Certaines de ces eaux usées font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

II.2.3 Eaux pluviales et de ruissellement

Les eaux de pluie ne sont pas dépourvues de pollutions et peuvent constituer une cause de dégradations importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. Ces eaux se chargent :

- d'impuretés, au contact de l'air (fumées industrielles, résidus de pesticides...)
- de résidus déposés, en ruisselant sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds...).

Lorsque le système d'assainissement est dit « unitaire », les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations de dépollution peuvent imposer un déversement (délestage) de ce « mélange » très pollué dans le milieu naturel.

Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution. Les eaux pluviales peuvent être collectées en même temps que les eaux usées domestiques ou bien séparément. On parle alors de réseau unitaire ou séparatif.

II.3 Composition des eaux usées

Les impuretés contenues dans les eaux usées urbaines contiennent des matières minérales et des matières organiques (qui sont entraînées par le courant liquide) sous forme de matière en suspension (décantables, flottantes, et colloïdales).

A ces matières s'ajoutent les micro-organismes susceptibles de dégrader les matières organiques et de provoquer de formation putride.

III.3.1 Pollution des eaux usées

La pollution se manifeste généralement sous quatre formes principales :

- D'origine organique.
- D'origine microbiologique.
- D'origine toxique (minérale et organique).
- D'origine minérale.

A chacune de ces formes de pollutions correspond nécessairement une modification du milieu récepteur qui se traduit indirectement et à plus ou moins long terme, par des conséquences néfastes sur l'individu.

III.3.2 Pollution organique

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large. Cette forme de pollution peut être considérée comme résultante de diverses activités (urbaines, industrielles, artisanales, et rurales) chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables.

On distingue pour les eaux usées urbaines les matières organiques banales (protides, lipides, glucides), les détergents (anioniques, cationiques, non ioniques) et les huiles et goudrons.

III.3.3 Pollution microbiologique

Cette pollution est due à la présence d'une multitude d'organismes vivants dans les eaux usées apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. Ces bactéries jouent le rôle de témoins de pollution.

La pollution microbiologique devient très dangereuse lorsque les eaux usées sont rejetées dans un milieu récepteur pouvant être utilisé comme lieu de loisir (eau de mer, lac, rivière etc...) et pouvant provoquer des maladies dangereuses pour l'individu.

II.3.4 Produits toxiques

La toxicité présente dans les eaux usées peut être organique ou minérale. Les substances organiques toxiques sont sous forme de pesticides, hydrocarbures et produits organiques de synthèse industrielle (aldéhydes, phénols, produits azotes etc...).

Les substances minérales toxiques sont les sels à fortes concentrations et les ions métalliques rejetés par les effluents industriels.

II.3.5 Paramètres de la pollution

a) Paramètres physiques La température

Il est indispensable de connaître la température exacte de l'eau, car c'est un facteur important dans la vie d'une cour d'eau. Un changement de température affecte les diverses propriétés de l'eau.

La température joue un rôle dans la solubilité sels et des gaz en particulier la conductivité électrique et dans les variations du pH.

La température optimale pour l'activité des micro-organismes, épurateurs est comprise entre 20° et 30 °C. Au-delà de cette température, la vitesse de réaction décroît rapidement et le floc bactérien se trouve rapidement épuisé en Oxygène.

1. L'odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde.

2. La couleur

La couleur de l'eau d'égout d'origine domestique est normalement grisâtre. Une couleur noire indique une décomposition partielle alors que les autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle.

3. Les matières en suspension (M.E.S)

Théoriquement, ce sont les matières qui ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Les matières en suspension comportent des matières organiques et des matières minérales. Toutes les MES ne sont décantables, en particulier les colloïdes retenus par filtration. En général les M.E.S se subdivisent en matières volatiles (MVS) et en matières minérales (MM). Les charges en matières solides apportées par les eaux brutes par habitant et par jour peuvent être estimées, en première approximation à :

- 60 à 80 g dont environ 70% de matières volatiles (réseau séparatif).
- 70 à 90 g dont environ 65% de matières volatiles sèches (réseau unitaire).

4. Matières minérales

On obtient la quantité des matières minérales par la soustraction des matières volatiles des matières en suspension. Elles représentent le résidu de la calcination et correspondent à la présence des sels, silice, poussière...

5. Matières décantables et non décantables

On appelle matières décantables les matières qui sont capables de se décanter au bout de deux heures. Au-delà de ce temps, ce sont des matières non décantables qui restent dans le surnageant et vont être dirigées vers le traitement biologique.

b) Paramètres chimiques

1. Le pH :

La valeur du pH est très importante dans les procédés biologiques. En effet, le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité dont le facteur le plus important est habituellement la concentration en anhydrique de carbone lié à la minéralisation totale.

Le pH des eaux usées urbaines seules est généralement près de la neutralité, entre 7 à 7,5 environ. Un pH différent est l'indice d'une pollution industrielle.

L'épuration biologique est possible pour un pH compris entre 6,5 et 8. Au-delà de ces valeurs, l'activité biologique décroît rapidement.

2. L'oxygène dissous

L'oxygène toujours présent dans l'eau, n'en est pas un élément constitutif. Sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité.

L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique, soit par des phénomènes électrochimiques d'où son importance dans le phénomène de corrosion.

La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/L. Elle est fonction de l'origine de l'eau.

Les eaux superficielles contiennent des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre.

3. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène exprimée en mg/L et consommée dans les conditions de l'essai d'incubation à 20 °C et à l'obscurité, pendant 5

jours pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau usée.

Dans de telles conditions, l'oxydation biologique demande un temps de 21 à 28 jours qui correspond à la DBO ultime.

Par convention, la DBO ultime, trop longue à aboutir, est remplacée par la DBO5, c'est-à-dire par la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation.

La DBO5 ne représente normalement que la pollution carbonée biodégradable.

4. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO représente la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimiquement de toute matière contenue dans les eaux qu'elle soit biodégradable ou non.

L'oxydation est rendue maximale en utilisant un oxydant qui est très fort, c'est le $K_2Cr_2O_7$ et en présence d'un catalyseur ($AgSO_4$).

Ce test est particulièrement important pour apprécier le fonctionnement d'une station d'épuration. Il permet l'oxydation de 95% environ des matières organiques.

5. Les nutriments

Le phosphore

Le phosphore se trouve dans l'eau sous deux formes :

- La forme minérale : ortho phosphate, poly phosphate)
- La forme organique : dissoute et particulaire

L'origine du phosphore peut être urbaine, industrielle ou agricole. Les apports les plus importants sont ceux de la population ;

L'azote

Il peut être d'origine :

- anthropique : rejets urbains et industriels.
- Naturelle : atmosphérique

Dans les eaux domestiques la concentration globale en azote total (NTK) est de l'ordre de 15 à 20% de la DBO5.

c) Paramètres microbiologiques

Les eaux usées contiennent aussi des contaminants microbiologiques (Bactéries, virus pathogènes et parasites).

Le rejet des eaux usées des milieux de baignade ou de zones d'élevage de coquillage fait courir un risque pour la santé publique.

L'eau est un milieu privilégié de la transmission de maladies hydrique qui se fait par une simple injection d'eau infectée et qui peut se propager très rapidement dans les pays qui ne disposent pas de bonnes conditions d'hygiène. Différents procédés d'épuration biologique

Il existe de multiples façons de traiter les eaux usées. Le choix de la méthode de traitement biologique en station d'épuration se fait selon les rendements épuratoires, les coûts, les superficies, les modes d'exploitation et l'intégration dans le paysage différente.

Il existe de multiple façon de traiter les eaux usées.

Parmi les traitements biologiques, on distingue des procédés extensifs et intensifs [8]

II.4. Procédés extensifs ou naturels

Les unités de traitement extensif (telles que réservoirs d'eaux usées et SAT - Soil Aquifer Traitement) réduisent aussi bien les charges organiques (DBO et MES) que les autres catégories de polluants.

Vu la longue durée de rétention des eaux usées dans les unités extensives, que l'on mesure en semaines ou en mois (et non en heures comme dans les unités intensives), les réactions de dégradation lentes deviennent significatives.

Ces processus lents sont responsables de l'élimination des polluants "tenaces" que l'on trouve dans les effluents des unités intensives.

En outre, le temps de rétention élevé dans les unités extensives lui permet de tenir lieu de tampon pour des changements de court terme dans la quantité et/ou la qualité des eaux usées. La capacité de stockage des unités de traitement extensif leur permet d'ajuster "la production" des eaux usées (qui se produit tout au long de l'année) à la demande en effluents (qui se produit durant la saison d'irrigation).

Le principal désavantage des unités extensives est que de grandes surfaces de terrains sont nécessaires pour obtenir une longue durée de séjour et assurer un apport d'oxygène suffisant. [9]

II.4.1 Lagunage

Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries. Les bassins de lagunage sont généralement aux nombres de trois. Ils sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. Un bassin de lagunage, s'il est assez simple dans sa réalisation et dans son aspect extérieur, est en réalité un système d'épuration où entrent en jeu toute une série de processus physiques, chimiques et biologiques extrêmement

complexes. Le fonctionnement repose sur la constitution d'une chaîne alimentaire complète, il est basé sur la symbiose entre de véritables êtres vivants : les algues et les bactéries. L'écosystème est très complexe car l'action des êtres vivants est dépendante de très nombreux facteurs non maîtrisables : la température, l'ensoleillement. [10]

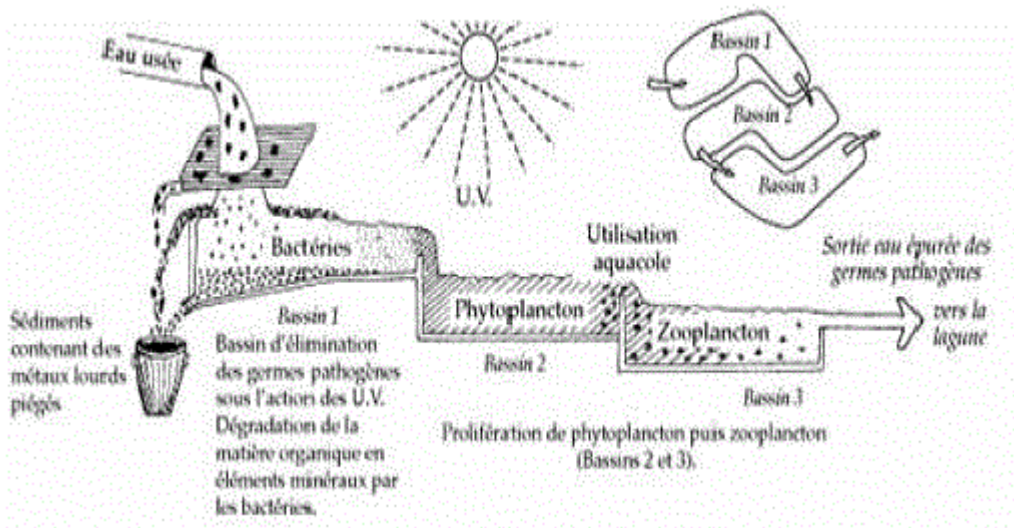


Figure II.3 : Procédés de traitement par le lagunage.

Avantages et inconvénients de la technique d'épuration des eaux

Avantages

- Procédé naturel sans aucune consommation d'énergie ;
- Bonnes performances épuratoires relativement meilleures sur le plan microbiologique à celles des procédés intensifs ;
- Coût d'investissement relativement faible ;
- Coût d'exploitation faible ;
- Forte résistance à la variation des charges aussi bien hydraulique qu'organique ;
- Simplicité de fonctionnement.

Inconvénients

- Forte occupation au sol ;
- Dégagement des odeurs à partir des bassins anaérobies (si mauvaise conception ou orientation des bassins) ;
- Temps de séjour relativement long comparé aux procédés intensifs. [9]

II.4.2 Les filtres plantés de roseaux

Principe de fonctionnement

Les filtres plantés de roseaux (FPR) sont des milieux propices au développement de végétaux envahissants appréciant les sols riches en matières organiques et azotées, humides, bien drainés et à exposition ensoleillée. Pour autant, tous les FPR ne sont pas systématiquement envahis : il semble que les filtres dont la charge entrante est proche du nominal soient moins sujets à certaines adventices (forte croissance des roseaux, formation rapide d'une couche de boues gênante pour l'implantation de certaines adventices). En début de fonctionnement d'une installation de traitement de type FPR, les roseaux sont jeunes et peu développés (4 plants âgés de moins de 2 ans par m² de filtre). Durant les 2 à 3 premières années de vie de la station, et a fortiori lorsque celle-ci est sous-chargée, l'envahissement des filtres par certaines plantes indésirables est très fréquent et vient concurrencer le développement des roseaux. Mais les filtres plus matures, avec un bon degré de développement de leurs roseaux, peuvent aussi être « contaminés » d'adventices. A titre d'exemple dans la Loire, la majeure partie du parc ne connaît pas de problèmes graves de gestion des adventices, mais la situation est très préoccupante sur une dizaine de sites où la pérennité des ouvrages et la qualité du traitement sont en jeu, et récurrente d'année en année. En Dordogne, ce sont près de 40 % des stations type FPR qui sont concernés par l'envahissement de liseron. Si la prolifération des adventices n'est pas maîtrisée, le développement des roseaux est entravé par étouffement et ils sont amenés à disparaître progressivement. Le risque de colmatage de surface par les boues sur le 1er étage de FPR est alors très élevé par le manque du pouvoir décolmatant des tiges et rhizomes des roseaux. [11]



Figure II.4 : Exemple des filtres plantés roseaux

Avantages et inconvénients de la technique d'épuration des eaux

Avantages

- Dispositif d'épuration efficace (très bonnes performances épuratoires)
- Pas de production de boues
- Valorisation des végétaux fauchés, production de compost de qualité
- Aucun risque d'odeurs
- Bonne intégration paysagère
- Entretien facile
- Faible coût d'exploitation (pas de besoin en énergie ni en produit chimique)
- Faible technicité de la maintenance (entretien facile)
- Bonne adaptation aux variations de charges Sensibilise et responsabilise les usagers vis-à-vis de leurs eaux usées, puisque ce système est visible.

Inconvénients

- Il faut y consacrer une surface inutilisable pour autre chose.
- Ce dispositif n'est pas encore réglementaire.
- Visite régulière nécessaire pour alterner l'alimentation des filtres verticaux et vérifier que tout fonctionne bien.
- Besoin d'un entretien minimum régulier (fauchage des roseaux chaque année) [12]

II.5 Procédés intensifs

Les systèmes de traitement intensif des eaux usées telles que boues activées sont optimisés pour l'élimination de la DBO et des MES.

Les eaux usées sont introduites à une large biomasse de microorganismes hétérotrophes simultanément avec un apport intensif d'oxygène.

L'élimination de la DBO est alors optimale et est accomplie dans un laps de temps relativement court (temps de rétention 8- 14 heures) et dans un espace restreint.

L'inconvénient d'un temps de séjour court est le manque de flexibilité pour parer à des variations passagères de qualité et de quantité (sensibilité aux variations de charges) qui de ce fait, réduit la fiabilité de ces unités.

Les systèmes de traitement intensif ne réussissent pas à éliminer les détergents, métaux lourds, xénobiotiques (pesticides, etc...) ainsi que les pathogènes, et n'ont en outre aucune capacité significative de stockage.

En raison de ces défauts, le système intensif en lui-même ne peut aboutir à la qualité requise et doit être suivi par des systèmes de traitement de désinfection. En outre, le coût des systèmes de traitement intensif est élevé, tant en ce qui concerne la construction que l'entretien et le fonctionnement.

Une des approches qui permet de surmonter les limitations techniques des réacteurs intensifs est de les faire suivre par un traitement tertiaire (complémentaire ou de polissage), en ajoutant en aval, des unités avancées de traitement intensif pour le polissage de l'effluent.

Ces unités peuvent comprendre des installations de désinfection (chloration, ozonation, UV, etc.), de coagulation-floculation, filtration ou encore filtration moléculaire, traitement activé de charbon, etc.

Le principal désavantage de l'addition d'unités intensives pour le traitement de finissage ou tertiaire est l'addition d'investissements et de coûts opérationnels élevés, une forte consommation d'énergie et la production de boues tertiaires dont le traitement et l'élimination sont également difficiles et onéreux.

Parmi les techniques intensives, les boues activées et les lits bactériens sont les techniques les plus communes.[9]

II.5.1 Boues Activées

Le procédé de traitement est dit « à boues activées » car l'ensemble des conditions favorables à une activité maximale des bactéries est mis en œuvre : un apport en oxygène suffisant, un apport en nutriment si l'effluent ne contient pas tous les composés nécessaires au développement des bactéries, une agitation permanente afin de favoriser le contact entre bactéries et pollution, une concentration élevée en bactérie pour augmenter l'efficacité du traitement. La chaîne de traitement est composée d'un bioréacteur, d'un clarificateur et d'une boucle de recyclage des boues.[13]

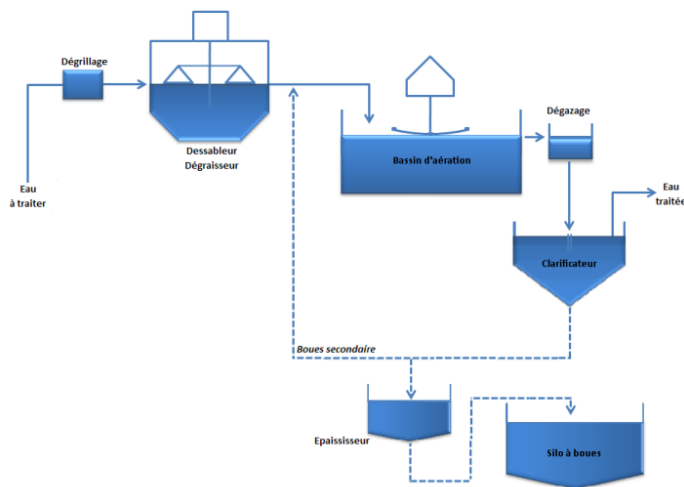


Figure II.5 : Une STEP par boues activées

Principe de fonctionnement

Quatre principales utilisations spécifiques du procédé à boues activées :

- Élimination de la pollution carbonée (matières organiques).
- Élimination de la pollution azotée.
- Élimination biologique du Phosphore.
- Stabilisation des boues : procédé dit d'« aération prolongée » ou « digestion aérobie ».

Le procédé par boues activées admet de nombreuses variantes que l'on peut classer en fonction : de la charge massique et des particularités techniques (écoulement, aération).

a) Boues activées à faible charge ou aération prolongée

Le procédé par aération prolongée est consacré au traitement des effluents à caractère domestique dominant des petites et moyennes collectivités.

Ce procédé se caractérise par :

- L'admission des eaux prétraitées sans décantation primaire ;
- Les boues obtenues sont en faibles quantités, stables, non fermentescibles et pouvant être reçues sans nuisances sur l'épaisseur ;
- Des volumes d'aération et de décantation importants en raison des temps de séjour importants ;
- Un taux d'épuration généralement supérieur à 95 %.

b) Boues activées à moyenne et forte charge

Les procédés à moyenne et forte charge sont consacrés au traitement des effluents des collectivités de grandes importances.

Les caractéristiques du procédé sont les suivantes :

- Le bassin d'aération est obligatoirement précédé d'un décanteur primaire ;
- Réduction sensible des volumes de l'aération et de la décantation secondaire ;
- Production de grandes quantités de boues fermentescibles d'où la nécessité d'utiliser un digesteur anaérobie des boues, ou un bassin de stabilisation aérobie des boues ;[14]

Tableau II.1 : Charges de fonctionnement pour les boues activées [14]

Caractéristique	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge
Charge massique $C_m = \text{Kg DBO}_5 / \text{KgMVS.Jour}$	0,5	$0,2 < C_m < 0,5$	$0,07 < C_m < 0,2$
Temps de séjour dans le bassin d'aération $t = V/q$	à 3 heures	3 à 10 heures	10 à 20 heures et plus
Consommation d'oxygène $\text{Kg O}_2 / \text{KgDBO}_5$ réduite	0,4 à 0,8	0,8 à 1,3	1,3 à 2
Production de boues $\text{Kg boues sèches} / \text{Kg DBO}$ réduite	0,4 à 0,7	0,3 à 0,5	0,1 à 0,2
Taux de recyclage des Boues	0,6 à 0,8	0,8 à 0,95	>0,95
Rendement de Dépollution	50 à 70 %	70 à 95 %	>95%
Nitrification $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{NO}_3$	Nulle	Partielle	Très avancée

Avantages et inconvénients de la technique d'épuration des eaux

Avantages

- Ce procédé élimine les molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires.
- Il est de plus relativement sûr, du fait du contrôle aisé des différents facteurs nécessaires à son fonctionnement.
- Comparé à la technique des lits bactériens, il est plus efficace et plus rapide.
- Les nuisances telles que les odeurs ou les mouches sont inexistantes et son installation demande peu de place.
- Ce dispositif est intéressant à partir de 400 équivalent-habitants minimum et peut aller jusqu'à un traitement de 100.000 à 200.000 équivalent-habitants.

Inconvénients

- Sensibilité aux variations de charges : hydraulique et organique ;
- Nécessité d'un entretien fréquent des ouvrages (main d'oeuvre qualifiée) ;
- Coût d'exploitation (énergétique) élevé ;
- Faibles performances en matière d'élimination des agents pathogènes.[9]

II.5.2 Les lits bactériens

Le procédé lit bactérien ou filtre percolateur est un procédé d'épuration des eaux usées à lit fixe, dans lequel la biomasse n'est pas maintenue en suspension dans l'eau, mais forme un biofilm sur des surfaces de croissance.

Ce biofilm transforme les composants organiques des eaux usées en milieu aérobie. Les matériaux de remplissage sont soit pierreux, soit en plastique et leur superficie varie par m³.

Dans le cas de volumes d'eaux usées importants, les surfaces de croissance en plastique sont à préférer, étant donné leur plus grande porosité, ce qui permet aux lits bactériens d'être plus petits. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs.

Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux (Satin M., Belmi S - A2, 1999).

Les boues restantes dans l'effluent seront ensuite séparées de l'eau traitée dans un clarificateur. Une recirculation d'une partie de cette eau vers le décanteur digesteur est nécessaire pour maintenir des conditions d'auto-curage et de dilution des effluents bruts.

On réalise également une recirculation des boues (boues secondaires) vers le digesteur, où, après décantation, elles seront extraites pour subir un traitement approprié.

La pollution éliminée dépend de la nature de l'eau à traiter, de la nature du matériau de remplissage, de la charge hydraulique et de la température.

Selon les caractéristiques du procédé et celles de l'effluent d'entrée, le rendement varie de 30 à 70% de DBO₅.

Les boues sédimentées sont à prélever régulièrement et le massif filtrant doit être lavé par jet d'eau. Ce système peut être perturbé par des variations de débit et de charge polluante concernant les effluents à traiter.

Le grand avantage que représente le procédé des lits bactériens par rapport à l'aération prolongée tient surtout à la faible consommation d'énergie, celle-ci n'étant nécessaire que pour le fonctionnement des pompes pour le remplissage des lits bactériens.

Le fait d'opter pour un traitement à lits bactériens entraîne donc une consommation d'énergie relativement faible. [9]



Figure II.6 : Exemple d'une STEP à Lits bactériens

Avantages et inconvénients de cette technique d'épuration des eaux

Avantages

- Occupation au sol relativement faible
- Bonnes performances en terme de réduction de la DBO, de la DCO et des MES ;
- Faible consommation en énergie

Inconvénients

- Ne supporte pas les variations de débit et de concentration des effluents ;
- Nécessite un entretien fréquent des ouvrages (main d'œuvre importante) ;
- Pollution olfactive ;
- Nuisances par le développement des insectes. [9]

II.6 Les procédés de traitement innovants

Pour répondre aux nouvelles contraintes du traitement des boues, de nouvelles technologies ont été développées. Ces technologies ne présentent pas encore un retour d'expérience suffisant pour conclure sur leur viabilité mais elles pourraient présenter de meilleures performances environnementales que les procédés classiques. Quelques-unes sont présentées ci-dessous.

II.6.1 La stabilisation aux nitrites

La stabilisation aux nitrites est une alternative au chaulage. Pour remplir les mêmes objectifs que le chaulage tout en évitant les problèmes d'odeurs et d'augmentation du volume de boue, cette stabilisation propose de stabiliser les boues par acidification et oxydation. Les boues sont mélangées à des sels de nitrites dans un milieu acide maintenu à un pH de l'ordre de 2 à 3 pendant environ une demi-heure. Ce traitement détruit par oxydation les composés malodorants et les microorganismes. D'un point de vue agronomique, cette technique présente un intérêt pour les sols alcalins ne pouvant accueillir des boues chaulées.

II.6.2 L'oxydation par voie humide (OVH)

L'OVH est un traitement thermique d'oxydation de la matière organique en phase aqueuse à température et pression élevées : de 150 à 330 °C et de 20 à 210 bars.

Un oxydant, l'air ou mieux de l'oxygène pur, est injecté dans le réacteur. L'ensemble de la boue est en partie gazéifiée, en partie dégradée en composés facilement biodégradables retenus dans une liqueur renvoyée dans la chaîne de traitement de l'eau. Le sous-produit minéral stable est évacué en CET ou peut être valorisé en technique routière. L'OVH présente les mêmes avantages que l'incinération mais évite la mise en place de traitement des fumées complexes et coûteux.

II.6.3 La pyrolyse

La pyrolyse, ou thermolyse, est une dissociation thermique de la matière organique et de la matière minérale en l'absence d'Oxygène. Il s'agit d'un traitement thermique, avec une température de 400 à 800 °C, sans combustion et endothermique. La fraction organique se décompose en gaz de synthèse (CH₄, COV, H₂...), huiles et résidus solides carbonés. C'est sous-produits sont récupérés dans le but d' être valorisés énergiquement [GAY, 2002].

II.6.4 La gazéification

La gazéification est un procédé de conversion totale de la matière organique en gaz de combustion partielle. L' oxydation se déroule dans une gamme de température comprise entre 850 et 1400 °C, avec une quantité limitée d' oxydant (air ou oxygène). Il en résulte la formation de gaz combustibles et de cendres. Ces gaz sont composés de CO₂, de CH₄, de CO, d'H₂ et de N₂. La gazéification n'est possible qu'à partir de boues séchées à 70 % de siccité au minimum [GAY, 2002].

II.6.5 Les procédés de réduction de boues

Il s'agit de technologies qui utilisent des processus physiques (hydrolyse thermique) ou chimique (oxydation à l'ozone) pour détruire les cellules bactériennes et réduire les composés des boues en substances facilement biodégradables, qui sont alors envoyées vers un traitement biologique de la STEP. Ces procédés garantiraient une réduction du volume de boue pouvant aller jusqu'à 75 %. Ils seraient donc particulièrement adaptés aux usines qui ont des difficultés à évacuer leurs boues, ou lorsque le coût d'élimination de celles-ci est trop élevé.

a) Les procédés d'élimination finale des boues

Ces techniques ne sont pas situées sur la STEP, à l'exception de l'incinération dédiée. Nous les présentons toutefois car elles intègrent en toute logique la chaîne de traitement des boues, et parce que la stratégie de traitement des boues dépend essentiellement de leur mode d'élimination. Il existe trois voies principales d'élimination et/ou de valorisation des boues.

b) L'épandage

L'épandage consiste à apporter sur une parcelle agricole les boues. Il constitue un valorisation agronomique et un recyclage de matière par l'apport au sol d'éléments fertilisants (azote, phosphore...) et/ ou d'amendements (matière organique pour les composts et chaux pour les boues chaulées). Le recyclage du phosphore et de la matière organique apparaît particulièrement intéressant, le premier car les engrais phosphatés sont

synthétisés à partir de ressources minières actuellement en voie d'épuisement, le deuxième car les sols français présentent un déficit en matière organique qui ne peut pas être fabriquée artificiellement. La valorisation agricole des boues peut se faire de plusieurs façons : épandage de boues liquides, pâteuses, séchées ou encore compostées. L'épandage nécessite un encadrement réglementaire et technique rigoureux pour assurer la pérennité de cette filière.

En effet, l'épandage fait face aujourd'hui aux craintes des agriculteurs qui redoutent le recyclage agricole des déchets industriels, suite aux accidents. Les boues d'épuration ne sont pas exemptes de polluants pour les sols, les plantes ou les produits issus des cultures. Ils contiennent des éléments traces métalliques et organiques toxiques, dont les teneurs doivent être contrôlées.

c) L'incinération

L'incinération est un procédé de destruction et de minéralisation des boues par oxydation thermique. Elle peut se réaliser dans un four spécifiquement dédié à la combustion des boues ou en co-incinération dans une usine d'incinération des ordures ménagères. Dans tous les cas, un traitement des fumées est nécessaire. La boue subit une combustion totale à une température de l'ordre de 900°C et avec un temps de séjour de quelques secondes.

L'incinération génère des sous-produits : des fumées qui sont traitées avant d'être renvoyées à l'atmosphère, des cendres constituées de la matière minérale de la boue, des résidus d'épuration des fumées où sont piégés les polluants dangereux grâce au traitement des gaz décombustion.

L'incinération présente plusieurs intérêts : destruction de la boue, réduction du volume de déchets, hygiénisation totale de la boue et valorisation possible de la chaleur des fumées en chaleur et/ou en électricité. [1]

II.7 Etude comparative entre les procédés de traitement

Le tableau suivant récapitule et compare les principales caractéristiques des méthodes de traitement des eaux usées décrites précédemment :

Tableau II.2 : Représentation entre les différents procédés de traitement biologique.

Origine des boues	Superficie globale	Performance DBO ₅ et DCO	Coût de construction	Capacité épuratoire
Lagunage	15 m ² /EH	+	Faible coût mais coût d'achat des terrains élevés	Développement d'algue verte performance limité
Filtres plantés de roseaux	4m ² /EH	++	Coût de construction modéré et un espace nécessaire un peu plus important	Très efficace sauf à la pollution phosphorée
Boues activées	1,5m ² /EH	++	Coût de construction élevé mais faible espace nécessaire	Efficace sur tous les types de pollutions urbaines
Lit bactérien	1,5m ² /EH	-	Coût de construction modéré et faible espace nécessaire	Capacités d'épuration limitée

II.8 Traitements tertiaires

Le traitement tertiaire, parfois décrit comme un traitement avancé, est généralement effectué après un traitement biologique suivi d'une étape de séparation « solide-liquide ».

Le traitement tertiaire peut être de différente nature, telle que la déphosphatation, la désinfection, la réduction de l'azote ammoniacal ou encore la réduction de l'azote total. [15] Dans le vocabulaire courant de l'épuration, ce terme désigne un ou des traitements complémentaires permettant d'obtenir une qualité d'effluent supérieure à celle obtenue par les procédés physicochimique et biologique classiques.

Il s'agit d'affiner l'eau en poussant l'épuration le plus loin possible avec la possibilité de viser deux objectifs différents :

- L'amélioration des performances des paramètres classiques, à savoir les matières en suspension totale MEST par filtration sur sable par exemple la DBO5 et la DCO moyennant la mise en œuvre de procédés biologiques de finition par lagunage et biofiltration ou d'un traitement d'adsorption sur charbon actif (percolation sur des colonnes de charbon en grains) ;
- L'action spécifique sur des paramètres qui ne sont que peu ou pas touchés par les traitements classiques, par exemple :
 - Elimination des éléments nutritifs (azote et phosphore) responsables de l'eutrophisation, par des traitements biologiques (nitrification et dénitrification de l'azote) ou physico-chimiques de finition (post-précipitation du phosphore).
 - Réduction et limitation de la pollution bactérienne, par des procédés de désinfection utilisant des bactéricides (agents chlorants et ozone) ou des rayons UV,
 - Elimination plus ou moins poussée de la DCO soluble non biodégradable et, plus particulièrement, de la coloration des ERI par des techniques d'oxydation diverses (utilisation de l'oxygène à haute température et sous pression, ozonation, action de l'eau oxygénée H2O2), des procédés d'adsorption (charbon actif), voire des techniques de séparation membranaire (ultrafiltration, osmose inverse...). [16]

II.9 Conclusion et choix de la filière de traitement des eaux

Compte tenu de la nature agricole des terrains avoisinants qui rendent donc restreint le terrain disponible pour la future station d'épuration, les procédés extensifs sont à écarter pour le choix du procédé d'épuration et ce parallèlement à leurs critères de faisabilité (superficie globale, performance DBO₅ et DCO, cout de construction, capacité épuratoire...) qui ne sont économiques que pour des effluents de petites communautés.

Pour toutes ces raisons, nous pouvons affirmer que l'épuration par boue activée reste la meilleure solution à envisager pour toutes les eaux usées domestiques de la ville de Bouinan.

Il est recommandé d'éviter les nuisances dues aux odeurs, aux insectes. Du point de vue gestion, les principaux frais qu'occasionne le procédé par boues activées se retrouvent dans les frais d'énergie nécessaires à l'aération.[8]

Chapitre III : Etude de site et solution adéquat

III.1. Données du projet

III.1.1 Site de la station

Le terrain réservé pour l'implantation des ouvrages de la station d'épuration de la ville de Bouinan est d'une superficie de six (06) hectares situé dans la commune de Bouinan.

A ce titre, il appartient au soumissionnaire de proposer une conception de tous les ouvrages de la station d'épuration dans la limite de ce terrain.

Il est accessible par une piste situé au nord-ouest de la ville de Bouinan, distant d'environ 03 km du chef-lieu en prenant la route vers Chebli (CW116), c'est un terrain plat ayant une topographie régulière.



Figure III.1 : Proposition d'aménagement de la STEP à Bouinan.

a) Arrivée des eaux brutes

La station d'épuration de Bouinan traite les eaux usées urbaines provenant de la ville nouvelle de Bouinan, Amroussa, Sidi Serhane, et l'ancien tissu urbain de la commune de Bouinan. Le réseau installé au niveau de la ville est de type unitaire, la station sera alimentée par un collecteur de diamètre 1000 mm.

b) Evacuation des eaux épurées

Les eaux traitées depuis le poste du traitement tertiaire, seront évacuées vers Oued Klab à une distance d'environ 1000 m.

La canalisation de diamètre DN 1000 mL sera en béton armé classe 135 A.

c) Température

La température diminue pendant les trois mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint un minimum de 12,24 °C en Janvier, elle augmente pendant les mois d'été de (Juin jusqu'à Septembre) et atteint le maximum de 29,39 °C en Août. La moyenne annuelle est de 19,52 °C.

d) Sismicité

Le zonage des régions sismiques de l'Algérie (selon la classification RPA 2003), classe la région de Bouinan dans la zone (III) (zone de sismicité élevée).

e) Géotechnique

L'étude géotechnique a fait l'objet d'un rapport à part.

f) Alimentation électrique

La réalisation du bâtiment de jonction comprenant disjoncteur général, cellules et tous les organes nécessaires au raccordement de la station sur le réseau Sonelgaz selon les prérogatives de cette dernière. Le poste de transformation et de distribution général seront adjacents au poste de livraison.

g) Alimentation en eau potable

L'alimentation en eau potable de la future station d'épuration sera assurée à partir du réseau de la localité voisine (environ 1 500 mL) ou par un forage sur site.

La STEP aura à sa charge la prise de contact avec les services de l'état locaux pour définir le point de branchement de la conduite d'alimentation, ainsi que tous les travaux et études nécessaires à l'alimentation du site.

Pour Les besoins du chantier, l'alimentation en eau potable est assurée pour satisfaire les besoins humains pendant la durée des travaux.

h) Alimentation en Gaz de ville

L'alimentation en Gaz de ville de la future station d'épuration sera assurée à partir du réseau Gaz à définir par les services concernés de l'état locaux pour définir le point de branchement, ainsi que tous les travaux et études nécessaires à l'alimentation du site. [17]

III.2 Données de base de dimensionnement

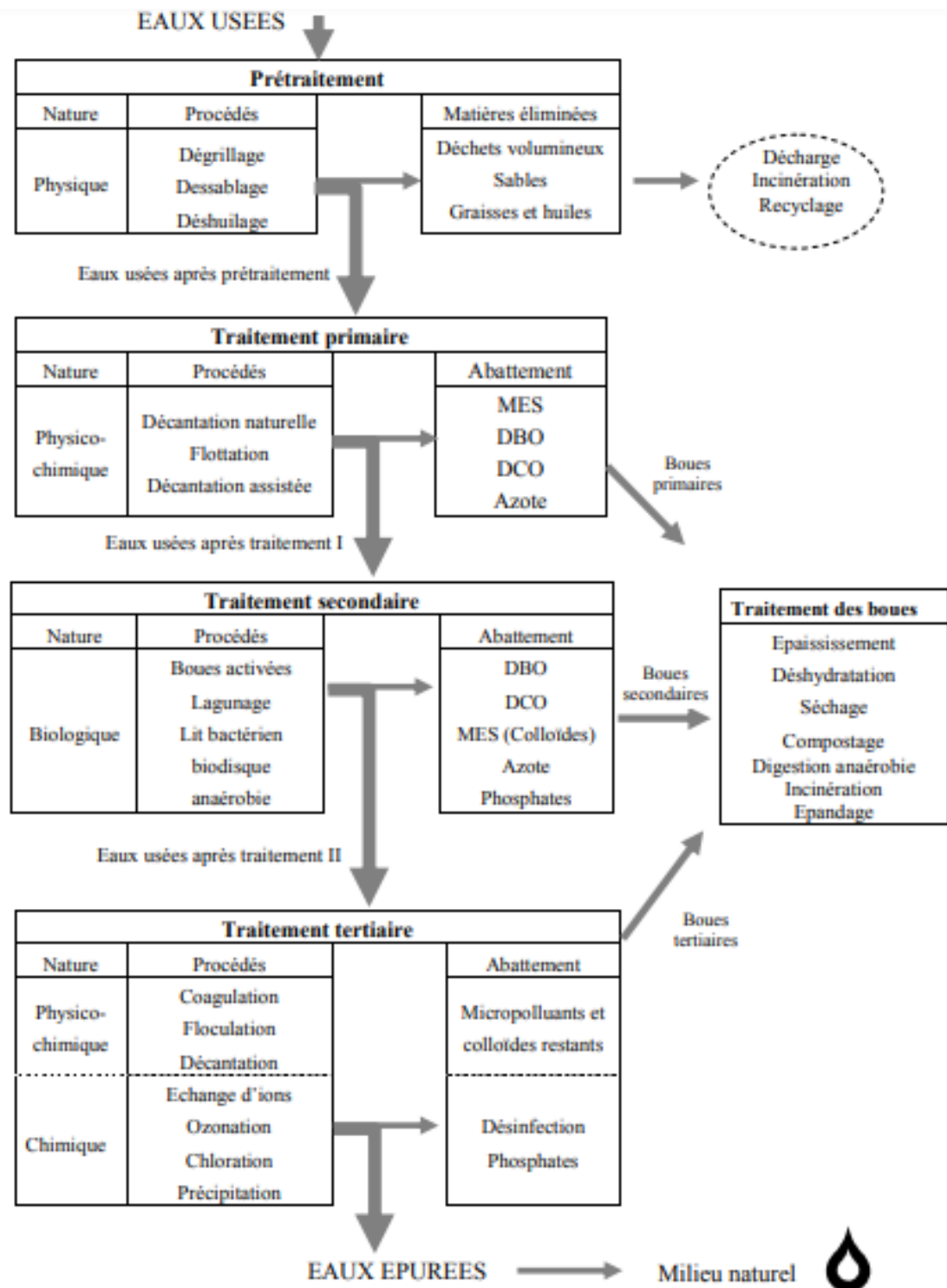


Figure III.2 : Etapes de filière de traitement des eaux usées.[18]

III.2.1 Les normes de rejets des eaux usées

Tableau III.1 : Normes de rejets des eaux usées [19]

Paramètres	Unités	Horizon 2030
Charge hydraulique		
Equivalent habitant	E.H	422 500
Volume journalier	m ³ /jour	66 000
Débit moyen de temps sec	m ³ /heure	2 750
Débit de pointe temps sec	m ³ /heure	4 373
Débit de pointe temps de pluie	m ³ /heure	6 600
Charge polluante		
Charge journalière en DCO	Kg/jour	38 000
Charge journalière en DBO5	Kg/jour	22 800
Charge journalière en MES	Kg/jour	30 000
Charge en azote (NTK)	Kg/jour	4300

Tableau III.2 : Qualité des eaux après traitement biologique

Paramètres	Unité	Concentration en mg/L	Rendement minimum d'élimination en %
DBO5	mg/L	≤ 25	≥ 90
DCO	mg/L	≤ 90	≥ 80
MES	mg/L	≤ 30	≥ 90
NGL	mg/L	≤ 15	≥ 70

Tableau III.3 : Qualité des eaux après traitement tertiaire.

Paramètres	Valeur
DBO5	< 15 mg/L
DCO	60 mg/L
MES	≤ 10 mg/L
Nématodes intestinaux	Absence
Coliformes fécaux	<100 UFC / 100mL

III.2.2 Type de la station d'épuration

Le traitement retenu est un traitement classique par boues activées à faible charge avec élimination de la matière organique liée au carbone, à l'azote.

L'azote étant principalement traité pour éviter les remontées de boues en clarification suite à une dénitrification sauvage. Le traitement de l'azote sera réalisé dans une zone anoxie. [17]

II.2.3 Filière de traitement

Prétraitements

Les prétraitements sont destinés à séparer des eaux résiduaires :

- Les matières solides volumineuses risquant d'obstruer les canalisations de l'installation de traitement ;
- Les matières flottantes et les polluants liquides (huiles, hydrocarbures) non miscibles sont généralement moins denses que l'eau.

Ils sont constitués d'un ensemble d'opérations physiques et mécaniques : dégrillage, tamisage, dessablage, déshuilage- dégraissage dont la mise en œuvre est largement dépendante de la nature et des caractéristiques des rejets industriels à traiter et aussi de la ligne de traitement prévue en aval. [20] [21]

Du point de vue fonctionnel, le traitement par boues activées à faible charge est mis en œuvre dans une installation comprenant les postes suivants :

La filière eau est caractérisée par les opérations suivantes :

- ouvrage de réception avec un déversoir d'orage et la canalisation de by-pass.
- fosse à bâtards ;
- dégrillage grossier automatique ;
- relevage de tête ;

- comptage et prélèvement des eaux brutes ;
- comptage des eaux by-pass ;
- dégrillage fin automatique ;
- dessablage déshuilage aéré ;
- bassin biologique (zone de contact, zone d'anoxie, bassin d'aération et zone de dégazage) ;
- clarificateurs ;
- Traitement tertiaire ; [17]

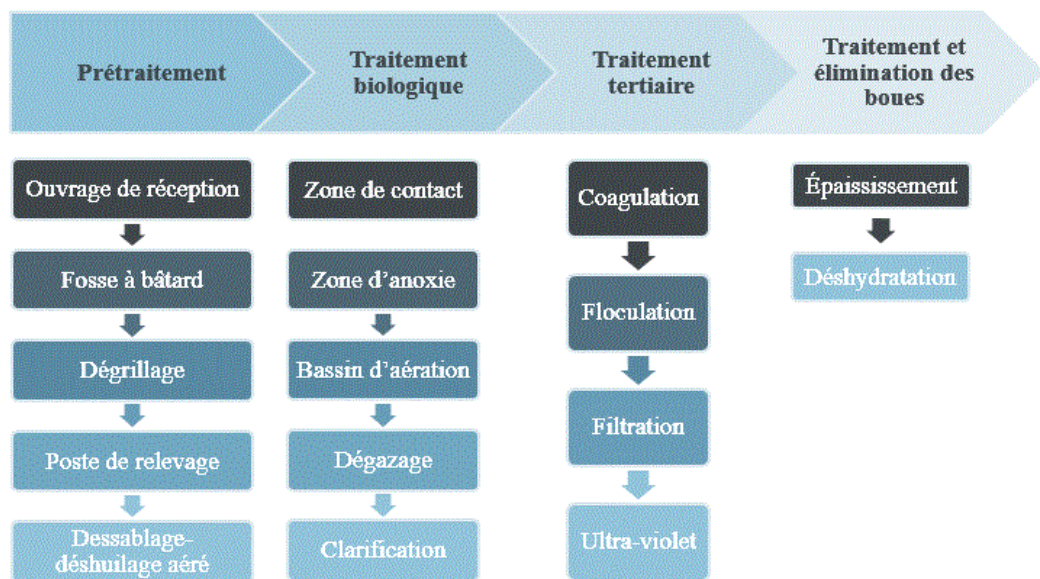


Figure III.2 : Schéma d'une Station d'épuration des eaux usées

a) Ouvrage de réception avec un déversoir d'orage et la canalisation de by-pass

Principe :

Un déversoir d'orage est donc un ouvrage de contrôle permettant une régulation hydraulique des effluents en réseau d'assainissement.

Il dérive une partie des effluents lorsque le débit à l'amont dépasse une certaine valeur que l'on appelle "débit de référence".

Le débit dérivé peut sortir complètement du système d'assainissement, soit y être réinjecté après stockage dans le bassin.[22]

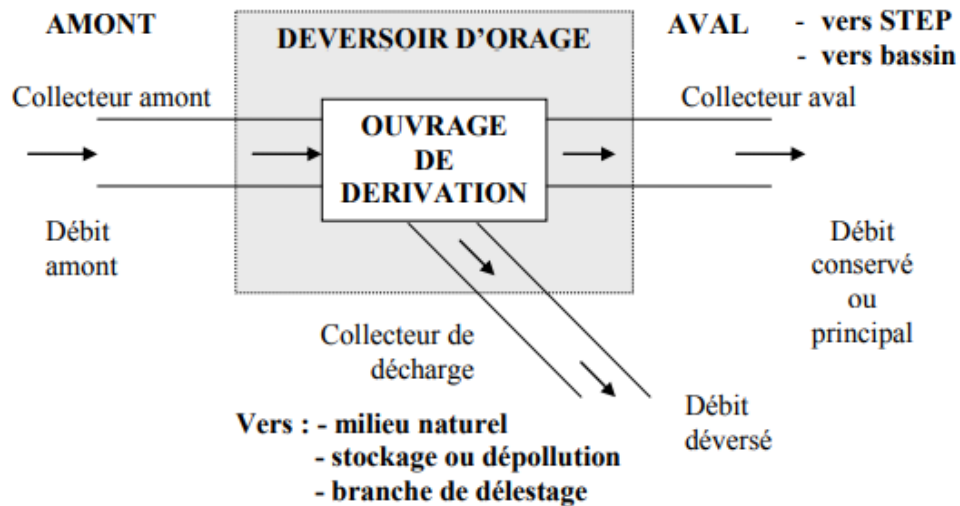


Figure III.3 : Principe du déversoir d'orage

L'ouvrage de réception recevra la totalité du flux véhiculé par la conduite et sera équipé :

- d'un seuil déversoir pour tous les débits excédentaires au débit maximal de 6 600 m³/heure à admettre en temps de pluie ;
- d'un dispositif de mesure des débits by-passés par sonde ultrason sur lame déversante ;
- une grille manuelle en inox 316 L d'espacement 80 mm pour les effluents by-passés.

b) Fosse à bâtards

La fosse à bâtards est le premier système de traitement des eaux usées, qui consiste en une décantation permettant d'enlever les objets trop volumineux qui pourraient endommager les équipements de la station. [23]

Une fosse à bâtards (piège à cailloux) placée à l'entrée de la station de façon à tranquilliser l'affluent, limitant ainsi la vitesse d'approche sur le dégrillage grossier et de piéger les corps solides lourds.

Cet ouvrage est dimensionné sur la base d'une charge superficielle maximale de 150m³/m².h en pointe.

Les eaux d'égouttures de la benne et les eaux de lavage de l'aire de pose en béton retourneront gravitairement dans la fosse. Un point d'eau de lavage sera prévu à proximité de cette aire.

c) Dégrillage grossier automatique

Le dégrillage permet :

- De protéger la station contre l'arrivée des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou compliquer l'exécution.

En fonction de l'écartement des barreaux on peut distinguer :

- Le dégrillage fin : écartement de 3 à 10 mm.
- Le dégrillage moyen : écartement de 10 à 25 mm.
- Le dégrillage grossier : écartement de 50 à 100 mm.

Il existe plusieurs types de grilles :

1. Grilles manuelles

Composées de barreaux inclinés de 60° à 80° sur l'horizontale. Les refus sont éliminés à l'aide de râpeaux. On utilise ces grilles généralement pour les stations moyennes.

La surface de ces grilles doit être calculée largement pour en éviter la nécessité d'intervention trop fréquente pour le nettoyage.

2. Grilles mécaniques

Elles sont destinées aux stations importantes, ou pour les eaux brutes très chargées en matières grossières.

La manœuvre automatique de la grille permet éviter le colmatage rapide des canalisations.

On distingue :

- Grilles courbés
- Grilles droites [8]



Figure III.4 : Dégrillage grossier.

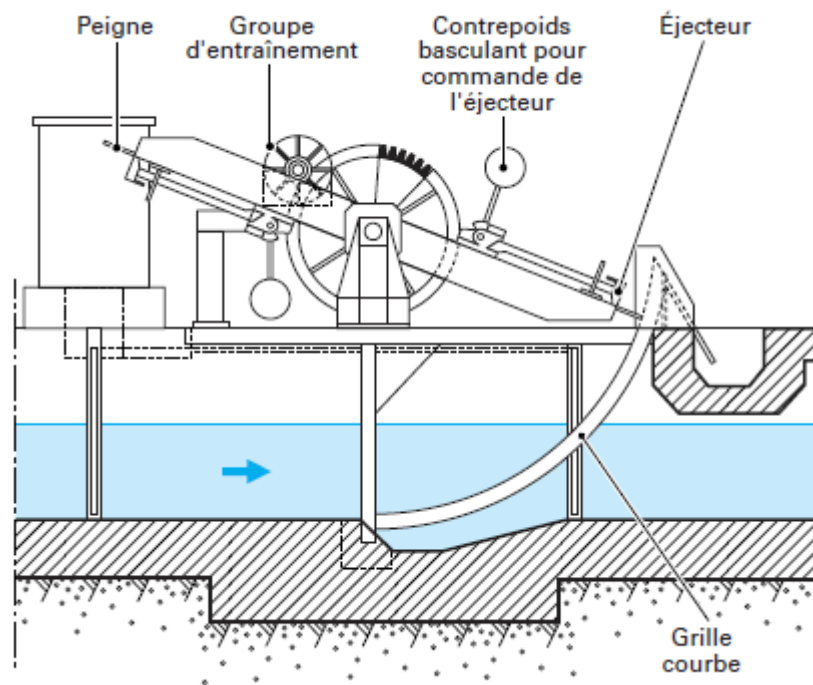


Figure III.5 : Schéma d'une grille mécanique courbe. [16]

Quatre (3 + 1) lignes de dégrillage grossier sont prévues pour protéger les groupes de pompage.

Chaque dégrilleur est doté d'une grille à barreaux, munie d'un dispositif de nettoyage automatique pour diminuer les interventions manuelles et d'un espacement entre barreaux de 40 mm.

Chacune des grilles devra être capable d'accepter 1/3 du débit de pointe de temps de pluie prévu en situation 2030 (soit 2 200 m³/heure). [17]

d) Poste de relevage des eaux usées

Il est prévu un poste de relèvement doté de quatre groupes électropompe dont un de secours automatique, submersibles, assurant le débit maximum de 6 600 m³/heure

e) Comptage et prélèvement des eaux brutes

Le comptage des eaux brutes est assuré par un débitmètre électromagnétique situé sur la canalisation d'alimentation des prétraitements

Un préleveur d'échantillons automatique d'eaux brutes est prévu. Les échantillons recueillis serviront à déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes.

Cet équipement dont le fonctionnement sera asservi à la mesure de débit entrant sera de type réfrigéré et installé sous un abri.

Les prélèvements seront effectués après les dégrillages fins dans une zone où les effluents ne seront pas stagnants.

f) Dégrillage fin

Principe

Le dégrillage fin, constitué de grilles encore moins espacées, va éliminer les déchets d'un volume supérieur à 1cm. Les dégrilleurs sont équipés d'un dispositif de relevage et d'éjection automatique des déchets

Performance

Quatre (3 + 1) lignes de dégrillage fin mécanisé sont prévues. Chaque dégrilleur est doté chacune d'une grille, munie d'un dispositif de nettoyage automatique pour diminuer les interventions manuelles et d'un espacement entre barreaux de 8 mm.

Chacune des grilles devra être capable d'accepter 1/3 du débit de pointe de temps de pluie prévu en situation 2030 (soit 2 200 m³/heure).

g) Dessablage – Déshuilage aéré

C'est une opération destinée à réduire les graisses et huiles, ils sont émulsionnés par simple sédimentation physique en surface.

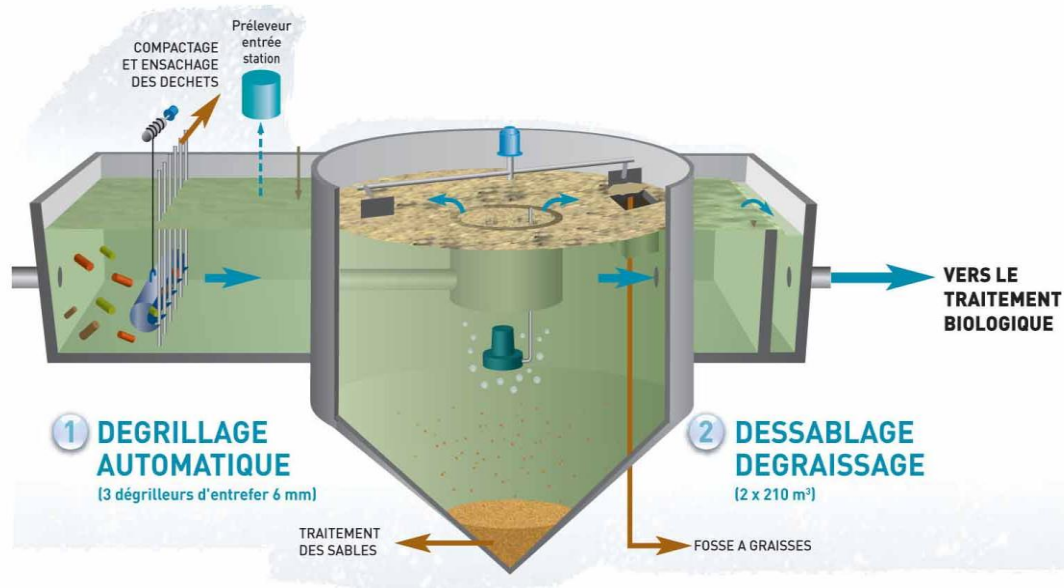
Dans le traitement biologique, les huiles et graisses présentent de multiples inconvénients tels que : une mauvaise diffusion de l'oxygène dans le floc bactérien, le bouchage des pompes et canalisation et une acidification du milieu dans le digesteur anaérobie.

1. Dégraisseur et dessableur séparés

Cette disposition est recommandée lorsque les eaux brutes sont chargées en graisses et huiles de façon inhabituelle.

2. Dessableur dégraisseur combiné

Le débit d'air nécessaire est différent pour chaque fonction, ce qui conduit à une efficacité moyenne globale.



Le dégraisseur et l'évaluation des graisses s'effectuent dans une zone tranquillisée, les boues décantables glissent sur les parois inclinées de l'ouvrage et ils sont ramenés dans la zone d'aération. [8]

Figure III.6 : schéma d'un dessableur-dégraiseur.

3. Dessablage

Principe

Le dessablage a pour but d'extraire des rejets industriels, les graviers, les sables et autres matières minérales denses de façon à éviter les dépôts dans les conduites et canaux, et à protéger les pompes contre l'abrasion.

Il peut devenir indispensable lorsque les usines sont desservies par un réseau unitaire, et notamment pour les industries métallurgiques ou mécaniques.

Le domaine usuel du dessablage porte sur les particules supérieures à 200 µm.

Une granulométrie inférieure sera du ressort de la décantation. [23]

Performance

À l'issue de l'étape de dégrillage fin, les particules minérales (sable) de granulométrie supérieure à 200 microns, la matière organique agglutinée aux particules de sable et la flottation des déchets plus légers (graisses) devront être séparés de l'affluent pour assurer l'étape du traitement biologique.

L'ouvrage sera un dessableur-déshuileur composé de trois (03) lignes de traitement, comportant une zone d'aération où l'air est insufflé dans la partie inférieure et une zone tranquillisée, destinée à l'accumulation et à l'élimination des huiles et graisses en surface.

Chaque ligne est dimensionnée pour traiter 1/3 du débit de pointe de temps de pluie 2 200 m³/h avec une charge hydraulique maximale de 25 m³/m²/h.

Les matières légères et les graisses sont repoussées par un système de raclage mécanique qui assure leur collecte et leur déversement dans une goulotte, puis dirigées vers un concentrateur à graisse.

Les matières décantables glissent sur la paroi inclinée pour atteindre la zone de reprise. Le temps de séjour minimal dans l'ouvrage est de 6 minutes au débit max admis.

L'aération et le brassage devront être suffisamment dimensionnés pour éviter toutes décantations de matières et risques de fermentation pendant les périodes de faibles débits.

La vitesse ascensionnelle doit être suffisante pour pouvoir retenir environ 80 % de matières grasses à une température inférieure à 30 °C. Toutefois elle ne pourra excéder 25 m/h sur le débit max admis.

On sortit des dessableurs – deshuileurs, les effluents s'écoulent gravitairement vers l'ouvrage de répartition qui permet d'envoyer les effluents vers les deux zone de contact ou le by-pass.[17]

4. Déshuilage aéré

Principe

On peut considérer que le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau.

Ces matières sont de nature très diverses et leurs quantités s'estiment par la mesure des « matières extractibles par solvants ».[23]

L'élimination de matières huileuses émulsionnées, si l'émulsion n'est pas trop fine (particules supérieures à 50 µm), peut être assurée par une séparation gravitaire à l'aide de deshuileurs à plaques parallèles PPI (**Parallel Plate Interceptor**) dans lesquels les gouttelettes d'huile n'ont à parcourir, avant d'être captées, qu'un court chemin, limité par l'espacement entre les plaques (variable de 20 à 100 mm) [24].

Ces dispositifs présentent une grande compacité et une bonne efficacité sur les gouttelettes fines d'eaux résiduaires moyennement chargées en hydrocarbures. Il convient de noter que, dans le cas d'émulsions huileuses stables, la séparation des hydrocarbures ne peut être réalisée, si au préalable on n'assure pas le « cassage » de l'émulsion par des moyens chimiques (addition d'acides forts, de réactifs coagulants du type sel de fer ou d'aluminium).[23]

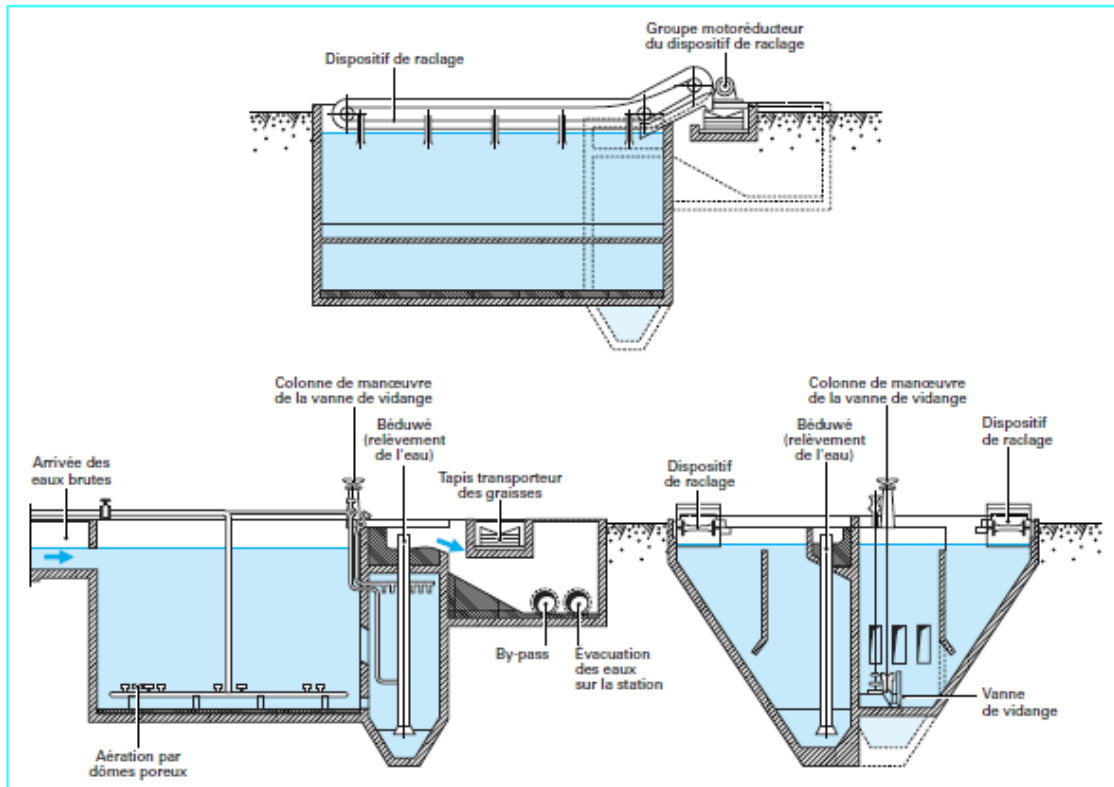


Figure 6 - Ouvrage longitudinal aéré de dégraissage et déshuilage (Degremont)

Figure III.7 : ouvrage longitudinal de dégraissage et déshuilage [23]

Performance

Les huiles et les graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages longitudinaux ou circulaires comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération.[23]

h) Traitement biologique

Principe

Dans une station d'épuration biologique, la pollution organique est dégradée par des micro-organismes. Pour ce faire, ils utilisent de l'oxygène apporté par des aérateurs.

Pendant le processus d'épuration, les micro-organismes se développent sous forme de floccs bactériens.

Son objectif est :

- Élimination de substances organiques (DCO, DBO, ...)
- La dégradation des détergents biodégradables, huiles et graisses, ...
- Enlèvement d'azote (ammonification, la nitrification, la dénitrification)
- Enlèvement phosphate (déphosphatation)

Matières organiques + O₂ --> CO₂ + H₂O + boues biologiques

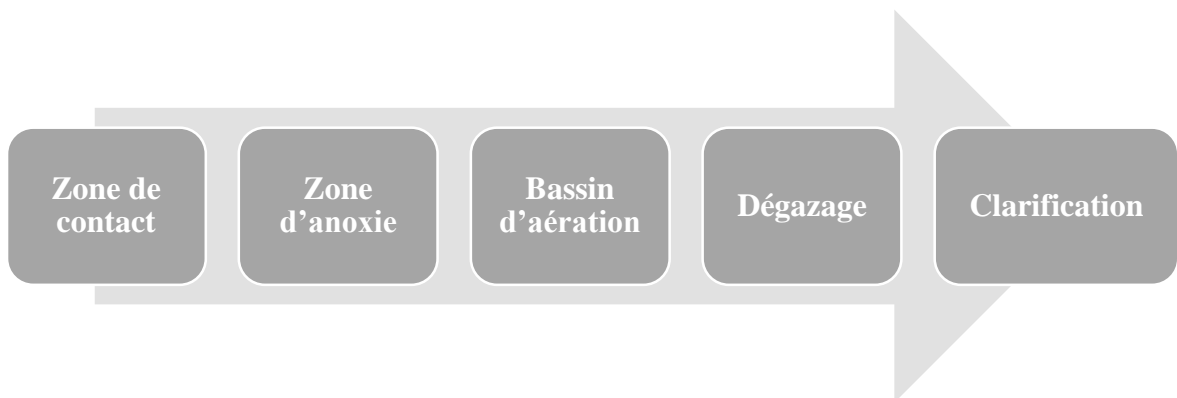


Figure III.8 : Schéma représentant les étapes de traitement biologique dans notre STEP.

1. Bassin biologique

Principe

Le bassin d'aération constitue le cœur de la station d'épuration biologique. Les eaux usées sont mises en contact avec la boue activée afin d'abattre la pollution carbonée et azotée ainsi qu'une partie de la pollution phosphorée, en alternant des phases d'aération et des phases anoxiques.[25]

Performance

Le traitement biologique de la situation 2030 sera réalisé sur quatre (04) lignes identiques en parallèle pour permettre le traitement d'un débit d'effluents de 4373 m³/h (débit de pointe de temps sec).

Le traitement biologique est du type « boues activées à faible charge » réparti sur quatre (04) filières de traitement identique isolables individuellement. [17]

2. Zone de contact

Principe

La technique consiste à créer une zone à forte concentration en substrat soluble assimilable qui stimule les vitesses de capture et les capacités de stockage du substrat des germes floculants.

Ces derniers ont alors un taux de croissance supérieur aux microorganismes filamenteux ce qui permet aux germes du floc d'être dominants.[26]

Performance

Chaque zone de contact reçoit la moitié (1/2) des eaux prétraitées et une fraction de la recirculation des boues. Elle permet de mettre la boue recirculée en présence de la charge de pollution, et donc d'accroître la teneur en substrat disponible pour les microorganismes.

Il favorise ainsi la croissance de germes non filamenteux et d'améliorer l'indice de boues.

Pour deux lignes de traitement biologique est affectée une zone de contact avec une interconnexion des canalisations permettant une bonne répartition en cas d'incident sur l'une des lignes.

Le temps de passage minimum sera de 10 min sur les débits de pointe (eaux usées, eaux de retour et recirculation des boues). [17]

3. Zone anoxie

Principe

L'anoxie est l'absence totale d'oxygène. Le bassin d'anoxie permet de réaliser l'étape de dénitrification en vue de l'élimination biologique de l'azote contenu dans les eaux usées urbaines.

L'étape de nitrification est pour sa part réalisée dans un bassin aérobie distinct. Dans certaines stations, un même bassin peut être alternativement aéré et anoxique : les réactions de nitrification et dénitrification y ont alors lieu successivement.[27]

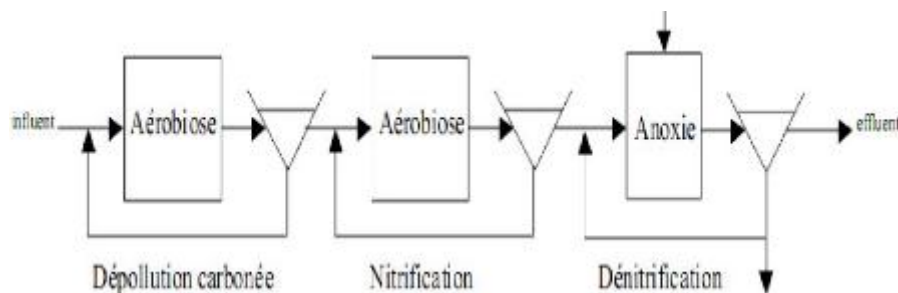


Figure III.9 : Principe de nitrification/dénitrification en STEP.

Pour le traitement de l'azote, une zone d'anoxie est prévue, une mesure de potentiel d'oxydoréduction pour le contrôle du bon fonctionnement du système voire pour l'asservissement et indispensable.

Des précautions sont prises pour éviter toute oxygénation de la zone, cette dernière doit être brassée.

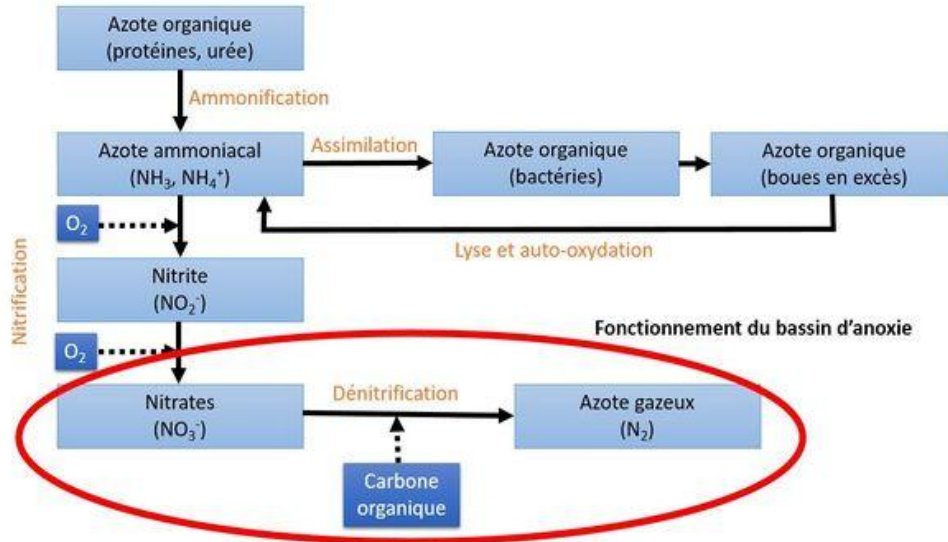


Figure III.10 : Différentes étapes de l'élimination biologique de l'Azote dans une STEP.

4. Bassin d'aération

La station est dotée de quatre (04) bassins d'aération identiques, alimentés avec les eaux usées issues des zones de contact, et par le solde de la recirculation des boues.

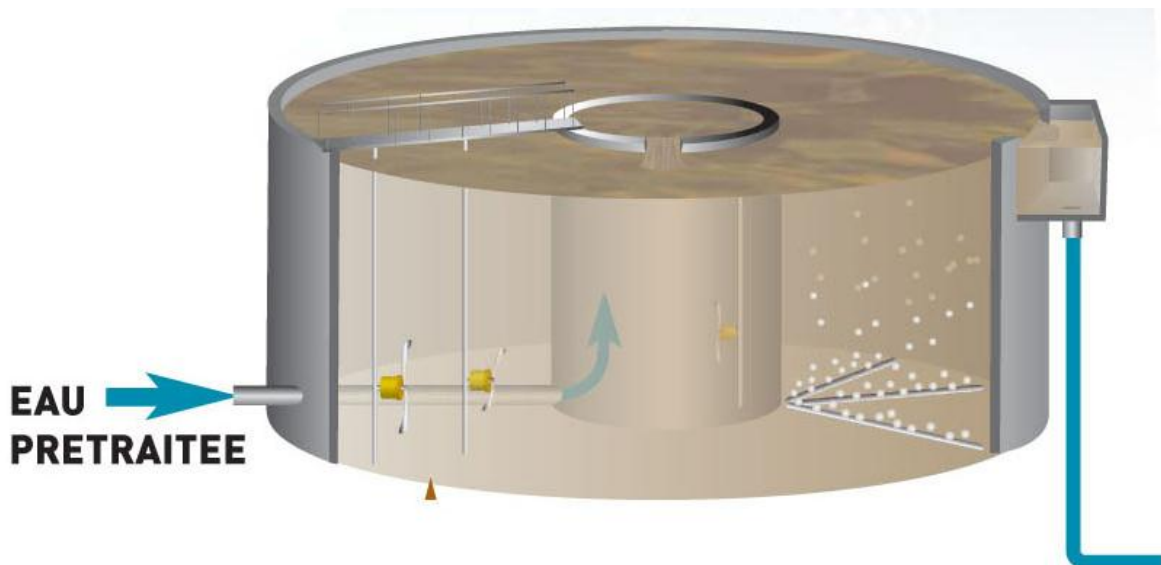


Figure III.11 : un schéma représentant d'un bassin d'aération.

5. Contraintes biologiques du traitement

Les conditions limites de fonctionnement en faible charge pour le dimensionnement des réacteurs biologiques sont les suivantes :

Charge massique maximale : $\leq 0,12$ kg DBO5/kg MVS

Concentration maximale en MES : 4 - 4,5 g/L

Température min de l'eau : 14 °C

Température max de l'eau : 30 °C

6. Dispositifs d'aération



Figure III.12 : Système d'aération « aérateurs de surfaces à axe verticale ».

Le système d'aération retenu devra respecter les contraintes de nuisances sonores imposées dans le cadre des garanties souscrites et doivent être alimentés par des variateurs de vitesse. Le cas échéant l'aérateur doit être équipé d'un pressostat au niveau du réducteur et d'une protection pare-soleil.

Le mur des bassins est muni d'un acrotère (retour incliné ou horizontal vers l'intérieur du bassin). La hauteur de revanche des bassins est au minimum de 50 cm.

Les équipements devront être proposés avec des protections maximales contre la corrosion qui pourrait être due à l'atmosphère locale et au milieu bactérien dans le bassin.

Les équipements proposés seront réalisés en acier protégé par de la peinture époxy, couche minimale de 300 microns.

La fourniture des équipements spécifiques permettant le relevage des équipements d'aération fait partie de la prestation.

Pendant les phases d'arrêt de l'aération l'ensemble des boues sera homogénéisé par des agitateurs immergés à vitesse rapide.

7. Dégazage

Principe

Placé à l'aval du bassin d'aération, il facilite l'élimination des bulles d'air présentes dans la liqueur en transit vers le décanteur secondaire.

On limite ainsi les bouchons d'air générateurs d'à-coups hydrauliques préjudiciables au bon fonctionnement du clarificateur. De plus, lors du dégazage, des mousses pourront être récupérées et extraites de la file eau.

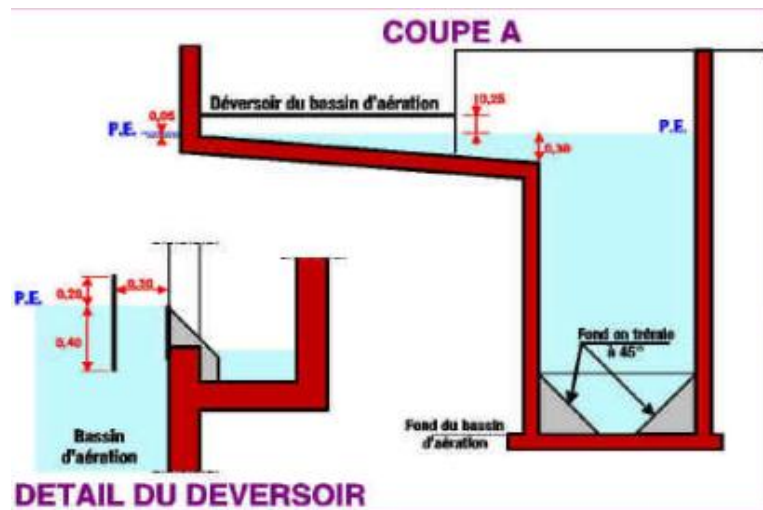


Figure III.13 : Schéma d'emplacement de Dégazeur en STEP

Performance

Il doit être une zone de dégazage en aval de chaque bassin biologique, la vitesse ascensionnelle dans cette zone est au plus de 45 m/heure au débit de pointe (sur la somme des débits qui y transitent : eaux usées, débit de recirculation des boues et débit des eaux de retours).

Les flottants seront repris mécaniquement par un système de raclage automatique. Les flottants rejoindront un réseau spécifique pour être pompés vers le réseau des flottants avant pompage vers le poste boues biologique.

Après dégazage les effluents seront réunis dans un ouvrage commun puis seront répartis de façon équivalente sur les quatre (04) clarificateurs correspondants par des seuils déversoirs associés à des vannes murales permettant l'obturation des alimentations des clarificateurs.

8. Clarification

Principe

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.

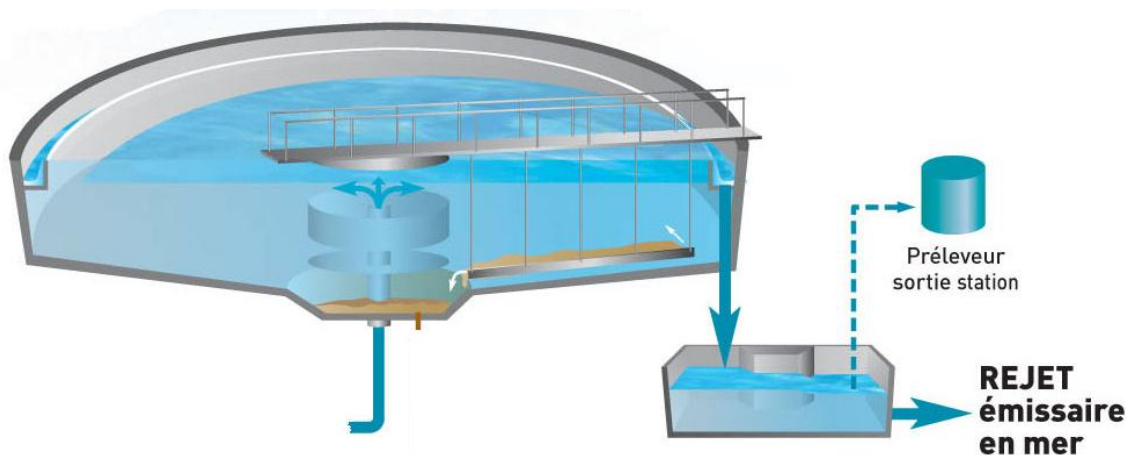


Figure III.14 : schéma d'un clarificateur.

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 $20-30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, soit un rendement de séparation supérieur à 98 % ;
- **Fonction d'épaississement** : produire un débit continu de boue concentrée pour les recycler 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).

D'autres facteurs telles 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.[28]

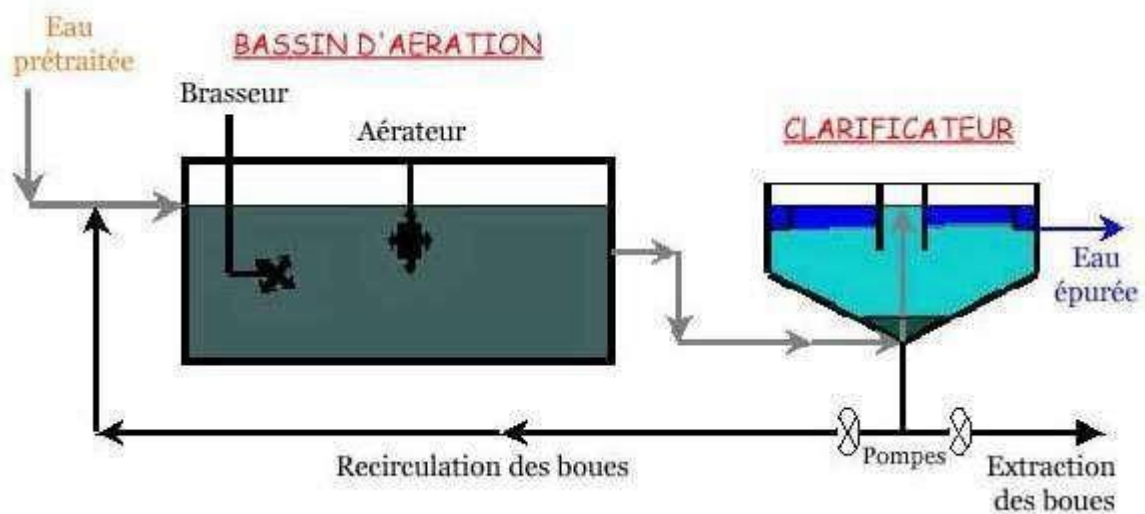


Figure III.15 : Schéma du principe de clarification.

Performance

Les eaux issues des zones de dégazage, alimenteront les clarificateurs. Les clarificateurs sont de type circulaire à suction intégrale équipés d'un dispositif de raclage pour la récupération des flottants et leur évacuation vers le réseau des flottants avant pompage vers le poste boues biologique.

Les boues de reprises du fond de l'ouvrage seront évacuées vers un ouvrage à boues d'où elles seront pour partie recalculées vers la zone de contact et en tête du traitement biologique, ou extraites vers le traitement des boues (boues en excès).

Les paramètres de dimensionnement à respecter pour la détermination des clarificateurs sont

- Vitesse ascensionnelle au niveau du miroir maximale à 0,65 m/h au débit de pointe de temps sec ;
- Hauteur d'eau minimale en périphérie d'ouvrage de 3,5 m ;
- Vitesse d'approche maximale sur le déversoir : 10 m³/m/h.

Les eaux traitées seront évacuées par déversement sur une lame déversant en acier inox 316 L, une contre lame permettra le blocage des flottants qui seront raclés vers une trémie avant transfert vers le réseau des flottants avant pompage vers le poste boues biologique.

i) Traitement tertiaire

Enfin de traitement biologique, l'eau est soumise à un processus de traitement tertiaire qui permettra d'obtenir les valeurs minimales suivantes :

1. Organisation de la désinfection

Les études d'exécution du traitement tertiaire ainsi que les travaux seront réalisées pour la phase finale de traitement, soit 100% du débit moyen entrant (2750 m³/heure). Il est conçu sur minimum deux files de traitement.

Ce traitement tertiaire sera positionné après la mesure de débit de sortie.

2. Bâche tampon des eaux désinfectées

À la sortie du traitement tertiaire, l'eau alimente une bâche tampon, la bâche de stockage des eaux industrielles sera alimentée depuis la bâche tampon par un groupe de pompage.

La bâche sera équipée d'un trop-plein qui mènera l'eau au collecteur par débordement vers le milieu récepteur.

III.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons englobé les différents points indispensables pour le dimensionnement de station d'épuration de la ville de Bouinan aux normes exigées pouvant assurer la protection de l'environnement.

Chapitre IV : Dimensionnement de la station d'épuration de Bouinan

IV.1 Données de départ

Le tableau suivant illustre les normes des rejets, réglementant les rejets d'effluents liquides, ce sont les valeurs limites maximales des paramètres de rejet.

Tableau IV.1 : Les normes des rejets des EU selon le Journal Officiel de la république Algérienne [5]

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
Conductivité	µs/cm	/
Turbidité	NTU	/
Oxygène dissous	mg/l	/
MES	mg/l	35
MVS	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Ammonium	mg/l	/
Azote kjeldhal	mg/l	30
Phosphore total	mg/l	10
Sulfates	mg/l	/
Métaux lourds		
Fer	mg/l	3
Zinc	mg/l	3
Manganèse	mg/l	1
Cadmium	mg/l	0,2
Chrome	mg/l	0,5
Cuivre	mg/l	0,5
Plomb	mg/l	0,5

Tableau IV.2 : Données de départ de la STEP [17]

Paramètres	Unités	Horizon 2030
Charge hydraulique		
Equivalent habitant	E.H	422 500
Volume journalier	m ³ /jour	66 000
Débit moyen de temps sec	m ³ /heure	2 750
Débit de pointe temps sec	m ³ /heure	4 373
Débit de pointe temps de pluie	m ³ /heure	6 600
Charge polluante		
Charge journalière en DCO	Kg/jour	38 000
Charge journalière en DBO5	Kg/jour	22 800
Charge journalière en MES	Kg/jour	30 000
Charge en azote (NTK)	Kg/jour	4300

IV.2 Dimensionnement du prétraitement

IV.2.1 Ouvrage de réception

L'ouvrage de réception recevra la totalité du flux véhiculé par la conduite et sera équipé des accessoires suivants :

- Seuil déversoir pour tous les débits excédentaires au débit maximal de 6 600 m³/heure à admettre en temps de pluie ;
- Dispositif de mesure des débits by-passés par sonde ultrason sur lame déversante ;
- Grille manuelle en inox 316 L d'espacement 80 mm pour les effluents by-passés ;

Calculs

Débit moyen journalier : $Q_{\text{moy}} = 66\,000 \text{ m}^3/\text{jour}$.

Débit moyen horaire : $Q_{\text{moyh}} = Q_{\text{moyJ}} / 24 = 2\,750 \text{ m}^3/\text{heure} = 763,89 \text{ L/s}$

Débit de pointe : $Q_{\text{p.ts}} = C_p \cdot Q_{\text{moy}}$

Où :

C_p : coefficient de pointe.

$C_p = 1.5 + 2.5/\sqrt{Q_{\text{moy}}}$ si $Q > 2,8 \text{ l/s}$

$C_p = 3$ Si $Q < 2,8 \text{ l/s}$

$C_p = 1.59$

$$Q_m \times C_p = 2750 \times 1.59 \text{ m}^3/\text{heure}$$

$$\mathbf{Q_{p.ts} = 4373 \text{ m}^3/\text{heure}}$$

$$Q_{\text{p.p}} = Q_{\text{moy}} \times C_{\text{pp}} = 2750 \times 2,4 = 6600 \text{ m}^3/\text{heure}$$

Tel que : $C_{\text{pp}} = 2 - 5$

Avec :

Q_{pp} : Débit de pointe de temps de pluie

$Q_{\text{p.ts}}$: Débit de pointe de temps sec

Q_{moy} : Débit moyen

IV.2.2 Fosse à bâtard

Tableau IV.3 : Données de la fosse à bâtard

Désignation	Unité	Valeurs
Débit maximal admis	m^3/heure	6 600
Temps de rétention à débit max	S	> 30
Charge superficielle	$\text{m}^3/\text{m}^2.\text{heure}$	≤ 150

Volume de la fosse à bâtard

Comme le Temps de rétention à débit max > 30 secondes, nous proposons donc un temps de 50 secondes

$V_{fb} = \text{Débit maximal admis} \times \text{Temps de rétention à débit max}$

$$V_{fb} = 6600 \times 0.013$$

$$V_{fb} = 91.66 \text{ m}^3 \sim 92 \text{ m}^3$$

Surface de la fosse à bâtard :

Soit $Q_{\max} = \text{Surface} \times \text{vitesse ascensionnelle}$

Comme la charge superficielle $\leq 150 \text{ m/h}$, nous prenons donc un débit de 145 m/heure

Donc : $S_{fb} = \text{Débit maximal admis} / \text{charge superficielle}$

$$S_{fb} = 6600 / 145$$

$$S_{fb} = 45.5 \text{ m}^2$$

Hauteur de fosse à bâtard :

$$V_{fb} = S_{fb} \times H_{fb}$$

$$H_{fb} = V_{fb} / S_{fb}$$

$$H_{fb} = 92 / 45.5$$

$$H_{fb} = 2.1 \text{ m}$$

Longueur :

On suppose que la largeur est : $l = 5.6 \text{ m}$

Donc : $L = 7.6 \text{ m}$

On prend :

$$L = 8 \text{ m}$$

IV.2.3 Dégrillage

a) Grille grossière

Tableau IV. 4 : Données de dégrillage grossière. [17]

Désignation	Unité	Horizon 2030
Type de grille	U	Droite à nettoyage automatique
Débit max admis par une seule grille	m ³ /heure	2 200
Nombre de grille	U	4
Espacement entre fer	Mm	40
Epaisseur minimale des barreaux	Mm	10
Vitesse du passage dans le canal	m/second	0,3 – 0,8
Vitesse de passage à travers la grille	m/second	0,5 - 1

Les grilles mises en place sont de type mécanique droit, composé de barreaux droits ronds en inox inclinés à 60° sur l'horizontale.

La grille est dimensionnée avec une vitesse de passage de l'eau brute (v) au débit de pointe (Q_{pp}).

Selon deux méthodes :

1) méthode de Kirschmer :

La largeur de la grille est donnée par l'expression suivante [29]:

$$L_g = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} \cdot (1 - \beta) \cdot K}$$

Où les paramètres suivants représentent :

Q_p : Débit max. entrant à la STEP (m³/s)

L : largeur de la grille (m).

α : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizon.

h_{max} : hauteur maximale d'eau admissible sur une grille (m).

β : Fraction de surface occupée par les barreaux.

K : Coefficient de colmatage de la grille.

S : Surface de passage de l'effluent (S= Q_p/V).

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

Donc :

$$L_g = Q_p \cdot \sin \alpha / V \cdot h_{\max} (1 - \beta) \cdot K$$

$$\text{Avec : } K = e / (E + e)$$

Espacement entre les barreaux (E = 40 mm)

Epaisseur des barreaux (e = 10mm)

$$\alpha = 60^\circ.$$

$$Q_p / s = 0.61 \text{ m}^3$$

$$V = 1 \text{ m/s.}$$

$$h_{\max} = 1 \text{ m.}$$

$$K = 0.5 \text{ (grille automatique).}$$

$$\beta = e / (e + d) = 10 / (10 + 40)$$

$$L_g = 0.61 * \sin 60 / 1 (1 - 0.2) 0.5$$

$$\mathbf{L_g = 1.32 \text{ m}}$$

2) Méthode de Kittelberger:

Cette méthode est exprimée par l'expression suivante [30]:

$$L = [(d+e)/e] \cdot [1/(1-n)] \cdot [Q_{p \max} / (V \cdot h)]$$

Où les paramètres suivants représentent :

Q_p : Débit de pointe (m³/s)

V : Vitesse d'écoulement (m/s)

H_{\max} : Hauteur d'eau max (m)

n : Pourcentage d'encrassement

d : Largeur d'un barreau (m).

e : Espacement entre les barreaux (m).

$$Q_p = 0.61 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$V = 1 \text{ m/s}$$

$$h_{\max} = 1 \text{ m}$$

$$e = 0.04 \text{ m}$$

$$d = 0.01 \text{ m}$$

$$n = 50\%$$

Donc : $L=[0.01+0.04)].[1/(1-0.5)].[0.61/(1 \times 1)]$

L=1.52m

b) Grille fine :

Tableau IV.5 : Données de la grille fine [17]

Désignation	Unité	Horizon 2030
Débit max admis par une seule grille	m ³ /h	2 200
Type de grille	U	Droite à nettoyage automatique
Nombre de grilles	U	4
Ecartement entre barreaux	Mm	8
Epaisseur minimale des barreaux	Mm	8
Vitesse de passage à travers la grille	m/s	0,7 - 1,0
Vitesse de passage dans le canal	m/s	0,3 - 0,8

Selon la méthode de **Kirschmer [29]**: La largeur de la grille fine est donnée par l'expression suivante :

$$L_g = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{max}} \cdot (1 - \beta) \cdot K$$

$$L_g = Q_p \cdot \sin \alpha / V \cdot h_{max} (1 - \beta) \cdot K$$

$\alpha = 60^\circ$.

$Q_p = 0.61 \text{ m}^3/\text{s}$

$V = 1 \text{ m/s}$.

$h_{max} = 1 \text{ m}$.

$K = 0.5$ (grille automatique).

$\beta = 0.08 / 0.008 \times 0.008 = 0.5$

Donc : $L_g = 0.61 \cdot \sin 60 / 1 \times 1 (1 - 0.5) \cdot 0.5$

$L_g = 2.11 \text{ m}$

Méthode de KITTELBERGER :

Exprimée par l'expression suivante :[30]

$$L = [(d+e)/e] \cdot [1/(1-n)] \cdot [Q_{p \max} / (V \cdot h)] \dots \dots (6)$$

$$Q_p = 0.61 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1 \text{ m/s}$$

$$h_{\max} = 1 \text{ m}$$

$$e = 0.008 \text{ m}$$

$$d = 0.008 \text{ m}$$

$$n = 50\% = 0.5$$

$$\text{donc : } L = [(0.008 \times 0.008)/0.008] \cdot [1/(1-0.5)] \cdot [0.61/(1 \times 1)]$$

$$L = 2.44 \text{ m}$$

Tableau IV.6 : Valeurs des paramètres de dégrillage grossier et fin selon les méthodes choisies

Méthode de calcul	Type de grille	Largeur de la grille
Kirschmer	Grossière	1.52
	Fine	2.11
KITTELBERGER	Grossière	1.52
	Fine	2.44

Il est à préciser que la largeur de la grille calculée par la méthode de **KIRSCHMER** implique une disposition des barreaux plus serrée par rapport à la méthode de **KITTELBERGER**, ce qui permet de stopper le maximum de gros objets.

Ceci dit, nous pouvons conclure que la méthode **KIRSCHMER** paraît la plus précise puisqu'elle tient en compte plusieurs paramètres.

IV.3.4 Poste de relevage des eaux usées :

Dans cette opération et comme le montre le Tableau suivant, il est prévu un poste de relèvement doté de quatre groupes électropompe dont un de secours automatique, submersibles, assurant le débit maximum de 6 600 m³/heure.

Tableau IV.7 : Données de poste de relevage

Désignation	Unités	Horizon 2030
Nombre des pompes en service	U	3
Nombre des pompes secours	U	1
Débit totale	m ³ /heure	6600
Débit unitaire de chaque pompe	m ³ /heure	2200
Volume de bâches	m ³	

Afin de calculer le volume de Bâche, nous utilisons l'équation suivante :

$$V = Q \times N / (4 \times N_c) \text{ m}^3$$

Avec :

V : Volume de la bâche

Q : Débit unitaire de chaque pompe

N : Nombre des pompes en fonctionnement

N_c : Nombre de cycles de marche-arrêt des pompes = 6 cycles / heure

$$\text{Donc } V = 2200 \times 3 / (4 \times 6)$$

$$V_{\text{bâche}} = 275 \text{ m}^3$$

En proposant une hauteur H= 3 m, nous pouvons calculer la surface de bâche comme suit

$$S_{\text{bâche}} = V_{\text{bâche}} / H_{\text{bâche}}$$

$$S_{\text{bâche}} = 275 / 3 = 91.6 \text{ m}^2$$

Dons cette surface est égale à :

$$S_{\text{bâche}} = 92 \text{ m}^2$$

La Longueur de Bâche :

La Largeur proposée est l= 7 m alors que la longueur est L= 13.1 m

Et donc : L = 13.1 m

Dans de telles conditions, nous prenons une longueur L égale à :

$$L = 13.5 \text{ m}$$

IV.2.5 Dessablage – Déshuilage aéré

Les dessableurs doivent permettre de retenir les graviers, le sable et les matières minérales de dimensions > 0.2 mm, en laissant passer les matières organiques en suspension.

Le choix d'un type de dessableur dépendra de la concentration en sable des eaux et de l'importance de la station ainsi que son coût.

Le Tableau IV.8 rassemble les données du dimensionnement de l'ouvrage (Dessablage – Déshuilage aéré)

Tableau IV.8 : Données du dimensionnement de l'ouvrage (Dessablage – Déshuilage aéré) [17]

Désignation	Unité	Horizon 2030
Débit maximum total	m ³ /heure	6600
Débit max admis par ligne	m ³ /heure	2 200
Nombre d'ouvrage	U	1
Nombre de lignes	U	3
Temps de séjour mini au débit max admis	Minute	6
Charge hydraulique maxi au débit max admis	m ³ /m ² /heure	25

Les paramètres correspondants peuvent être déterminés de la manière suivante :

- Volume du canal :

$$V = Q_{\max} \times t_s = 2200 \times 6 / 60 = 220 \text{ m}^3$$

$$V = 220 \text{ m}^3$$

- Surface du canal :

$$S = Q_{\max} / V_{\text{asc}} = 2200 / 25$$

$$S = 88 \text{ m}^2$$

- Hauteur :

$$H = \text{Volume du canal} / \text{Surface du canal}$$

$$H = 2,5 \text{ m}$$

- Longueur :

Comme H=2.5 m, la longueur est égale à **L = 3 m**

- Largeur : $l = S/L = 88/3 = 29,33 \text{ m} \sim 30 \text{ m}$

➤ **Débit d'air nécessaire à l'aération :**

Débit d'air nécessaire par volume :

L'aération nécessaire pour maintenir les matières grasses en suspension peut se faire par insufflation d'air par des diffuseurs d'air des fines bulles à l'aide d'un supprimeur

Comme le volume d'air par m³ de dessableur est égal à 2 m³/heure/m³, le débit sera égal à **Q_{air.nec} = 2 x 220 = 440 m³/heure.**

IV.3 Traitement biologique

IV.3.1 Bassin biologique :

Le traitement biologique de la situation 2030 sera réalisé sur quatre (04) lignes identiques en parallèle pour permettre le traitement d'un débit d'effluents de 4373 m³/h (débit de pointe de temps sec).

Le traitement biologique est du type « boues activées à faible charge » réparti sur quatre (04) filières de traitement identique isolables individuellement.

L'épuration biologique s'effectue conformément à l'ensemble classique suivant tableau IV.9)

- Zone de contact.
- Zone d'anoxie.
- Bassin d'aération.
- Bassin de dégazage.

Tableau IV.9 : Rappel sur les caractéristiques de l'effluent admis au traitement biologique [17]

Paramètres	Unités	Valeur 2030
Q journalier	m ³ /jour	66 000
Q moyen	m ³ /heure	2750
DBO ₅	kg/jour	22 800
MES	kg/jour	30 000
Charge en azote (NTK)	Kg/jour	4300

Contraintes biologiques du traitement

Les conditions limites de fonctionnement en faible charge pour le dimensionnement des réacteurs biologiques sont les suivantes :

- Charge massique maximale : $\leq 0,12$ kg DBO₅/kg MVS
- Concentration maximale en MES : 4 - 4,5 g/L
- Température min de l'eau : 14 °C
- Température max de l'eau : 30°C

IV.3.2 zone de contact

La zone de contact doit être en amont des bassins biologiques. Le Tableau IV.12 rassemble les données nécessaires au dimensionnement la zone de contact.

Tableau IV.10 : Données nécessaires au dimensionnement la zone de contact [17]

Données	Unités	Valeurs
Volume journalier	m ³ /jour	66000
Débit moyen de temps sec	m ³ /heure	2750
Débit pointe de temps sec	m ³ /heure	4373
Débit de recirculation externe	m ³ /heure	4373
Débit de retour	m ³ /heure	500
Débit pointe de temps pluie	m ³ /heure	6600
Nombre d'ouvrage	2	2
Temps de passage maximum	Minute	10
	Heure	0.16

On cherche les dimensions de la zone de contact :

On a deux ouvrages ; donc :

Débit passant par un ouvrage = (débit point de temps sec + 1/3 débit de recirculation + débit de retour) /nombre d'ouvrage

$$\text{Débit passant par un ouvrage} = 3165,33 \text{ m}^3/\text{heure}$$

Le volume de la zone de contact = Débit passant par un ouvrage x temps de passage maximum (h)

$$V_{zc} = 3165,33 \times 0.16$$

$$V_{zc} = 506,45 \text{ m}^3$$

En supposant que la Hauteur est égale à 4.75 m, la surface de la zone de contact devient :

$$S_{zc} = V_{zc} / \text{hauteur}$$

$$S_{zc} = 106,62 \text{ m}^2$$

Comme la longueur L est égale à $L = S_{zc} / \text{largeur}$, nous proposons une largeur $l = 22 \text{ m}$

Donc la longueur aura pour valeur $L = 4,84 \sim 5 \text{ m}$

Bassin biologique

Charge massique (C_m)

On a une boue activée à faible charge donc :

$$0.1 < C_m < 0.2 \text{ (kg DBO}_5 \text{ /kg MVS m}^3 \cdot \text{jour)}$$

On prendra : $C_m = 0,12 \text{ kg DBO}_5 \text{/kg MVS jour}$

Volume du bassin biologique [31]

DBO5 entrante = 22800 kg/jour

$$V_{\text{Réacteur}} = \frac{\text{Kg [DBO}_5\text{]}_{\text{entre}}}{[\text{MES}] \times C_m \times 0,7} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Réacteur}} = \frac{22800}{4,5 \times 0,12 \times 0,7} = 60317,5 \text{ m}^3$$

On prend :

$$V_{\text{Réacteur}} = \mathbf{61000 \text{ m}^3}$$

- Charge volumique (C_v) [32]

$$C_v = \text{DBO}_5 \text{ entrée / volume du bassin} = L_0/V$$

Avec: $0.3 < C_v < 0.8 \text{ (Kg DBO}_5 \text{ /m}^3 \cdot \text{jour)}$

$$C_v = 22\,800/61\,000$$

$$\mathbf{C_v = 0.37 \text{ Kg DBO}_5 \text{ /m}^3 \cdot \text{jour}}$$

IV.3.3 zone d'anoxie

Pour le traitement de l'azote, une zone d'anoxie est prévue, pour la dénitrification.

On a choisi :

$$V_{\text{anoxie}} = \mathbf{33\% V_{BB}}$$

Donc :

$$V_{\text{anoxie}} = 0.33 \times 61000$$

$$V_{\text{anoxie}} = \mathbf{20130 \text{ m}^3}$$

On a la hauteur = 4,75 m

Donc la surface de zone d'anoxie est : $S = V/H$

$$S_{\text{anoxie}} = \mathbf{4238 \text{ m}^2}$$

La largeur est donnée :

$$l = \mathbf{45 \text{ m}}$$

On obtient :

$$L = \mathbf{94.17 \text{ m}}$$

On prend 95 m pour la longueur.

IV.3.4 Bassin d'aération

Débit passant par un ouvrage = (débit point de temps sec + 2/3 débit de recirculation + débit de retour) / nombre d'ouvrage

Charge polluante à l'entrée du bassin $L_0 = 22800 \text{ kg/j}$

Concentration de l'effluent en $\text{DBO}_5 (S_0)$

$$S_0 = L_0 / Q_{\text{moy}} = 22800 / 66000$$

$$S_0 = 345.45 \text{ mg/l}$$

La charge pollutant à la sortie ($S_f = 25 \text{ mg/l}$)

$$L_f = S_f \cdot Q_{\text{moy}} = 25 \times 10^{-3} \times 66000$$

$$L_f = 1650 \text{ kgDBO}_5/\text{j}$$

La charge polluante éliminée :

$$L_e = L_0 - L_f = 22800 - 1650$$

$$L_e = 21150 \text{ kgDBO}_5/\text{j}$$

Le rendement de l'épuration est donc :

$$H_{\text{épuration}} = (L_0 - L_f) / L_0 = 21150 / 22800$$

$$\eta_{\text{épuration}} = 92\%$$

Le bassin d'aération choisi est de type circulaire donc :

Volume du bassin V

$$V_{\text{bassin Aération}} = V_{\text{bb}} \cdot (1 - 0.33)$$

$$V_{\text{bassin Aération}} = 40870 \text{ m}^3$$

Nous projetons 04 bassins de même volume

$$V' = V / 4 = 40870 / 4$$

$$V' = 10217.5 \text{ m}^3$$

Hauteur du bassin d'aération :

La hauteur du bassin d'aération varie entre 3 à 5 m, nous choisissons donc une hauteur de 4.75 m.

$$H_{\text{bassin}} = 4.75 \text{ m}$$

Surface horizontale S_h

$$S_h = V' / H_b = 10217.5 / 4.75$$

$$S_h = 2151 \text{ m}^2$$

Longueur du bassin

On prend :

$$l = 45 \text{ m}$$

donc :

$$L = 48 \text{ m}$$

Concentration des boues dans le bassin :

Concentration maximale en MES : 4 - 4,5 g/L

$$X_a = 4.5 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3/\text{j}$$

IV.3.5 Besoin en oxygène

Le Tableau IV.14 suivant donne les valeurs de a' et b' suivant la charge massique appliquée

Tableau IV.11 : Valeurs des coefficients a' et b' en fonction de la charge massique

C_m	<0.1	0.1	0.12	0.15
a'	0.66	0.65	0.635	0.62
b'	0.06	0.06	0.0675	0.075

On a C_m = 0.12

Donc :

$$a' = 0.635$$

$$b' = 0.0675$$

Masse des boues dans le bassin : [28]

Charge massique maximale (C_m) ≤ 0,12 kg DBO₅/kg MVS

$$X_t = L_0 / C_m = 22800 / 0.12$$

$$X_t = 190\,000 \text{ kg DBO}_5$$

Quantité en O₂ :

$$Q_{O_2} = \alpha Le + 4,2 N_{nit} + b' X_t - ND_{nit}$$

$$Q_{O_2} = \alpha Le + 4,2 N_{nit} + b' X_t - 2,85 N_{nit}$$

Avec :

Q_{O₂} : Besoin en oxygène (Kg /j).

Q_{O₂} Nit : Quantité d'oxygène nécessaire à la nitrification, égale à **4,2 Nnit**

Nnit : Masse journalière d'azote ammoniacal nitrifiée

ND_{nit} : Masse journalière d'azote nitrique dénitrifiée ; égale **2,85 Nnit**

α : Coefficient de consommation de l'oxygène lors de l'oxydation de la DBO₅

Donné en kg O₂ / kg MVS : 0,635

b' : Coefficient d'endogenèse (kg O₂/Kg MVS) : 0,0675

L₀ : Quantité de DBO₅ à l'entrée par jour : **22800** kg DBO₅ / jour

L_f : Quantité de DBO₅ à la sortie par jour : **1650** kg DBO₅ / jour

L_e : Quantité de DBO₅ éliminée par jour : **2215** kg DBO₅ / jour

X_t : Quantité de MVS contenue dans le bassin d'aération par jour ; 190000 kg

Capacité maximal de dénitrification

$$C_{m.dénitri} = S_0/8 = 345.45 / 8$$

$$C_{m.dénitri} = 44 \text{ mg/l}$$

N. nitrification :

$$N_{nit} = (C_{m.dénitri} \times Q_{moy} \times 24) / 1000$$

$$N_{nit} = (44 \times 2750 \times 24) / 1000$$

$$N_{nit} = 2904 \text{ kg/Jour}$$

N. Dénitrification :

$$ND_{nit} = 2.85 N_{nit}$$

$$ND_{nit} = 8276.4 \text{ kg/Jour}$$

Donc pour trouver la quantité d'O₂

$$Q_{O_2} = a Le + 4,2 N_{nit} + b' X t - 2,85 N_{nit}$$

$$Q_{O_2} = (0,635 \times 22800) + (4,2 \times 2904) + (0,0675 \times 190000) - (2,85 \times 2904)$$

$$Q_{O_2} = 31223.4 \text{ kg } O_2/\text{jour}$$

Les eaux entrantes à la STEP sont des eaux usées donc on prend le coefficient de transfert est = 0.5

Alors :

$$Q_{ttO_2} = Q_{O_2} / C_{\text{coeff.transf}} = 31223.4 / 0.5 = 62446.8 \text{ kg } O_2/\text{jour}$$

Oxygène en pointe nécessaire / heure :

La quantité journalière d'oxygène doit être fournie en **22 heures** par jours

L'apport horaire d'oxygène est de :

$$Q_{O_2 \text{ eff}} = Q_{O_2} / \text{temps (heure)}$$

$$Q_{O_2 \text{ eff}} = 62446.8 / 22 = 2838.5 \text{ Kg } O_2 / \text{h}$$

$$Q_{O_2 \text{ eff}} = 2838.5 \text{ kg } O_2 / \text{heures}$$

IV.3.6 Système d'aération :

Aérateur de surface :

Il existe deux types principaux d'aérateur de surface.

- Les appareils à axe horizontal (brosses) leur installation s'effectue dans les chenaux d'oxygénation où elles assurent l'entraînement et la circulation du liquide autour du chenal qui est de section rectangulaire ou trapézoïdale.
- L'apport spécifique R varie de 1.5 à 2.2 kg O_2 /kwat/h
- Les appareils à axe vertical on les subdivise en deux types :
 - Turbines lentes avec des vitesses de 40 à 100 tr/mn et des apports spécifiques bruts de 0.8 à 1.5 kg O_2 /kwat/h.
 - Turbines rapides avec des vitesses de 750 à 1500 tr/mn.

Choix du système d'aération

Pour notre station d'épuration projetée, nous optons pour des aérateurs de surfaces à axe verticale réalisant le transfert d'oxygène par une turbulence accrue au voisinage de la surface et par la dispersion du liquide. De par leur large utilisation, ils assurent une bonne efficacité de transfert et leur convenance au mieux au procédé par boues activée.

Le rendement en oxygène de ces aérateurs varie entre 1.5 à 2 kg O_2 /kWh. Ceci dépend de la forme du bassin, de sa surface, de la composition des eaux usées et des conditions d'exploitation. [8]

Calcul des aérateurs de surface a installé

La quantité totale d'oxygène transférée sur unité de puissance dans les conditions standard (N₀):

On prend 4 aérateurs pour chaque bassin ; donc :

$$Q_{O_2/aerateur} = Q_{O_2} / 16$$

Q_{O₂/aerateur} = 177,41 Kg O₂ / h pour chaque aérateur

On prend 2 kg O₂ /kwat/h

$$P = Q_{O_2/aerateur} / R = 177,41 / 2$$

P = 88,71 Kw

Donc on prend **16 aérateurs de 90 Kw** pour chaque aérateur.

IV.3.7 Dégazage

Afin d'éviter toute les remontées indésirables de boues dans le clarificateur. Un ouvrage de dégazage est nécessaire entre le bassin d'aération et le clarificateur.

Nous adopterons une charge hydraulique de 45 m³/m²/heure au débit de pointe

Q_{pp}=6600 m³/heure

Tableau IV.12 : Données de l'ouvrage.[17]

Désignation	Unité	Valeur
Débit max par zone	m ³ /heure	1/2(Q _{pts} + Q _{recirculation} + Q _{retour})
Débit de pointe de temps sec	m ³ /heure	4373
Débit de recirculation	m ³ /heure	4373
Débit de retour	m ³ /heure	500
Débit unitaire	m ³ /heure	4623
Nombre d'ouvrage	U	02
Vitesse ascensionnelle maximale en pointe	m/heure	45

La surface de dégazage

$$S_{tot} = Q_t / V$$

Avec :

Q_t : Débit total en m³/heure

Avec :

Débit total = Débit de pointe en temps sec + Débit de recirculation + débit de retour en m³/h

V : charge hydraulique en $m^3/m^2/h$

$$S = (4373 + 4373 + 500) / 45$$

$$S_{\text{tot}} = 205.5 \text{ m}^2$$

On adoptera deux ouvrages de dégazage ayant chacun les dimensions suivants :

$$S_u = 102.7 \text{ m}^2$$

On prend :

$$l = 8 \text{ m}$$

on prend :

$$L = 13 \text{ m}$$

Pour une hauteur de 3,5 m, le volume total de dégazage sera de :

$$V = S_{\text{tot}} \times H = 205.5 \times 3.5$$

$$V = 719.1 \text{ m}^3$$

IV.3.8 Clarification :

Le Tableau IV.13 résume les conditions de fonctionnement des clarificateurs.

Tableau IV.13 : Conditions de fonctionnement des clarificateurs. [17]

Désignations	Unités	Horizon 2030
Débit de pointe de temps sec	$m^3/heure$	4373
Nombre de clarificateur	U	4
Débit unitaire	$m^3/heure$	1093.25
Vitesse ascensionnelle au niveau du miroir maximale	$m/heure$	0,65
Hauteur d'eau minimale en périphérie d'ouvrage	M	3,5
Vitesse d'approche maximale sur le déversoir	$m^3/m/heure$	10

Dimensionnement du clarificateur :

Le débit moyen arrivant au clarificateur est de $4373 \text{ m}^3/heure$.

Et le débit unitaire d'entrée au traitement de clarification est de :

$$Q_{\text{unitaire}} = 4373/4$$

$$Q_{\text{unitaire}} = 1093.25 \text{ m}^3/heure$$

La surface horizontale unitaire S_{hu} est égale à :

$$S_h = Q_{\text{unitaire}} / V_a$$

On a :

V_a : la vitesse ascensionnelle des particules $V_a = 0.65 \text{ m/h}$

Donc : $S_h = 1093.25 / 0,65$

$$S_{hu} = 1682 \text{ m}^2$$

$$S = \pi \cdot D^2/4$$

$$D = \sqrt{4 \times (S / \pi)}$$

La hauteur du décanteur

On a :

$$H_d = 3,5 \text{ m}$$

Diamètre de décanteur :

$$D_{\text{décanteur}} = \sqrt{4 \times (S / \pi)} = \sqrt{4 \times \left(\frac{1682}{\pi}\right)}$$

$$D_{\text{décanteur}} = 46.2 \text{ m}$$

on prend :

$$D_{\text{décanteur}} = 47 \text{ m}$$

IV.4 Bilan des boues :

Les facteurs qui contribuent à l'augmentation de la masse des boues :

- La croissance bactérienne.
- Les stocks.
- Les matières en suspension

Par contre, une diminution peut intervenir du fait :

- De la respiration endogène.
- Des fuites des matières en suspensions.

La masse des boues à extraire pour maintenir le système en équilibre par jour est :
La quantité de boues en excès est déterminée par la formule d'Eckenfelder.

$$\Delta X = X_{\min} + X_{\text{dur}} + a_m L_e - b X_a - X_{\text{eff}} \quad [32]$$

Avec:

X_{\min} : quantité des matières minérales non éliminées par le traitement (kg/jour). Elle représente 30% des matières en suspension.

X_{dur} : quantité des matières sèches non biodégradables. Elle représente 50% à 70 % des matières en suspension. On prend 50%

L_e : pollution dégradée (kg/jour).

a_m : coefficient de rendement cellulaire (g de cellules formées / g de DBO_5 éliminée) a_m varie de 0.53 à 0.56 (Nous prenons $a_m = 0.56$)

b : Fraction de la masse cellulaire éliminée par jour en respiration endogène tel que :
 $b = 0.05$

X_a : Masse totale de MVS dans le bassin (Kg) : X_a

- X_{eff} : Fuite de MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, on adopte généralement 30mg/l). :

Alors:

$$X_{\min} = 0.3 \times 30000 = 9000 \text{ Kg/jour}$$

$$X_{\text{dur}} = 0,5 \times 30000 = 15000 \text{ Kg/jour}$$

$$a_m L_e = 0.56 \times 21150 = 11844 \text{ Kg/jour}$$

$$b X_a = 0.05 \times (30000 \times 0.7) = 1050 \text{ Kg/jour}$$

$$X_{\text{eff}} = 0.03 \times 66000 = 1980 \text{ Kg/jour}$$

Soit un total de :

$$\Delta X = 9000 + 15000 + 11844 - 1050 - 1980 = 32814 \text{ Kg/jour}$$

Taux de recyclage des boues : [33]

$$X_m = \frac{1200}{I_m}$$

Avec :

X_m : Concentration de boues en excès

I_m : L'indice de Mohlman

I_m : Indique la bonne décantabilité des boues s'il se trouve dans la fourchette : [100 – 150]

On prend : 125

$$X_m = \frac{1200}{125}$$

$$X_m = 9.6 \text{ Kg/m}^3$$

Le débit de boues en excès :

Ce débit est donné par :

$$Q_{\text{excès}} = \Delta X / X_m$$

$$Q_{\text{excès}} = 32814 / 9.6$$

$$Q_{\text{excès}} = 3418 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Age des boues [34]

$$A = [X_a] \times \text{Volume}_{Bb} / \Delta X$$

$$A = (4.5 \times 61000) / 32814$$

$$A = 8.36$$

On prend :

$$A = 9 \text{ jours}$$

Tableau IV.18 : récapitulatif des résultats obtenus en prétraitement.

Désignations	Unités	Horizon 2030
Données de base : <ul style="list-style-type: none"> • Equivalent Habitant • Débit moyen journalier • Débit moyen en temps sec • Débit pointe en temps sec • Débit de pointe en temps pluie • Charge DCO entrante • Charge DBO5 entrante • Charge MES entrante • Charge NTK entrante 	E. H m ³ /jour m ³ /heure m ³ /heure m ³ /heure Kg/jour Kg/jour Kg/jour Kg/jour	422 500 66 000 2 750 4 373 6 600 38 000 22 800 30 000 4300
Fosse à bâtard : <ul style="list-style-type: none"> • Volume • Surface • Hauteur • Longueur • Largeur 	- m ³ m ² m m m	- 92 45.5 2,1 8 5.6
Dégrillage : <ul style="list-style-type: none"> • Longueur de grille grossière • Longueur de grille fine 	- m m	- 1,5 2,1
Poste de relevage : <ul style="list-style-type: none"> • Volume de la bêche • Surface • Hauteur • Longueur • Largeur 	- m ³ m ² m m m	- 275 92 3 13,5 7
Dessablage- déshuilage aéré : <ul style="list-style-type: none"> • Volume • Surface • Hauteur • Longueur • Largeur • Débit d'air nécessaire à l'aération 	- m ³ m ² m m m m ³ d'air / m ³ d'eau	- 220 88 2,5 3 30 440

Tableau IV.15 : Récapitulatif des résultats obtenus en traitement biologique.

Désignations	Unités	Horizon 2030
Zone de contact :	-	-
• Volume	m ³	506.45
• Hauteur	m	4.75
• Surface	m ²	106.62
• Longueur	m	5
• Largeur	m	22
Bassin biologique :	-	-
• Charge massique (C _m)	-	0.12
• Charge volumique (C _v)	-	0.37
• Volume de réacteur	m ³	61000
Zone d'anoxie :	-	-
• Volume	m ³	20130
• Hauteur	m	4.75
• Surface	m ²	4238
• Longueur	m	95
• Largeur	m	45
Bassin d'aération :	-	-
• Concentration de l'effluent (S ₀)	mg/L	45
• Charge polluante sortante (L _f)	kgDBO ₅ /jour	1650
• Charge polluante éliminée (L _e)	kgDBO ₅ /jour	21150
• Rendement (H _{ép})	%	92
• Volume totale du bassin	m ³	40870
• Volume unitaire d'un bassin	m ³	10217.5
• Hauteur	m	4.75
• Surface horizontale unitaire	m ²	2151
• Longueur unitaire	m	48
• Largeur	m	45
• Masse des boues	kg	190000
• Concentration des boues	kgDBO ₅ /m ³ /jour	4.64
Besoin en O₂ :	-	-
• Capacité maximal de dénitrification	mg/L	44
• Masse journalière d'NH ₄ ⁺ nitrifiée (N _{nétri})	kg/jour	2904
• Masse journalière d'NH ₄ ⁺	kg/jour	8276.4
• Quantité O ₂ pour eaux usées	kg O ₂ /jour	62446.8
• O ₂ pointe nécessaire par heure	kg O ₂ /jour/heure	2838.5

Désignations	Unités	Horizon 2030
Système d'aération : <ul style="list-style-type: none"> • Puissance absolue par m² de surface du bassin (P) • Quantité O₂ pour chaque aérateur • Nombre d'aérateur dans chaque bassin • Nombre totale des aérateurs dans le bassin d'aération 	- Kw kgO ₂ /heure U U	- 90 177.41 4 16
Dégazage : <ul style="list-style-type: none"> • Débit entrant dans la zone • Surface • Longueur • Largeur • Hauteur • Volume 	- m ³ /heure m ² m m m m ³	- 8746 194.4 18 11 3.5 680.4
Clarificateur : <ul style="list-style-type: none"> • Débit unitaire de la zone • Surface horizontale • Hauteur du clarificateur • Diamètre du clarificateur 	- m ³ /heure m ² m m	- 1085.75 1682 3.5 145.3
Bilan des boues : <ul style="list-style-type: none"> • La masse des boues à extraire pour maintenir le système en équilibre par jour ΔX • Age des boues 	- kg/jour Jour	- 32814 9

IV.5. Traitement tertiaire :

Lorsque l'eau traitée sort du clarificateur, une partie sera déversée dans l'oued et l'autre partie sera évacuée vers le traitement tertiaire afin de diminuer la charge polluante et obtenir une eau plus clarifiée.

Ceci nécessite donc de passer par les étapes suivantes de traitement tertiaire :

- Poste de relevage
- La coagulation
- La floculation
- La filtration
- L'ultra-violet

IV.5.1 Poste de relevage des eaux usées :

Comme l'indique le Tableau ci-dessous, il est prévu un poste de relèvement doté de quatre groupes électropompe dont un de secours automatique, submersibles, assurant le débit maximum de 2 750 m³/heure.

Tableau IV.16 : les données de poste de relevage [17]

Désignation	Unité	Horizon 2030
Nombre des pompes en service	U	3
Nombre des pompes secours	U	1
Débit totale	m ³ /heure	2 750
Débit unitaire calculé	m ³ /heure	916,66
Débit unitaire adopte	m ³ /heure	917
Volume de bâches	m ³	

Afin de calculer le volume de Bâche :

On a :

$$V = Q \times N / (4 \times N_c) \text{ m}^3$$

Avec :

V : volume de la bâche

Q : débit unitaire de chaque pompe

N : nombre des pompes en fonctionnement

N_c : nombre de cycles de marche-arrêt des pompes = 6 cycles / heure

$$\text{Donc } V = 917 \times 3 / (4 \times 6)$$

$$V_{\text{bâche}} = 120 \text{ m}^3$$

On propose

$$H = 3 \text{ m}$$

Donc :

Surface de bâche :

$$S_{\text{bâche}} = V_{\text{bâche}} / H_{\text{bâche}}$$

$$S_{\text{bâche}} = 120 / 3$$

$$S_{\text{bâche}} = 40 \text{ m}^2$$

La Longueur de Bâche :

On propose Largeur **l = 4 m**

Et donc : **L = 10 m**

Tableau IV.17 : Données nécessaires au traitement tertiaire [17]

Paramètres	Unités	Horizon 2030
Débit entrant	m ³ /heure	2750
Nombre d'ouvrage	U	2
Débit unitaire	m ³ /heure	1375
Temps de séjours en Coagulation	Heure	0.041
Temps de séjours en floculation	Heure	0.2
Temps de séjours en filtration	Heure	0.07

IV.5.2 Coagulation :

Le type de coagulant utilisé est le **Sulfates d'Aluminium Al₂(SO₄)₃**

On cherche :

Le volume : $Q = V / T$

$$V = Q_{\text{unitaire}} \times T_{s.c}$$

$$V = 1375 \times 0.041$$

$$V = 56.4 \text{ m}^3$$

La Surface horizontale :

La hauteur donnée est à 4 m

Donc

$$S_h = V/H = 56.4/4$$

$$S_h = 14.1 \text{ m}^2$$

Longueur :

On prend largeur :

$$l = 3.5 \text{ m}$$

Donc :

$$L = 4 \text{ m}$$

IV.5.3 Floculation :

Le type d'adjuvant utilisé est un **Poly électrolyte**. [17] L'agitation de l'eau est lente

(12minutes) pour assurer la création des floes afin qu'ils se décantent dans le bassin.

La charge polluante et l'adjuvant seront donc éliminés en évacuant les boues vers traitement des boues

Volume :

$$V = Q_{\text{unitaire}} \times T_{s.c}$$

$$V = 1375 \times 0.2$$

$$V = 275 \text{ m}^3$$

La Surface horizontale :

La hauteur donnée est à 4 m

Donc

$$S_h = V/H = 275/4$$

$$S_h = 69 \text{ m}^2$$

Longueur :

On propose largeur :

$$l = 7 \text{ m}$$

Donc : L= 9.85 m

On prend :

$$L = 10 \text{ m}$$

IV.5.4 Filtration :

C'est l'avant dernière étape de traitement tertiaire où la décantation des boues et des polluants sera réalisée dans l'étape de filtration.

Volume :

$$V = Q_{\text{unitaire}} \times T_{s,c}$$

$$V = 1375 \times 0.07$$

$$V = 96.25 \text{ m}^3$$

La Surface horizontale :

La hauteur donnée est à 4 m

Donc

$$S_h = V/H = 96.25/4$$

$$S_h = 24\text{m}^2$$

Longueur :

On propose largeur :

$$l = 4\text{m}$$

Donc :

$$L = 6 \text{ m}$$

On prend 100 m comme longueur.

IV.5.5 Désinfection à l'Ultra-violet

La dernière opération en traitement tertiaire, est l'ultra-violet qui permet la désinfection ou l'élimination totale des polluants et microorganismes qui polluent le milieu naturel.

Dans le présent cas, il est prévu d'installer des modules de lampes UV (émetteurs) de mercure de basses pressions parallèles à l'axe d'un canal ouvert. Environ 85% de l'émission spectrale de ces lampes sont monochromatiques ayant une longueur d'onde de 254 nm.

Le taux de transmission des rayons UV est de 65%.

Le système complet d'installations de traitement UV comprend les émetteurs UV, les structures de support et de protection des émetteurs UV, les installations de mesure et de régulation automatique de niveau d'eau et l'armoire de commande. Il est nécessaire d'assurer une géométrie optimisée des lampes UV afin d'éviter des zones mortes dans le canal, avec des intensités insuffisantes des rayons UV.

Le régime hydraulique doit assurer des conditions turbulentes et des temps de réactions est inférieur à 10 secondes, la distance maximale entre deux émetteurs est d'environ 10 cm

Dans notre STEP et à la sortie du traitement tertiaire, l'eau alimente une bache tampon, la bache de stockage des eaux industrielles sera alimentée depuis la bache tampon par un groupe de pompage.

En fin de traitement biologique, l'eau est soumise à un processus de traitement tertiaire qui permettra d'obtenir les valeurs minimales suivantes :

Tableau IV.18 : Valeurs obtenues après le traitement tertiaire.

Paramètres	Unités	Valeur
DBO5	mg/L	< 15
DCO	mg/L	< 60
MES	mg/L	≤ 10
Nématodes intestinaux	/	Absence
Coliformes fécaux	UFC / 100mL	<100

Tableau IV.19 : Tableau récapitulatif de traitement tertiaire.

Désignations	Unités	Horizon 2030
Poste de relevage :	-	-
• Volume de la bêche	m ³	120
• Surface	m ²	40
• Hauteur	m	3
• Longueur	m	10
• Largeur	m	4
Coagulation	-	-
• Volume	m ³	56.4
• Surface	m ²	14.1
• Hauteur	m	4
• Longueur	m	4
• Largeur	m	3.5
Floculation	-	-
• Volume	m ³	275
• Surface	m ²	69
• Hauteur	m	4
• Longueur	m	10
• Largeur	m	7
Filtration	-	-
• Volume	m ³	96.25
• Surface	m ²	24
• Hauteur	m	4
• Longueur	m	6
• Largeur	m	4

IV.6 Traitement et élimination des boues :

La quantité et les caractéristiques des boues produites de la chaîne du traitement, dépendent non seulement des caractéristiques de l'effluent à traiter mais encore du procédé de traitement choisi.

C'est ainsi que les stations par boues activées à faible charge, sont parmi les ouvrages qui produisent un minimum de boues en excès justiciables d'une simple concentration suivie en général d'une déshydratation naturelle sur lit de séchage.

Les problèmes que posent les boues sont essentiellement :

- leur fermentescibilité;
- leur volume ;
- des nuisances qui résultent de la nature même de ces boues

IV.6.1 Epaissement des boues

C'est le stade le plus simple de la réduction du volume des boues qui s'effectue sans dépense d'énergie notable.

- Il peut permettre une réduction des ouvrages de digestion aérobie et anaérobie.
- Il engendre une amélioration de la production des dispositifs de déshydratation.

Il existe deux modes d'épaississement :

- Epaisseur par décantation
- Epaisseur par flottation

IV.6.2 Déshydratation des boues

a) **Déshydratation sur lit de séchage**

b) **Déshydratation mécanique**

Ce traitement comporte deux stades.

Premier stade : Conditionnement des boues pour augmenter par floculation la taille des particules en suspension et augmenter la cohésion du floc.

Deuxième stade : Opération de déshydratation :

- Filtration sous vide
- Filtration sous pression.
- Centrifugation (séparation du mélange solide – liquide par action de la force centrifuge). [8]

IV.6.3 Choix de la filière de traitement

La filière de traitement des boues choisie pour notre STEP sera comme suit :

- 1) Un épaisseur des boues.
- 2) Une déshydratation mécanique.

IV.6.4 Dimensionnement de l'épaisseur

La boue décantée extraite des clarificateurs par le pompage des boues en excès est introduite dans l'épaisseur gravitaire hersé. Le temps de stockage maximal en situation 2030 sera de 2 jours (**Tableau IV.20**).

Les boues sont introduites dans l'ouvrage par le centre pour atteindre la chambre de tranquillisation.

Tableau IV.20 : Caractéristiques de l'ouvrage d'épaississement des boues.

Désignation	Unité	Valeur
Nombre d'ouvrages	U	02
Concentration des boues	g/l	25
Charge surfacique au radier maximale	kg MS/m ² /jour	30
Temps de séjour hydraulique maximal	Jour	2

Boue issue du décanteur secondaire ($B_{excès}$)

Elles représentent les boues en excès : $B_{excès} = \Delta X = 32814 \text{ Kg/jour}$

Concentration des boues :

Concentration des boues $= X_m = 9.6 \text{ Kg/m}^3$

Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage ($Q_{B_{excès}}$)

$Q_{excès} = 3418 \text{ m}^3/\text{heure}$

Volume de l'épaisseur (V_e):

$V_e = Q_{B_{excès}} \times T_s = 3418 \times 2 = 6836 \text{ m}^3$

Volume unitaire = $V_{Epaississeur} / \text{nombre d'ouvrage} = 6836/2 = 3418 \text{ m}^3$

Surface de l'épaisseur (S_{ep})

$S_h = V_e / H_e = 6836/4 = 1709 \text{ m}^2$

Avec : H : hauteur de l'ouvrage entre 3 et 4m ; on prend H=4m

$S_{h. unitaire} = V_{unitaire} / H_e = 3418/4 = 854.5 \text{ m}^2$

Diamètre de l'épaisseur (D) [34]

$$D_e = \sqrt{4 \times \left(\frac{S_{h. unitaire}}{\pi} \right)}$$

$$D_e = \sqrt{4 \times \left(\frac{854.5}{\pi} \right)} = 32 \text{ m}$$

On prend : **D= 35 m**

Débit de boues a la sortie de l'épaississeur

Après l'épaississement, la concentration maximale des boues sera $C_{BE} = 25 \text{ g/L}$

$$Q_{B_{excès}} = \Delta x / C_{BE} = 32814 / 25 = 1313 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Tableau IV.21 : Tableau récapitulatif (traitement des boues)

Désignation	Unités	Horizon
Epaisseur :	-	
• Boue issue du décanteur secondaire ($B_{excès}$)	Kg/jour	32814
• Concentration des boues	Kg/jour	9.6
• Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage ($Q_{B_{excès}}$)	m^3/heure	3418
• Volume de l'épaississeur	m^3	6836
• Surface de l'épaississeur	m^2	1709
• hauteur	m	4
• Diamètre de l'épaississeur (D)	m	35
• Débit boues excès	m^3/jour	1313

IV.7. Le plan proposé pour l'aménagement de la STEP :

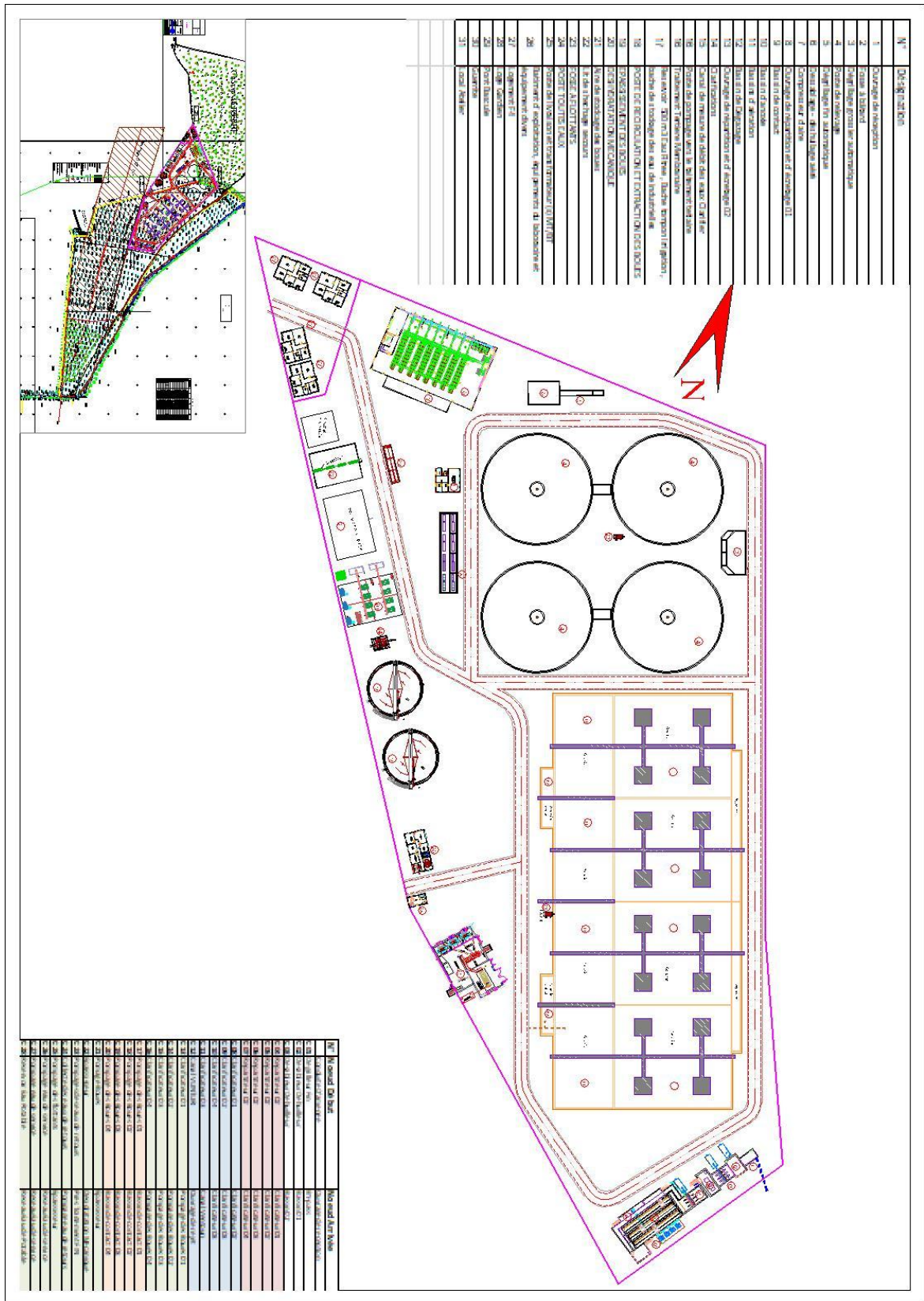


Figure IV.1 : Le plan proposé pour l'aménagement de la STEP.

IV.8 Conclusion

A travers les calculs effectués dans ce chapitre, nous pouvons juger que la superficie du terrain réservé pour la STEP de 6 Ha suffit largement pour l'installation de tous les ouvrages ainsi que leurs accessoires pour l'horizon 2030.

Chapitre V : Gestion et sécurité

V.1 Hygiène et sécurité

L'hygiène et la sécurité dans la station d'épuration sont deux paramètres complémentaires indispensables lors de l'exploitation de la station du fait qu'ils influent d'une manière directe sur le fonctionnement et sur le rendement de la station.

Compte tenu des dangers que présente la circulation d'effluent où se développent de grandes quantités de virus et de bacilles, les risques pour le personnel doivent être limités par de sincères précautions sur le plan de l'hygiène et de la sécurité.

V.1.1 Sur le plan de l'hygiène

a) Risques fréquents

- Les coupures et les écorchures

La mauvaise manipulation d'un outil ou l'emploi d'un outil inapproprié peut occasionner des coupures ou écorchures ; les plaies ouvertes exigent une désinfection immédiate et un pansement adéquat afin d'éviter l'infection.

-Les risques d'infection

Ils proviennent surtout du contact possible avec les eaux usées, les boues ou les dispositifs souillés par ces eaux.

Les principales infections transmises par les eaux usées sont : le tétanos, la fièvre, typhoïde, la dystérie, dairhée, poliomyélite,...

b) Risques spécifiques

-les risques liés aux réactifs solides et liquides

Dans les stations d'épuration, on utilise des réactifs fortement acides, alcalins ou oxydants susceptibles de provoquer de graves dégâts corporels chez l'exploitant. Il convient de se protéger contre tout contact par l'emploi de vêtements appropriés, de gants et de lunettes protectrices.

c) Dispositions à prendre

- Les précautions préventives consistent à prendre un certain nombre de mesures à savoir :

- Imposer au personnel les vaccinations diverses (diphtérie, tétanos, BCG, polymélite) et au moins deux visites médicales par an.
- Désinfection immédiate et à la protection des plaies, coupures, brûlures.
- Après une intervention quelconque sur des appareils de traitement des eaux usées, se laver les mains et les autres parties du corps exposées.
- Lavage fréquent des vêtements de travail.
- Un local pour que le personnel puisse se laver et s'échanger (au moins un lavabo) et une pharmacie comportant des produits pharmaceutiques.
- Des articles de prendre en cas de blessure, d'égratignure ou de brûlure.

V.1.2 Sur le plan de la sécurité

Les prescriptions réglementaires sur la protection de travail doivent être appliquées à la lettre et même renforcées et appuyées sur les mesures constructives indispensables ; cela pour écarter un certain nombre de risques.

a) Risques de circulation

Les chutes comptent parmi les accidents les plus fréquents. Elles sont dues à l'absence de balustrades, l'étroitesse des abords des bassins, la présence de boue ou d'eau sur le sol et les équipements, l'éclairage insuffisant, la négligence au mauvais entretien et des vibrations.

b) Risques mécaniques

Les risques mécaniques résultent du contact avec les organes en mouvement tels que l'arbre de transmission, la chaîne de transmission, de cisaillement, de coupures de chocs ou de chute d'objets lourds sur le corps. Un tel handicap peut être évité par la mise en place d'écrans ou de protection fixes ou mobiles, ou par le port de chaussures de protection.

c) Risques d'incendie et d'exploitation

La défaillance simultanée de l'ensemble des dispositifs de protection électrique pourra entraîner l'apparition du feu.

La plupart des appareils tournants dans les stations d'épuration sont entraînés par moteur électrique et les tensions employées sont souvent très élevées, si bien que toute action mettant en jeu un opérateur non qualifié pourra provoquer une déflagration. Pour éviter de tels risques :

- Il faut prescrire l'emploi d'échelles en métal autour des installations électriques.
- Il faut qu'avant tout travail de répartition, interrompre le circuit électrique et toute répartition de dispositifs électrique ne doit être effectuée que par un électricien qualifié.
- Les extincteurs chimiques en bon état de fonctionnement doivent être placés aux endroits sensibles ainsi que les boyaux d'arrosage sous pression.

Parmi les dispositions à prendre, nous citerons essentiellement :

- L'éclairage suffisant de tout ouvrage et de tout point des locaux d'exploitation par des sources de lumière artificielle offrant un niveau d'éclairement adéquat ; l'éclairage normal se situant entre 30 et 100 lux.
- Le son et les vibrations dans la STEP sont à redouter et sont susceptibles de causer des nuisances. Les moteurs à forte sonorité devront être munis des isolateurs sonores et toute intervention devra être subordonnée par le port des masques antibruit. La sonorité admissible dans la STEP représente 120dB en comparaison à un atelier de mécanique.

Les vibrations ressenties dans la STEP se localisent surtout au niveau du bassin d'aération par la mise en marche des aérateurs de surface. Là aussi il doit être prévu des gardes corps au risque de chute dans le bassin. Les vibrations admissibles accusent une fréquence de 20 Hz.

Enfin, dans les consignes données par écrit au personnel pour l'entretien, les précautions de sécurité doivent être explicitées, en particulier le danger des gaz et de l'électricité en milieu humide ou gazeux.

Ces précautions doivent être renforcées en période de gel où s'accroissent les risques de chute. [8]

V.1.3 Risques biologiques en station d'épuration

Des eaux usées arrivant en station d'épuration peuvent provenir du réseau d'eau pluviale, des habitations (WC, douches, éviers...), des hôpitaux, des industries (papetière, agroalimentaire, pharmaceutique, chimique...) et de la restauration d'abattoirs d'élevages, etc.

L'eau peut donc contenir des microorganismes d'origine environnementale, humaine, animale ou industrielle. Certains de ces microorganismes vivent et se nourrissent en dégradant les polluants présents dans l'eau.

Cette propriété est exploitée dans les stations d'épuration, qui fournissent les conditions favorables à la croissance des micro-organismes connus pour dégrader les polluants carbonés ou azotés.

En fin d'épuration, les boues sont séparées de l'eau traitée qui est rejetée dans un cours d'eau avoisinant ou en mer. Les boues sont traitées et peuvent suivre différentes filières comme l'épandage, le compostage, la digestion ou l'incinération. [35]

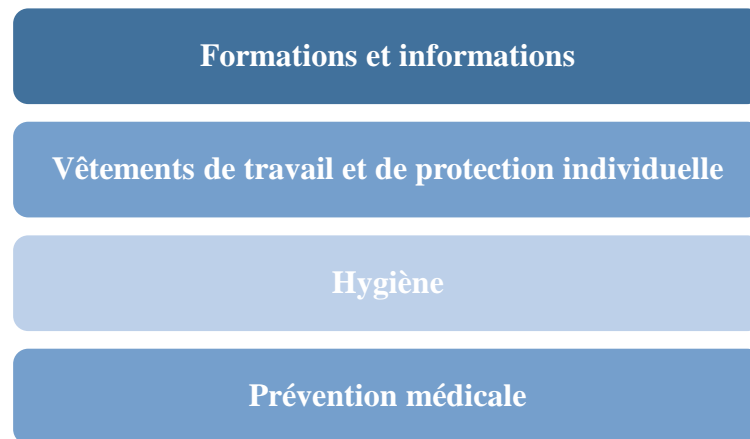


Figure V.1 : mesures de prévention pour le personnel.

Conclusion générale

Bouinan est une ville nouvelle en Algérie se caractérisant par une forte croissance démographique notamment ces dernières années. Ceci a pour conséquence une augmentation de la consommation des ressources naturelles, spécialement l'usage d'eau.

En effet, les différents problèmes que pose le rejet direct de ces eaux dans la nature, causent une pollution résultante qui représente un véritable danger

Cette raison est la quelle, nous avons proposé

Le choix de la mise en place d'une station d'épuration à boues activées à faible charge reste donc le premier choix de cette filière de traitement.

Cette présente étude est basée sur des différents points suivants :

- Description du milieu physique de la région de Bouinan ;
- Mise en évidence les données nécessaires au dimensionnement des ouvrages de la STEP
- Calcul des dimensions des ouvrages de la STEP en tenant compte les procédés épuratoires choisis ;
- Conception des ouvrages en fonction des besoins de la ville de Bouinan.
- Sur le plan sanitaire, il faut arrêter le déversement intempestif des eaux usées dans l'environnement, sans traitement préalable. Cela participera à réduire et même éliminer les cas de maladie à transmission hydrique et d'arrêter de nuire à l'environnement.
- Sur le plan économique, les eaux épurées de la STEP pourront être réutilisées dans divers domaines comme celui de l'agriculture.

Abréviations

Azote global (NGL) : NKT + Nitrite + Nitrate.

Azote total Kjeldahl (NKT) : Azote Organique + Ammonium.

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

ISD : Installation de Stockage des Déchets.

MES : Matières En Suspension.

MEST : Matière En Suspension Totale.

MS : Matière Sèche.

MVS : Matières Volatiles en Suspension.

ONA : Office National de l'Assainissement.

OVH : Oxydation par Voie Humide.

STEP : Station d'Épuration.

Glossaire

Aérobic : se dit d'un organisme qui utilise pour son métabolisme l'oxygène dissous dans l'eau ou dans l'air.

Assainissement : Ensemble des techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées et pluviales d'une agglomération (assainissement collectif), d'un site industriel, ou d'une parcelle privée (assainissement autonome) avant leur rejet dans le milieu naturel. L'élimination des boues issues des dispositifs de traitement fait partie de l'assainissement.

By-pass : Dispositif permettant le détournement partiel ou total d'un fluide dans une direction précise

Eaux ménagères usées : eaux usées provenant des établissements et services résidentiels et produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères.

Eaux résiduaires urbaines: eaux ménagères usées ou mélange des eaux ménagères usées avec des eaux industrielles usées et/ou des eaux de ruissellement

Equivalent Habitant (EH) : Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.

MVS : Matières Volatiles en Suspension, sont éliminées par calcination à 550°C des échantillons séchés de MES. La teneur de MVS dans les solides est censée représenter leur teneur en matière organique (par opposition avec leur fraction minérale).

NTK : Azote Kjeldhal, comporte l'azote présent sous les formes organiques et ammoniacales (ex: l'Ammonium NH_4), à l'exclusion des formes nitreuse et nitrique (NO_2 et NO_3). Il comprend donc en plus de l'ammoniaque l'azote contenu dans les protéines, les polypeptides, les acides aminés et certains composés particuliers.

Les références

- [1] **Sébastien Renou** (2006) « Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées » Institut National École Doctorale RP2E Polytechnique de Lorraine. p 33-26.
- [2] **Yvette Veyret** (1999) « Géo-environnement ».
- [3] **Claus Bliefert et Robert Perraud** (1999) « Chimie de l'environnement Air, eau, sol et déchets ». France, 2^{ème} édition Française. P 3-5.
- [4] **I. Priyadarshini, A. Alkhayyat, A.Obaid, R.sharma.** (2022) « Réduction de la pollution de l'eau pour un development urbain durable à l'aide des techniques d'apprentissage automatique » USA, Irak. P 3.
- [5] Decrès exécutif de Journal Officiel de la République Algérienne.
- [6] **Rejsek, F.** (2002) « Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques ». Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. Sciences et techniques de l'environnement.
- [7] **Grosclaude, Gérard,** dir. (1999) « L'eau, tome 1 : Milieu naturel et maîtrise ».
- [8] **Khaoula Keteb** (2017) « Dimensionnement de la station d'épuration par lagunage aéré de la ville de Baniane (Wilaya de BISKRA) » École Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida. P48-76-82-99.
- [9] **Hakima El Haité** (2010) « Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation ». Sciences de l'ingénieur [physics]. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. Français. P 50-54.
- [10] **Benazzou F., Aissiou S.** (2003) « Etude comparative de l'efficacité du Lagunage tertiaire et direct » Mémoire d'ingénieur. USTHB, page 81.
- [11] **Olivier Caquel, Jean-Léon Coutable, Gaëlle Fernandes, Yoann Lavaud, Pascal Molle, et al..** (2018) « La gestion des végétaux en filtres plantés de roseaux - Etat des lieux national. » [Rapport de recherche] EPNAC. fahal-03185678f. p 5.
- [12] Eco-gestion d'habitats Bureau d'Etudes Industrielles Energies Renouvelables et Environnement (2008-2009).
- [13] **Cindy Bassompierre** (2007) « Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles ». domain_stic.inge. Institut National Polytechnique de Grenoble – INPG.
- [14] **NEE SPA** National Eau et environnement SPA, « Mission III, étude de base » 45 Boulevard Colonel Echahid Amirouche Bordj El Kiffan, Alger. Algérie page 3-7-8.

- [15] **Wolf, H.W., R. S. Safferman, A. R. Mixson, and C. E. Stringer.** “Virus Inactivation During Tertiary Treatment” The Ministry of Environment and Fight Against Climate Change.
- [16] **Jean-Claude BOEGLIN** (2008) « Lutte contre la pollution de l'eau : Inventaire des traitements » © Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement.
- [17] **ONA** Office National de l'Assainissement (2020) Réalisation de la station d'épuration de Bouinan DE LA STATION D'EPURATION DE BOUINAN, Wilaya de BLIDA, Algérie.
- [18] **HADJ-SADOK Zakaria Mohamed.** (1999) « Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau ». Th : Sciences de l'Ingénieur, Nice – Sophia Antipolis, p 267.
- [19] **J.O.R.A.** Journal Officiel de la République Algérienne (2006).. Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3.
- [20] **Degrémont.** – Mémento Technique de l'eau. Lavoisier – Techniques et Documentation (1989).
- [21] Lyonnaise des eaux. – Mémento de l'exploitant de l'eau et de l'assainissement. Lavoisier - Technique et Documentation (1986).
- [22] Guide technique sur le fonctionnement des déversoirs d'orage : Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg.
- [23] **Jean-Claude BOEGLIN** (2008) « Traitements physico-chimiques de la pollution insoluble » © Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement. P 4-7-8
- [24] **Meinck (F.), Stoff (H.) et Kohlschutter (H.).** (1978). « Les eaux résiduaires industrielles ». Masson Éditions.
- [25] **Endress et Hauser** : « Eaux Usées - Le bassin d'aération ».
- [26] Station d'épuration : « dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et leur exploitation. » fiche technique.
- [27] Wikhydro, développement durable, Bassin d'anoxie.
http://wikhydro.developpementdurable.gouv.fr/index.php/Bassin_d'anoxie.
- [28] SUEZ Water Technologies & Solutions - Memento degremont®
- [29] **Kirschmer O.** (1926). Untersuchungen uber den Gefallverlust an Rechen, Mitt. Hydro. Inst., Munich, Ed. D. Thoma., No. 1, 21.
- [30] **Kittelberger, Scott Erich** (2005) “A method for the study of an elasticity in fused silica”. Physics - Dissertations. P 29.
- [31] **Thibaut Cochereau** (2016) « Dimensionnement et conception d'une station de traitement de l'eau » rapport de master professionnel. Université d'Angers. UFR sciences.

[32] **Eckenfelder, W.W.** (1991) « Gestion des eaux usées urbaines et Industrielles - Caractérisation, Technique d'épuration, aspects économiques. » Tech & Doc, Lavoisier.

[33] **UVED** Université Virtuelle Environnement et Développement durable www.uved.fr

[34] Wastewater Engineering- Treatment and Reuse. MetCalf & Eddy, Editions McGraw Hill, 4ième edition, 2003

[35] **Becquart. P** (2003) « stations d'épuration : myth ou réalité ? » Biofutur 230.