



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة عبد الحميد ابن باديس - مستغانم
ABDEL Hamid Ibn Badis University - Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم هندسة الطرائق
Department of Sciences Engineering



N° d'ordre : M2 /GP/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Thème

**Vérification des Dimensions de la station d'épuration de la ville
de Mostaganem durant la saison estivale**

Présenté par :

Mr. BOUCHENAFI Mohamed

Soutenu le 11/07/2021 devant le jury composé de :

Président :	B. BESTANI	Professeur	Université de Mostaganem
Examinatrice :	I. TOUMI	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice :	K. SOLTANE	MCB	Université de Mostaganem
Examineur :	D. MEKHATRIA	MCB	Université de Mostaganem
Encadrant :	M R. GHEZZAR	Professeur	Université de Mostaganem

Année Universitaire : 2020 - 2021

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Monsieur M.R. Ghezzar, professeur à l'université de Mostaganem, qui a accepté de superviser ce travail. Merci pour votre patience, votre disponibilité et surtout vos conseils judicieux, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je veux également remercier le président et les membres de jury pour leur disponibilité et pour le temps qu'ils sont consacrés pour la lecture et l'expertise de mon document.

Je suis reconnaissant aux collègues de l'APC de Mostaganem qui m'ont fourni les données démographiques de la ville de Mostaganem.

Je remercie tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

SOMMAIRE

	Introduction Générale	1
Chapitre I		
I-1	Généralités	3
I-2	Définition des eaux usées.....	3
I-3	Origine des eaux usées.....	4
I-4	Importance des rejets.....	5
I-5	Evaluation de la pollution.....	6
I-6	Les principaux paramètres de pollution.....	8
I-7	Conséquences sur le milieu récepteur.....	12
I-8	Conclusion.....	12
Chapitre II		
II-1	Introduction	14
II-2	Les différents degrés de traitements conventionnels des eaux usées...	15
II-3	Procédés physico-chimiques.....	19
II-4	Traitement biologique.....	28
II-4-1	Généralités sur les traitements biologiques.....	28
II-4-2	Les procédés extensifs.....	29
II-4-3	Procédés intensifs.....	31
II-5	Conclusion.....	31
Chapitre III		
III-1	Introduction	33
III-2	Site d'études.....	33
III-3	Objectifs de la STEP.....	33
III-4	Les caractéristiques de la STEP.....	34
III-5	Charge polluante.....	34
III-6	Calcul des débits et des charges polluantes.....	35
III-7	Poste de Relevage.....	37
III-8	Poste de Prétraitement.....	38
III-9	Ouvrage de traitement primaire.....	43
III-10	Ouvrage de traitement secondaire.....	46
III-11	Clarificateur.....	55
III-12	Dimensionnement.....	55
	Conclusion Générale	56

Introduction Générale

Près de 97% de l'eau planétaire se trouve dans les mers et les océans. Cette eau est trop salée pour pouvoir être consommée. En effet, l'homme ne boit et n'utilise que de l'eau douce, c'est à dire non salée. L'eau douce, c'est l'eau des glaciers et des banquises. Une eau malheureusement inutilisable à l'état naturel parce que gelée. C'est aussi l'eau des fleuves, des rivières, des lacs et des nappes souterraines. C'est cette eau que l'homme utilise pour boire et s'alimenter. Mais sa quantité disponible ne représente qu'un millionième de l'eau sur terre. Un peu plus des trois-quarts de la réserve d'eau douce de la planète est retenue dans les glaces des régions polaires. Reste donc un tout petit quart avec lequel l'humanité doit satisfaire tous ses besoins en eau.

L'eau est l'élément indispensable à tous les processus socio-économiques, quel que soit le degré de développement de la société. La qualité de l'eau qu'elle soit destinée à la consommation humaine, à l'irrigation ou tout simplement rejetée dans la nature, vers les rivières, les océans ou le sol, est devenue un problème et un souci majeur pour les pouvoirs publics, les instances et organismes nationaux et internationaux.

La tâche actuelle du spécialiste en traitement des eaux ne consiste pas uniquement à appliquer des principes connus, étant donné que la croissance démographique et l'industrialisation ont augmenté la quantité et la diversité des déchets rejetés dans les rivières et la mer, ce qui donne naissance à de nouveaux problèmes.

La forte consommation en eau oblige les spécialistes de redimensionner les différentes stations d'épuration d'augmenter le rendement de traitement des eaux d'une façon acceptable et répond aux normes internationales avant de les rejeter dans les différents milieux naturels.

Dans tous les cas, les traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle. La plupart des stations d'épuration fonctionnent selon les mêmes processus de base, mais des différences plus ou moins importantes peuvent exister dans la manière de mettre en place ces processus.

L'épuration consiste à éliminer ou à réduire les matières minérales et organiques en suspension et en solution, une station d'épuration comporte donc des installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues produites.

Notre étude s'intéresse au traitement des eaux usées par les procédés physico-chimique et biologique au niveau de la station de Mostaganem, et vise à cibler l'efficacité de redimensionnement de la STEP pendant la saison estivale.

Afin d'atteindre cet objectif, le présent manuscrit est organisé comme suit :

- Le premier chapitre : une synthèse bibliographique qui comporte des généralités sur les eaux usées, leurs origines, conséquences sur le milieu récepteur ...etc.
- Le deuxième chapitre : est consacré aux principaux procédés d'épuration des eaux usées.
- Le troisième chapitre : est une représentation de travail expérimental basé sur une simulation numérique pour interpréter l'efficacité de la STEP

I.1 Introduction

Les eaux usées quelles que soient leurs origines, sont généralement chargées en éléments indésirables, qui selon leurs quantités et selon leurs compositions, représentent un danger réel pour les milieux récepteurs ou leurs utilisateurs. L'élimination de ces éléments toxiques exige de concevoir une chaîne de traitement. Toute fois, avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, qualitativement et quantitativement.

Les eaux résiduaires et industrielles, séparées ou mélangées contiennent de nombreuses substances avec des titres différents qui peuvent constituer des dangers de diverses natures pour leur utilisateur et les milieux récepteurs. L'élimination de tous ou une partie de ces éléments constitutifs des eaux résiduaires est imposée par l'élimination des risques de nuisance associés à l'évacuation de ces éléments vers le milieu récepteur.

I.2. Définition des eaux usées

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit.

Les eaux usées sont toutes les des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substance toxique qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance [1].

Pourquoi faut-il épurer les eaux usées ?

Tout cours d'eau est capable d'épurer naturellement les rejets polluants... jusqu'à un certain point. L'eau contient des bactéries qui réduisent les matières organiques en eau et en dioxyde de carbone (CO₂). Lors de cette dégradation biologique, de l'oxygène dissous dans l'eau est consommé en grande quantité. Lorsque l'eau est trop fortement polluée, cela provoque une forte diminution ou même la disparition de l'oxygène présent dans l'eau. Dans ces conditions, les poissons et d'autres organismes vivants étouffent et meurent.

Les nutriments, tels que l'azote et le phosphore fournissent les substances nutritives pour les plantes. En excès, ces substances permettent aux algues de proliférer. Les algues produisent de l'oxygène durant la journée, mais durant la nuit elles en consomment en grande quantité, surtout par temps chaud. Ce phénomène est appelé eutrophisation : les autres organismes vivants des cours d'eau sont étouffés.

Les métaux lourds et autres micropolluants sont très nocifs car ils sont souvent toxiques pour les organismes aquatiques.

Comme la quantité de rejets domestiques dans nos cours d'eau dépasse souvent largement leur pouvoir auto-épurateur, il est nécessaire d'aider la nature en épurant les rejets d'eau usée.

I.3. Origine des eaux usées

La pollution de l'eau connaît différentes origines, et suivant la qualité des substances polluants, on distingue 04 catégories d'eaux usées : domestique, industrielle, agricole et les eaux de ruissellement.

I.3.1. Eaux usées domestiques

Elles constituent généralement l'essentiel de la pollution et se composent :

- Des eaux ménagères qui contiennent des matières en suspension provenant du lavage des substances alimentaires et des produits détergents utilisés pour le lavage et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;
- Des eaux de salle de bains chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotes, phosphores et en microorganismes.
- Des eaux des activités particulières [2].

I.3.2. Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont celles qui proviennent des diverses usines de fabrication ou de transformation. Elles peuvent contenir des substances organiques ou minérales corrosives. Les substances sont souvent odorantes, et colorées, et parfois

toxiques et peuvent rompre l'équilibre écologique des milieux récepteurs. Les eaux évacuées par les industries sont :

- Les eaux de fabrication qui dépendent de la nature de l'industrie ;
- Les eaux de lavage des machines ;
- Les eaux de refroidissement qui dépendent du taux de recyclage.

Les usages industriels ont le choix entre trois possibilités :

- Soit déverser leurs effluents directement dans le réseau d'égouts si l'autorisation leur est donnée par la commune ;
- Soit traiter entièrement leurs effluents avant de les rejeter directement dans le milieu naturel récepteur ;
- Soit effectuer un prétraitement en usine avant le rejet dans le réseau d'égouts [3,4].

I.3.3. Eaux usées agricoles

Les effluents agricoles renferment diverses substances d'origine agricole ou animale, il s'agit des solutions d'engrais lessive par les sols fortement fertilisés, des pesticides et des déjections animales [4].

I.3.4. Eaux de ruissellement

Ces eaux proviennent des eaux de pluie, des eaux de lavages des routes et des eaux de drainage. Elles peuvent contenir des sables, des limons, des argiles, des hydrocarbures, des huiles et des fertilisants agricoles [5].

I.4. Importance des rejets

L'importance des rejets urbains dépend de certains facteurs notamment :

- Du type de réseau ;
- Des industries raccordées ou non au réseau ;
- De la taille de l'agglomération ;

I.4.1. Type de réseau

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

- Le système unitaire qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales,

- Le système séparatif comportant deux réseaux de canalisation différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées ;
- Le système pseudo-séparatif, actuellement peu préconisé dans la conception d'un nouvel équipement, est un système dans lequel, on divise les apports des eaux pluviales en deux parties.

I.4.2. Raccordement des industries

Le raccordement des industries aux égouts urbains permet d'obtenir le mélange nécessaire d'eau usée urbaine et industrielle, ce qui présente des avantages, aussi bien pour l'usine que pour la municipalité.

Néanmoins, la capacité de réception du réseau d'assainissement, la qualité des eaux résiduaires, imposent certaines limites au raccordement à l'égout.

I.4.3. Taille de l'agglomération

Le volume des eaux usées rejeté par habitant et par jour augmente généralement avec la taille de l'agglomération par suite de certaines différences d'habitude de vie, de niveau de développement et suivant le mode de tarification de la consommation d'eau potable.

I.5. Evaluation de la pollution

La pollution est toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes nuisances (mauvaise odeur, fermentations, inconforts divers, risques sanitaires) et qui se répercute, à court ou à long terme, sur notre organisme à travers, la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons.

I.5.1. Principaux polluants

La composition des eaux usées est en fonction de nombreux paramètres :

- Des propriétés physico-chimiques de l'eau potable distribuée.
- Du mode de vie des usagers.
- de l'importance et du type des rejets industriels.

D'une manière générale la pollution des eaux se manifeste sous les formes principales suivantes :

I.5.1.1. Pollution organique

La pollution organique constitue la partie la plus importante, et comprend essentiellement des composés biodégradables. Ces composés sont de diverses origines :

a) origine urbaine

- **Les protéides (les protéines)** : qui représentent tous les organismes vivants de nature protéique telle que les animaux, les plantes, les bactéries et même les virus. Ces protéines subissent une décomposition chimique au contact de l'eau (hydrolyse) en donnant des acides aminés.
- **Les lipides (corps gras)** : ce sont des éléments rejetés généralement par les eaux domestiques telles que les graisses animales, et les huiles végétales. Leur décomposition en milieu aérobie se traduit par une libération de CO₂ et H₂O et en anaérobiose, de CO₂ et CH₄ ;
- **Les glucides** : il s'agit des sucres alimentaires (saccharose), et de glucose.

b) Origine industrielle

Ce sont parfois des produits organiques toxiques tels que les phénols, les aldéhydes, des composés azotés, des pesticides, des hydrocarbures, on enregistre des détergents [6].

I.5.1.2. Pollution minérale

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tels que les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le plomb, le mercure, le chrome, le cuivre, le zinc et le chlore. Ces substances peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu, perturber l'activité bactérienne en station d'épuration, affecter sérieusement les cultures (physiologique et rendement) [7].

I.5.1.3. Pollution microbiologique

Les eaux usées sont des milieux favorables au développement d'un très grand nombre d'organismes vivants, dont des germes pathogènes souvent fécaux.

On les trouve dans les effluents hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ou encore dans le déversement de nombreuses industries agro-alimentaires (abattoirs, élevage agricoles,.....)[8].

I.5.1.4. Métaux lourds

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel accidentel ou volontaire.

I.6. Les principaux paramètres de pollution

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimé en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modification que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestique, industrielle et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

I.6.1. Les paramètres physiques

I.6.1.1. la température

La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable surtout en présence d'effluents industriels. C'est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur :

- la solubilité des sels et des gaz. Il est établi que la solubilité d'un gaz diminue avec l'augmentation de la température. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous. Aussi, plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition des micro-organismes intervenants dans les processus d'autoépuration, la multiplication des micro-organismes, affectant ainsi l'épuration biologique [9].

I.6.1.2. La conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau favorisée le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre. La mesure de la CE permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [10].

I.6.1.3. Les Matières en suspension (MES)

Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou industriel. Les MES s'expriment par la relation (I.I) [11] :

$$\text{MES} = 30\% \text{MMS} + 70\% \text{MVS} \quad (\text{I.I})$$

I.6.1.4. Les matières volatiles sèches (MVS)

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 70-80 % de MES. Et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2h [5].

I.6.1.5. Les matières minérales (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire extrait sec, constitue à la fois par les matières minérales en suspension et les matières solubles (chlorures, phosphates...etc.) [12].

I.6.1.6. La couleur et l'odeur

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques [11].

I.6.1.7. La turbidité

C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. On mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur...

- NTU < 5 => eau claire
- NTU < 30 => eau légèrement trouble
- NTU > 50 => Eau trouble

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse) [12].

I.6.2. Les paramètres chimiques

I.6.2.1. Le pH (potentiel hydrogène)

Le pH joue un rôle capital dans le traitement biologique .il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial :

- Dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;
- Dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroites se situant entre 6,5 et 8,5 [13].

I.6.2.2. Demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO5)

La demande biologique en oxygène pour 5 jours ou la DBO5 mesurée en mg d'(O2)/l correspond a la quantité d'oxygène consommée lors de la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie pendant 5 jours successifs a 20°C et a l'obscurité. La valeur obtenue, représente environ 80% de la pollution biodégradable total [11,14].

I.6.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène ou DCO est la teneur totale en matières oxydables dans les eaux a traiter et est relative a la quantité d'oxygène consommée pendant la dégradation par voie chimique est dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau [15].

I.6.2.4. Relation entre DCO et DBO5

Le rapport DCO/DBO5 donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées. La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude a être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons...) [16] :

- Si $DCO/DBO5 < \text{ou} = 2$: Le traitement se fait biologiquement.
- Si $2 < DCO/DBO5 < 3$: Traitement biologique avec adaptation de souches.
- Si $DCO/DBO5 > 3$: Traitement physico-chimique. L'eau est pratiquement non traitable par voie biologique.

I.6.2.5. Eléments toxiques

La présence des métaux lourds (plomb, mercure,) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.

I.6.2.6. Les nutriments (Azote, phosphore)

La présence d'azote et de phosphore dans les eaux est liée principalement au phénomène d'eutrophisation par leur rejet dans eaux résiduaires.

L'origine la plus prononcée de l'azote dans ces eaux est l'urine mais l'industrie peut également être une source de pollution azotée : azote nitrique (engrais), azote organique (industries agro-alimentaires). Les eaux pluviales (lavage des sols des toitures, une pollution azotée sous forme nitrique).

Le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates) provenant surtout des poudres à lessives, et sous forme organique provenant des matières fécales [15].

Le **tableau I.1** ci-après montre les principaux paramètres de pollution d'une eau usée brute, les valeurs sont données à titre indicatif pour fixer les ordres de grandeur.

Tableau I.1. Caractéristique des eaux usées urbaines [17]

Paramètres	Echelles de variation
Ph	7,5 à 8,5
MES totaux (mg/l)	150 à 500
DBO5 (mg/l)	100 à 400
DCO (mg/l)	300 à 1000
DOT (mg/l)	100 à 300
NTK (mg/l)	30 à 100
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	20 à 80
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	<1
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	<1
Détergents (mg/l)	6 à 13
P (mg/l)	10 à 25

I.7. Conséquences sur le milieu récepteur

Le rejet des eaux usées brutes perturbe l'équilibre du milieu récepteur, la quantité de pollution rejetée est devenu incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes telle que :

- La dégradation du milieu naturel ;
- La pollution des mers, des lacs et des cours d'eau ;
- Le risque de contamination des eaux souterraines.

I.8. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons défini les paramètres physiques et chimiques qui caractérisent une eau usée et leur impacte sur le milieu récepteur lors du rejet direct à l'air libre. La connaissance de la qualité des eaux usées à traiter est indispensable dans un projet de conception d'une station d'épuration ainsi que pour le choix adéquat du procédé d'épuration et par conséquent un respect des normes de rejets.

II.1 Introduction

Les eaux résiduaires regroupent : les eaux usées d'origine urbaines ou domestiques, ainsi que les eaux usées d'origine industrielles et agricoles. Ces eaux ont besoin de subir des traitements divers avant d'être rejeter dans les milieux naturels récepteurs.

Afin d'éviter l'altération du milieu récepteur, il existe plusieurs procédés qui varient en fonction de l'importance de la charge polluante à traiter, de la quantité de l'effluent requis, du rendement épuratoire, de la taille de la population, de la disponibilité du terrain, du climat et la topographie de la région.

Dans la station d'épuration de la wilaya de Mostaganem, le procédé utilisé est le procédé des boues activées, c'est le procédé le plus répandu actuellement pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines des petites, moyennes et grandes collectivités.

Le procédé à boues activées est un système en continu dans lequel des micro-organismes sont mis en contact avec des eaux usées renfermant des matières biodégradables pendant un temps suffisant.

Ces amas biologiques sont maintenus en agitation au sein de l'eau de façon à assurer un contact avec toute la partie de l'effluent. L'oxygénation est fournie en quantités suffisantes par des aérateurs.

Ainsi, dans le bassin d'aération, en présence d'oxygène, les micro-organismes vont se développer et se reproduire aux dépens des matières biodégradables formant ainsi des flocons décantables, orientés par la suite vers un clarificateur.

A la sortie une eau traitée et des boues seront produites, une petite partie de ces boues sera expédiée vers les organes de traitement de boues et l'autre partie réintroduite dans l'aérateur.

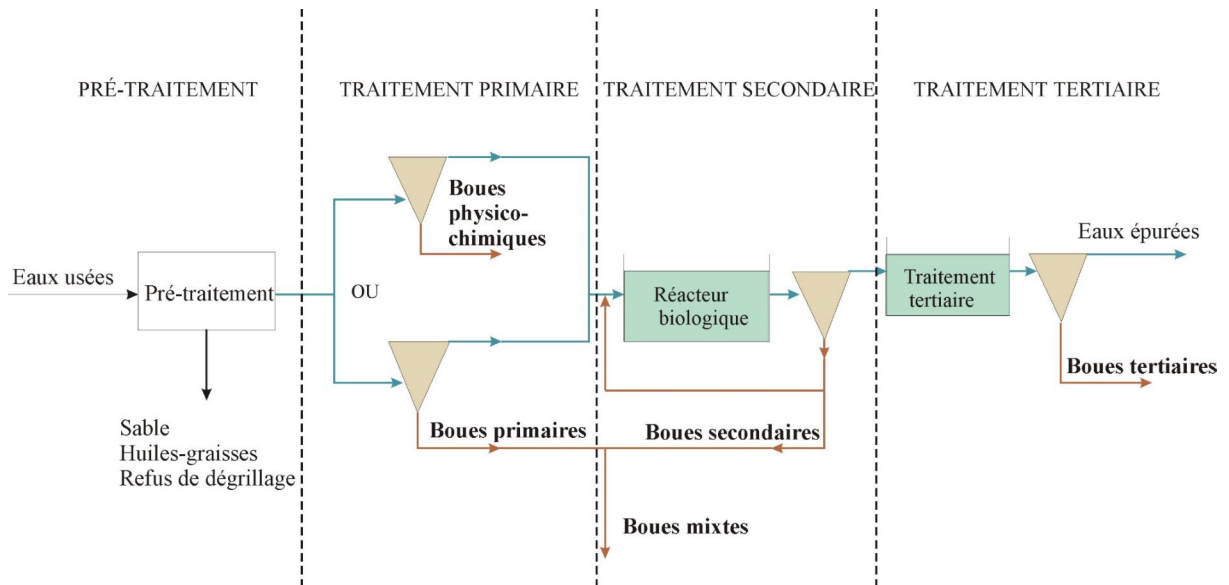


Figure II.1. Les différents procédés d'épuration

II.2. Les différents degrés de traitements conventionnels des eaux usées

II.2.1. Les prétraitements

Cette partie de traitement permet de retenir les déchets solides (papiers, plastiques...etc.) ainsi qu'une partie des graisses et des sables contenues dans les eaux usées pour le but d'éliminer les éléments les plus grossiers susceptibles de gêner les processus des traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements.

II.2.1.1. Dégrillage

Le principe du dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers.

Leurs principaux objectifs sont : l'élimination des matières volumineuses qui pourrait nuire à l'efficacité des traitements suivants et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation [18].

Selon l'écartement des barreaux ou le diamètre des mailles, on distingue :

- Dégrillage grossier : pour grille a barreaux espaces de 30 a 100 mm.
- Dégrillage moyen : pour grille a barreaux espaces de 10 a 25 mm.
- Dégrillage fin : pour grille a barreaux espaces de 3 a 10 mm.



Figure II.2. Dégrilleur 20mm

II.2.1.2. Le tamisage

Il constitue un dégrillage fin maile de quelque mm a quelque dizaine de micro afin de retenir les MES selon la dimension de passage des supports.

On distingue trois (03) types de tamis :

- ✓ Tamis statiques.
- ✓ Tamis rotatifs.
- ✓ Tamis vibrants.

Il existe aussi :

- ✓ Macro-tamisage : mailles de 250 à 300 μ m.
- ✓ Micro-tamisage : mailles de 30 à 100 μ m.

II.2.1.3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes, les gravies, sables et particules minérales plus ou moins fines.

L'élimination du sable est indispensable pour protéger les conduits et les pompes contre l'abrasions et corrosion et éviter le colmatage de canalisation. Les sables décantent et sont récupérés par pompage.

Il existe différents types de déssableurs :

- ✓ Déssableurs a canaux.
- ✓ Déssableurs rectangulaires a couloir.
- ✓ Déssableurs circulaires



Figure II.3. Déssableur

II.2.1.4. Déshuilage – dégraissage

Il consiste a l'extraction des corps flottant moins denses que l'eau c'est toujours pour but a éliminer le colmatage. Généralement combinées avec le dessablage, on pour but de collecter des matières huileuses déjà rassemblées a la surface de l'effluent.



Figure I.3. Dessablage-Déshuilage

II.2.2. Le traitement primaire

Regroupent les procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension. À l'issue du traitement primaire, seules 50 à 60 % des matières en suspension sont éliminées. Ces traitements primaires ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. Ils ont d'ailleurs tendance à disparaître en tant que seul traitement, notamment lorsque l'élimination de la pollution azotée est requise. Pour répondre aux exigences réglementaires, une phase de traitement secondaire doit être conduite [19].

II.2.3. Le traitement secondaire

La matière organique dissoute restante subira un traitement biologique, aussi appelé traitement secondaire. On injecte d'abord de l'air dans des **bassins d'aération** afin que le dioxygène favorise la croissance des micro-organismes. Ceux-ci décomposent alors une partie de la matière organique en dioxyde de carbone et en eau. Ensuite, des bactéries décomposent l'excédent de matière organique lors de la **filtration biologique**. Par décantation, les matières solides se déposent au fond du bassin et forment des **boues secondaires** qui seront aussi traitées comme l'étaient les boues primaires. Au cours de cette étape du traitement des eaux usées, 75% à 95% de la matière organique est éliminée. À la suite de cette étape, les eaux sont assez propres pour être retournées dans les cours d'eau, mais elles peuvent aussi subir des traitements complémentaires [20].

II.2.4. Le traitement tertiaire

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables et échappent à la meilleure décantation. Ainsi même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants. Si une éventuelle réutilisation de cette eau est envisagée, il convient par conséquent d'utiliser des procédés d'élimination de cette pollution résiduelle. On parlera donc de corrections chimiques ce qui permettra de donner à l'eau une qualité meilleure pour sa réutilisation. La principale méthode utilisée est la désinfection par le chlore, qui doit être appliquée avec des doses très fortes et des temps de contact longs. Mais il convient de signaler suite à cette opération, des toxiques pour la vie aquatique peuvent être formés, il faut donc procéder à une opération de déchloration avant le rejet.

A côté de la désinfection par le chlore, d'autres procédés existent également mais qui restent pratiquement inutilisables dans les domaines de l'épuration des eaux usées. Ceci s'explique par leurs couts qui restent excessivement élevés, mais qui peuvent conduire une eau de qualité. On peut citer par exemple l'échange ionique et l'adsorption sur du charbon actif.

Le cout excessif du traitement tertiaire explique pourquoi dans la majorité des stations d'épuration ce type de traitement est inexistant .Ce cout ne se représente pas seulement le prix des réactifs ou des équipements mais aussi celui d'un personnel hautement qualifié [21].

II.3. Procèdes physico-chimiques

II.3.1. Coagulation-floculation

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues a la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes, leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1m en chute libre peut être de plusieurs années. La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. La coagulation consiste a les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et/ou filtration [11].

II.3.1.1. Les particules mise en jeu : les colloïdes

Les matières existantes dans l'eau peuvent se présenter sous les trois états suivants :

- état de suspension qui regroupe les plus grosses particules.
- état colloïdal.
- état dissous des sels minéraux et des molécules organiques.

Cette classification résulte de la taille des particules. Les colloïdes présentent un diamètre compris entre 1 μ m et 1 nm. Ils possèdent deux autres caractéristiques très importantes. Leur rapport Surface/volume leur confère des propriétés d'adsorption des ions présents dans l'eau. Ce phénomène explique en partie existence de charges électriques a leur surface. Ces charges, souvent négatives, engendrent des forces de répulsion inter-colloïdales. Celles-ci permettent d'expliquer la grande stabilité de ces particules mises en solution. Leur densité, qui peut atteindre 2.5, ne modifie pas la valeur de leur vitesse de décantation.

L'origine des colloïdes est très diverse. On peut citer l'érosion des sols, la dissolution des substances minérales, la décomposition des matières organiques, le diversement des eaux résiduaires urbaines et industrielles ainsi que les déchets agricoles [11].

II.3.1.2. Phénomène de la coagulation

a. Principes de base

La difficulté de séparation des colloïdes présents dans une eau par simple décantation ou filtration provient du fait que ces particules, qui sont d'origine minérale (argiles), végétale (acides humiques ou fulviques, algues), animale (zooplancton), humaine (suspensions, graisseuses, rejets ERU) ou industrielle (eaux résiduaires diverses), se trouvent dans l'eau à l'état de particules chargées électriquement (toujours négativement dans les eaux naturelles).

La répulsion mutuelle exercée par ces particules les empêche de s'agglutiner sous l'effet des forces d'attraction naturelle (appelées à cette échelle forces de Van der Waals) et d'acquiescer ainsi une dimension suffisante pour devenir décantables ou filtrables.

On dit alors que la suspension est stable ; le mécanisme de sa déstabilisation va être rapidement décrit dans ce qui suit ; on trouvera de plus amples explications dans l'article relatif aux traitements physico-chimiques de dépollution des eaux industrielles.

La coagulation consiste à ajouter à l'eau un électrolyte permettant de neutraliser les charges négatives qui sont à l'origine du maintien en suspension stable. On utilise généralement des sels d'un métal trivalent, Fe^{+3} ou Al^{+3}

Les charges positives de l'ion métallique neutralisant les charges négatives du colloïde, les particules peuvent alors se rassembler sous l'effet des forces attractives de Van der Waals et il se produit une précipitation simultanée et conjointe, sous forme d'un gel d'hydroxyde de fer ou d'aluminium, qui adsorbe le colloïde naturel coagule. Ce gel amorphe se présente sous la forme de flocons que l'on va ensuite s'efforcer de faire grossir progressivement (§ 3) pour le séparer efficacement de l'eau dans les phases ultérieures de décantation et de filtration.

L'ensemble de ces flocons est appelé le floc.

La coagulation est optimale pour une introduction de charges électriques positives correspondant à l'annulation du potentiel zêta, potentiel que l'on mesure en observant la vitesse de déplacement des particules colloïdales sous l'action d'un champ électrique dans un appareil d'électrophorèse dit zêta-mètre.

Il faut noter que la coagulation n'est correcte qu'à l'intérieur d'une zone de pH bien déterminée (pH supérieur à 4 pour le chlorure ferrique, compris entre 6 et 7 pour le sulfate d'aluminium). De plus, à l'intérieur même de cette zone, il existe toujours une plage de pH optimal, à doses égales de coagulant. Cette plage est parfois très étroite (de l'ordre de 0,2 unité de pH) et ne peut être déterminée qu'expérimentalement sur chaque type d'eau.

b. Stratégies théoriquement possibles

Les solutions théoriquement possibles pour annuler le potentiel zêta, sont nombreuses :

- Ajustement de pH pour atteindre le point isoélectrique des groupements fonctionnels portés par les colloïdes.
- Augmentations de la salinité pour obtenir une compression de la couche diffuse.
- Neutralisation chimique de la charge primaire par des cations polyvalents ou polymères.
- Adsorption et pontage par des polymères à long chaîne.

Les deux premières possibilités ne sont pas applicables au niveau industriel. On n'ose imaginer les floes d'acide ou de base, les montagnes de sels nécessaires au traitement de millions de mètres cubes d'eau. Néanmoins, la limpidité de l'eau de mer est due à sa forte salinité qui permet la déstabilisation et la décantation des colloïdes.

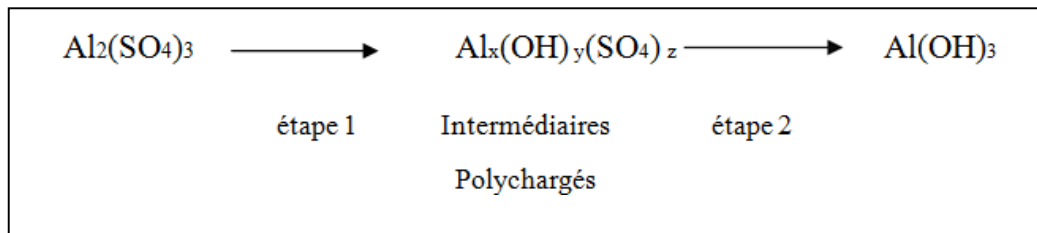
Les mécanismes d'action des coagulants s'interprètent par la neutralisation de la charge primaire suivie par le piégeage dans les précipités.

c. Réactifs utilisés

L'efficacité des coagulants est directement liée à la valence des cations utilisés. Les ions monovalents sont moins efficaces que les bi ou trivalents. La référence étant le Na^+ , le Ca^{2+} d'une part et les ions trivalents Al^{3+} et Fe^{3+} d'autre part, présentent respectivement une efficacité 7 à 200 et 500 à 10000 fois plus importante.

Il est évident que les doses de coagulant à mettre en œuvre sont fonction de leur efficacité relative. Dans le cas des ions monovalent, la quantité nécessaire est de 100 pour une dose de 1 pour les ions trivalents. En conséquence, les coagulants utilisés sont des sels cationiques trivalents.

La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes. Le cas de sulfate d'alumine est très significatif. Les réactions peuvent être représentées de la façon suivante



L'étape 1 est une phase hydrolyse et dépend de la température et nécessite un PH compatible avec l'existence de ces intermédiaires polychargés. Le temps de formation de ces composés est de l'ordre de 0,1s.

L'étape 2 permet la formation du précipité $\text{Al}(\text{OH})_3$. Cette réaction dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure le pontage et la coalescence entre les colloïdes déstabilisés : c'est la forme floculante.

Les critères de choix d'un coagulant sont nombreux. Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et les matières organiques d'une eau essentielle. Le traitement d'eau chargée en matière organique exige du chlorure ferrique. Les coagulants à base de sels d'aluminium permettent d'obtenir une eau traitée très faible en turbidité. La vérification de la dose de coagulant à mettre en œuvre passe par le Jar-Test [11].

Tableau II. 1. Les meilleurs coagulants utilisés [11]

	Masse molaire	densité	forme	formule	remarque
Sel d'aluminium					
Sulfate d'alumine	666	-	solide	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	Poudre irritante
Sulfate d'alumine	645	1,45	Liquide		Liquide corrosif
Polychloro sulfate basique d'alumine	-	1,2	Liquide	$Al_n(OH)_m(SO_4^{2-})_k$	Réactif acide
Sels de fer					
Chlorure ferrique	162,5	1,45	Liquide	$FeCl_3$	Réactif acide
Sulfate ferreux	278	-	Poudre	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	
Chlorosulfate ferrique	187	1,5	liquide	$FeClSO_4$	Réactif acide

Les sels d'alumine sont très utilisés dans le domaine de l'eau potable. Les sels de fer sont plutôt destinés aux eaux résiduaires et en particulier pour l'élimination physico-chimique du phosphore.

II.3.1.3. Phénomène de la floculation

a. Principe de base

Après avoir été déstabilisées par le coagulant, les particules colloïdales s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact : c'est la floculation. Le floc ainsi formé peut décanter, flotter ou filtrer, suivant le procédé choisi. Pour améliorer encore la qualité des floes, on ajoute des flocculants. Ces flocculants sont des composés agissant par pontage, généralement des polymères présentant des groupes réactionnels de charge inverse de celle de la suspension à traiter [22].

La stratégie pour obtenir une bonne floculation se résume en une augmentation des facteurs temps de contact t , des volumes de particules, et le gradient de la vitesse [23].

Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour accroître son volume, sa masse et sa cohésion. Une bonne floculation est favorisée par :

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible ;
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau ;
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau.
- L'emploi de certains produits appelés flocculants ou adjuvants de coagulation [24-25].

b. Type de floculation

On distingue trois types de floculation selon le type de mouvement qui anime les particules dans la suspension :

✓ **Floculation rapide ou pré cinétique (mouvement brownien)**

Les contacts entre les particules sont causés par le mouvement aléatoire de celles-ci, dit mouvement brownien qui est fonction de la température de l'eau [26].

✓ **Floculation lente ou ortho cinétique (brassage mécanique)**

C'est la floculation provoquée par l'agitation de l'eau. Elle est donc causée par le brassage de l'eau qui permet d'augmenter les chances de contacts entre les particules [25, 27].

✓ **Floculation par entraînement**

Elle se produit dans une solution qui décante quand les grosses particules, tombant plus vite, entraînant les plus petites avec eux [28].

c. Flocculants (adjuvants de coagulation) et processus de floculation

On injecte les flocculants à la suite du coagulant. Leur rôle est d'accélérer la floculation ou d'améliorer la consistance et la densité des flocons.

Les adjuvants les plus communément utilisés sont : flocculants minéraux (la silice) ou des Flocculants organiques (polymères à haut poids moléculaires) naturels tel que l'alginate extrait des algues marines ou synthétiques (poly-électrolytes anioniques, cationiques ou non ioniques). Ils se définissent par leur poids moléculaire qui est caractéristique de polymères à longue chaîne, et également par leur densité de charge [26,27, 29,30].

II.3.2. Décantation

La décantation est utilisée dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau ; elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée.

Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration. La décantation a un rôle épuratoire non négligeable c'est ce que représente le tableau-II.2 [31,32].

Il apparaît néanmoins vis-à-vis de MES, DCO et DBO₅ [26, 33].

Tableau II.2. Le rendement de réduction par décantation de la pollution (%) [11]

Paramètres	MES	DCO	DBO ₅	NTK	Hydrocarbures	Pb
Réduction de la pollution (%)	80 à 90	60 à 90	75 à 90	40 à 70	35 à 90	65 à 80

II.3.3. Flottation

II.3.3.1. Principe de base

La flottation est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, de bulles d'air et des réactifs, moins dense que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 µm. Les solides sont transportés à la surface, fixés à des bulles, et sont ensuite écumés. Cette méthode permet d'éliminer des particules plus petites qu'avec la sédimentation. Elle convient davantage aux eaux présentant une haute teneur en algues, une faible turbidité naturelle ou une forte coloration.

La flottation n'est pas aussi efficace que la sédimentation pour éliminer les particules et réduire la turbidité. Ce procédé est sensible à la température et affiche un piètre (négligeable) rendement par temps très froid [34,26].

Les particules de floc doivent entrer en contact avec les bulles d'air. L'adhésion ne peut se faire que si les bulles ont plus d'affinité pour le solide que pour l'eau.

II.3.3.2. Limite d'utilisation

La flottation est supérieure à la décantation dans le cas de clarification d'eaux de surface peu chargées en MES, riches en plancton ou en algues et produisant un floc léger décantant mal.

Elle est préconisée dans le traitement des boues. Ce procédé est très souple d'emploi. Il permet un épaissement simultané des boues directement déshydratables. De plus, la forte vitesse de l'eau autorisée des débits importants pour une surface au sol réduite.

L'efficacité de la flottation et de la décantation peuvent être évalués par le pourcentage de boues retenues, la quantité de matières organiques éliminées et par la mesure de la turbidité. [11]

II.3.4. Filtration et adsorption

II.3.4.1. Filtration

a. Principe de base

La filtration est un procédé physique de séparation d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux, qui retient les particules et laisse passer le liquide.

Ce procédé est destiné à clarifier un liquide qui contient des matières en suspension (MES) en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. La rétention des fines particules qui subsistent après la décantation se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend du type de matériau utilisé et des conditions d'utilisation du filtre.

L'espace inter-granulaire définit la capacité de rétention du filtre qui diminue au cours du passage de l'eau. Les pertes de charge augmentant avec le temps, il faut déclencher le lavage du filtre.

Une biomasse se développe généralement sur le matériau filtrant et peut efficacement réduire le taux d'ammonium par nitrification. La filtration, précédée d'une coagulation - floculation - décantation permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et indirectement de certains goûts et odeurs issus de MES de petite taille.

La rétention des particules se fera par deux principaux mécanismes

- ✓ Tamisage dans la partie supérieure du filtre pour les grosses particules,
- ✓ Adsorption (effet de paroi) à différents niveaux à l'intérieur pour les particules plus fines.

Les filtres peuvent être ouverts ou fermés. On distingue :

- ✓ **Les filtres à sable rapides** : les plus utilisés en eau potable avec des vitesses de 5 à 10 m³.m⁻².h⁻¹. ils s'appliquent à des eaux préalablement traitées.
- ✓ **Les filtres à sable lents** : la filtration lente (0,08 à 0,4 m³.m⁻².h⁻¹) constitue à elle seule un traitement quasi complet de l'EB, grâce au développement d'une biomasse importante.
- ✓ **Les filtres sous pression** : Le principe de fonctionnement est le même que celui des filtres rapides. Le plancher et le matériel filtrant sont situés dans des cylindres supportant des pressions allant jusqu'à 1 000 kPa. Leur exploitation est plus difficile que celle des filtres ouverts. Leur utilisation est limitée aux petites installations.
- ✓ **Les filtres à terre de diatomée** : Ils permettent une bonne clarification des eaux de turbidité faible et éliminent efficacement les MES et les microorganismes, sans nécessité de coagulation. Pour des eaux plus chargées, ils se colmatent très rapidement. Les filtres sous pression et à terre de diatomées sont surtout utilisés pour le traitement des eaux des piscines [36].

II.3.4.2. Adsorption

L'adsorption définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des ions ou des molécules de façon plus ou moins réversible.

Les médias utilisés ont une structure poreuse leur procurant une grande surface spécifique. Les éléments indésirables sont alors liés de façon chimique et physique aux pores du média de filtration.

Différents produits naturels (argiles, charbon, etc.) ou de synthèse peuvent être utilisés pour le traitement par adsorption. Le charbon actif est un média connu pour ses propriétés adsorbantes sur plusieurs éléments organiques et minéraux. Le charbon actif est le résultat d'un traitement thermique en atmosphère contrôlée de divers matériaux naturels (houille, lignite, bois...). Ce traitement ne laisse que le squelette carboné des matériaux et la structure microporeuse résultante est idéale pour le traitement de par sa surface interne très grande (500 à 1500 m/g).

Le phénomène physique mis en œuvre est l'ADSORPTION : il s'agit d'un transfert d'une phase liquide (contenant des substances) vers une phase solide avec rétention des molécules en solution et en suspension dans l'eau sur la surface de contact du charbon actif [37].

II. 4. Traitement biologique

Quel que soit le procédé mis en œuvre, le principe de l'épuration par voie biologique consiste, à utiliser des micro-organismes pour réaliser la métabolisation de la pollution organique soluble et colloïdale. Selon le type de microorganismes présents l'épuration biologique s'effectue par un processus aérobie (ce qui nécessite la fourniture d'oxygène) ou anaérobie. Le choix dépend essentiellement d'une part de la charge polluante admise sur l'installation, et d'autre part, du degré de la technicité acceptable. Pour des effluents caractérisés par de gros débit et de faibles concentrations de pollution organiques, le processus aérobie est le plus approprié : l'intensité du transfert d'oxygène est alors l'un des paramètres essentiels.

II.4.1. Généralités sur les traitements biologiques

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers types de polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture (substrats). Il est ainsi possible d'utiliser systématiquement cette microflore dans un processus contrôlé pour réaliser l'épuration des eaux résiduaires.

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est à dire nécessitant un apport oxygène. Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs [37].

II.4.2. Les procédés extensifs

Les traitements extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement. Parmi ces procédés on distingue :

II.4.2.1. L'épandage

C'est le procédé le plus ancien, Il consiste à déverser directement sur le sol perméable des eaux usées, où les granulats constituant le sol sont alors un matériau de support de micro-organismes, ces derniers servent à dégrader la matière organique. Ce procédé peut être dangereux dans la mesure où les eaux qui s'infiltrent à travers le sol peuvent contaminer les nappes [37].

L'épuration par épandage présente un certain nombre de risques tel que L'intoxication à travers la chaîne alimentaire, la contamination des nappes et le risque de colmatage des sols.

Elle présente par contre l'avantage d'être un procédé simple et très économique. N'exigeant pas de grands moyens de mise en œuvre ou d'exploitation et permettant la fertilisation des sols pauvres par un apport de substances nutritives contenues dans l'effluent.

II.4.2.2. Le lagunage

On distingue principalement deux types de lagunage :

- Le lagunage naturel ;
- Le lagunage aéré.

Le lagunage naturel est un procédé de traitement des eaux usées fondé sur un écosystème constitué principalement d'algues et des bactéries aérobies et anaérobies. Le rayonnement solaire est utilisé comme source énergétique pour la production de l'oxygène par photosynthèse par les algues microscopiques.

Ce type de lagunage se caractérise essentiellement par un temps de séjour très élevé des effluents, plusieurs dizaines de jours et par des mécanismes de fonctionnement biologique fortement liés à la température et aux saisons, Les principaux processus sont :

- La décantation de MES, digestion anaérobie des matières décantées,
- L'oxydation des matières organiques biodégradables par les bactéries hétérotrophes,
- La synthèse des algues elle-même productrice d'oxygène.

L'élimination de la DBO₅ est significative mais une partie importante de la DCO incidente se retrouve dans les effluents du lagunage sous forme d'algues.

Dans le lagunage aéré, un rapport supplémentaire d'oxygène nécessaire à l'assimilation des matières organiques par les bactéries est fourni par brassage en surface grâce à des aérateurs mécaniques.

Le lagunage naturel présente les avantages suivants :

- Il est bien adapté au réseau unitaire (charge hydraulique - dilution) ;
- Une bonne intégration dans environnement ;
- Une bonne élimination des germes pathogènes ;
- Une bonne élimination de l'azote (70 %) et du phosphore (60%).

Par contre, il présente les inconvénients suivants :

- Une emprise au sol importante ;
- Une élimination de l'azote et du phosphore incomplète ;
- Des difficultés d'extraction des boues ;
- Il n'y pas de réglage possible en exploitation.

II.4.3. Les procédés intensifs

II.4.3.1. Le lit bactérien

Ce traitement est basé sur le principe d'infiltration à travers le sol. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur dans laquelle se trouve un matériau poreux.

Les eaux à traiter ruissellent à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support, celle-ci renferme une forte concentration de bactéries et de champignons. Ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique de l'effluent [38].

II.4.3.2. Le disque biologique

Dans le procédé à biodisque, le support est constitué par des disques parallèles régulièrement espacés sur un axe horizontal, tournant à faible vitesse et immergés sur la moitié de leur hauteur. Ce mouvement induit une oxygénation de la culture pendant la période d'immersion.

Les performances de ce procédé sont liées à :

- La profondeur d'immersion des disques (généralement deux mètres) ;
- La vitesse de rotation de l'arbre qui doit être optimale pour permettre une aération et une fixation des bactéries convenable ;
- La température qui doit être comprise entre 15 et 29° C.

II.4.3.3. Epuration biologique par les boues activées

Le procédé dit « à **boues activées** » utilise l'épuration biologique dans le traitement des eaux usées. C'est un mode d'épuration par cultures libres. Dans une filière de traitement des eaux (i.e. les différentes phases d'épuration pour une station donnée), le procédé à boues activées fait partie des traitements secondaires.

a. Principe

Ce traitement a pour but d'éliminer les matières organique biodégradables (solides, colloïdales ou dissoutes) contenues dans une eau usée par l'action de microorganismes, essentiellement des bactéries, en présence d'oxygène dissous.

De plus, il peut (dans la mesure où il est conçu pour cela) transformer l'azote organique et ammoniacal en nitrates (nitrification)

Le procédé consiste à alimenter un bassin brassée et aérée (bassin d'aération appelle généralement bassin décantation) avec l'eau à épurer (effluent préalablement prétraité et décanté) L'aération peut être assurée en surface par des turbines, ou par le fond par des procédés de rampe de distribution de bulles d'air. Une culture bactérienne, dispersée sans forme des flocons (boues activées) se développe et forme avec l'eau usée une liqueur mixte.

Après un temps de contact suffisant, permettant la fixation et l'assimilation de la matière organique, cette liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur (ou décanteur secondaire) où s'effectue la séparation de l'eau épurée et des boues. Les boues décantées sont réintroduites en partie dans le bassin d'aération (recirculation des boues) pour maintenir un équilibre constant entre la quantité de pollution à traiter et la masse de bactéries épuratrice. Les boues sont évacuées du système vers le traitement des boues (extraction des boues en excès) [39].

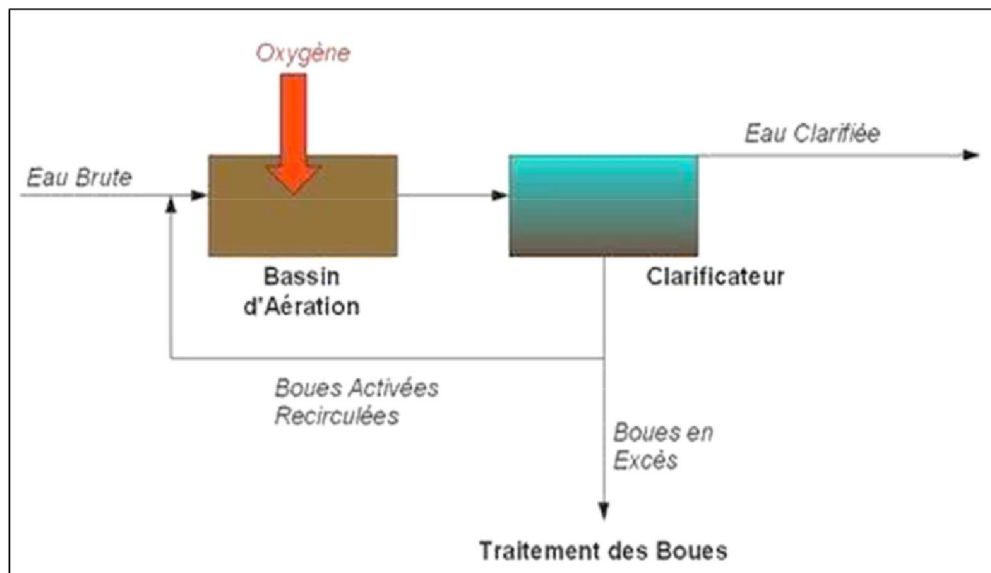


Figure. II.5. Schéma de base du procédé de boues activées



Figure II.6. Brassage et aération des eaux

b. Domaine d'application

La technique des boues activées est appropriée pour des eaux usées domestiques d'agglomérations à partir d'environ 400 équivalent-habitants, jusqu'aux plus grandes villes. Elle existe néanmoins pour des installations individuelles, quoique le procédé ne soit pas assez éprouvé. Les effluents industriels ou agroalimentaires sont très variables, et peuvent selon les cas être traités par ce processus, avec souvent une adaptation à leur nature et caractéristiques [11].

II.5 CONCLUSION

L'objectif de la station d'épuration n'est pas de rendre l'eau potable mais acceptable par la nature. L'épuration des eaux usées avec ces différents procédés éliminent une grande partie de ces polluants et des boues constituant un sous-produit de l'épuration. Enfin, on peut rejeter les eaux épurées dans le milieu récepteur sans risque de contamination ou de pollution majeur.

III.1 INTRODUCTION

Les eaux usées ou les eaux d'égout issues généralement du lavage et du nettoyage par chasse d'eau dans les maisons, ou encore de certains procédés de fabrication sont constituées d'eau à 99 %, le reste étant composé de matières de vidange, de déchets organiques et de détergents. Collectées grâce à un réseau souterrain de canalisations relié à une station d'épuration ; leur traitement se fait en plusieurs étapes qui a pour objectif principal de débarrasser l'eau de certaines matières organiques, matières solides, nutriments, organismes pathogènes et autres polluants, ou d'en réduire la quantité, avant d'être rejetées dans l'environnement.

III.2 Site d'étude

La station d'épuration des eaux usées est située à 05 Km à l'ouest de la ville de Mostaganem au bord de la mer, dans une zone relativement côtoyée par les estivants. Mise en exploitation en 2017 et exploitée par l'ONA. Elle s'étale sur une superficie de 14 Hectare.

La station est conçue pour traiter les eaux usées domestiques de la ville de Mostaganem, ainsi que la protection de la mer, elle a une capacité de 56 000 m³/jour pour traiter les eaux d'une population équivalente à 350 000 Eq/habitants.

L'équivalent habitant se définit comme étant la pollution produite par habitant et par jour, exprimée en g d'O₂ nécessaire à sa dégradation. On exprime en équivalent habitant non seulement le pouvoir polluant des eaux usées domestiques mais aussi ceux des rejets industriels et agricoles.

III.3 Objectifs de la STEP

- Protection des ressources en eau et de la mer
- Eviter le recours par les agriculteurs à l'utilisation des eaux brutes
- Améliorer les conditions hygiéniques des populations.

III.4 Les caractéristiques de la STEP

Tableau III.1. Caractéristiques de la STEP

	STEP de Mostaganem
Date de mise en service	Non Précisée
Procédé d'épuration	Boues activées à faible charge
Capacité en EH	162 500
Débit nominal en m³/j	26 000
Lieu de rejet	La mer

III.5 Charge polluante

Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques des eaux usées entrant quotidiennement à la STEP de Mostaganem.

Tableau III.2. Caractéristiques des eaux usées entrant quotidiennement à la STEP de Mostaganem.

Désignation	Valeur
Charge massique de DBO ₅ à l'entrée de la STEP	350 mg/l
Charge massique de MES à l'entrée de la STEP	437 mg/l

Dans la STEP de Mostaganem, l'épuration des eaux usées brute se fait par boues activées à faible charge massique, suivant un processus d'aération conventionnelle qui garantit une très bonne efficacité dans la diminution de la DBO₅.

Les données en relations avec le dimensionnement sont récapitulées comme suit :

Tableau III.3 : Récapitulatif des résultats de calcul débit et charges polluantes.

Données de base	Unité	Valeur
Population	Habitants	950 000
Débit journalier	M ³ /j	152 000
Débit moyen horaire	M ³ /h	6 333,34
Débit de pointe par seconde	M ³ /s	1,759
Débit de pointe en temps sec	M ³ /h	9 877,49
Débit de pointe journalier	M ³ /j	158 039,84
Débit diurne	M ³ /h	9 500
Charge en DBO ₅	Kg/j	53 200
Charge en MES	Kg/j	66 500

III.6 CALCUL DES DEBITS ET DES CHARGES POLLUANTES

III.6.1 Calcul des débits :

La dotation de la zone de Mostaganem à l'horizon 2030 est de 160 l/hab/j.

Le volume rejeté par les habitants est estimé à 100% de la dotation d'approvisionnement en eau potable.

Il s'agit de déterminer le :

- Débit journalier (Q_j) en m³/j.
- Débit moyen horaire (Q_m) en m³/h.
- Débit de pointe (Q_p).
- Débit diurne (Q_d).

a) Débit Journalier

Le débit total journalier est définie par :

$$Q = D * N * R$$

Avec :

D : Dotation exprimé en ($m^3/h/J$) soit : $160 \times 10^{-3} m^3/h/J$

N = Nombre d'habitants à l'horizon considéré soit : 950.000

R = Coefficient de rejet soit : $R = 1$

$$Q_j = D.N.R = 160 \times 10^{-3} \times 950\,000 \times 1$$

$$Q_j = 152\,000 \text{ m}^3/j$$

b) Débit Moyen Horaire

Le débit moyen horaire est donné par la relation :

$$Q_m = \frac{Q_j}{24}$$

$$Q_m = 6\,333,34 \text{ m}^3/h = 1\,759 \text{ litres /s}$$

c) Débit de pointe (Temps Sec)

Par définition le débit de pointe est défini par la relation :

$$Q_p = C_p \times Q_m$$

Avec:

- $C_p = 1.5 + 2.5 / \sqrt{Q_m}$ Si $Q_m \geq 2.8 \text{ l/s}$
- $C_p = 3$ Si $Q_m < 2.8 \text{ l/s}$

D'où :

$$C_p = 1,5 + 2,5 / \sqrt{1759}$$

$$C_p = 1,560$$

Le calcul du débit de pointe sera :

$$Q_p = 1,560 \times 1\,759 = 2\,744 \text{ l/s}$$

$$Q_p = 9\,877,49 \text{ m}^3/h$$

d) Le Débit Diurne

Ce débit correspond à la période diurne de 16 heures consécutives au cours de laquelle la station reçoit le plus grand volume d'eau usée, soit :

$$Q_d = Q_j / 16h = 152000 / 16$$

$$Q_d = 9\,500 \text{ m}^3/h$$

III.6.2 Calcul des charges polluantes

Soit la dotation des charges polluantes d'un rejet domestique :

- DBO₅ = 350,0 mg/l
- DCO = 843,8 mg/l
- MES = 437,5 mg/l

Les charges polluantes journalières sont :

$$\text{MES (Kg/j)} = Q_j (\text{m}^3/\text{j}) \times [\text{MES (mg/l)}] \times 10^{-3} = 152\,000 \times 437,5 \times 10^{-3} = 66\,500 \text{ Kg/j}$$

$$\text{DBO}_5 (\text{Kg/j}) = Q_j (\text{m}^3/\text{j}) \times [\text{DBO}_5 (\text{mg/l})] \times 10^{-3} = 152\,000 \times 350 \times 10^{-3} = 63\,200 \text{ Kg/j}$$

Dimensionnement des ouvrages de la station :

Les dimensionnements des ouvrages de la station se font à partir du débit de pointe et des charges polluantes en DBO₅ et MES.

III.7 POSTE DE RELEVAGE

Le dimensionnement de la bache de pompage est basé sur le volume utile (V_u) calculé par la formule :

$$V_u = \frac{Q_p}{4 \times Z}$$

Avec :

Q_p : Débit de pointe horaire.

Z : Nombre maximal de démarrages par heure est fixé de 6 à 10 en fonction de la puissance de la pompe. ($Z=6$)

D'où : $V_u = 411,56 \text{ m}^3$

III.8 POSTE DE PRE-TRAITEMENT

III.8.1 Dégrillage :

Le dégrillage est le premier poste de traitement pour les eaux résiduaires, celui-ci permet de

- Protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages.
- Séparer et évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité du traitement.

On distingue trois types de dégrilleurs :

- Dégrilleur fin : écartement inférieur à 10mm.
- Dégrilleur moyen : écartement de 10 à 40mm.
- Dégrilleur grossier : écartement supérieur à 40mm.

Les critères de conception d'un dégrilleur mécanique sont présentés dans tableau suivant :

Tableau III.4 : Critères de conception des dégrilleurs

Diamètre des barreaux en mm	8-10
Espacement entre les barreaux en mm	10-50
Pente par rapport à l'horizontal en °	70-85
Vitesse à travers les grilles en m/s	0.6/0.9
Pertes de charges admissibles en mm	150

Application :

Soit un dégrilleur mécanique ayant les caractéristiques suivantes :

- Vitesse à travers la grille : $v = 0.8 \text{ m/s}$.
- Angle d'inclinaison : $\theta = 70^\circ$.
- $\beta = 1.79$ pour les barreaux circulaires.
- Espacement entre les barreaux : $e = 25 \text{ mm}$.
- Barreaux circulaire de diamètre : $b = 10 \text{ mm}$.
- Largeur de la grille $L = 1 \text{ m}$.
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Tableau III.5 : Valeurs du coefficient β en fonction de la forme des barreaux

FORME DES BARREAUX	β
Rectangulaire à arrête à angle droit	2.42
Rectangulaire avec face amont circulaire	1.83
Circulaire	1.79

Dimensionnement

a) La superficie ouverte (surface verticale) de la grille est donnée par la formule :

$$S = \frac{Q}{V \cdot a \cdot c}$$

Avec :

- Q : Débit maximal à travers la grille.
- V : Vitesse de l'écoulement à travers la grille.
- a : Coefficient de passage libre donné par la relation :

$$C = \frac{\text{diamètre des barreaux}}{\text{diamètre des barreaux} + \text{espacement entre les barreaux}}$$

c : Coefficient de colmatage dépendant de la qualité de l'eau et du système de reprise des résidus. Généralement :

- $0.1 < c < 0.3$ pour une grille manuelle.
- $0.4 < c < 0.5$ pour une grille automatique.

$$Q = 9\,877,49 \text{ m}^3/\text{h} = 2,74 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0,8 \text{ m/s}$$

$$c = 0,3$$

Diamètre des barreaux = 9

$$a = 9 / (9 + 30) = 0,23$$

$$S = 2,74 / (0,8 \times 0,23 \times 0,3) = 49,63 \text{ m}^2.$$

b) La hauteur de la grille est donnée par la relation :

$$\text{Hauteur de la grille} = \frac{\text{Supérficie ouverte}}{\text{Largeur de la grille}}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$S = 49,63 \text{ m}^2$$

$$\text{Donc : } H = 49,63 / 1 = 49,63 \text{ m}$$

c) Calcul du nombre de barreaux

$$\text{La largeur de la grille est égale à : } L = N_e \cdot e + N_b \cdot b$$

Avec :

N_b : Nombre de barreaux.

N_e : Nombre d'espacement.

e : Espacement entre les barreaux.

b : Diamètre des barreaux.

$$\text{Or : } N_e = N_b + 1$$

$$N_b = \frac{\text{Largeur de la grille} - \text{Espacement entre les barreaux}}{\text{Espacement} + \text{diamètre des barreaux}}$$

$$L = 1 \text{ m, } e = 25 \text{ mm, } b = 10 \text{ mm}$$

$$N_b = (1000 - 25) / (25 + 10) = 28$$

d) Les pertes de charge à travers la grille sont données par l'équation de Kirchner :

$$\Delta h = \beta \left(\frac{b}{e}\right)^{4/3} * \left(\frac{v^2}{2g}\right) \sin \theta$$

$$\text{D'où : } \beta = 1,79, b = 10 \text{ mm, } e = 25 \text{ mm, } g = 9,81 \text{ m/S}^2, V = 0,8 \text{ m/s, } \theta = 70^\circ$$

$$\Delta h = 16 \text{ mm}$$

Les dimensions de la grille sont données dans le tableau ci-dessous

Tableau III.6 : Les dimensions de la grille

Données de base	Unité	Valeur
Superficie ouverte de la grille	m ²	49,63
Hauteur de la grille	M	49,63
Nombre de barreaux	-	28
Partes de charges	mm	16

Notons que la valeur des pertes de charges est inférieure à la valeur admissible

III.8.2 Dessablage

Le déssableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse d'écoulement est inférieure à 0.3m/s se déposent ; ce sont principalement de sables.

Il est souhaitable de les récupérer en amont de la station pour éviter l'accumulation en certain points, aussi ils limitent la durée de vie des pièces métalliques des corps de pompes ou d'autres appareillages et le ils colmatent les canalisations.

III.8.2.1 Critères de conception :

a)Volume du déssableur

Le déssableur a une forme rectangulaire au niveau de l'unité de Mostaganem.

Ces ouvrages, dont la largeur peut aller de 4 m (ouvrage simple) à 8 m (ouvrage double), ont une profondeur liquide d'environ 4 m et une longueur maximale d'environ 30 m. Ils permettent de traiter des débits importants (jusqu'à 15 000 m³·h⁻¹ en ouvrage double). La forme du radier dépend du système adopté pour la reprise des sables.

L'eau est introduite a une extrémité de l'ouvrage et elle est reprise à l'autre extrémité, à travers un orifice immergé, avec, fréquemment, passage sur un déversoir aval de maintien de niveau du plan d'eau.

L'ouvrage, à flux longitudinal, comporte un système d'insufflation d'air en ligne sur toute sa longueur, équipé de diffuseurs d'air adaptés, tels que vibreur, assurant une puissance spécifique d'aération de l'ordre de 15 à 30 W·m⁻³. Le niveau liquide peut être maintenu sensiblement constant. L'air insufflé assure une vitesse de circulation transversale « spiral

flow », favorise, par effet de turbulence, la séparation des matières organiques agglutinées aux particules de sables, et permet une élimination partielle des matières flottantes (dont les graisses figées).

L'extraction du sable est réalisée automatiquement de différentes façons :

- par un ensemble d'émulseurs à air, à fonctionnement syncope (reprise en trémies inférieures) ;
- par raclage (pont-racler) vers une fosse de collecte en extrémité, avec reprise par pompe ou émulseur à air fixe ;
- par pompe suceuse ou émulseur à air, monté sur pont-mobile, et déversant le sable dilué dans une goulotte d'évacuation latérale.

Le volume de déssableur est donné par : $V_P = Q_p * T_s$

Avec $T_s = 05 \text{ min}$ et $Q_p = 9\,877,49 \text{ m}^3/\text{h} = 164,62 \text{ m}^3/\text{min}$

$$V_P = 164,62 * 5 = 823,12 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad \mathbf{V_P = 823,12 \text{ m}^3.}$$

b) Débit volumique d'air injecté

La quantité d'air injecté est donnée par la relation :

$$Q_{\text{air}} = Q_p \times V$$

Avec :

V : Volume d'air injecter m^3/m^3 soit $V = 1,25 \text{ m}^3/\text{m}^3$

Q_p : débit de pointe = $2,74 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_{\text{air}} = 2,74 * 1,25$$

$$Q_{\text{air}} = 3,425 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) Quantité de matières éliminées

Le déssableur élimine 80% de la matière minérale existant dans les eaux usées.

La matière minérale représente 20% de la charge en matière en suspension MES, les 80% restants, représentent les matières volatiles en suspension MVS.

Partant de ces hypothèses, s'ensuit :

- Les matières minérales totales = $0,20 \times 66\,500 = 13\,300$ kg/j
- Les matières minérales éliminées par le déssableur = $0,80 \times 13\,300 = 10\,640$ kg/j
- Les matières minérales restantes = $13\,300 - 10\,640 = 2\,660$ kg/j
- MES sortant du déssableur = $0,80 \times 66\,500 + 2\,660 = 55\,860$ kg/j

Conclusion

Le dimensionnement du déssableur est résumé dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.7 : Les dimensions de déssableur.

Désignations	Unité	Valeur
Temps de séjour	Min	5
Hauteur	m	4
Volume	m ³	823,12
Débit d'air injecté	M ³ /s	3,425
Quantité de MM éliminée	Kg/j	10 640
Quantité de MES sortant du déssableur	Kg/j	55 860

III.9 OUVRAGE DE TRAITEMENT PRIMAIRE

III.9.1 Critères de conception de décanteur

C'est un procédé de séparation solide liquide, utilisé dans la plupart des usines d'épuration et de traitement des eaux, ayant pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau.

On distingue trois principales classes selon la nature de la suspension :

III.9.1.1 La décantation discontinue

Dans ce type de décantation (dite discrète ou individuelle) les particules conservent leurs individualités et leurs propriétés physiques (forme, dimension, densité), exemple : cas du sable, des cendres volants et des particules de charbon.

III.9.1.2 La décantation floculante

Ce type de décantation est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Les propriétés physiques des particules sont donc modifiées pendant le processus.

III.9.1.3 La décantation en zone

(cas d'une suspension trop dense > 10 g/l)

Les éléments de conception du décanteur sont :

- Le taux de débordement (τ) égale à $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
- Le temps de rétention (T_r) égale à 1,5 h
- Le décanteur primaire élimine 35% de la DBO_5 et 95% de la matière minérale.

a) Surface du décanteur

La surface totale de décantation est donnée par la relation suivante :

$$S_{\text{totale}} = \frac{Q_p}{\tau}$$

Avec : Q_p : Débit de pointe journalière = $9\,877,49 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\tau = 2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$$

$$S_{\text{totale}} = 4\,938,74 \text{ m}^2$$

b) Volume du décanteur

Le volume total est : $V_{\text{total}} = Q_p \times T_r$

Avec : Q_p : Débit de pointe journalier = $9\,877,49 \text{ m}^3/\text{h}$

T_r : Temps de rétention = 1,5h

$$V_{\text{total}} = 14\,816,23 \text{ m}^3$$

On choisit de prendre deux décanteurs de surface :

$$S_{\text{unitaire}} = 2\,469,37 \text{ m}^2 \text{ et } V_{\text{unit}} = 7\,408,11 \text{ m}^3$$

c) Diamètre du décanteur

Le diamètre du décanteur est donc : $D = \sqrt{4 * \frac{\text{Sunitaire}}{\pi}}$

$$D = 56,08 \text{ m}$$

d) Calcul des charges polluantes

Le décanteur primaire élimine 35% de la DBO5 et 95% de matière minérale.

$$\text{DBO5} = 53\,200 \text{ kg/j,}$$

$$\text{Les matières restantes} = 13\,300 - 10\,640 = 2\,660 \text{ kg/j}$$

- Charge en DBO5 = $0,35 \times 53\,200 = 18\,620 \text{ kg/j}$
- Charge en MM = $0,95 \times 2\,660 = 2\,527 \text{ kg/j}$

Les dimensions et les performances de chaque décanteur représentées dans le tableau suivant :

Tableau III.8 : Dimension et performance de décanteur.

DESIGNATIONS	UNITE	VALEUR
Volume	m ³	7 408,11
Hauteur	m	3
Diamètre	M	56,08
Temps de rétention	H	1h30
<u>Charge à l'entrée</u>		
-DBO5	Kg/j	53 200
-MM		2 660
<u>Charge éliminée</u>		
-DBO5	Kg/j	18 620
-MM		2 527
<u>Charge à la sortie</u>		
-DBO5	Kg/j	34 580
-MM		133

e) Volume des boues par jour

La quantité totale des boues produites (B_T) dans les deux décanteurs est :

$$B_T = \text{DBO}_5 + \text{MM (éliminée)} = 18\,620 + 2\,527 = 21\,147 \text{ kg/j}$$

Pour chaque décanteur le $B_T = \text{DBO}_5 + \text{MM} = (18\,620 + 2\,527)/2 = 10\,573,5 \text{ kg/j}$

$$\text{MES} = \frac{Bt}{Qj}$$

Avec :

Q_j : Débit journalier égale à $152\,000 \text{ m}^3/\text{j}$

B_T : $21\,147 \text{ kg/j}$

$$\text{MES} = 139,12 \text{ mg/L}$$

III.10. OUVRAGE DU TRAITEMENT SECONDAIRE**III.10.1 Critères de conception du bassin d'aération**

Dénomination du bassin: bassin d'aération, bassin à boues activées ou encore bassin d'oxydation.

Les bassins d'aération sont des réacteurs biologiques dans lequel s'effectue l'élimination de la matière organique par les microorganismes aérobies, ils constituent un élément fondamental de la filière boue activée.

Nous allons supposé que le traitement par les boues activées sera à moyenne charge.

Une charge massique : $0,2 \leq C_m \leq 0,5 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS j}$

Une charge volumique : $0,6 \leq C_v \leq 1,5 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \text{ j}$

Longueur / largeur = 1,5 et une hauteur du bassin d'aération comprise entre 3 et 5m.

La concentration en DBO_5 à la sortie doit être inférieure à 30mg/l (Normes de rejet établies par l'OMS)

La puissance pour le brassage par m^2 du bassin doit être entre $70 \leq Pa \leq 80 \text{ w/m}^2$

***Charges polluantes en DBO₅**

Les charges polluantes en DBO₅ à l'entrée du bassin d'aération seront notées :

$$(L_0)DBO_5 = L_0 = 34\,580 \text{ kg/j}$$

La concentration en DBO₅ à l'entrée est S₀

$$S_0 = \frac{L_0}{Q_j} = \frac{34580}{152000} = 0,227 \text{ kg/m}^3$$

$$S_0 = 0,227 \text{ g/l}$$

La concentration en DBO₅ à la sortie doit répondre aux normes de rejets établies par l'OMS 30mg/l, d'où la charge à la sortie :

$$L_s = S_s \times Q_j = 30 \times 10^{-3} \times 152\,000$$

$$L_s = 4\,560 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$$

La charge en DBO₅ éliminée est :

$$L_e = L_0 - L_s = 34\,580 - 4\,560$$

$$L_e = 30\,020 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$$

***Rendement d'élimination**

Le rendement d'élimination est :

$$R = \frac{L_0 - L_s}{L_0} \times 100 = (34\,580 - 4\,560) \times 100 / 34\,580$$

$$R = 86,8 \%$$

***Volume du bassin**

Le volume du bassin est déduit de la charge volumique C_v

$$C_v = \frac{\text{Charge en DBO}_5 \text{ à l'entrée kg/j}}{\text{Volume du bassin}} \text{ avec } C_v = 1,2 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \text{ j}$$

La charge en DBO₅ à l'entrée du bassin d'aération égale à 34 580 kg/j

$$V = 28\,816,66 \text{ m}^3$$

*Masse des boues dans le bassin

La masse totale des boues dans le bassin est déduite de la charge massique :

$$C_m = \frac{\text{Charge en DBO}_5 \text{ à l'entrée en kg/j}}{\text{masse dans le bassin MVS kg}}$$

Avec : $C_m = 0,4 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS j}$

Charge en DBO₅ à l'entrée du bassin d'aération égale à 34 580 kg/j

Soit X_a la masse totale des boues dans le bassin

$$X_a = 86\,450 \text{ kg}$$

La concentration des boues dans le bassin est :

$$[X_a] = \frac{X_a}{V} = \frac{86\,450}{28\,816,66} = 3 \text{ kg/m}^3$$

Dimensionnement du bassin d'aération

Pour dimensionner le bassin d'aération nous prendrons comme base de calcul la relation suivante : $L = 1,5 l$ et une hauteur du bassin d'aération comprise entre 3 et 5m.

a) Surface horizontale

$$V = 28\,816,66 \text{ m}^3$$

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

$$S_h = \frac{V}{H} = 7\,204,16 \text{ m}^2$$

b) Largeur de bassin

$$l = \sqrt{S_h/1,5} = 69,30 \text{ m}$$

c) Longueur de bassin

$$L = 1,5 \times l = 103,95 \text{ m}$$

d) Temps de séjour

Le temps de séjour est de :

$$t_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{28\,816}{9\,877,49} = 2,91 \text{ h}$$

Q_p : débit de pointe en temps sec

V : Volume du bassin

e) Besoin en Oxygène

Pour favoriser la réaction aérobie qui est plus rapide que la fermentation anaérobie, il faut que le milieu contienne une concentration suffisante en oxygène.

On admet que les micro-organismes aérobies n'utilisent pas directement l'oxygène mais il doit être dissous dans l'eau.

La quantité théorique d'oxygène est la somme de celle nécessaire à la synthèse et celle nécessaire à la respiration endogène. Elle est donnée par la relation suivante :

$$q_{o_2} \text{ (kg/j)} = (a' * L_e) + (b' * X_a)$$

q_{o_2} : Besoin en oxygène kg/j

L_e : Charge en DBO_5 éliminée

Les paramètres a' et b' sont des coefficients déterminés expérimentalement sous une température de 20 c°

A' : besoin pour la synthèse de la biomasse

B' : besoin pour la respiration

Tableau III.9 : Valeurs de a' et b' en fonction du type de traitement par boues activées.

TYPE DE TRAITEMENT	a'	b'
Faible charge	0,65	0,065
Moyenne charge	0,60	0,08
Forte charge	0,55	0,12

Puisque nous avons choisit un traitement moyen charge, les valeurs de a' et b' sont :

$$A' = 0,60 \text{ et } b' = 0,08$$

$$X_a = 86\,450 \text{ kg}$$

$$L_e = 30020 \text{ kgDBO}_5/\text{j}$$

$$q_{o2} = (0,60 \times 30\,020) + (0,08 \times 86\,450)$$

$$q_{o2} = 24\,928 \text{ kgO}_2/\text{j}$$

D'où la quantité horaire d'oxygène nécessaire est :

$$q_h = \frac{q_{o2}}{24} = 1\,038,66 \text{ O}_2/\text{h}$$

f) Capacité d'oxygène

$$\frac{C_{oe}}{C_o} = \alpha \times \gamma \times \frac{C_{stp} - cx}{c_{10}}$$

Avec :

C_{oe} : capacité d'oxygène effective

C_o : Capacité d'oxygène nominale avec $C_o = K_l \times C_s$

K_l : Caractéristiques du couple aérateur-bassin égale à $0,84 \text{ h}^{-1}$

C_s : Concentration en oxygène à saturation mesurée à l'interface

α : Coefficient en fonction de la nature physico-chimique des eaux et du mode d'aération

$\gamma : 1,02^{(T-10)}$: Coefficient de diffusion qui tient compte de la température

C_{stp} : capacité d'oxygène corrigée à la température et pression de travail

C_{10} : Concentration de saturation d'une eau en oxygène à $10c^\circ$ est de 11,26 mg/l

C_x : Concentration minimale à maintenir dans le bassin, elle est comprise entre 1,5 et 2mg/l

Tableau III.10 : Valeurs de γ et α pour différents types de traitement par boues activées.

Type de Traitement	α	γ
Faible charge	0,95	0,97
Moyenne charge	0,9 à 0,95	0,95
Forte charge	0,8	0,95

A une température de $20c^\circ$, $\gamma = 1,02^{(T-10)} = 1,219$ et $C_s = 9,08$ mg/l, $K_1 = 0,84$ h⁻¹

D'où : $C_0 = 7,63$ mgO₂/l h

Puisque nous travaillons avec une eau à moyenne charge, nous avons $\alpha = 0,925$ et $\beta = 0,95$

C_{stp} = est la capacité d'oxygène corrigée à la température et à la pression de travail :

$$C_{stp} = C_s \frac{P \cdot \beta}{P_0} = 8,31 \text{ mg/l (P/P}_0 = 0,964)$$

$$\beta = 0,95$$

$$C_s = 9,08 \text{ mg/l}$$

C_x étant la concentration minimale à maintenir dans le bassin, elle st comprise entre 1,5 et 2 mg/l.

On prendra une valeur moyenne de cette concentration de 1,75 mg/l

C_{10} : concentration de saturation d'une eau en oxygène à $10c^\circ$ est de 11,26 mg/l

Et puisque nous travaillons à moyenne charge :

$$\alpha = 0,925 \text{ et } \gamma = 1,219 \text{ (T à } 20c^\circ)$$

Donc : $C_0 = 7,63 \text{ mg O}_2/\text{l h}$

$$\frac{C_{oe}}{C_0} = 0,65 \text{ d'où } C_{oe} = 4,81 \text{ mg O}_2/\text{l h}$$

g) Puissance requise pour le brassage

La puissance nécessaire pour le brassage et le maintien des solides en suspension est donné par la relation :

$$E_b = S_h \times P_a$$

Avec :

S_h : Surface horizontale du bassin

P_a : Puissance

$$70 \leq P_a \leq 80 \text{ w/m}^2$$

On prend une valeur moyenne $P_a = 75 \text{ w/m}^2$ et $S_h = 7 204,16 \text{ m}^2$

D'où : $E_b = 540,31 \text{ kw}$

h) Bilan des boues

*Calcul de la quantité des boues en excès

Les boues en excès sont proportionnelles à la quantité de la DBO_5 éliminée et dépend de la charge massique dans le bassin d'aération.

La quantité des boues en excès est déterminée par la relation suivante :

$$\Delta B = B_{\min} + B_{\text{dur}} + a_m L_e - b X_a$$

Avec :

ΔB : Boue en excès exprimée en kg/j

L_e : Charge de la DBO_5 éliminée exprimée en kg/j

X_a : Boues organiques dans le bassin MVS exprimée en kg

B_{\min} : Matières minérales MM en suspension apportées par l'effluent exprimé en kg/j

B_{dur} : Matières organiques en suspension difficilement biodégradables apportées par l'effluent exprimé en kg/j

a_m : Augmentation de la biomasse par élimination de la DBO_5

b : Diminution de la biomasse par respiration endogène

Remarque : $a_m = 0,6$ et $b = 0,08$ (voir tableau 7)

D'où :

- $B_{min} = 5,97$ kg/j
- $B_{dur} = 255,59$ kg/j
- $B X_a = 0,07 \times 39\,767 = 2\,783,69$ kg/j
- $a_m L_e = 0,6 \times 14\,226,80 = 8\,536,08$ kg/j

$X_a = 86\,450$ kg et $L_e = L_0 - L_s = 30\,020$ kg DBO_5 /j

Alors : $\Delta B = 12\,222,06$ kg/j.

Concentration de boues en excès

$$X_m = 1,2 \times 10^3 / I_m$$

X_m = Concentration de boues en excès

I_m = l'indice de Mohlman

Si on suppose que les boues se décantent bien, l'indice de Mohlman se situe entre 80 et 150.

Cet indice représente le volume occupé par un gramme de poids sec de boues après décantation d'une demi-heure dans une éprouvette de 1litre.

On prend alors $I_m = 115$

$$\text{D'où} : X_m = 10,43 \text{ kg/m}^3$$

Débit de boues en excès

Il est donné par la relation suivante : $E_{excès} = \frac{\Delta B}{X_m}$ ($\Delta B = 12\,222,06$ kg/j et $X_m = 10,43$ kg/m³)

$$Q_{excès} = 1\,171,81 \text{ m}^3/\text{j}$$

Débit spécifique

Il est donné par la relation : $q_{sp} = \frac{\Delta B}{V}$

V : Volume du bassin = 28 816,66 m³

$\Delta B = 12\,222,06$ kg/j

$$Q_{sp} = 0,424 \text{ kg/m}^3/\text{j}$$

Débit de boues recyclées

Dans le but de maintenir une concentration moyenne constante de boues dans le bassin, le recyclage est effectué à partir du clarificateur ou décanteur secondaire.

Le taux de recyclage peut varier de 15 à 100% de débit de l'effluent produit.

Il est donné par la relation suivante :

$$R = \frac{100 \times [X_a]}{\frac{1200}{I_m} - [X_a]}$$

R : Taux de recyclage en %

[X_a] : Concentration des boues dans le bassin = 3 kg/m³

I_m : 115

$$R = 40,37\%$$

Le débit de boues recyclées dans le bassin est donné par la relation :

$$Q_r = (R \times Q_j) / 100$$

R : taux recyclage = 40,37

Q_j : débit journalier = 152 000 m³/j

$$Q_r = 61\,362,40 \text{ m}^3/\text{j}$$

***Age des boues**

L'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la quantité de boues présentes dans le bassin d'aération et la quantité de boues retirées quotidiennement.

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta B} \quad (\Delta B = 12\,222,06 \text{ kg/j et } X_a = 86\,450 \text{ kg})$$

D'où : $A_b = 7,07$ jours.

Clarificateur

Le clarificateur a pour but la séparation des floccs biologiques de l'eau à épurer.

Les boues déposées dans le clarificateur sont recirculées vers le bassin d'aération afin d'y maintenir une concentration quasi constante en bactéries et les boues en excès sont évacuées vers les installations de traitement de boues (épaississement et déshydratation).

Dimensionnement

Les dimensions de la STEP de Mostaganem ainsi calculées devront être comparées avec celles existantes. En effet, pour le traitement biologique on peut dire que le bassin peut supporter avec aisance la charge organique véhiculée pendant la saison estivale. Pour les autres ouvrages, nous avons remarqué que les dimensions des bassins sont dans la limite des opérations de traitement/élimination.

Conclusion générale

Le travail présenté rentre dans le cadre de la mise en conformité des effluents liquides domestiques de la station d'épuration de la ville de Mostaganem. Ces eaux sont rejetées directement dans la mer méditerranéenne après une série de traitements conventionnels combinés. Dans ce travail nous nous sommes intéressés à la vérification des différentes dimensions des ouvrages faisant partie intégrante de cette STEP, et ce, durant la saison estivale, durant laquelle la population atteint presque 1 million d'habitants. Le calcul des différents ouvrages montre est en accord avec les dimensions existantes sauf qu'il est préférable de placer un bassin tampon à l'entrée de la STEP pour contrôler le débit volumique des eaux pouvant dépasser les limites tolérables des ouvrages et bien d'éviter tout débordement. Il est possible de proposer un procédé pour valoriser les boues issues des procédés biologiques. Un digesteur type réacteur parfaitement agité pourra être dimensionné pour produire du biogaz. Pour le moment, toute forme de boues, chimique ou biologique, générées par la STEP peuvent être incinérées au niveau de STEP-Mostaganem.

Références bibliographies

- [1] Actualisation de l'étude de la station d'épuration de la ville de Tazmalt, mission A, ENHYD, juin 2004,
- [2] EMILIAM Koller, Traitement des pollutions industrielles, édition DUNOD, 2005
- [3] MIRA Yasmin, contribution à la conception de la station d'épuration d'ISOLA 2000, ENP, promotion 2007-2008
- [4] BALEH Kahina, mémoire, thème : conception de station d'épuration de la ville d'AZAZGA, (W.TIZI OUZOU), ENSH, novembre 2011
- [5] REGIS Bourrier, M.S, B.S, Guide technique de l'assainissement 4e édition LE MONITEUR, 2010
- [6] MOHAND- SAID OUALI, cours de procédés unitaires biologique et traitement des eaux office des publications universitaire, ben-aknoun (Alger) ,2001
- [7] ABDELMALEK Bengharbia, F.H, R.Z, Impact des rejets des eaux sur la qualité physicochimique et bactériologique de l'oued BNI AZA, BLIDA, ALGERIE, lebanese Sciences journal, vol.15, N°2, pp 39-51, 2014
- [8] FRANCK REJEEK, Analyse des eaux Aspects réglementaires et technique, édition scerEn
- [9] Journal officiel de la république algérienne N°26, 23 avril 2006
- [10] Mémento technique de l'eau, deuxième édition, tome 2, édition degrément, 2005
- [11] TOUATI Khaled, conception de station d'épuration par boues activées de la ville d'akbou (W.BEJAIA), septembre 2012
- [12] Mémento technique de l'eau, deuxième édition, tome 1, édition degrément, 2005
- [14] COMMISSION EUROPEENNE, procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités, office des publications officielles des communautés européennes, Luxembourg, Mai 1991
- [15] Marc satin, B.S, guide technique de l'assainissement 3e édition le moniteur, 2010
- [16] Abdelkader GAID, épuration biologique des eaux usées urbaines, tome 1, office des publications universitaires ben-aknoun (Alger), 1984
- [17] ETUDES profils, parcs naturels régionaux du haut-jura et du Morvan, C39-701EU051-programme life-ruisseaux
- [18] Boutin C, ingénieurs N° 34-p.47 a55, éléments de comparaison technique et économiques des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, 22 mars 2010
- [19] THOMAS D, JORDAN JR IES, handbook of gravity-flow water Systems for Small communit
- [21] HATEM Dhaouadi, traitement des eaux usées urbaines les procédés biologiques d'épuration, université virtuelle de Tunis, 2008
- [22] Oussama DJEBALI contribution à la réhabilitation de La station d'épuration de Baraki, ENP, promotion 2008
- [23] ROUABAH Nadjim, conception de la station d'épuration de la ville de khemis miliana, ENSH, promotion Juillet 2008
- [24] Abdelkader GAID, techniques de l'ingénieur des eaux usées urbaine.
- [25] <http://www.degremont.com>. Consulté le 25/03/2018.
- [26] Dinh-Huan NGUYEN. Optimisation de la conception et du fonctionnement des stations de traitement des eaux. Thèse de doctorat. Université de Lorraine. 2014.
- [27] Chachuat, B., Roche, N. & Latifi, M.A., 2001b. Nouvelle approche pour la gestion optimale de l'aération des petites stations d'épuration par boues activées. Eau, Industrie, Nuisance, 240, 24-30.
- [28] Nguyen, D.H. et al., 2013b. Optimal aeration - time programming in a wastewater treatment plant. Récents Progrès en Génie des Procédés, N°104, ISBN: 978-2-910239-78-7, Ed.SFGP, Paris, France.
- [29] mémoire de master en Génie des procédés «Traitement biologique des effluents liquides de la raffinerie d'Arzew « Université d'Oran Mouhamed Boudiaf - USTO Année 2011/ 2012 par Geurd ahmed et Boukhelif sofiane
- [30] Mémoire d'ingénieur spécialisé en raffinage et pétrochimie « dimensionnement d'une STEP CP1Z » réalisée par Belmokhtar zohra promotion 2016
- [31] Notes théoriques-dimensionnement d'une station d'épuration par boues activées réalisé par Dr SALGHI / professeur à l'école Nationale des Sciences appliqués d'Aghadir
- [32] C. Lind, Coagulation Control and Optimization: Part 1, Public Works, 1994.

- [33] P. Duchene, A. Lienard - Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités Documentation technique Fndae n°22 - Cemagref, 1998.
- [34] Delrue, F. and Racault, Y. (2007). Long-term monitoring of a full-scale MBR plant in a coastal resort: impact of high seasonal load variations on sludge characteristics and filtration capability. IWA 4th International Membrane Technologies Conference, Harrogate, UK, 15 - 17 May 2007.
- [35] Roeleveld, P.J. and Van Loosdrecht, M.C.M. (2002). Experience with guidelines for wastewater characterisation in The Netherlands. *Water Science and Technology*, 45(6), 77-87.
- [36] Pambrun, V., Paul, E. and Spérandio, M. (2006). Modelling the partial nitrification in sequencing batch reactor for biomass adapted to high ammonia concentrations, *Biotechnology Bioengineering*, 95(1), 120–131.
- [37] Roeleveld, P.J. and Van Loosdrecht, M.C.M. (2002). Experience with guidelines for wastewater characterisation in The Netherlands. *Water Science and Technology*, 45(6), 77-87.
- [38] Boutin P., 1986. Eléments pour une histoire des procédés de traitement des eaux résiduaires. In *Trib. Cebedeau*, 515 (39), p. 30-44.
- [39] Brockmann M. and Seyfried C. F., 1996. Sludge activity and cross-flow microfiltration – a nonbeneficial relationship. In *Water Science and Technology* 34 (9), p. 205-213.
- [40] Coutelier A., 2006. *L'assainissement en France en 1998 et 2001*. Rapport IFEN n°D3, Paris.
- [41] Dold P. L., Ekama G. A. and Marais G. v. R., 1980. A general model for the activated sludge process. In *Porg. Wat. Technol.*, 12, p. 47-77.
- [42] Dold P. L., 2002. Importance of decay rate in assessing nitrification kinetics. In *WEFTEC*, Chicago, Etats-Unis.
- [43] Fan F., Zhou H. and Husain H., 2006. Identification of wastewater sludge characteristics to predict critical flux for membrane bioreactor processes. In *Water Research*, 40 (2), p. 205-212.
- [44] Yang, X. & Gen, M., 1994. Evolution program for bicriteria transportation problem. In Gen, M. and Kobayashi, T., editors, 16th Int. Conf. on Computers and Industrial Engineering, pages 451–454, Ashikaga, Japan.
- [43] Eckenfelder, W.W., 1991. Gestion des eaux usées urbaines et Industrielles - Caractérisation, Technique d'épuration, aspects économiques. Tech & Doc, Lavoisier.
- [44] Wastewater Engineering- Treatment and Reuse. MetCalf & Eddy, Editions McGraw Hill, 4^{ième} édition, 2003.
- [45] **FAO. Irrigation avec des eaux usées traitées, Manuel d'utilisation, FAO, 2003.**