

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



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

*Ecole Nationale Polytechnique*  
*Département d'Hydraulique*

# ***MEMOIRE DE FIN D'ETUDES***

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE

Thème :

***Contribution à la Réhabilitation de la  
Station d'Épuration de  
Baraki***

Réalisé par :

M<sup>r</sup> Oussama DJEBALI

Dirigé par :

M<sup>r</sup> Maamar NAKIB

Promotion 2008

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur Maamar NAKIB qui a bien suivi mon travail tout le long de la réalisation de ce projet de fin d'étude et dont les conseils prodigués m'ont été fort utiles. Je lui dois également une entière disponibilité, ce qui m'a permis de tirer profit pleinement de son expérience et de ses connaissances.

Mes sincères remerciements vont également à M<sup>r</sup> ALIOUA Hakim, M<sup>r</sup> MIZIRI Ibrahim, M<sup>r</sup> BOUGUERRA Ali, M<sup>r</sup> LOUNAOUSSI Mohamed et M<sup>r</sup> MAACHE Mustapha, tous de la station d'épuration de Baraki, Alger pour leur accueil et leur gentillesse. Ils n'ont épargné aucun effort pour mettre à ma disposition tout ce dont j'avais besoin afin de réaliser à bien mon travail.

Je ne saurais oublier tous mes enseignants du département d'Hydraulique pour la qualité de la formation qui nous a été dispensée durant les trois années de notre spécialité à l'Ecole Polytechnique d'El-Harrach, Alger.

Que messieurs les membres de jury trouvent ici toute ma haute considération pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail de fin d'étude. Je cite : Dr M. BERMAD (président) et M<sup>r</sup> S. BENZIADA, Dr S. BENMAAMAR et Dr R. KETTAB (examineurs).

Je remercie enfin tous ceux qui de près ou de loin m'ont soutenu durant la préparation de ce travail soit par leurs conseils ou par leur soutien moral durant les moments difficiles. Je pense en particulier à tous mes camarades de la spécialité.

## DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- A mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mes formations scolaire et universitaire. Ils ont fait en sorte que je ne manque de rien durant toute ma vie. Leur amour et leur sacrifice n'ont pas d'égal.
- Mes sœurs ainée et benjamine Soumia et Ibtissam respectivement qui m'ont encouragé et aidé durant la préparation de ce mémoire.
- A Azzedine, mon jeune frère avec qui je partage la chambre. Il a fait preuve de grande patience durant mes longues veillées nocturnes.
- Mes chers camarades de la spécialité : Lamia ABBAZ, Akram ASSILA, Imad Eddine BEHIANI, Ryma FARES, Nacer LATBI, Amine LOUNES, Asma N'fissa MAGHEZZI, Yasmine MIRA, M'Hamed TAROUAYA ainsi que Moula ZABOT.

Je dédie enfin mon travail à mes amis qui ont toujours été à mes cotés, qui n'ont jamais douté de moi et à qui je suis fort reconnaissant : Tayeb BEKARI, Mounir ZEBIB, Riadh JEMAI, Djallal BENHABILES, Amine DERRIDJ, Amine benchouben, Ghanou, Rafik, Tidjani, Nabil ainsi que tous ceux avec qui j'ai grandi et qu'il est impossible de les citer tous.

# Sommaire

*Liste des tableaux*

*Liste des figures*

*Liste des photos*

**Introduction générale** ..... 1

## CHAPITRE I : Les eaux résiduaires

<b>I-1 Introduction.</b> .....	2
<b>I-2 Origine des eaux usées</b> .....	2
I-2-1 Source domestiques. ....	2
I-2-2 Source industrielles. ....	2
I-2-3 Source naturelle. ....	3
I-2-4 Source agricoles. ....	3
<b>I-3 Les paramètres physico-chimiques de la pollution.</b> .....	4
I-3-1 Paramètres physiques. ....	4
Les matières en suspension. ....	4
Les matières volatiles en suspension. ....	4
Les matières minérales. ....	4
I-3-2 Paramètres chimiques. ....	5
La demande biochimique en oxygène. ....	5
La demande chimique en oxygène (D.C.O.). ....	5
<b>I-4 Réutilisation des eaux usées épurées.</b> .....	5
I-4-1 Caractéristiques des eaux épurées biologiquement. ....	6
I-4-2 Réutilisation des eaux épurées. ....	6
<b>Conclusion.</b> .....	6

## CHAPITRE II : Procédés d'épuration des eaux usées

<b>Introduction.</b> .....	7
<b>II-1 Prétraitement.</b> .....	7
II-1-1 Le dégrillage .....	7
II-1-2 La dilacération .....	9
II-1-3 Le tamisage .....	9
II-1-4 Le dessablage .....	10

II-1-5 Le dégraissage .....	10
<b>II-2 Traitement primaire.</b> .....	<b>12</b>
II-2-1 La décantation. ....	12
II-2-2 Mise en œuvre des décanteurs .....	12
II-2-2-1 Décanteurs statiques sans raclage .....	12
II-2-2-2 Décanteurs statiques à raclage mécanique des boues. ....	13
<b>II-3 Traitement secondaire (épuration biologique)</b> .....	<b>15</b>
<b>Généralités sur les organismes microbiens.</b> .....	<b>15</b>
II-3-1 Les boues activées .....	16
II-3-2 Les lits bactériens .....	21
II-3-3 Les disques biologiques. ....	23
II-3-4 Les étangs d'oxydation .....	25
II-3-5 Le lagunage aéré. ....	26
II-3-6 Le traitement physico-chimique .....	27
<b>II-4 Traitement tertiaire</b> .....	<b>28</b>
II-4-1 Chloration. ....	28
II-4-2 L'ozonation .....	28
II-4-3 Traitement par UV. ....	29
II-4-4 Elimination de l'azote et du phosphore .....	29
<b>II-5 Traitement des boues</b> .....	<b>30</b>
II-5-1 Epaississement des boues .....	31
II-5-2 Stabilisation des boues .....	32
II-5-3 Conditionnement des boues. ....	34
II-5-4 Déshydratation des boues. ....	34
II-5-5 Devenir des boues. ....	36
<b>Conclusion.</b> .....	<b>37</b>

## CHAPITRE III : Présentation de la station d'épuration de Baraki

<b>III.1 Présentation.</b> .....	<b>38</b>
III.1.1 Historique. ....	38
III.1.2 Description et caractéristiques de l'existant .....	38
a. Capacité et niveaux de traitement. ....	40
b. Caractéristiques principales des ouvrages de traitement. ....	41
<b>III.2 Etat des ouvrages et équipements.</b> .....	<b>49</b>

III.2.1 Situation de l'exploitation de la station . . . . .	49
III.2.2 Constat des endommagements avant le commencement des travaux de réhabilitation. . . . .	50
<b>III.3 Conception et modifications de la station</b> . . . . .	<b>52</b>
III.3.1 Traitement des eaux. . . . .	53
III.3.2 Traitement des boues . . . . .	53
<b>III.4 Avenir des eaux usées</b> . . . . .	<b>53</b>
<b>Conclusion</b> . . . . .	<b>54</b>

## CHAPITRE IV : Dimensionnement de la station d'épuration de Baraki

<b>IV.1. Horizon actuel</b> . . . . .	<b>55</b>
IV.1.1. Calcul des débits et des charges polluantes. . . . .	55
a. Calcul des débits . . . . .	55
b. Calcul des charges polluantes. . . . .	56
IV.1.2. Ouvrages de prétraitement . . . . .	57
a. Le dégrillage . . . . .	57
b. Dessableur-déshuileur . . . . .	58
IV.1.3. Ouvrage du traitement primaire (décanteurs primaires) . . . . .	59
IV.1.4. Ouvrage du traitement secondaire. . . . .	60
a. Bassin d'aération . . . . .	60
b. Bilan des boues . . . . .	63
c. Clarificateur. . . . .	65
d. Poste de désinfection . . . . .	65
IV.1.5. Traitement des boues. . . . .	66
a. Epaissement. . . . .	66
b. Digestion . . . . .	67
c. La déshydratation des boues par lit de séchage. . . . .	68
<b>IV.2. Horizon futur</b> . . . . .	<b>69</b>
IV.2.1. Evaluation de la population . . . . .	69
IV.2.2. Les données de base pour l'horizon futur. . . . .	69
IV.2.3. Dimensionnement des Ouvrages . . . . .	70
a. Le dégrillage . . . . .	70
b. Dessableur-déshuileur . . . . .	70
c. Décanteurs primaires . . . . .	70

d. Bassin d'aération . . . . .	70
e. Bilan des boues . . . . .	71
f. Clarificateur . . . . .	71
g. Poste de désinfection . . . . .	71
h. Epaissement. . . . .	71
i. Digestion . . . . .	71
j. La déshydratation des boues par lit de séchage . . . . .	72

<b>Conclusion général.</b> . . . . .	<b>73</b>
--------------------------------------	-----------

## **Bibliographie**

## Liste des tableaux

<b>Tableau N° II-1</b> : Les différents systèmes d'épuration.....	18
<b>Tableau N° II-2</b> : Concentrations de quelques ions métalliques qui réduisent l'efficacité du traitement. ....	19
<b>Tableau N° III-1</b> : Bases de dimensionnement de la station (étude de 1983).....	40
<b>Tableau N° III-2</b> : Valeurs limites de qualité des eaux épurées. ....	41
<b>Tableau N° IV-1</b> : Données de base pour l'horizon actuel.....	57
<b>Tableau N° IV-2</b> : Dimensions de chaque dessableur – déshuileur .....	58
<b>Tableau N° IV-3</b> : Dimensions de chaque décanteur.....	59
<b>Tableau N° IV-4</b> : Caractéristiques du chaque bassin.....	63
<b>Tableau N° IV-5</b> : Dimensions du chaque clarificateur .....	65
<b>Tableau N° IV-6</b> : Dimensions du bassin.....	66
<b>Tableau N° IV-7</b> : Dimensions du chaque épaisseur. ....	67
<b>Tableau N° IV-8</b> : Dimensions du chaque digesteur. ....	67
<b>Tableau N° IV-9</b> : Dimensions du chaque lit.....	68
<b>Tableau N° IV-10</b> : Données de base pour l'horizon futur. ....	69

## Liste des figures

<b>Figure N° II.1</b> : Grille droite . . . . .	8
<b>Figure N° II.2</b> : Grille courbe. . . . .	9
<b>Figure N° II.3</b> : Dessableur-dégraisseur. . . . .	11
<b>Figure N° II.4</b> : Décanteur cylindro-conique. . . . .	13
<b>Figure N° II.5</b> : Décanteur circulaire. . . . .	14
<b>Figure N° II.6</b> : Décanteur rectangulaire. . . . .	15
<b>Figure N° II.7</b> : Synoptique d'une boue activée. . . . .	17
<b>Figure N° II.8</b> : Bassin d'aération . . . . .	17
<b>Figure N° II.9</b> : Lit bactérien. . . . .	21
<b>Figure N° II.10</b> : Synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique	23
<b>Figure N° II.11</b> : Disque biologique. . . . .	23
<b>Figure N° II.12</b> : Schéma de principe d'un disque biologique. . . . .	24
<b>Figure N° II.13</b> : Lagunes aérées. . . . .	26
<b>Figure N° II.14</b> : Epaisseur. . . . .	32
<b>Figure N° II.15</b> : Digesteur. . . . .	33
<b>Figure N° II.16</b> : Centrifugeuse. . . . .	36

## Liste des photos

<b>Photo N° III.1</b> : Poste de relèvement. . . . .	.42
<b>Photo N° III.2</b> : Dégrilleur. . . . .	.43
<b>Photo N° III.3</b> : Dessableur-dégraisseur. . . . .	.43
<b>Photo N° III.4</b> : Décanteur. . . . .	.44
<b>Photo N° III.5</b> : Bassin d'aération. . . . .	.44
<b>Photo N° III.6</b> : Clarificateur. . . . .	.45
<b>Photo N° III.7</b> : Bassin de chloration. . . . .	.45
<b>Photo N° III.8</b> : Epaisseur. . . . .	.46
<b>Photo N° III.9</b> : Digesteurs. . . . .	.47

## الملخص :

تبعاً لعدة صعوبات تعرضت لها محطة تنقية المياه ببراقى، تم توقيف تشغيلها سنة 1995. كما أهمل المشروع الرامي إلى توسيع المحطة بإضافة ثلاثة وحدات مشابهة للوحدة الأولى. تهدف دراستنا هذه إلى المساهمة في إعادة هيكلة المحطة وذلك قصد المساهمة في حل المشاكل المتعلقة بصرف المياه القذرة بالجزائر العاصمة.

**المفاتيح :** محطة التنقية- القياس - الوحل المنشط - معالجة المياه القذرة.

## Résumé

Suite aux différents problèmes survenus au niveau de la station d'épuration de Baraki, la STEP a été mise à l'arrêt en 1995. Le projet de l'extension de la station par l'adjonction de trois tranches supplémentaire de traitement similaires à la première tranche a été abandonné.

L'objectif de notre travail est la contribution à la réhabilitation de cette station et ce afin de résoudre le problème d'évacuation des eaux usées à Alger.

**Mots clés :** station d'épuration, dimensionnement, boues activées, traitement des eaux usées.

## Abstract

Following various problems that Baraki purification station encounters, the STEP has been stopped on 1995. The project of the extension of the station by the adjonction of three additional treatment instalments similar to the first instalment has been abandoned.

The aim of our work is to contribute to the rehabilitation of this station in order to solve the problem of used waters evacuation in Algiers.

**Keywords :** waste water treatment station, dimensioning, activated sludge.

## **Introduction générale :**

L'eau, cette source de vie, constitue l'une des ressources naturelles les plus sensibles à la pollution ; elle demeure largement gaspillée et polluée à l'échelle planétaire ; peu à peu, elle se raréfie et sa qualité diminue.

Tout au long de son parcours, l'eau reçoit les apports réguliers et directs des polluants d'origines urbaine et industrielle ou les apports surtout diffus et irréguliers de polluants d'origine agricole.

De nos jours, les besoins en eau potable varient entre 100 et 200 litres par habitant et par jour, et les besoins en eau pour les activités industrielles sont énormes ceci génère une pollution supplémentaire à celle produite par les activités humaines. Cette eau polluée se déverse quotidiennement dans les lacs et les rivières.

Pour faire face à ce problème, plusieurs stations d'épuration ont été réalisées en Algérie durant les dernières décennies ; il a été défini un plan directeur d'assainissement des eaux usées en mars 1976 ; ce plan définit les grandes lignes du système d'assainissement d'Alger : limites des bassins versants de traitement des eaux usées, tracés des collecteurs principaux, implantation des stations de relevage et de traitement des eaux.

Ce plan prévoyait notamment l'implantation de la station d'EL-HARRACH (Baraki) qui avait pour objectifs : lutte contre le déversement incontrôlable des eaux usées, collecte de la totalité de ces eaux et leur traitement avant leur rejet vers le milieu récepteur, protection du littoral, réutilisation des eaux épurées et des boues d'épuration à des fins agricoles.

L'exploitation de la station d'épuration de Baraki a débuté en janvier 1989 ; dès le début, l'exploitation s'est heurtée à des difficultés importantes et elle n'a en fait jamais fonctionné de façon satisfaisante ce qui exige sa réhabilitation.

Nous avons structuré notre travail de la façon suivante :

- Le premier et deuxième chapitre est un rappel bibliographique sur les eaux résiduaires ainsi que les différents procédés d'épuration des eaux usées.
- Dans le troisième chapitre, nous présentons la station d'épuration de Baraki ainsi que quelques recommandations nécessaires à sa réhabilitation.
- Dans le quatrième et dernier chapitre, nous développons notre proposition concernant le dimensionnement de la station d'épuration pour les deux horizons, actuel et futur.

## **Chapitre I : les eaux résiduaires**

### **I-1 Introduction**

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traité avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'elles ne causent pas de pollution.

Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers est considéré comme de l'eau usée. L'eau de pluie, ainsi que les différents polluants qui s'écoulent dans les égouts, aboutissent dans les établissements de traitement des eaux usées. Les eaux usées peuvent aussi provenir de sources agricoles et industrielles.

### **I-2 Origine des eaux usées**

Les activités humaines produisent une grande variété de déchets, dont beaucoup sont entraînés par l'eau, qui doit alors être traitée avant d'être rejetée dans le milieu. Les eaux usées proviennent principalement de quatre sources :

- source domestiques;
- source industrielles ;
- source naturelle ;
- source agricoles.

#### **I-2-1 Source domestiques**

Proviennent des activités humaines de tous les jours : bains, excréments, préparation des aliments et loisirs.

Il existe deux types d'eau à évacuer : les eaux usées ménagères, ou eaux grises, et les eaux vannes, ou eaux noires. Les eaux ménagères proviennent de la cuisine, de la salle de bains (baignoire, douche, lavabo). Les eaux vannes sont essentiellement les eaux des WC.

#### **I-2-2 Source industrielles**

Les industries de fabrication ont des demandes élevées en eau pour les procédés de refroidissement, de traitement ou de nettoyage.

On considère comme eau industrielle tout effluent qui ne peut être rejeté à l'égout en raison de ses caractéristiques ou de son volume.

Toutes les eaux usées industrielles contiennent des fertilisants, des matières organiques et des matières toxiques. En outre, dans certains types d'activité industrielle, les eaux usées révèlent la présence d'autres agents de pollution ou renferment d'autres substances polluantes.

### **I-2-3 Source naturelle**

Ce sont Les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine, sont collectées par un réseau qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées domestiques, ou non.

On distingue :

- Les réseaux unitaires : un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables. Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont répartis sur le réseau ;
- Les réseaux séparatifs : deux réseaux sont mis en place, l'un pour collecter les eaux usées, l'autre pour les eaux de ruissellement. En principe, seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées et rejetées directement. La station ne doit donc théoriquement recevoir qu'un effluent brut de qualité relativement régulière et de débit relativement bien déterminé.

La qualité des eaux de ruissellement dépend d'une part du lessivage de l'atmosphère et d'autre part du lessivage et de l'érosion des surfaces sur lesquelles elles ruissellent, en ce sens, les caractéristiques des eaux pluviales peuvent varier considérablement suivant :

- Les sources locale de pollution atmosphérique, la topographie de site, les conditions météorologiques (vents, fréquences de pluies)
- Le stock de polluants disponibles sur les surfaces en début de pluie, la quantité érodée par les gouttes d'eau et par l'écoulement et la quantité pouvant être transportée par l'écoulement, donc de l'intensité de l'épisode pluvieux [18].

### **I-2-4 Source agricoles**

Ce sont les eaux de ruissellement dans les zones agricoles. Les pesticides, les engrais, les herbicides et les déchets animaliers sont des sources agricoles de contamination microbienne.

Les sources agricoles de contamination sont nombreuses et variées: débordement des engrais et des pesticides pendant la manipulation, écoulement du chargement et lavage des pulvérisateurs de pesticides ou de tout autre équipement d'application et l'utilisation de produits chimiques [17].

### **I-3 les paramètres physico-chimiques de la pollution**

La pollution des eaux usées se présente sous deux formes principales :

- Physique (matières en suspension)
- Chimique (matières dissoutes)

Ces deux formes tiennent compte de facteurs tels que la turbidité, la température, la couleur.

#### **I-3-1 Paramètres physiques**

Les matières pondérales présentes dans l'effluent se subdivisent en diverses formes que l'on peut représenter par :

- Les matières en suspension (MES).
- Les matières volatiles en suspension (MVS).
- Les matières minérales [1].

##### **▪ Les matières en suspension**

Il s'agit de matières qui ne sont ni solubilisées ni colloïdales. On peut considérer qu'ils représentent un intermédiaire entre les particules minérales du type sable ou poussières de charbon et les particules minérales du type mucilagineuse.

Elles comportent des matières organiques et des matières minérales. Deux techniques sont actuellement utilisées pour le dosage des matières en suspension :

- séparation par filtration (filtres en papier, membranes filtrantes)
- centrifugation.

Les teneurs en matières en suspension sont obtenues après séchage à 105°C d'un volume connu d'échantillon.

##### **▪ Les matières volatiles en suspension**

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C pendant deux heures d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles constituent environ 70 à 80 % des MES.

##### **▪ Les matières minérales**

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent donc le résidu de la calcination, et correspondent à la présence de sels, silice, poussières par exemple.

### I-3-2 Paramètres chimiques

Les matières organiques nécessitent de l'oxygène pour leur métabolisation par les micro-organismes. Cette demande en oxygène peut être représentée biologiquement ou chimiquement, suivant divers paramètres tels que la DBO (demande biochimique en oxygène), la DCO (demande chimique en oxygène). [1]

#### ▪ La demande biochimique en oxygène

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par l'eau usée pendant une certaine durée. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation, et avec l'intervention des bactéries, les matières organiques de l'eau usée.

La D.B.O. est un phénomène évolutif dans la mesure où elle permet d'étudier le comportement d'une charge organique (et plus généralement celui d'un échantillon), il est évident qu'il ne peut y avoir de détermination de D.B.O. que lorsque les micro-organismes présents sont capables d'assimiler les matières organiques de l'échantillon.

#### ▪ La demande chimique en oxygène (D.C.O.)

La demande chimique en oxygène traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques et minérales contenues dans l'effluent. La mesure de la D.C.O. se fait à l'aide d'un oxydant énergique comme le bichromate de potassium, en milieu acide, et à chaud pendant deux heures. On estime que cette oxydation détruit à 90-95 % des composés.

### I-4 Réutilisation des eaux usées épurées

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans le monde et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries de ressources en eau.

D'où l'importance des techniques de traitement tertiaire et de finition, qui doivent s'inscrire de plus en plus dans les programmes de gestion durable des ressources en eau.

Les eaux épurées d'origine urbaine sont classiquement rejetées dans le milieu naturel, principalement dans les cours d'eau, et la mer pour les zones côtières.

Le niveau de qualité atteint pour les eaux épurées, doit nous permettre d'étendre leur réutilisation.

La réutilisation des eaux usées s'inscrit dans des programmes de préservation des ressources d'eau douce, directement ou indirectement, c'est-à-dire:

- dans le premier cas, les eaux épurées se substituent directement à l'eau de la ressource, par exemple pour les besoins de l'irrigation;
- dans le deuxième cas, elles sont réinjectées dans l'aquifère, moyennant un traitement plus poussé que dans le premier cas, pour être réutilisées indirectement pour la production d'eau potable notamment [7].

### I-4-1 Caractéristiques des eaux épurées biologiquement

La pollution résiduelle en sortie du clarificateur secondaire est essentiellement constituée par:

- Une pollution particulaire, sous forme de floccs ayant échappé à la clarification;
- Une pollution dissoute composée de:
  - sels minéraux dissous n'ayant pas été complètement traités dans la filière biologique: composés azotés, phosphates, autres sels minéraux contenus dans l'influent s'ils n'ont pas été précipités en cours de traitement, sels provenant de certains traitements (déphosphatation chimique),
  - composés organiques dissous, essentiellement non biodégradables.
    - une pollution microbiologique, présentant un caractère plus ou moins pathogène, constituée par des virus, des bactéries et des parasites [14].

### I-4-2 Réutilisation des eaux épurées

Les eaux épurées peuvent être réutilisées pour des usages:

- agricoles (irrigation);
- industriels (circuits de refroidissement, lavages);
- collectifs (lavages des voiries et des véhicules municipaux, arrosage des plantations, des parcs et des terrains de sports, alimentation des réseaux incendie).

Ces possibilités de réutilisation des eaux épurées ont déjà trouvé des applications dans le monde, et peuvent donc être envisagées dans tous nouveaux projets. D'autres usages ont été développés, qui pourront être envisagés à plus ou moins long terme, en fonction de l'évolution des règles sanitaires et des politiques à mener pour économiser l'eau et préserver durablement les ressources d'eau douce [14].

### Conclusion

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution. Parmi ces sources ; la pollution générée par la grande consommation d'eau qui produit des quantités considérable d'eaux usées souvent rejeté dans le milieu récepteur.

Suite à ce problème, de nombreuse stations d'épurations ont été créés, afin de réduire la pollution de ces eaux, et trouver un moyen pour réutiliser les eaux épurées produites par ces stations.

## Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux usées

### Introduction

Les eaux usées qu'elles soient d'origine domestique ou industrielle, sont collectées par un réseau d'assainissement complexe pour être dirigées et traitées dans une station d'épuration, avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

La station rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux. La succession des dispositifs est bien entendu calculée en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter.

### II-1 Prétraitement

Les prétraitements physiques constituent une série d'opérations susceptibles d'alléger les eaux brutes des matières les plus grossières d'une part ou celles pouvant gêner le processus du traitement ultérieur.

Les opérations de prétraitements physiques sont :

- le dégrillage.
- la dilacération.
- le tamisage.
- la dessablage.
- la dégraissage.

#### II-1-1 Le dégrillage

Il s'agit de séparer des eaux brutes, les matières les plus volumineuses, en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent.

On distingue : un pré-dégrillage : espacement 30 à 100 mm

un dégrillage moyen : espacement 10 à 25 mm

un dégrillage fin : espacement 3 à 10 mm

Il existe différentes types de grilles selon la conception des fabricants et la nature de l'effluent à traiter [1].

### II-1-1-1 Grilles manuelles

Composées de barreaux le plus souvent inclinés à 60-80° sur l'horizontale, elles sont cependant réservées aux très petites stations. Le nettoyage est effectué à l'aide de râteau. L'inconvénient de ces grilles est la nécessité de les nettoyer quotidiennement car si la grille reste longtemps sans nettoyage, l'effluent risque de refluer dans le collecteur d'arrivée.

### II-1-1-2 Grilles mécaniques

Au delà de 2000 équivalents-habitants, la station doit être équipée de grilles mécaniques. Cette mécanisation est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations.

Les grilles mécaniques se classent en deux catégories :

- les grilles droites.
- les grilles courbes.

#### ▪ Grilles droites

Fortement relevées (inclinaison de 80°), elles sont conçues avec des dispositifs de nettoyage différents tels que :

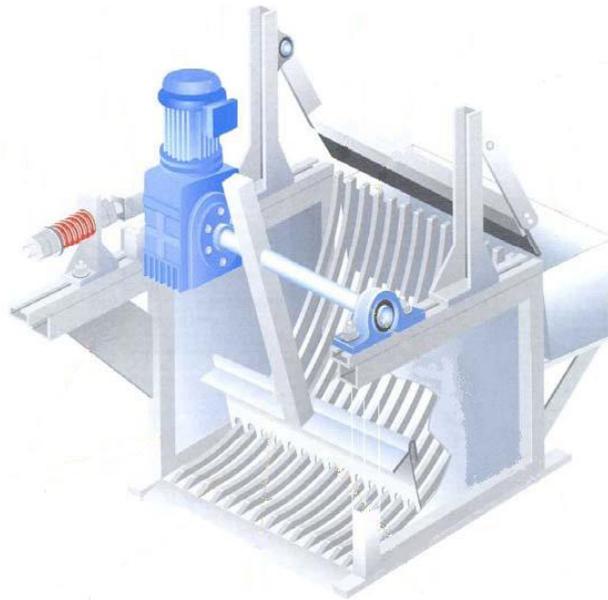
- Des râteaux ou des peignes
- Des brosses montées sur chaîne sans fin.
- Des grappins alternatifs, à commande par tables permettant remonter les détritux sur de grandes hauteurs.



Figure II.1 : Grille droite.

### ▪ Grilles courbes

Elles sont constituées de barreaux en fer plat formés en quart de cercle, elles sont nettoyées par un double râteau tournant ou encore par un système de bielles appliquées contre la grille.



**Figure II.2 : Grille courbe.**

### II-1-2 La dilacération

Il s'agit d'une opération de broyage des déchets qui sont évacués avec l'eau brute. Ce système nécessite beaucoup d'impératifs liés à la nature des déchets, et à l'efficacité de ce traitement. Les broyeurs sont de deux types : broyeurs à marteau et tambours à râteau.

L'utilisation de la dilacération revient chère à une station, par la maintenance délicate de ce système, et également par les conséquences d'un mauvais fonctionnement (obstruction des canalisations, engorgement des pompes) [1].

### II-1-3 Le tamisage

Le tamisage est en fait un dégrillage poussé, et consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro-tamisage (mailles supérieures à 0,3 mm) et un micro-tamisage (mailles inférieures à 100  $\mu$ )

Le macro-tamisage est le stade le plus important et est destiné à retenir les matières en suspension flottantes, les débris végétaux, les herbes, insectes etc... La charge de la pollution est ainsi réduite et allège la station d'épuration [1].

### **II-1-4 Le dessablage**

L'élimination des sables présents dans l'effluent brut est indispensable si on veut protéger les conduites et pompes contre l'abrasion et aussi éviter le colmatage des canalisations par une sédimentation au cours du traitement.

La vitesse de sédimentation des particules est fonction de leur nature, de leur diamètre et de la viscosité du liquide dans lequel elles se trouvent.

C'est donc une décantation sélective des particules à haute densité. Il faut que la vitesse ascensionnelle soit inférieure à la vitesse de chute des particules et également à la vitesse transversale.

Il existe divers types de dessableurs dont :

-Les dessableurs à couloirs

-Les dessableurs aérés

-Les dessableurs circulaires

Il peut s'agir de dessableurs à couloirs simples qui sont des canaux à section élargie et rectangulaire, dans lesquels la vitesse de passage est inférieure à 0,3 m/s de façon à éviter le réentraînement des particules par le courant d'eau.

Les dessableurs aérés, dans lesquels l'insufflation de l'air imposent aux eaux un mouvement de rotation et entraînent :

— une décantation des grains de sable.

— un rafraichissement des eaux par l'apport d'oxygène.

L'eau sort par le côté opposé et les sables sont recueillis par raclage.

Il existe aussi des dessableurs circulaires alimentés tangentiellement et dans lesquels, les sables sont projetés vers la paroi et redescendent en décrivant une spirale d'axe vertical [1].

### **II-1-5 Le dégraissage**

C'est une opération destinée à réduire les graisses et les huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface.

Il est évident que les huiles et les graisses présentent de multiples inconvénients dans le traitement biologique ultérieur, tels qu'une mauvaise diffusion de l'oxygène dans le floc bactérien, le bouchage des pompes et canalisations et une acidification du milieu dans le digesteur anaérobie avec toutes les conséquences que cela peut représenter [1].

**Remarque :**

Nous pouvons avoir un bassin qui peut fonctionner comme un dessableur et un déshuileur

C'est un bassin généralement de forme rectangulaire équipé de répartiteurs et de racleurs de surface et de fond.

C'est un système à flottation naturelle permettant d'excellents rendements et peu d'entretien.

Incontestablement, c'est la flottation à air, qui a retenu l'attention des constructeurs lorsque les concentrations en huiles et graisses sont élevées.

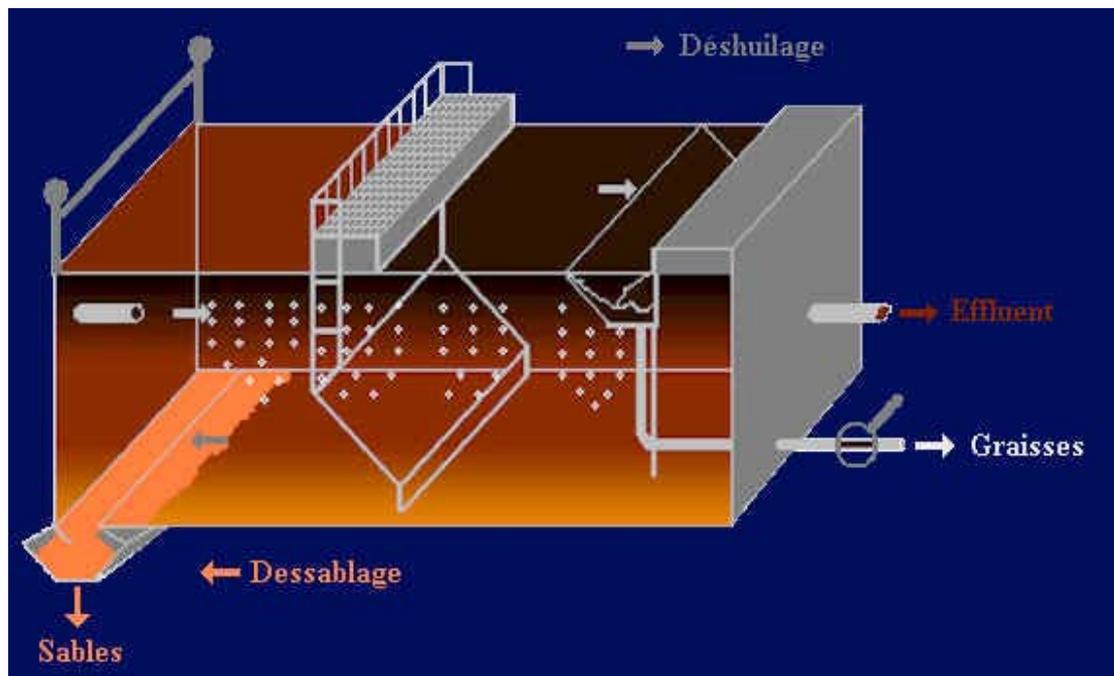


Figure II.3 : Dessableur-Dégraisseur.

## **II-2 Traitement primaire**

### **II-2-1 La décantation**

L'élimination des matières en suspension présentes dans le milieu liquide est réalisée par sédimentation, en utilisant uniquement les forces de gravité.

Les matières en suspension susceptibles d'être sédimentées correspondent à divers états physiques.

On distingue ainsi quatre types de sédimentation :

Le premier correspond à une sédimentation des éléments minéraux et des matières organiques prises individuellement en fonction de leur densité et de leur dimension. Lors de leur sédimentation due uniquement aux forces de gravité, les particules ne sont pas gênées par d'autres particules, ni par des facteurs extérieurs tels que la paroi du décanteur. C'est la sédimentation libre ou grenue (particules hydrophobes).

Le seconde type correspond à des solutions de faibles concentrations et dont les particules s'agglutinent ou flocculent après collision, Leur taille augmente au cours de la chute, ce qui se traduit également par une augmentation de la vitesse de sédimentation. C'est la sédimentation diffuse ou coalescente (particules hydrophiles).

Le troisième type est relatif à une décantation globale d'un ensemble de particules. Dans ce cas, chaque particule conserve sa position par rapport aux autres. Il y a ainsi formation d'une couche de particules qui sédimente avec sa propre vitesse. C'est la sédimentation en piston ou zonale.

Le quatrième type est relatif à une compression des particules et elle est liée à leur concentration à ce stade de la sédimentation [1].

### **II-2-2 Mise en œuvre des décanteurs**

Il existe divers types de décanteurs variables suivant leurs formes et suivant le mouvement du liquide qui le traverse

#### **II-2-2-1 Décanteurs statiques sans raclage**

##### **a. Décanteurs coniques ou cylindro-coniques**

Dans ce type d'ouvrage, la composante verticale de la vitesse de l'eau est prédominante. Généralement, ces décanteurs sont calculés pour de petites installations de 1000 à 2000 habitants.

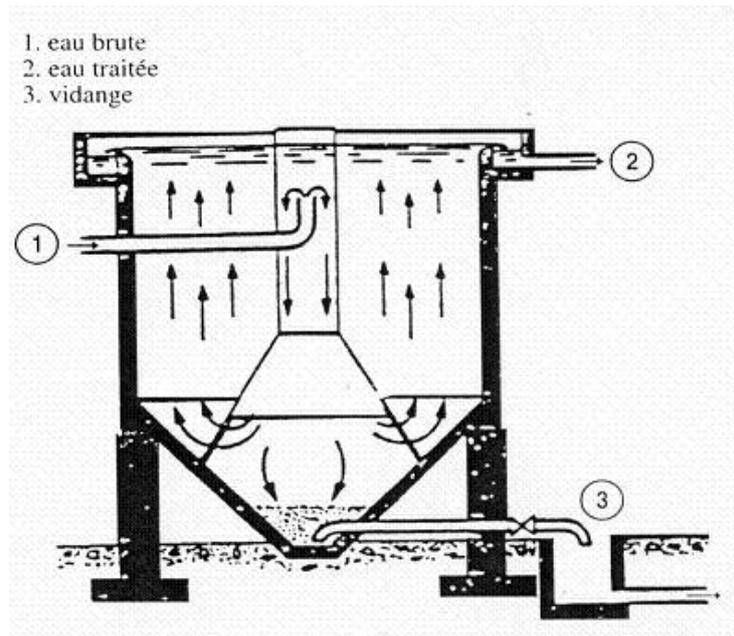


Figure II.4 : Décanteur cylindro-conique

#### b. Décanteur statique à flux horizontal

La particule en suspension est soumise à une vitesse horizontale  $v$  liée au débit d'entrée et également à la vitesse de chute  $v_c$ .

Dans ce type d'ouvrage, il est nécessaire de prévoir une zone d'entrée, une zone de sortie et une zone à boues.

Ces décanteurs de conception très ancienne exigeaient systématiquement, une vidange de boues par une évacuation totale de l'eau du bassin. Les meilleurs rendements de décantation sont obtenus en régime laminaire [1].

### II-2-2-2 Décanteurs statiques à raclage mécanique des boues

#### a. Décanteurs circulaires

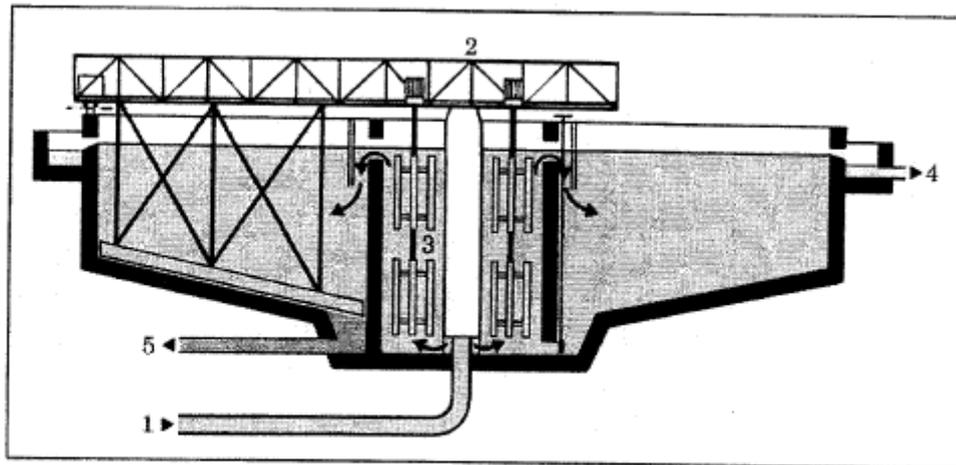
Le racleur est fixé à une charpente tournant autour de l'axe du bassin. Sa conception est différente suivant les modèles fabriqués. Il peut comporter une seule lame en forme de spirale ou une série de raclettes en jalousie. Il comprend un fût central creux où arrive l'eau brute d'où elle est répartie.

Le dispositif de raclage permet d'amener les boues vers une fosse centrale d'où partent les tuyauteries d'extraction. De plus, un racleur de surface pousse les corps flottants vers une écumoire d'où ils peuvent être envoyés soit vers le puits à boues, soit vers un poste séparé.

La construction la plus habituelle est l'utilisation du pont racleur à entraînement périphérique. Le racleur de surface est fixé d'une manière rigide à la passerelle tournante.

Lorsque le modèle est conçu selon un entrainement central, la charpente est constituée de deux bras radiaux suspendus à une couronne d'entée centrale. Dans tous les cas, un groupe moto-réducteur assure la rotation du système. La pente du radier sur laquelle on effectue le raclage des boues est de 4 à 10 %.

La hauteur moyenne des décanteurs circulaires raclés est de 3 à 3,5 m. Le diamètre peut atteindre 90m. Mais ils deviennent sensibles aux effets du vent qui peut perturber la bonne répartition du liquide [1].



1 - Arrivée d'eau brute  
2 - Pont raclleur.  
3 - Zone de floculation.

4 - Sortie d'eau décantée.  
5 - Évacuation des boues.

**Figure II.5 : Décanteur circulaire.**

### b. Décanteurs longitudinaux rectangulaires

Il existe deux types de décanteurs rectangulaires avec raclage : Les décanteurs à pont racleur et les décanteurs à chaînes.

Les ponts racleurs se déplacent selon un système de va et vient et procèdent au raclage selon un mouvement à contre-courant.

Les décanteurs à chaîne permettent un raclage continu de la boue et des corps flottants, par une série de raclettes montées entre deux chaînes sans fin parallèles et tournant le long des parois verticales du bassin. Le gros inconvénient de ces appareils est l'usure rapide de toutes les parties mobiles immergées.

Les fosses à boues sont situées à l'arrivée de l'eau brute, et la collecte des écumes est faite en amont immédiat de la sortie de l'eau décantée [1].



**Figure II.6 : Décanteur rectangulaire**

### **II-3 Traitement secondaire (épuration biologique)**

#### **Généralités sur les organismes microbiens**

Le déversement, dans un milieu récepteur (rivière, lac, cours d'eau etc...) d'eaux usées provoque diverses réactions susceptibles de transformer l'équilibre écologique du milieu.

Les transformations de nature chimique ont un rôle secondaire comparé aux transformations de nature biologique. En effet, elles se limitent le plus souvent à des réactions de fixation d'acidité ou d'alcalinité libre, ou encore à l'oxydation de substances fortement réductrices, sulfures par exemple, et de certains produits de décomposition anaérobie des impuretés organiques.

Les transformations de nature biologique sont plus importantes dans la mesure où elles mettent en jeu de multitudes de réactions de diverses natures.

Les vitesses de réaction dépendent de divers facteurs physico-chimiques (température, pression, oxygène dissous, nature des produits organiques). Les réactions biologiques font participer aussi bien des substances organiques que des substances minérales comme les phosphates et les nitrates qui sont assimilés pour la synthèse de nouvelles cellules.

Parmi les divers organismes responsables des phénomènes biologiques, les bactéries sont les plus importantes et les plus nombreuses. Une bactérie peut être considérée comme un système utilisant un substrat pour produire de l'énergie, fabriquer de nouvelles cellules, et rejeter des produits de métabolisme.

Ces différentes opérations existent chez toutes les bactéries, leur permettant de transformer le substrat en produits gazeux, liquides ou solides.

L'opération de synthèse cellulaire porte le nom d'anabolisme, et celle relative à la production d'énergie et formation de produits de dégradation s'appelle le catabolisme. L'ensemble de ces deux opérations est le métabolisme.

Les conditions spécifiques au milieu peuvent conditionner la nature de la réaction : elle sera aérobie en présence d'oxygène, et anaérobie en l'absence d'oxygène. On peut alors parler de bactéries aérobies et de bactéries anaérobies. Notons toutefois, que la vitesse de dégradation des matières organiques est plus élevée en milieu aérobie, c'est la raison pour laquelle, les installations d'épuration biologique fonctionnent généralement en présence d'oxygène.

Les bactéries peuvent également être classées en deux autres catégories :

- Les bactéries autotrophes, qui, sous l'action de l'énergie solaire, utilisent le gaz carbonique et les sels dissous dans l'eau pour synthétiser la matière vivante
- Les bactéries hétérotrophes utilisent des substances organiques pour la synthèse cellulaire.

La dégradation biologique s'accomplit en deux phases presque simultanées :

- Une phase d'absorption, très rapide, au cours de laquelle, les substances organiques s'absorbent sur la membrane extérieure des cellules.
- Une phase d'oxydation, plus lente, au cours de laquelle, il a eu lieu une oxydation des matières organiques en produits de décomposition tels que  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ .

La vitesse de dégradation dépend de plusieurs paramètres tels que la quantité d'oxygène nécessaire, la masse totale de micro-organismes, la température et surtout la nature des substances à traiter. En effet, de nombreuses substances sont très rapidement dégradées alors que d'autres le sont plus lentement [1].

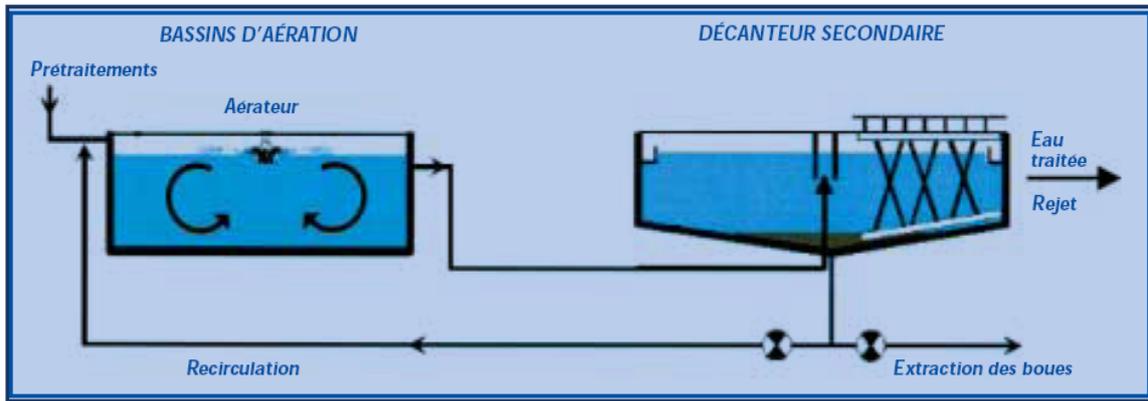
L'épuration des eaux usées fait appel à plusieurs types de procédés :

- Les boues activées
- Les lits bactériens
- Les disques biologiques
- Les étangs d'oxydation
- Le lagunage

### **II-3-1 Les boues activées**

Le procédé à boues activées est un système fonctionnant en continu dans lequel, des micro-organismes sont mis en contact avec les eaux usées contenant des matières organiques. De l'oxygène est injecté dans le mélange, permettant de fournir aux bactéries cet élément vital à leurs besoins respiratoires.

En fait, on peut considérer que le système à boues activées est une extension artificielle des phénomènes d'épuration naturels. Dans un cours d'eau ou une rivière, les phénomènes entrant en jeu sont identiques à ceux présents dans les systèmes à boues activées, seule varie la concentration en micro-organismes dans le milieu et la vitesse de la réaction de dégradation.



**Figure II.7 : Synoptique d'une boue activée**



**Figure II.8 : Bassin d'aération**

### II-3-1-1 Paramètres de traitement par boues activées

#### a. Charges appliquées

D'une manière générale, il est difficile de connaître dans une boue la quantité de la matière cellulaire, et elle n'est exprimée que par le poids des matières volatiles en suspension (MVS).

On définit les caractéristiques d'un réacteur par deux facteurs :

- la charge volumique
- la charge massique

Lorsque quotidiennement, un certain poids de matières organiques exprimé en DBO5 (kg/j) doit être transformé dans un réacteur aérobie de volume  $V$  ( $m^3$ ), on définit la charge volumique, comme étant le rapport de la pollution apportée par unité de volume de bassin.

$$C_v = \frac{DBO \text{ d'entrée}(kg/j)}{\text{volume du bassin}(m^3)}$$

En maintenant dans le bassin, une quantité de boues activées qui est la quantité totale de boues présentes, on définit alors la charge massique comme étant le rapport de la pollution entrante par unité de masse de boues.

$$C_m = \frac{DBO \text{ d'entrée}(kg/j)}{\text{masse de MVS}(kg)}$$

On peut classer les différents systèmes d'épuration suivant la charge appliquée :

**Tableau II-1 : Les différents systèmes d'épuration.**

système d'épuration	$C_m$		
aération prolongée	0,05	-	0,1
faible charge	0,1	-	0,2
moyenne charge	0,2	-	0,5
forte charge	0,5	-	1
très forte charge	1	-	5

### b. âge des boues

Il a été défini comme étant le rapport entre la quantité de boues dans le bassin et celle extraites quotidiennement. Il précise le temps de séjour moyen des boues dans l'aérateur.

On note également que l'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique

### c. L'indice de Mohlman

L'indice de Mohlman est le rapport entre le volume de boues décantées en 1/2 heure, et la masse de matières en suspension contenue dans ce volume.

Il s'écrit  $I_m = \frac{V}{M}$

Si M est en g;  $I_m$  représente le volume en  $cm^3$  occupé par 1g de boues. Il permet donc de traduire la bonne disponibilité ou non, des boues à la décantation.

Si  $I_m$  inférieur à 50 ml/g : mauvaise décantation ;

Si  $I_m$  compris entre 80 ml/g et 150 ml/g : bonne décantation ;

Si  $I_m$  supérieur à 150 ml/g : très mauvaise décantation (phénomène de Bulking).

#### d. Effet de la température

L'influence de la température est importante dans les phénomènes biologiques, dans la mesure où elle intervient sur la vitesse de croissance des bactéries.

Ceci s'explique par l'effet de la diffusion de l'oxygène dans le floc microbien, à des températures différentes. Par exemple, en boues activées, aux faibles charges et aux basses températures, la vitesse d'utilisation de l'oxygène est faible, ce qui permet en système continu, une plus grande diffusion de l'oxygène rendant le floc bactérien aérobie.

Lorsque la température s'élève, la vitesse d'utilisation augmente du fait d'une meilleure assimilation, l'oxygène se trouve rapidement épuisé rendant le floc bactérien peu aérobie.

#### e. Effet du pH

Les systèmes biologiques tolèrent une gamme de pH allant de 5 à 9 avec une zone optimale de 6 à 8.

#### f. Effet de quelques toxiques

La nature des toxiques est souvent d'origine métallique. La présence dans l'effluent à traiter de ces substances toxiques se traduira par une inhibition partielle ou totale de l'activité des micro-organismes. Le tableau suivant résume quelques concentrations d'ions métalliques qui réduisent l'efficacité du traitement biologique par boues activées[1].

**Tableau II-2 : Concentrations de quelques ions métalliques qui réduisent l'efficacité du traitement.**

métal	concentration du métal dans l'effluent (mg/l)		
Cu	1	-	2
Ni	1	-	4
Zn	3	-	10
Cr (VI)	5	-	15
Pb	5	-	15
Hg	0,5	-	2
Al	2	-	5

#### II-3-1-2 Problèmes de décantation des boues

Nous avons vu précédemment que l'indice de Mohlman caractérisait une boue par son aptitude à la décantation. Lorsque celui-ci était élevé, il indiquait une mauvaise décantation de la boue.

Différentes causes sont attribuées à cette mauvaise décantation pouvant être d'origines diverses.

#### **a. Flocc dispersé**

La boue activée ne se sépare pas de l'effluent traité. On observe un mélange trouble qui ne se clarifie quelques fois qu'après plusieurs heures de repos. La DBO<sub>5</sub> de l'effluent traité est alors très élevée. Ce cas peut être observé pendant la période de constitution de la flore microbienne.

Le cas devient grave lorsque cette période est trop longue, et conduit à une défloculation des boues [1].

#### **b. Défloculation des boues activées**

Ce phénomène est provoqué quelques fois dans des conditions de faible charge appliquée. En effet, la minéralisation des boues résultant de la faible proportion de matières organiques présentes dans le bassin, et des longs temps de séjour, se traduit par une suspension de flocons qui altère les conditions de rejet, surtout au niveau des MES même si, souvent la DBO<sub>5</sub> de l'effluent traité est satisfaisante.

Une cause de ce phénomène est l'apport accidentel de produits toxiques (minéraux ou organiques) qui tue une partie de la flore microbienne. Ceci se traduit par le rejet d'un effluent contenant des matières en suspension élevées (boues mortes) et une DBO<sub>5</sub> élevée [1].

#### **c. Boues houleuses**

Il arrive que l'on observe la formation de nuages de boues dans le décanteur secondaire. Ces nuages intermittents sont souvent le résultat d'un mauvais dimensionnement de l'ouvrage de décantation tant au niveau de sa conception que de sa réalisation.

#### **d. Bulking**

C'est le phénomène le plus grave qui peut se produire dans une station d'épuration, car il s'accompagne d'un changement de la flore microbienne. La sédimentation est nulle ou très lente [1].

### **II-3-1-3 L'aération dans les bassins à boues activées**

Pour dégrader les matières organiques et se maintenir en vie, les bactéries consomment une certaine quantité d'oxygène apportée au moyen d'appareils appelés aérateurs.

On admet cependant, que les micro-organismes aérobies en suspension dans l'eau n'utilisent pas directement l'oxygène gazeux, et que celui que l'on se propose de leur fournir doit être au préalable dissous dans l'eau.

### II-3-1-4 Différents systèmes d'aération

La différence entre les systèmes d'épuration résultera essentiellement du mode d'introduction de l'air.

Ils comprennent :

- Des aérateurs à air comprimé insufflant de l'air dans l'eau à différentes profondeurs de bassin. L'insufflation est réalisée au moyen de compresseurs.
- des aérateurs mécaniques de surface utilisant des aérateurs créant une zone de turbulence à la surface de l'eau. L'air est injecté au niveau de la zone de turbulence.
- des aérateurs à turbine dans lesquels l'air est soufflé depuis une tubulure vers les pales rotatives d'une turbine. L'air est dispersé dans tout le bassin.

### II-3-2 Les lits bactériens

Cette technique de traitement s'inspire de la filtration par le sol. Elle a été réalisée pour la première fois, au début du siècle à Birmingham. Il était déjà connu que le pouvoir auto-épurateur des sols permettait une biodégradation des matières organiques.



**Figure II.9 : Lit bactérien.**

#### II-3-2 -1- Mise en œuvre des lits bactériens

La mise en œuvre des lits bactériens est relativement simple puisqu'en fait, un lit bactérien est considéré comme un tas de cailloux muni d'un dispositif de répartition de l'effluent.

On dispose dans une première étape, du radier qui doit supporter les matériaux. Il sera disposé de telle manière que l'effluent qui ruisselle sur le lit, s'écoule facilement sans laisser de dépôts boueux qui colmatent rapidement le lit [13].

### II-3-2 -2- Classification des lits bactériens

Les lits bactériens sont définis par leur charge organique c'est à dire par la quantité journalière de matières organiques admise par  $m^3$  de matériaux. On peut ainsi, les classer en lits à faibles charge et à forte charges,

On distingue:

- les faibles charges, jusqu'à  $0,4 \text{ kg DBO}_5 / m^3 \cdot j$
- les moyennes charges, jusqu'à  $0,8 \text{ kg DBO}_5 / m^3 \cdot j$
- les fortes charges, supérieures à  $0,8 \text{ kg DBO}_5 / m^3 \cdot j$

### II-3-2-3 - Utilisation des lits bactériens

Les lits bactériens s'adaptent bien à toute possibilité d'épuration dans la mesure où l'effluent à traiter contient des matières organiques biodégradables. Contrairement aux boues activées, ils supportent les effets des surcharges telles qu'ils peuvent se produire en réseau unitaire.

Ils supportent également les chocs toxiques (ions métalliques surtout par une adsorption de ces éléments sur la pellicule bactérienne).

Les lits bactériens sont cependant, sensibles aux apports de graisses dans la mesure où ceux-ci tendent à empêcher la diffusion de l'oxygène à travers la membrane cellulaire, perturbant ainsi le processus respiratoire des micro-organismes.

### II-3-2-4 Conclusion

Malgré leur ancienneté, les lits bactériens conservent encore chez beaucoup de traiteurs d'eaux une image de marque. En effet, si les lits bactériens restent chers à l'investissement, ils possèdent l'avantage de ne nécessiter qu'un faible entretien. Ceci permet de réduire considérablement l'effectif d'ouvriers sur la station d'épuration.

### II-3-3 Les disques biologiques

Ce procédé peut être rangé parmi les systèmes d'épuration biologique aérobie où la culture bactérienne est fixée sur un support comme c'est le cas pour les lits bactériens. Il est également appelé procédé d'épuration par biodisques.

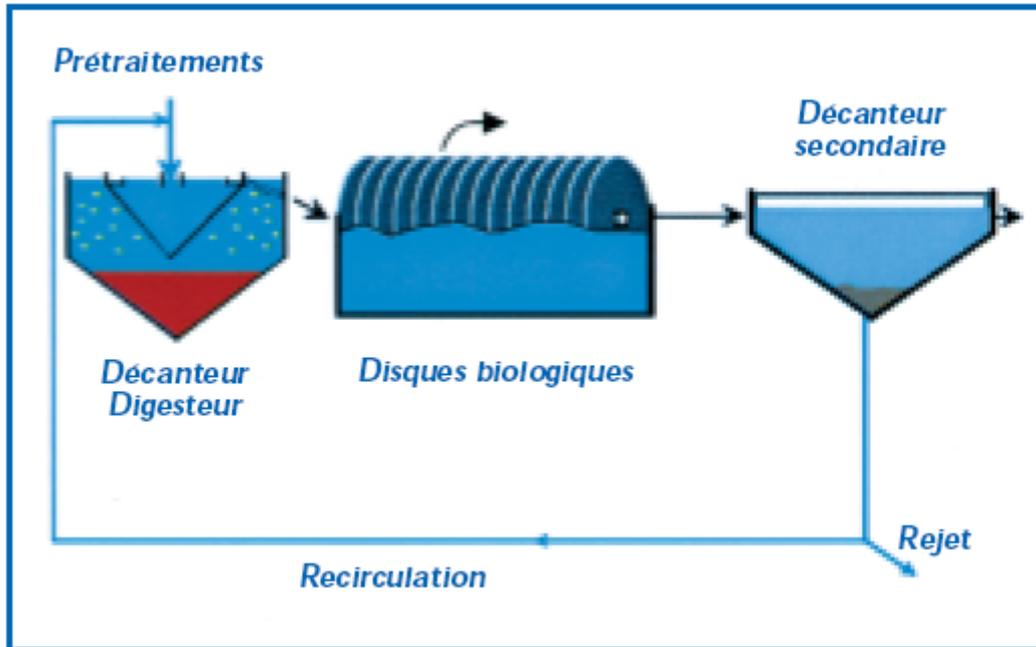


Figure II.10 : Synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique.



Figure II.11 : Disque biologique.

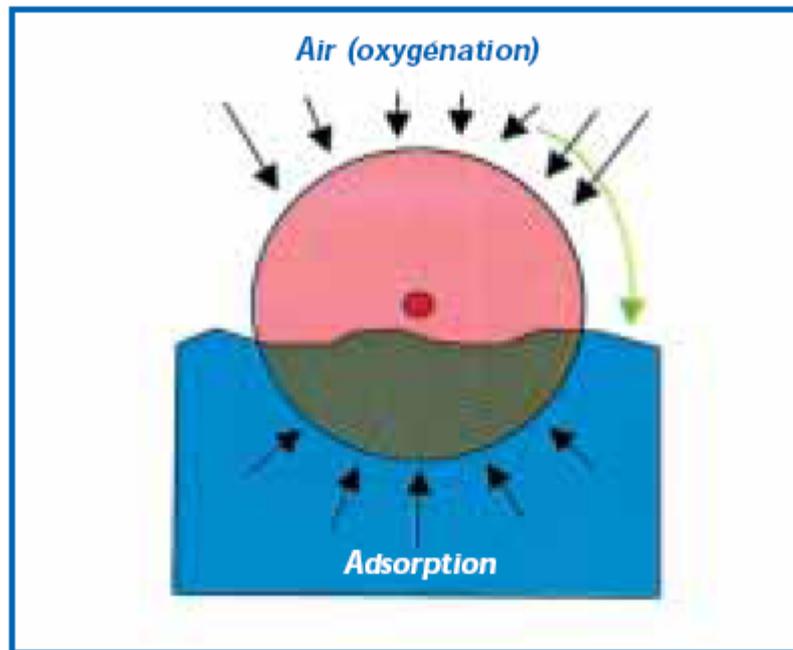


Figure II.12 : Schéma de principe d'un disque biologique.

### II-3-3-1 Présentation du procédé

Le support solide est constitué ici, par un ensemble de disques parallèles régulièrement espacés par un axe commun pour constituer un tambour.

Actuellement, les tambours mis en œuvre comptent de 10 à 200 disques par tambour. Pour des valeurs supérieures, il apparaît des problèmes de flexion de l'arbre support et de mise en œuvre du dispositif.

L'écartement entre les disques est d'environ 2 cm. Les disques plongent, sur la moitié de leur diamètre, dans des cuves semi-cylindriques.

Les disques tournent lentement autour d'un axe horizontal de telle sorte que la culture bactérienne présente sur le support se trouve alternativement au contact de l'eau et de l'air [1].

La vitesse de rotation des disques est également un facteur important car elle doit permettre :

- De ne pas priver la culture d'oxygène par une trop longue immersion.
- De permettre un brassage homogène du liquide afin de favoriser les échanges entre le liquide et la masse bactérienne.
- D'éviter une expulsion de la masse bactérienne par des vitesses de rotation trop élevées.

### II-3-3-2 Technologie des disques biologiques.

Comme les surfaces mises en œuvre sont de plusieurs milliers de  $m^2$ , il importe d'utiliser un matériau léger afin de ne pas rencontrer de difficultés mécaniques et une dépense énergétique trop importante.

Généralement, les disques biologiques ont un diamètre égal à 2 ou 3 m, avec une épaisseur variable entre 7 et 14 mm.

Le tambour dispose de 200 disques au maximum pour permettre à l'arbre de supporter tout le poids imposé, d'autant plus qu'il ne faut pas oublier le poids du gazon biologique qui atteint près de  $6 \text{ kg} / m^2$  pour les deux faces. Un ensemble moto-réducteur assure la rotation des disques. Les disques sont immergés presque jusqu'à l'arbre afin de profiter au maximum de la surface disponible [2].

### II-3-4 Les étangs d'oxydation

Ces dernières années, certaines techniques d'épuration naturelles des eaux déjà anciennes par leur principe, ont fait l'objet d'une mise au point et d'une normalisation qui les remettent en actualité.

En effet, la méthode la plus simple pour épurer les eaux usées est de les rejeter dans des étangs, et de laisser se développer les forces naturelles représentées par la lumière solaire, les bactéries, les algues, la température et surtout le temps.

Ce procédé prend, selon les auteurs, différentes appellations : étang, étang d'oxydation, étang de stabilisation, lagune.

Cette technique ne fait appel qu'à une technologie extrêmement simple, n'exigeant qu'un minimum d'ouvrage et d'appareillages de type industriel, et dont le fonctionnement ne consomme que peu ou pas du tout d'énergie.

#### II-3-4-1 Classement des étangs d'oxydation

On classe généralement les étangs d'oxydation en trois catégories :

- Les étangs aérobies
  - Les étangs anaérobies
  - Les étangs facultatifs
- Les étangs aérobies sont caractérisés par le fait que seuls les organismes aérobies présentent une activité. La dégradation des matières organiques est réalisée par des bactéries et des algues en utilisant les facteurs physiques tels que le vent et la lumière.

- Les étangs anaérobies sont caractérisés par une absence d'oxygène dans le milieu. La dégradation des matières organiques est assurée par des bactéries anaérobies. La profondeur des bassins peut atteindre 4 à 5 m.
- Les étangs facultatifs résultent en une combinaison des deux étangs précédents. La profondeur des bassins est de l'ordre de 1 à 2,5 m. Deux zones sont ainsi observées : une zone aérobie dans la zone supérieure du bassin, et une zone anaérobie dans la partie inférieure.

L'utilisation des algues est différente suivant le traitement désiré, et certains auteurs appellent:

- Lagunage complet lorsque l'installation est directement alimentée d'eau brute non décantée.
- Lagunage secondaire lorsque l'installation est alimentée d'eau décantée
- Et enfin lagunage tertiaire pour une installation alimentée d'un effluent traité suivant un procédé conventionnel (boues activées, lits bactériens).

### II-3-5 Le lagunage aéré

Une lagune aérée utilise le même principe que le lagunage simple dans lequel, l'apport d'oxygène est augmenté par la mise en place d'aérateurs mécaniques. Une lagune aérée est assimilée à un vaste bassin aérobie fonctionnant selon le principe des boues activées à très faible charge.

Il existe deux types de lagunes aérées :

- Les lagunes aérobies dans laquelle on maintient une concentration en oxygène dissous dans tout le bassin.
- Les lagunes facultatives dans laquelle l'oxygène n'est maintenu que dans la partie supérieure du bassin. Une zone Anaérobie est donc présente au fond du bassin [14].



**Figure II.13 : Lagunes aérées.**

### ▪ **Réalisation et Exploitation**

La réalisation est sensiblement identique à celle des étangs d'oxydation. Le problème majeur restant celui d'une éventuelle contamination de la nappe. La nature du sol doit être soigneusement étudiée avant le choix du terrain bien que souvent, on place un revêtement imperméable. Dans ce cas, la lagune perd tout son intérêt économique, d'autant plus que le revêtement peut être réalisé avec différents matériaux comme : béton, films plastiques, feuilles bitumes etc...

L'effet d'érosion du fond doit également être évité surtout lorsque le sol ne possède pas la solidité mécanique désirée.

Le problème des odeurs n'existe pratiquement pas dans les lagunes aérées surtout lorsque le niveau d'eau est au minimum égal à 1 m au dessus du fond. En été, où les températures sont élevées, il est conseillé de maintenir un niveau d'eau de 2 m.

L'utilisation du lagunage aéré comme procédé extensif de traitement des eaux peut assurer d'excellents résultats s'il a été convenablement dimensionné [1].

**II-3-6 Le traitement physico-chimique :** appliqué aux matières non organiques (non biodégradables).

Ils utilisent des moyens physiques (décantation, flottation, filtres et membranes) et/ou des produits chimiques, notamment des coagulants (Chlorure ferrique, Sulfate d'aluminium...) et des flocculants. On les utilise pour certains effluents industriels (toxiques) ou lorsque l'on doit gérer des variations rapides des flux à traiter (cas des stations d'épuration de communes touristiques, ou lorsque avec un réseau unitaire on veut faire face à l'arrivée d'eau de pluie).

Ils consistent à transformer chimiquement les éléments polluants non touchés par le traitement biologique [12].

Parmi les plus courants :

#### ▪ **La Coagulation :**

La coagulation est le phénomène de déstabilisation des particules colloïdales, consistant en la neutralisation de leurs charges électriques, par addition de réactifs chimiques appelés coagulants

#### ▪ **La floculation :**

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact. La floculation a pour objectif d'augmenter le contact entre particules, ce contact est provoqué par la différence de vitesse entre ces particules colloïdales. Cette vitesse est, soit due au mouvement brownien des particules, soit à l'agitation mécanique extérieure amenant les flocons à une taille suffisamment grande pour décanter.

#### ▪ **L'osmose inverse :** Est une filtration qui permet de concentrer les matières polluantes.

## II-4 Traitement tertiaire

Au terme du traitement secondaire, l'eau, débarrassée des éléments qui la polluaient, est épurée à 90%. Elle peut alors être rejetée à la rivière qui achève de résorber la pollution grâce au processus de l'épuration naturelle.

Actuellement, il existe de nombreuses techniques de désinfection visant à améliorer la qualité bactériologique des rejets afin de protéger les milieux récepteurs sensibles.

Il s'agit notamment de : la désinfection par le chlore ou autre produits oxydants (ozone), le traitement de l'azote et du phosphore [2].

### II-4-1 Chloration

Cette technique est actuellement la plus employée pour la désinfection des eaux usées.

Elle s'opère par injection de chlore (gazeux  $Cl_2$  ou hypochlorite de sodium  $NaOCl$ ) ou de bioxyde de chlore  $ClO_2$  sur une eau préalablement épurée et clarifiée.

Le chlore; dont les effets bactéricides, germicides et algicides sont reconnus; permet une élimination à 99,9% des germes pathogènes. Cependant il est moins efficace sur les virus et protozoaires ou pour des PH supérieurs à 7,5 et difficile à stocker lorsqu'il se trouve à l'état gazeux.

Le bioxyde de chlore beaucoup moins réactif permet d'éviter la formation de chloramines et haloformes tout en présentant une efficacité désinfectante supérieure (notamment sur les virus) en un temps de contact beaucoup plus court. Cependant l'instabilité de ce composé impose sa production sur le lieu d'utilisation rendant sa mise en œuvre délicate et onéreuse.

Signalons que dans les petites stations de traitement, c'est plutôt les hypochlorites qui sont utilisés, car c'est des produits faciles à manipuler et font courir moins de danger aux opérateurs [16].

### II-4-2 L'ozonation

L'ozone  $O_3$ , oxydant puissant, est un désinfectant particulièrement efficace qui permet d'éliminer les bactéries, certains virus, protozoaires et les traces de médicaments dans les eaux usées. Il est généré in situ par décharge électrique sur l'oxygène pur ou contenu dans l'air.

Ce procédé est généralement utilisé après une épuration biologique des effluents par boues activées permettant de réduire la matière organique sur laquelle l'ozone réagit fortement pour former des aldéhydes et cétones toxiques pour le milieu marin, le rendant moins efficace.

Malgré son efficacité remarquable, l'ozonation est un procédé peu utilisé puisqu'il nécessite des apports importants de réactif chers à l'achat et onéreuse puisque elle est liée directement à l'utilisation de l'énergie électrique [13].

### II-4-3 Traitement par UV

La production d'UV est réalisée par des lampes contenant un gaz inerte et des vapeurs de mercure. Le passage d'un courant électrique provoque l'excitation des atomes de mercure qui émettent en retour des rayons de longueur d'onde comprise entre 240 et 270 nm.

L'irradiation par une dose suffisante de rayonnement UV permet la destruction des bactéries, virus, germes, levures, champignons, algues... etc. Les rayonnements UV ont la propriété d'agir directement sur les chaînes d'ADN des cellules et d'interrompre le processus de vie et de reproduction des micro-organismes.

Ce traitement est très efficace puisqu'il n'entraîne pas l'apparition de sous-produits de désinfection toxique pour le milieu naturel contribuant à la sauvegarde des zones aquatiques sensibles [14].

### II-4-4 Elimination de l'azote et du phosphore

Les procédés biologiques ont réalisé, ces dernières années, de grands progrès permettant d'atteindre une efficacité remarquable dans l'élimination des matières organiques, de l'azote et du phosphore.

Pour des eaux usées domestiques, traités dans une station non surchargée, le taux d'élimination des composés azotés et phosphorés est de l'ordre de 10 % lors de la décantation primaire.

L'épuration biologique par boues activées ou par lit bactérien permet d'atteindre 45 — 95 % de réduction de l'azote. Si l'élimination du phosphore par voie biologique se fait par assimilation dans des proportions bien définies, celle de l'azote est plus complexe et engage diverses réactions toutes dépendantes de facteurs tels que la nature des boues, la charge organique appliquée etc...

#### ➤ Elimination du phosphore

Le cycle du phosphore est plus fermé que celui de l'azote, en ce sens qu'il n'y a pas de pertes d'éléments phosphorés par vaporisation et la fixation des ions  $\text{PO}_3^{-4}$  par voie physico-chimique est plus importante.

Le cycle du phosphore n'est pas encore suffisamment approfondi pour être certain des réactions microbiologiques qui ont lieu.

Il y a intervention des micro-organismes dans les deux sens :

- 1 - l'assimilation du phosphore minéral.
- 2 - la minéralisation du phosphore organique.

Actuellement, un des procédés les plus prometteurs est la précipitation du phosphore dans le bassin d'aération, par addition de sels de fer ou d'aluminium. Il est vrai également que

l'addition de réactifs chimiques facilite la décantation des boues dans les décanteurs secondaires.

### ➤ **Élimination de l'azote**

L'azote est présent dans l'air, dans le sol, et dans les eaux sous diverses formes dont les combinaisons chimiques et biologiques conduisent à des produits de réactions très différentes.

Il existe des transformations biochimiques entre les différentes formes d'azote dans le milieu naturel. Les étapes importantes de cette élimination sont :

- L'assimilation : utilisation de l'azote ammoniacal et éventuellement organique pour les synthèses bactériennes.
- L'ammonification : transformation de l'azote organique en azote ammoniacal.
- La nitrification : oxydation de l'azote ammoniacal en nitrites puis en nitrates.
- La dénitrification : réduction des nitrates en azote gazeux qui retourne à l'atmosphère.

## **II-5 Traitement des boues**

Il n'existe pas de traitement d'épuration d'eau qui n'aboutisse à la production de résidus concentrés contenant les matières de pollution et les produits de transformation insolubles. Ces résidus appelés boues, ont diverses origines. Il convient de les traiter d'une manière rationnelle, économique, sans pour autant conduire à d'autres nuisances.

Selon leur origine, les boues ont une composition différente qu'elles proviennent d'un traitement d'eau potable, d'un procédé physico-chimique ou biologique, d'une eau usée urbaine ou industrielle.

La nature de la boue est donc liée à la composition de l'effluent traité, et aussi aux techniques de traitement utilisées.

On peut distinguer deux types de boues :

- les boues à caractère essentiellement minéral ou assimilable
- les boues à caractère organique.

Dans une station d'épuration d'eau usée urbaine, la récupération des boues provient :

- du prétraitement
- du décanteur primaire
- du décanteur secondaire

Les volumes importants occasionnés par les boues ont conduit les traiteurs à tenter dans une première phase, à réduire ces volumes. Il s'agit de choisir un mode de traitement qui, sans nuisance supplémentaire, atteigne l'objectif de réduction des volumes de boues.

### **II-5-1 Epaissement des boues**

L'épaississement constitue, en fait, le premier stade de la réduction de volume des boues.

Deux techniques sont le plus souvent utilisées pour l'épaississement :

- La décantation ou sédimentation.
- La flottation.

#### **II-5-1-1 Principe de l'épaississement**

L'épaississement consiste à séparer par gravité (décantation) ou par flottation, l'eau interstitielle des particules de boues. L'épaississement permet d'augmenter le temps de séjour des boues dans le digesteur, en raison de la réduction de volume qu'il occasionne.

Il présente divers avantages :

- Amélioration du taux de réduction des matières organiques.
- Amélioration des rendements des dispositifs de déshydratation et de séchage.
- Soulage les décanteurs primaires et évite tout risque de fermentation des boues.

#### **II-5-1-2 Epaissement par gravitation**

Cette technique consiste à introduire la suspension boueuse dans un ouvrage appelé épaisseur de façon à permettre une concentration des boues au fond de l'ouvrage. La hauteur de boues doit être telle qu'elle évitera toute turbulence dans l'appareil. Le temps de séjour des boues est assez élevé et il est de l'ordre de 10 - 15 jours. Cependant, selon la nature de la boue le temps de séjour peut descendre à 5 jours afin d'éviter les phénomènes de fermentation.

Une fois concentrées, les boues sont retirées de l'appareil et alimentent les autres maillons de la chaîne de traitement.

Ce type de dispositif possède un système de mécanisation permettant le recyclage et l'agitation lente du processus.

L'avantage d'un tel ouvrage réside en une facilité du glissement des boues épaissies vers la fosse centrale dont laquelle les boues sont extraites. L'eau interstitielle est évacuée au moyen d'une herse verticale solidaire du racleur de fond et de l'écumeur de surface.

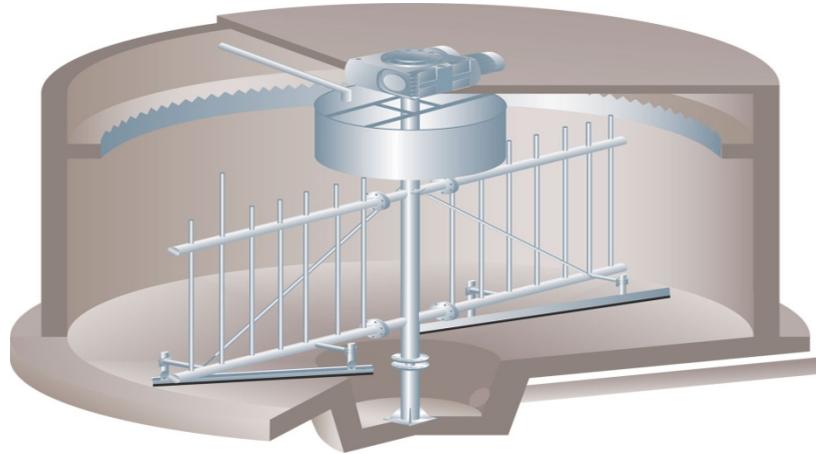
#### **II-5-1-3 Epaissement par flottation**

Cette technique consiste à diminuer la masse apparente de la boue par adsorption de fines bulles de gaz et d'en provoquer l'entraînement vers la surface.

La mise en place de ce dispositif d'épaississement permet :

- D'appliquer des charges spécifiques plus importantes.
- De réduire les dimensions de l'ouvrage.
- D'obtenir des boues plus épaisses que par l'épaississement gravitaire.

L'épaississement par gravitation se signale par sa faible dépense d'énergie alors que l'épaississement par flottation nécessite des frais d'exploitation plus importants.



**La figure II.14 : Epaisseur.**

### **II-5-2 Stabilisation des boues**

La stabilité des boues est obtenue, lorsque les matières organiques contenues dans les boues n'évoluent plus en dégageant par exemple, des odeurs émanant du processus de fermentation. Il suffit de contrôler cette phase par une diminution des matières organiques fermentescibles présentes dans les boues.

#### **a. Stabilisation aérobie**

La stabilisation aérobie des boues consiste en une minéralisation aboutissant à une oxydation très poussée des boues.

Elle est réalisée dans des ouvrages appelés digesteurs qui sont alimentés :

- soit en continu
- soit par cuvée, c'est à dire par alimentation intermittente.

L'avantage de ce procédé réside dans la simplicité de son fonctionnement, de sa conception et de son suivi. Le surnageant récupéré après la stabilisation des boues, est renvoyé en tête de station. Sa DBO ne représente plus qu'une faible pollution et ne perturbe pas l'épuration.

L'inconvénient majeur d'un tel système est qu'il consomme de l'énergie ajoutée aux dépenses énergétiques globales de la station [1].

**b. Stabilisation anaérobie.**

Dans ce procédé, la dégradation des matières organiques est réalisée par des bactéries anaérobies. La digestion anaérobie est donc une fermentation en absence d'oxygène qui permet de stabiliser les matières organiques en les transformant, le plus souvent, en gaz méthane et en gaz carbonique. On admet que la digestion anaérobie comprend deux phases:

- une première phase au cours de laquelle, des acides volatils sont formés par des bactéries acidifiantes.
- une deuxième phase qui est une phase de gazéification réalisée par des bactéries méthanogènes. Des espèces particulières transforment ces acides en méthane et gaz carbonique.

**▪ Réalisation des digesteurs.**

Dans cet ouvrage, la concentration des boues et la digestion ont lieu parallèlement. On distingue trois zones dans un tel digesteur:

- une zone inférieure constituée de boues digérées.
- Une zone intermédiaire constituée de boues en cours de digestion.
- Une zone supérieure constituée par la phase aqueuse et le chapeau formé.

Suivant les dispositifs, l'évacuation des gaz se fait à l'aide d'une cloche à gaz ou par pompage.



**La figure II.15 : Digesteur.**

### II-5-3 Conditionnement des boues

Le but du conditionnement est de modifier les forces de cohésion internes de la boue afin de libérer l'eau liée aux particules.

On peut définir, en général, une boue suivant deux paramètres :

- Sa résistance spécifique à la filtration.
- Son facteur de compressibilité.

Le conditionnement aura pour but essentiel de diminuer la valeur de ces deux paramètres et d'augmenter la concentration finale des boues à traiter.

On distingue deux types de conditionnement les plus souvent utilisés :

- Le conditionnement chimique.
- Le conditionnement thermique.

### II-5-4 Déshydratation des boues

La déshydratation des boues est réalisée de deux manières :

- en faisant appel aux éléments naturels ou encore,
- par des procédés mécaniques.
- par centrifugation.

#### II-5-4-1 Déshydratations naturelle

Le séchage des boues sur des lits de sable réside en deux temps :

Dans un premier temps, se fait une filtration de l'eau à travers le support, par des forces à très faible pression qui sont essentiellement des forces gravitaires. L'eau est recueillie par un système de drains disposés à la base du lit. Le temps de cette première phase est relativement rapide puisqu'il est de 1 jour pour les boues primaires et de 4 -5 jours pour un mélange de boues primaires et de boues activées.

Dans un deuxième temps, a lieu l'évaporation de l'eau liée, en faisant appel à des forces extérieures comme les conditions météorologiques. L'apparition de fissures augmente la surface de contact avec l'atmosphère qui se traduit par une évaporation plus intense.

Cette deuxième phase dépend de divers facteurs tels que la température, l'humidité relative de l'air au contact de la boue, de l'épaisseur de la boue et de ses propriétés physico-chimiques.

### **II-5-4-2 Déshydratations mécanique**

Les mécanismes principaux de la déshydratation mécanique sont:

- la filtration sous vide.
- la filtration sous pression.
- les filtres à bande.

#### **a. La filtration sous vide**

C'est le procédé le plus utilisé pour la déshydratation des boues. Il existe diverses techniques de filtration sous vide dont le plus important est le filtre à tambour rotatif. C'est un filtre à aspiration. Le tambour est constitué de compartiment qui, dans leur partie inférieure baignent dans la boue à filtrer, alors que les compartiments ne contenant pas de boues restent sous vide. Ceux qui se présentent de nouveau à l'immersion sont soumis à une pression d'air qui favorise le décrochage du gâteau.

#### **b. Les filtres sous pression**

Cette technique permet d'extraire l'eau libre et l'eau interstitielle contenue dans les boues.

Les filtres sous-presse sont moins encombrants que les filtres sous vide.

Le grand avantage du filtre-presse est qu'il est le seul dispositif permettant d'assurer une filtration sous forte pression et d'atteindre des siccités élevées.

Les inconvénients sont la discontinuité de l'alimentation qui implique de prévoir un stockage de la matière première, la nécessité d'une main d'œuvre importante pour le nettoyage des plaques et le remplacement des toiles.

#### **c. Les filtres à bande**

Cette technique consiste à déshydrater les boues entre une bande presse et une bande filtrante.

La boue subit trois traitements successifs : floculation, égouttage, et compression. Il s'agit de fabriquer une boue floculée permettant un drainage rapide et une cohésion suffisante pour résister à la compression.

### **II-5-4-3 Centrifugation des boues**

La centrifugation est une technique de séparation des phases liquides - solides dont le principe relève de la loi de la pesanteur et elle est basée sur l'action de la force centrifuge.

#### **II-5-4-4 Principe de fonctionnement des centrifugeuses**

Les boues liquides sont admises dans le bol conique, cylindrique ou cylindro-conique, par l'arbre creux de l'appareille et à l'aide des tuyères d'alimentation. Lorsque la centrifugeuse est

mise en marche, les boues, sous l'action de la force centrifuge, sont projetées sur les parois du bol, permettant une séparation solide – liquide.

Le surnageant est évacué par un déversoir alors que les solides sont repris par le transporteur, dirigés vers l'autre extrémité du bol et déchargés par un orifice.

- La centrifugation est une technique offrant divers avantages :
  - rendement d'extraction élevé (50 %) variable selon la nature de la boue et son conditionnement.
  - siccité maximales obtenues.
  - coût d'investissement faible.
  - facilité d'exploitation.
  - économie de surface au sol.
  - absence de nuisances particulières ou propres à cette technique.



**La figure II.16 : Centrifugeuse.**

### **II-5-5 Devenir des boues**

Après le traitement chimique et mécanique, les boues contiennent encore de l'eau et des matières fermentescibles qui empêchent une utilisation agricole de ces boues dans certaines conditions. Une des solutions consiste à les brûler dans des incinérateurs.

#### **II-5-5-1 Principe de l'incinération**

Il s'agit de transformer les constituants organiques des boues, en produits stables tels que: CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O etc..., et également de vaporiser l'eau que les boues contiennent.

### **II-5-5-2 Mise en œuvre de l'incinération**

L'incinération des boues conduit nécessairement à un résidu de cendres inertes ne contenant que des matières minérales.

La combustion des boues a lieu en présence d'oxygène et à une température de l'ordre de 700° c.

Après séchage, les boues sont dans un premier temps soumises à une température de 100°c afin d'évaporer l'eau interstitielle. Dans un second temps, on procède à l'évaporation de l'eau liée et celle de l'air. Les boues sont ensuite soumises à une température élevée très proche ou égale à leur point d'ignition.

Les gaz libérés lors de la combustion sont dépoussiérés avant leur évacuation dans l'atmosphère. Ce dépoussiérage est réalisé dans des systèmes mettant en œuvre un dépoussiérage électrostatique [1].

### **Conclusion**

Les stations d'épurations permettent alors de limiter la pollution des eaux en passant par plusieurs dispositifs successifs qui permet une élimination progressive de la quasi-totalité de la pollution et une réutilisation des eaux épurées et même des boues d'épurations à d'autres fins.

## Chapitre III : Présentation de la station d'épuration de Baraki

### III.1 Présentation

#### III.1.1 Historique

Sur la base du Schéma Général d'Assainissement d'Alger élaboré en 1975 par le Consortium Kittelberger Inco (CKI) a été défini un Plan Directeur d'Assainissement des eaux usées dans le Grand Alger, approuvé par Décret Présidentiel en mars 1976. Ce plan définit les grandes lignes du système d'assainissement d'Alger : limites des bassins versants de traitement des eaux usées ; tracé des collecteurs principaux ; implantation des stations de relevage et de traitement des eaux résiduaires. Il prévoyait notamment l'implantation de trois stations d'épuration pour desservir la zone du projet : celle de El Harrach (Baraki) pour la partie centrale et celles de Beni Messous et Reghaia respectivement pour les secteurs Ouest et Est.

Une première tranche de ce plan a été mise à exécution dans les années 1980. Elle portait sur la construction de collecteurs, d'intercepteurs, de stations de relevage et de la première étape de la station de Baraki qui, devant traiter à terme plus de 60% de la charge polluante totale, est de loin la plus importante [6].

Les principales étapes des études et de la construction de la station ont été les suivantes :

- Mars 1976: Projet définitif : Station d'épuration d'El Harrach (Baraki) pour le bassin versant central d'eaux usées de l'agglomération d'Alger.
- Janvier 1977: Dossier d'Appel d'Offres international pour la première tranche d'aménagement de la station d'épuration d'eaux usées d'El Harrach.
- 1982: Attribution du marché à l'entreprise française O T V , avec une proposition de construction modifiée par rapport à la solution de base du dossier d'Appel d'Offres.
- 1989: Mise en service de la station.

#### III.1.2 Description et caractéristiques

La station d'épuration de Baraki est du type boues activées à moyenne charge. Elle comporte une filière complète de traitement des boues avec épaissement, digestion anaérobie, déshydratation et séchage.

La capacité nominale de traitement de la première tranche est de 750 000 équivalents-habitants. Selon le Plan Directeur d'Assainissement, il est prévu d'étendre la station par l'adjonction de 3 tranches de traitement supplémentaires similaires, pour porter à terme la capacité totale à 3 millions d'EH. Le génie civil des ouvrages de relèvement et de dégrillage, le local groupe électrogène et les bâtiments d'exploitation sont dimensionnés dès l'origine pour la capacité de traitement ultime.

La station comporte les principaux ouvrages suivants :

- Filière de traitement des eaux :
  - Relèvement par vis d'Archimède en deux étages successifs.
  - Dégrillage automatique vertical en deux files parallèles équipées chacune d'une grille grossière et d'une grille fine. Evacuation automatique des refus de dégrillage par convoyeur dans une benne.
  - Dessableur-dégraisseur aéré rectangulaire en deux files parallèles avec racleur et écrémage automatique. Extraction des sables par pompage suivi d'un classificateur à sable, et convoyage des refus de dégrillage vers les bennes de stockage. Stockage des graisses dans une bache intégrée à l'ouvrage et extraction par pompage.
  - Deux décanteurs primaires circulaires avec racleur de fond et de surface.
  - Deux bassins d'aération à insufflation d'air avec mélangeurs statiques.
  - Quatre clarificateurs circulaires à pont sucé et raclage de surface.
  - Recirculation des boues par vis d'Archimède.
  - Traitement complémentaire : bassin de chloration destiné à la désinfection des eaux traitées en vue d'une valorisation en irrigation pour l'agriculture.
  
- Filière de traitement des boues :
  - Deux épaisseurs raclés alimentés par les boues fraîches primaires et les boues en excès.
  - Digestion anaérobie des boues, comprenant deux digesteurs primaires brassés et chauffés et un digesteur secondaire brassé par des agitateurs.
  - Un gazomètre pour stockage des gaz de digestion. Le biogaz sert à couvrir les besoins en énergie nécessaire pour le chauffage des digesteurs et sert également d'appoint pour le séchage thermique des boues.
  - Déshydratation mécanique des boues par quatre filtres-presses.
  - Conditionnement des boues au chlorure ferrique et à la chaux.
  - Séchage thermique des boues dans deux sècheurs rotatifs.
  
- Bâtiments :
  - Bâtiment administratif et technique
  - Atelier - Garage
  - Local des groupes électrogènes
  - Bâtiment de dégrillage
  - Local production d'air et transformateur
  - Bâtiment de déshydratation des boues
  - Poste de livraison électrique

### a. Capacité et niveaux de traitement

- Bases de dimensionnement

Le tableau suivant présente les principales valeurs de dimensionnement de la station d'épuration pour la première tranche existante et celles définies à terme pour l'horizon 2000:

**Tableau III-1 : Bases de dimensionnement de la station (étude de 1983).**

	Unité	Valeurs 1983 1 <sup>ère</sup> tranche	Valeurs Horizon 2000
<b>Capacité de traitement :</b>			
Pollution domestique	hab.		2 000 000
Pollution industrielle	EH		1 000 000
Total	EH	750 000	3 000 000
<b>Débits :</b>			
Débit journalier de temps sec	m <sup>3</sup> /j	149 040	596 160
Débit moyen de temps sec	m <sup>3</sup> /h	6 210	24 840
	m <sup>3</sup> /s	1,72	6,90
Débit de pointe de temps sec	m <sup>3</sup> /h	7 920	31 680
	m <sup>3</sup> /s	2,20	8,80
Débit de pointe de temps de pluie (2 X Q <sub>pts</sub> )	m <sup>3</sup> /h	15 840	63 360
	m <sup>3</sup> /s	4,40	17,60
<b>Charge de pollution</b>			
DBO <sub>5</sub>	kg/j	45 000	180 000
DCO	kg/j	75 000	300 000
MES	kg/j	67 500	270 000

La première tranche représente ainsi, avec une capacité de traitement de 750 000 EH pour un débit journalier de 150 000 m<sup>3</sup>/j, le quart de la capacité estimée de la station à horizon 2000.

Toutefois, les bâtiments et locaux techniques ainsi que certains ouvrages de la première tranche ont été dimensionnés au niveau du génie civil pour la capacité de traitement finale. Il s'agit des postes de relèvement, du dégrillage et de l'ouvrage de répartition.

- Niveaux de traitement

Les valeurs limites de qualité des eaux épurées, en fonction des exigences du milieu récepteur - l'oued El Harrach - et correspondant aux valeurs de traitement garanties pour la station, sont les suivantes :

**Tableau III-2 : Valeurs limites de qualité des eaux épurées.**

	Par temps sec		Par temps de pluie	
	Valeur instantanée	Valeur moyenne sur 24 heures	Valeur instantanée	Valeur moyenne sur 24 heures
DBO5 (mg/l)	30	20	40	30
DCO (mg/l)	120	100	150	120
MES (mg/l)	30	20	40	30

#### **b. Caractéristiques principales des ouvrages de traitement**

- Filière de traitement des eaux :

##### Alimentation de la station :

L'alimentation de la station est assurée par trois collecteurs du réseau d'assainissement aboutissant en entrée de station :

- Les collecteurs Rive Gauche et Harrach Industriel, au poste de relèvement n° 1 au Nord de la station.
- Le collecteur Baba Ali qui arrive au Sud de la station et la traverse pour aboutir au poste de relevage n° 2.

##### Poste de relèvement n°1 (PR 1) :

Il assure le relèvement des effluents apportés par les collecteurs Rive Gauche et Harrach Industriel, de la cote 0,43 m NGA à 9,50 m NGA. Il est équipé de deux vis d'un débit unitaire de 2 300 l/s et d'une vis de 4 000 l/s. Un emplacement est réservé pour l'extension de la capacité de relevage par l'adjonction d'une seconde vis de 4 000 l/s.

L'ouvrage de réception est constitué d'une fosse à bâtards destinée à retenir les matières volumineuse véhiculées par les effluents. Celles-ci sont extraites à l'aide d'un pont portique roulant équipé d'un grappin qui couvre les deux postes de relevage.

##### Poste de relèvement n°2 (PR 2) :

Il assure le relèvement de l'ensemble des effluents de la cote 9,50 m NGA à 15,40 m NGA. Il comprend deux vis d'un débit unitaire de 2 400 l/s et une vis de 4 000 l/s. Le génie civil réserve une extension par deux vis de 2 400 l/s et une vis de 4 000 l/s supplémentaires.

L'ouvrage de réception comporte également une fosse à bâtards desservie par le même

portique roulant que le PR 1.

Les deux postes de relèvement sont équipés, dans le local des moteurs, de poutres roulantes de 6,3 tonnes pour la manutention des moto-réducteurs des vis d'Archimède.



**La photo III.1 : Poste de relèvement.**

#### Dégrillage :

Il comprend deux files de dégrillage parallèles, qui comportent chacune une grille grossière (espacement des barreaux : 60 mm) suivie d'une grille fine (espacement : 20 mm), toutes deux verticales, mécanisées et à nettoyage automatique. Les caractéristiques des canaux sont les suivantes :

- largeur : 2,00 m
- profondeur : 4,40 m
- hauteur d'eau : 4,00 m

Deux autres canaux de dégrillage non équipés sont en attente pour la situation future.

Les refus de dégrillage sont évacués vers un transporteur à bennes pour leur évacuation.

L'ensemble du poste de dégrillage est localisé dans un bâtiment. Il est desservi par une poutre roulante de 3,2 tonnes pour la maintenance des dégrilleurs.

En aval du poste de dégrillage se trouve le by-pass général de la station ainsi qu'un ouvrage de répartition.



**Photo III.2: Dégrilleur.**

Dessablage-dégraissage :

Les opérations de dessablage et déshuilage sont combinées dans un ouvrage rectangulaire composé de deux chambres parallèles, aéré par insufflation d'air. Les caractéristiques essentielles de l'ouvrage sont les suivantes :

- Longueur : 40 m
- Largeur: 8 m
- surface utile : 320 m<sup>2</sup>
- Volume : 1 330 m<sup>3</sup>

L'ouvrage est équipé d'un pont roulant motorisé muni de racleurs de fond et de surface. Les sables collectés dans une fosse en tête de l'ouvrage sont extraits par pompage puis triés et lavés par un classificateur à sables avant d'être rejetés dans les bennes de stockage des refus de dégrillage. Les graisses sont collectées dans une bêche en extrémité de l'ouvrage puis extraites par pompage.



**Photo III.3: Dessableur-Dégraisseur.**

### Décantation primaire :

Elle est assurée dans deux décanteurs circulaires avec racleurs de fond et de surface à entraînement périphérique. Les principales caractéristiques des ouvrages sont les suivantes :

- Diamètre : 51 m
- Surface unitaire : 2 042 m<sup>2</sup>
- Hauteur droite : 2,50 m
- Volume utile unitaire : 5 100 m<sup>3</sup>

Un second ouvrage de by-pass des effluents est localisé en aval des décanteurs primaires.



**Photo III.4 : Décanteur.**

### Local pompes à boues fraîches :

Il comprend trois groupes moto-pompes de transfert des boues fraîches récupérées au fond des décanteurs vers les épaisseurs.

### Bassin d'aération :

Le bassin d'aération, scindé en deux compartiments de traitement, a pour dimensions :

- Longueur : 63 m
- Largeur : 2 x 42 m
- Hauteur d'eau : 6,80 m
- Volume total : 36 000 m<sup>3</sup>

L'aération est assurée par insufflation d'air en douze points du bassin à l'aide d'aérateurs de type POLCON. Ces aérateurs sont constitués de mélangeurs statiques sous forme de tubes fixés au fond du bassin, contenant une hélice fixe. L'air injecté à la base du tube à pour effet de créer un mouvement d'eau à travers le mélangeur dans lequel est effectué le mélange air/boues.



**Photo III.5 : Bassin d'aération.**

Production d'air :

La production d'air nécessaire à l'aération est assurée par trois turbo-compresseurs. Le réglage du débit d'air est réalisé par un diffuseur variable commandé par un servo-moteur.

Clarification :

Elle est assurée par quatre clarificateur circulaires raclés avec extraction des boues par succion.

Les principales caractéristiques des ouvrages sont les suivantes :

- Diamètre : 60m
- Surface unitaire : 2827 m<sup>2</sup>
- Hauteur droite : 3,15 m
- Volume utile unitaire : 8 900 m<sup>3</sup>



**Photo III.6 : Clarificateur.**

Traitement complémentaire :

Il comprend un poste de chloration et un bassin de contact avec trois couloirs destinés à la désinfection des eaux épurées. Le bassin a pour caractéristiques :

- Longueur : 45 m
- Largeur : 3 x 6 m
- Volume : 2 100 m<sup>3</sup>

Le stockage du chlore est réalisé dans quatorze fûts d'une capacité totale de 800 L



**Photo III.7 : Bassin de chloration.**

### Ouvrage de rejet :

Les eaux épurées sont rejetées dans l'oued El Harrach par l'intermédiaire d'une galerie de 4 x 4m équipée au niveau de l'exutoire d'un ouvrage assurant une aération des eaux traitées par turbulence et le rejet dans l'oued.

### Recirculation et extraction des boues :

La recirculation des boues est assurée par deux vis d'Archimède, dont une en secours, d'un débit de 875 l/s.

L'extraction des boues mixtes en excès vers les épaisseurs est réalisée par trois pompes.

- Filière de traitement des boues :

### Épaississement des boues

Il est réalisé dans deux épaisseurs raclés ayant les caractéristiques suivantes :

- Diamètre : 28 m
- Surface unitaire : 615 m<sup>2</sup>
- Hauteur : 3,00 m
- Volume unitaire : 1 848 m<sup>3</sup>



**Photo III.8 : Epaisseur.**

### Pompage des boues épaissies :

Les boues épaissies sont préalablement broyées, puis reprises par pompage pour être transférées vers le digesteur primaire.

### Digestion primaire :

Le premier stade de digestion est réalisé dans deux ouvrages ayant les caractéristiques suivantes :

- Diamètre : 36 m
- Surface unitaire : 1 017 m<sup>2</sup>
- Hauteur d'eau : 10,20 m
- Volume utile unitaire : 12 000 m<sup>3</sup>

Les boues à digérer sont mélangées par brassage mécanique par des hélico-mélangeurs.

### Digestion secondaire :

La digestion secondaire est réalisée dans un digesteur présentant les mêmes caractéristiques que les digesteurs primaires.

L'étape de digestion comporte en outre deux chaudières fonctionnant au gaz de digestion avec du gasoil en secours, et deux échangeurs thermiques eau/boue pour le chauffage des boues à digérer à une température de 30 à 35 °C.



**Photo III.9 : Digesteurs.**

### Gazomètre :

Le gazomètre servant au stockage du biogaz est un ouvrage en béton armé avec une cloche en tôle d'acier formée, à guidage hélicoïdal, de 25,50 m de diamètre et d'une capacité de 3 000 m<sup>3</sup>.

A proximité, une torchère sert à brûler les gaz en excès.

### Déshydratation des boues :

La déshydratation mécanique des boues est réalisée à l'aide de quatre filtres-presses, dont un en secours, avec un conditionnement préalable des boues au chlorure ferrique et à la chaux. Les filtres-presses ont les caractéristiques unitaires suivantes :

- Volume : 8 280 L
- Surface filtrante : 582 m<sup>2</sup>
- Nombre de plateaux : 150
- Dimension des plateaux : 1,5 x 1,5 m
- Épaisseur des gâteaux : 30 mm

Le bâtiment de déshydratation est desservi par un pont-roulant de 5 tonnes pour la manipulation des équipements.

La chaux est stockée dans trois silos de 800 m<sup>3</sup> de capacité unitaire et le chlorure ferrique dans cinq conteneurs de 100 m<sup>3</sup> chacun.

#### Silo de stockage des boues déshydratées :

Après déshydratation, les boues sont transportées par un ensemble de convoyeurs à chaîne et à vis jusqu'au silo de stockage de 100 m<sup>3</sup>.

#### Séchage thermique des boues :

Le séchage des boues est réalisé dans deux sècheurs rotatifs de 1,72 m de diamètre et 12 m de long. Le séchage est réalisé au gaz naturel, avec en appoint du biogaz de digestion.

#### Silo à boues séchées :

Les boues séchées sont stockées dans un silo de 100 m<sup>3</sup>.

## III.2 Etat des ouvrages et équipements

### III.2.1 Situation de l'exploitation de la station

L'exploitation de la station d'épuration de Baraki a débuté en janvier 1989 sous l'autorité de l'EPEAL. Pendant la période de garantie qui s'est étendue sur les trois premières années, l'EPEAL a été assistée par l'entreprise OTV qui a conçu et réalisé les ouvrages.

Dès le début, l'exploitation s'est heurtée à des difficultés importantes. Ainsi, en juin 1989 ont été constatés d'importants dépôts de sable dans le canal en amont de la station de dégrillage. Pour pouvoir évacuer ces dépôts, la station a été by-passée pendant 22 jours.

De novembre 1989 et jusqu'en janvier 1992, la station n'a fonctionné que pendant les heures normales de service, c'est-à-dire de 8h00 du matin à 17h00 du soir. A partir de 17h00, même les stations de relevage sont arrêtées. Cette opération avait pour but de diminuer la charge de la station pour pouvoir exécuter des travaux d'entretien et de réparation.

La station a, de nouveau, été entièrement mise à l'arrêt en juillet 1993 pour pouvoir effectuer un bilan de l'état des ouvrages et des équipements et effectuer les travaux de réparation les plus urgents. La filière de traitement des eaux a été remise en service en octobre 1993, sans un avancement significatif des travaux de réhabilitation, pour être arrêtée à nouveau en décembre 1993. Hormis un épaisseur, la filière de traitement des boues est restée à l'arrêt depuis cette période en raison notamment des endommagements de la cloche du gazomètre qui rendaient cet ouvrage inutilisable.

Pendant la durée de l'arrêt de la station, couvrant l'année 1994 et jusqu'à juillet 1995, la majorité des équipements ont été mis à l'arrêt et la plupart des ouvrages ont été vidés (décanteurs, bassins d'aération, clarificateurs, ...). Dans le souci de préserver les ouvrages et les équipements, il a été décidé de remettre en service la filière eau au début du quatrième trimestre de 1995.

Cependant, depuis la destruction de la station de relevage SRG 2 en avril 1995, la station n'est pratiquement plus alimentée en eau brute. Seuls parviennent à la station les effluents des collecteurs Baba Ali et du collecteur Rive Gauche en aval de la station de relevage. Le débit des eaux brutes amené sur la station est estimé à environ 2 000 m<sup>3</sup>/j, correspondant à une demi-heure de marche du poste de relèvement, soit à peine plus de 1% de la capacité hydraulique nominale de la première tranche. Ce débit est prélevé uniquement pendant les heures normales de service, soit entre 8h00 et 17h00.

Jusqu'à 1998, la filière de traitement des eaux n'est donc maintenue que dans une activité très relative :

- L'effluent brut est relevé, dégrillé puis by-passé directement vers l'oued
- Le dessablage-déshuilage, les décanteurs primaires, les bassins d'aération et les clarificateurs sont maintenus en eau selon les possibilités ;

En raison du faible volume des effluents traités, qui entraîne une faible vitesse de circulation de l'effluent, il se produit de très importants dépôts de sable dans l'ouvrage de réception et le canal d'amenée au dégrillage. Ce phénomène, qui est observé depuis la mise en route de la station, s'explique en partie par le fait que les ouvrages de réception, les collecteurs de liaison et le dégrillage sont dimensionnés pour la capacité ultime de la station. Il s'est encore très nettement aggravé depuis l'arrêt de la station de relevage SRG 2 [6].

La remise en service de la filière de traitement des boues ne peut être envisagée en raison du faible volume des effluents traités.

D'une manière générale, la filière de traitement des boues n'a jamais fonctionné de façon satisfaisante, du fait des dégâts observés très rapidement sur les ouvrages et équipements, mais aussi en raison de difficultés d'exploitation et de réglage des différentes étapes du traitement.

### **III.2.2 Constat des endommagements avant le commencement des travaux de réhabilitation:**

Malgré le bilan très négatif du fonctionnement et de l'exploitation de la station depuis son origine, l'analyse des constats des endommagements des ouvrages réalisés tant pour le génie civil que pour les équipements électromécaniques permet de dégager une note optimiste pour l'avenir de la station.

Les problèmes les plus préoccupants observés sur la station sont :

- Du point de vue du génie civil :
  - Filière de traitement des eaux

La majeure partie des endommagements observés sur la filière de traitement des eaux consiste dans des fissurations et des éclatements du béton sans gravité majeure qui peuvent facilement être corrigés par les techniques de réhabilitation appropriées.

Néanmoins, pour certains ouvrages, l'étendue des dégradations est nettement plus préoccupante.

En tout premier lieu, il s'agit des affaissements observés de manière très nette sur les décanteurs primaires.

Les conditions d'exécution de ces ouvrages permettent d'expliquer en grande partie l'origine des affaissements. L'étude de sol préliminaire à la définition des ouvrages avait décelé une importante couche de tourbe au droit des décanteurs, et préconisait que soit réalisée une substitution de sol sous l'emprise de ces constructions. Cette solution n'a pas été retenue lors de la construction compte tenu de l'importance des substitutions à réaliser, sans que soit adoptée une autre technique apte à assurer la stabilité des ouvrages.

Les autres endommagements majeurs de la filière eau sont observés au niveau des ouvrages suivants:

- Dessableur-déshuileur : importante fissuration qui peut provoquer une oxydation des armatures. Importantes dégradations des chemins de roulement du pont-racleur : rouille, corrosion des crapaudines, descellements.
- Clarificateurs : affaissement des ouvrages atteignant au maximum une hauteur de près de 5 cm (respectivement 45, 48, 35 et 28 mm pour les décanteurs n° 1, 2, 3 et 4). Dégradations généralisées des chemins de roulement, ayant nécessité l'arrêt des pont-racleurs.
- Bassin de contact : fissuration de type transversal présentant une certaine symétrie et un écartement plus large dans la partie haute, qui peut laisser craindre un affaissement des côtés Est et Ouest de l'ouvrage par rapport à la partie centrale.

- Filière de traitement des boues :

La filière de traitement des boues ne présente pas de dégradations majeures et il semble que les ouvrages de cette filière étaient au départ de bonne facture.

En ce qui concerne les épaisseurs, les dégradations observées témoignent très nettement de leur origine, à savoir un séjour prolongé des boues dans l'ouvrage, dû à une extraction insuffisante du fait de l'arrêt de la chaîne de traitement aval. Les boues ainsi stockées sont entrées en fermentation anaérobie avec dégagement d'hydrogène sulfuré, ce dernier formant, au contact de l'air, de l'acide sulfurique responsable de la corrosion du béton. Celle-ci, très importante, n'est en effet observée que dans la partie haute des ouvrages, au contact de l'air

➤ Pour les équipements :

- La vétusté du poste de dégrillage qui présente notamment de nombreuses Déformations mécaniques dues aux contraintes qu'il a eu à subir ;
- La dégradation générale des équipements du dessableur-déshuileur qui sont Presque tous hors service ;
- Les filtres-presses, pour lesquels ont été observées lors de leur courte période de service de fortes déformations mécaniques, et dont le fonctionnement ne peut être garanti malgré les réparations qui ont déjà été effectuées

Par ailleurs il y a lieu d'ajouter les observations suivantes concernant le fonctionnement de la station:

- Le poste de relèvement n° 2 ne dispose plus que d'une seule vis en activité, celle de plus grande capacité, soit 4 m<sup>3</sup>/s. En cas de panne de cette dernière vis, la filière eau serait définitivement mise à l'arrêt, avec toutes les conséquences que cela comporte pour le réseau d'assainissement.

- L'essentiel des systèmes de mesure et de contrôle de la station est hors service ou en défaut d'étalonnage ou de paramétrage. Les enregistreurs ne disposent plus de papier ou d'encre. Il est ainsi impossible de suivre les paramètres de fonctionnement de la station et d'asservir le fonctionnement des différentes unités à des paramètres de mesure. La salle de commande et le synoptique sont de ce fait pratiquement inopérants. Les quelques équipements qui sont encore en service fonctionnent tous en marche manuelle.
- De même, l'absence d'échantillonneurs automatiques et de matériel et réactifs de laboratoire ne permet pas de réaliser les analyses nécessaires au suivi de la station.

Après ce diagnostic, plusieurs tâches ont été identifiées, parmi les plus préoccupantes sont :

Déclassement des deux décanteurs primaires qui ont subi des tassements différentiels de 20 cm et une inclinaison importante rendant leurs réhabilitations complexes et onéreuses, tout en assurant les normes de rejet dans le milieu naturel et le respect des lois en vigueur.

Les équipements prévus dans le marché initial ont été changés par des équipements neufs, ces équipements sont très anciens et leurs pièces de rechange sont quasiment introuvables (non fabriquées).

Changement de poste de transformation qui ne répond pas aux normes et mesures de sécurité et qui est déclassé par la SONEGAS.

Changement des filtres presses touchés par le séisme (Mai 2003) par des filtres à bandes, mieux adaptés.

Le gazomètre prévu dans le marché initial a été changé par un gazomètre neuf pour une meilleure sécurité sachant que ce dernier a subi d'énormes dégradations.

### **III.3 Conception et modifications de la station**

Les problèmes rencontrés dans le fonctionnement de la première tranche et l'endommagement actuel des ouvrages, sont essentiellement liés à l'exploitation déficiente de la station et à certaines malfaçons lors de la construction. L'expérience issue du fonctionnement de la première tranche a toutefois permis de mettre en évidence des difficultés et des problèmes dans la mise en œuvre de certains équipements complexes, et des insuffisances au niveau de certaines étapes du traitement. Ces observations doivent être mises à profit pour proposer des modifications et améliorations de certains systèmes et rechercher des solutions de traitement mieux adaptées aux conditions locales.

Par ailleurs, le choix des procédés de traitement des eaux et des boues doit être guidé par l'objectif de réutilisation des eaux épurées et des boues, objectif primordial pour les tranches ultérieures de la station.

### III.3.1 Traitement des eaux

Suite à la suppression des décanteurs primaires dus aux affaissements qui l'ont subi, il a été décidé de changer le procédé d'épuration en passant de la boue activée à moyenne charge à l'aération prolongée (faible charge), ce procédé est caractérisé par la longue durée de séjour de l'effluent dans les bassins d'aérations.

Ce changement est provisoire pour la première tranche à cause de l'élimination des deux décanteurs mais après le commencement des travaux de réalisation de la deuxième tranche, il faudra le prendre en compte et réaliser d'autres décanteurs à leurs places.

### III.3.2 Traitement des boues

Le choix de la filière de traitement des boues doit être guidé d'une part par l'expérience acquise par le fonctionnement de la première tranche de la station d'épuration et les nombreux problèmes rencontrés, d'autre part par l'objectif prioritaire de valorisation des boues en agriculture.

Pour cela, il a été décidé de supprimer l'étape de séchage thermique des boues, très coûteuse en énergie et de fonctionnement complexe en exploitation et en maintenance ; et de rechercher d'une autre solution de déshydratation naturelle des boues en lits de séchage ou étangs à boues permettant de réaliser la valorisation des boues.

Les étapes actuelles de la filière de traitement des boues, épaissement suivies et digestion anaérobie en deux étages seront donc conservées en l'état. Pour la déshydratation mécanique des boues, changement des filtres-presses touchés par le séisme par des filtres à bandes.

### III.4 Avenir des eaux usées

Les études font apparaître la nécessité d'intégrer la réutilisation des eaux épurées et des boues, sous forme d'une valorisation en agriculture, dans le schéma de développement futur du système d'assainissement, et ce pour les principales raisons suivantes :

- **Réutilisation des eaux épurées :**

L'agriculture dans les environs d'Alger ne peut être pratiquée de manière réellement productive que sous condition d'une irrigation, et elle souffre gravement de la pénurie en eau. L'eau utilisée pour l'irrigation agricole est actuellement prélevée dans la nappe souterraine de la Plaine de la Mitidja qui est également utilisée pour l'alimentation en eau potable. Cette nappe est actuellement surexploitée, ce qui se traduit par une baisse continue de son niveau. La réutilisation des eaux épurées de la station offrirait une ressource en eau d'irrigation très importante en volume et pratiquement constante au cours de l'année, et permettrait de préserver les nappes souterraines pour l'alimentation en eau potable. En outre, les eaux épurées contiennent des éléments nutritifs assimilables par les cultures et leur utilisation permettrait de réduire les apports d'engrais.

- **Valorisation agricole des boues :**

Les options envisageables pour l'élimination des boues d'épuration sont, soit une mise en décharge, soit une réutilisation en agriculture. La première solution nécessiterait, en raison du volume très important de boues qui sera produit à terme par la station, des capacités de mise en décharge considérables.

Pour cela, il semble nécessaire de s'orienter vers une solution d'évacuation des boues en agriculture, solution la mieux adaptée et la plus économique. Il ne faut pas négliger en outre qu'une telle solution ne se limite pas à une évacuation des boues, mais permet de réaliser leur valorisation par l'apport de matières nutritives utilisables par les cultures, et ainsi de réduire les apports d'engrais.

Le principe de réutilisation des eaux et des boues est d'ailleurs déjà intégré dans le Schéma Général d'Assainissement de 1976. En particulier le choix du site de la station d'épuration de Baraki, en amont de l'agglomération et non en bord de mer à proximité des exutoires naturels des réseaux gravitaires, a été guidé en grande partie par l'objectif de se situer à proximité des terrains agricoles utilisables pour la valorisation des eaux épurées. Ce principe n'a pas encore été mis en œuvre en raison du retard général dans la réalisation des stations d'épuration et des réseaux d'assainissement, et du mauvais fonctionnement de la station d'épuration de Baraki.

### **Conclusion**

S'il est vrai que la majeure partie des endommagements des ouvrages de génie civil observés sont des dégradations habituelles aux ouvrages de béton armé, on peut toutefois être frappé par leur nombre anormalement élevé sur la station de Baraki. Le linéaire total de fissures qui a été relevé, notamment, est de 2 000 m. Il peut toutefois y être remédié par des travaux ne présentant pas de difficulté particulière dans leur technique ou leur mise en œuvre.

Le nombre des dégradations observées peuvent être reporté sur des défauts ou des insuffisances dans la mise en œuvre ou la conception initiale des ouvrages. D'autres, telles que les corrosions des épaisseurs, sont indubitablement à mettre sur le compte de l'exploitation de la station. Dans le même ordre d'idée, une part des dégradations observées sur les clarificateurs est à mettre sur le compte des vidanges prolongées de certains ouvrages qui, par leur importante superficie, sont ainsi soumis à de fortes dilatations et rétractations sous l'effet des variations de température diurnes/nocturnes. Il est indispensable que les ouvrages; mêmes arrêtés, soient maintenus en eau.

## Chapitre IV : Dimensionnement de la station d'épuration de Baraki

Lors d'un dimensionnement d'une station d'épuration on doit prendre en compte : la charge à l'entrée, qui est fonction du nombre d'habitants, le débit, et des concentrations moyennes des paramètres de pollution (DBO5, MES...).

### IV.1. Horizon actuel

Une évaluation des volumes et charges de pollution produits par l'ensemble de l'agglomération d'Alger a été réalisée sur la base des données disponibles relatives aux recensements de la population, plans d'urbanisme, activités et rejets industriels. Cette évaluation aboutit aux valeurs suivantes pour le bassin versant central destiné à être raccordé en totalité à la station d'épuration de Baraki :

Nombre d'habitants : 2 900 000 habitants

Pollution industrielle : 1 100 000 équivalents-habitants

Total : **4 000 000** habitants + équivalents-habitants

#### IV.1.1. Calcul des débits et des charges polluantes

Pour bien dimensionner la station d'épuration, il faut bien estimer les débits d'eau usée et les charges polluantes.

##### a. Calcul des débits

➤ Le débit moyen journalier est:  $Q_j = 0,15 * 4 * 10^6 = 600000 \text{ m}^3/\text{j}$ .

➤ Débit moyen horaire :

Il est donné par la relation suivante :  $Q_m = \frac{Q_j}{24}$

$$\Rightarrow Q_m = 25000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Rightarrow Q_m = 6944,44 \text{ l/s}$$

➤ Le débit de pointe en temps sec : On le calcule par la relation suivante :  $Q_p = C_p * Q_m$  ;

Avec,  $C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}}$  si  $Q_m \geq 2,8 \text{ l/s}$

$C_p = 3$  si  $Q_m < 2,8 \text{ l/s}$

D'où  **$C_p = 1,53$** .

Le débit de pointe est :  $Q_p = 1,53 * 25000 = 38250 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $= 918000 \text{ m}^3/\text{j}$

➤ Le débit diurne

Le débit moyen diurne correspond à la période diurne de 14 heures consécutives au cours de laquelle la station reçoit le plus grand volume d'eau usée, soit:

$$Q_d = \frac{Q_j}{14 \text{ heures}} \Rightarrow Q_d = \frac{600000}{14} = 42857,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

D'où :  $Q_d = 42857,14 \text{ m}^3/\text{h}$

➤ le débit max d'orage :  $Q_{\max} = 2 * Q_p = 1836000 \text{ m}^3/\text{j}$   
 $= 21,25 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $= 76500 \text{ m}^3/\text{h}$

**b. Calcul des charges polluantes**

Les charges polluantes de notre eau usée sont estimées à partir des charges polluantes spécifiques par habitant et par jour à savoir une  $DBO_5 = 60 \text{ g/hab/j}$  et une  $MES = 70 \text{ g/hab/j}$ .

A partir de ces hypothèses, les charges polluantes journalières se calculent :

$$MES = 70 * 10^{-3} * 4 * 10^6 = 28.10^4 \text{ kg/j} ;$$

D'où:  $MES = 28.10^4 \text{ kg/j}$ .

$$DBO_5 = 60 * 10^{-3} * 4 * 10^6 = 24.10^4 \text{ kg/j};$$

D'où:  $DBO_5 = 24.10^4 \text{ kg/j}$ .

Le tableau qui suit résume l'estimation des débits et des charges polluantes nécessaires au dimensionnement :

**Tableau IV-1 : Données de base pour l'horizon actuel.**

Données de base	Valeur	Unité
Population	4 .10 <sup>6</sup>	Eq-hab
Débit journalier	600000	m <sup>3</sup> /j
Débit moyen horaire	25000	m <sup>3</sup> /h
Débites de pointe en temps sec	38250	m <sup>3</sup> /h
Débites de pointe journalière	918000	m <sup>3</sup> /j
Débit diurne	42857,14	m <sup>3</sup> /h
Débit maximum d'orage	76500	m <sup>3</sup> /h
Charge en DBO <sub>5</sub>	24.10 <sup>4</sup>	kg/j
Charge en MES	28.10 <sup>4</sup>	kg/j

#### IV.1.2. Ouvrages de prétraitement

##### a. Le dégrillage

La surface de la grille est donnée par la formule suivante :  $S = \frac{Q_{max}}{V*(1-\eta)}$  (d'après Kittelberger)

avec,  $Q_{max}$  : débit max d'orage (m<sup>3</sup>/s) ,

$V$  : vitesse d'entrée des eaux brutes comprise entre 0.6 et 1 m/s

et  $\eta$  : coefficient de colmatage estimé à 40%

##### ➤ Dimensionnement

La largeur totale de la grille est donnée par la relation suivante d'après Kittelberger :

$$L = \frac{S*(e+d)}{e*h} * \sin \alpha$$

Avec,  $L$  : largeur totale des grilles ;  $d$  : l'épaisseur des barreaux;  $e$  : l'espacement entre les barreaux ;  $\alpha$  : l'angle d'inclinaison=90° et  $h$  : profondeur d'eau.

$$\text{➤ Grille grossière : } L = \frac{21,25*(60+8)}{(1-0,4)*60*4} = 10 \text{ m}$$

Donc nous choisissons 4 grilles de 2,5 mètres chacune.

$$\text{➤ Grille fine : } L = \frac{21,25*(20+8)}{(1-0,4)*20*4} = 12,4 \text{ m}$$

Donc nous choisissons 4 grilles de 3,5 mètres chacune.

- **Résidu du dégrillage :** Le volume des résidus retenus par les grilles est estimé à (5-7) l/h/an

Donc le volume de refus des dégrilleurs est :  $V=55 \text{ à } 76 \text{ m}^3/\text{j}$

### b. Le dessableur-déshuileur

Le volume du dessableur-déshuileur est donné par la relation :  $V_d = Q_{max} * T_s$

Avec,  $T_s$  : temps de séjour de l'eau dans le dessableur- déshuileur et  $Q_{max}$  : le débit maximum.

$T_s=10$  min au débit de pointe de temps sec

$T_s=5$  min au débit de pointe de temps de pluie (c'est les valeurs adoptées dans l'étude de 1983)

D'où le volume totale  $V_d = 21,25 * 5 * 60 = 6375 \text{ m}^3$

$$V_d = 6375 \text{ m}^3$$

On note que dans l'étude de 1983 ils ont prévu 4 ouvrages d'une capacité de  $1330 \text{ m}^3$  (pour l'horizon 2000) ,Donc après calcul nous ajoutons un autre ouvrage de même capacité

- **Calcul de la quantité d'air injectée**

Il s'agit d'un dessableur - déshuileur aéré, il faut donc estimer la quantité d'air à injecter. Elle est estimée à  $2 \text{ m}^3$  par  $\text{m}^3$  d'eau usée selon l'étude de 1983

$$Q_{air} = Q_{max} * 2 = 42,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Calcul des quantités de matières éliminées par le dessableur-déshuileur :**

Le dessableur-déshuileur élimine 80% de matière minérale présente dans les eaux usées.

La matière minérale représente 30% environ de la charge en matière en suspension (MES), les 70% restants, représentent les matières volatiles en suspension (MVS).

$MES = 28.10^4 \text{ kg/j}$ .

Les matières minérales éliminées  $= 0,8 * 0,3 * 28.10^4 = 67200 \text{ kg/j}$

Les MES sortantes  $= 212800 \text{ kg/j}$

**Tableau IV-2 : Dimensions de chaque dessableur – déshuileur**

Désignation	Unité	valeur
Nombre d'ouvrage		5
Longueur	m	40
Largeur	m	8
Surface	$\text{m}^2$	320
Volume	$\text{m}^3$	1330
Hauteur d'eau	m	4,15

### IV.1.3. Ouvrage du traitement primaire (Décanteurs primaires)

Les décanteurs primaires sont dimensionnés sur les bases suivantes (adopté dans l'étude de 1983) :

- vitesse ascensionnelle  $V_a=1,5$  m/h
- temps de séjour  $T_s=1h30$  sur le débit moyen horaire

La surface du décanteur est donnée par la relation suivante :

$$S = \frac{Q_p}{V_a} = \frac{38250}{1,5} = 25500 \text{ m}^2$$

$$\text{Avec } S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Nous aurons alors 12 décanteurs de diamètre  $D=52$  mètres.

Le volume total des décanteurs est :  $V = Q_p * T_s = 57375 \text{ m}^3$

La hauteur droite de chaque décanteur est :  $H = \frac{V}{S} = 2,25 \text{ m}$

**Tableau IV-3 : Dimensions de chaque décanteur**

Désignation	Unité	valeur
Nombre d'ouvrage		12
Diamètre	m	52
Surface	$\text{m}^2$	2125
Hauteur droite	m	2,25
Volume utile	$\text{m}^3$	4781,25

Les décanteurs primaires permettent une élimination de 25% de la  $\text{DBO}_5$  et 60% des MES.

Les MES restantes après dessablage-déshuilage = **212800 kg/j**

Les MES éliminé par la décantation =  $0,6 * 212800 = 127680$

**Les MES restantes =  $212800 - 127680 = 85120$  kg/j.**

La  $\text{DBO}_5$  est estimé à  $24 \cdot 10^4$  kg/j

La  $\text{DBO}_5$  éliminé par la décantation =  $0,25 * 24 \cdot 10^4 = 6 \cdot 10^4$  kg/j

**La  $\text{DBO}_5$  restantes =  $24 \cdot 10^4 - 6 \cdot 10^4 = 18 \cdot 10^4$  kg/j.**

#### IV.1.4. Ouvrage du traitement secondaire

##### a. Bassin d'aération

Le traitement par boues activées se fait à moyenne charge (même condition que dans l'étude de 1983). Elle est caractérisée par :

- Une charge massique  $0,2 < C_m < 0,5$  kg DBO<sub>5</sub>/kg MVS/j ;
- Une charge volumique  $0,6 < C_v < 1,6$  kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> /j.

Nous adopterons :  $C_m = 0,3$  kg DBO<sub>5</sub>/ kg MVS/j ; et  $C_v = 1$  kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/j.

Les charges polluante en DBO<sub>5</sub> à l'entre du bassin d'aération sont:

$$L_0 = 180000 \text{ kg DBO}_5/\text{j.}$$

La concentration en DBO<sub>5</sub> est alors de :

$$S_0 = \frac{L_0}{Q_j} = \frac{180000}{600000} = 0,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\Rightarrow S_0 = 0,3 \text{ g/l}$$

La concentration en DBO<sub>5</sub> à la sortie doit répondre aux normes de rejets établies par l'OMS 30mg /l, d'où la charge à la sortie :

$$L_s = S_s * Q_j = 30 * 10^{-3} * 6 * 10^5 = 18000 \text{ kg/j}$$

$$\Rightarrow L_s = 18000 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$$

La charge en DBO<sub>5</sub> éliminée est alors :  $L_e = L_0 - L_s = 180000 - 18000 = 162000$  kg/j

D'où :  $L_e = 162000$  kg/j

Ce qui conduit à un rendement d'élimination de

$$R = \frac{L_e}{L_0} = 90\%$$

##### ➤ Volume du bassin d'aération

Volume du bassin peut être déduit de la charge volumique  $C_v$  :

$$\text{Sachant que } C_v = \frac{\text{charge en DBO}_5 \text{ à l'entrée du bassin } (\frac{\text{kg}}{\text{j}})}{\text{volume du bassin}}$$

Avec  $C_v = 1$  kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> /j ; et la Charge en DBO<sub>5</sub> = 180000 kg/j.

D'où le volume du bassin  $V = 180000$  m<sup>3</sup>.

On note que dans l'étude de 1983, ils ont prévu 4 ouvrages d'une capacité de **36000 m<sup>3</sup>** (pour l'horizon 2000), Donc après calcul nous ajoutons un autre ouvrage de même capacité pour atteindre le volume désiré.

Donc nous aurons 5 bassins d'une capacité de 36000 m<sup>3</sup> chacun.

➤ **Vérification du temps de séjour**

A partir du débit moyen :

$$T_s = \frac{V}{Q_m} = \frac{180000}{600000} = 7\text{h}12\text{min}$$

A partir du débit de pointe par temps sec :

$$T_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{180000}{918000} = 4\text{h}43\text{min}$$

La masse totale des boues dans le bassin peut être déduite de la charge massique sachant que :

$$C_m = \frac{\text{charge en DBO5 à l'entrée du bassin } \left(\frac{kg}{j}\right)}{\text{masse dans le bassin (MVS) (kg)}}$$

Avec,  $C_m = 0,3 \text{ kg DBO5/ kg MVS/j}$ .

$$\text{Soit : } B_a = MVS = \frac{180000}{0,3} = 600000\text{kg}$$

D'où une concentration des boues dans le bassin :  $[B_a] = \frac{B_a}{V} = \frac{600000}{180000} = 3,3 \text{ kg/m}^3$ .

$$\Leftrightarrow [B_a] = 3,3 \text{ kg/m}^3.$$

➤ **Besoins en oxygène**

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 :

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

Avec,  $q_{o_2}$  : besoin en oxygène (Kg/j).

Les paramètres  $a'$  et  $b'$  sont des coefficients déterminés expérimentalement sous une température de 20°C. Ils représentent :

$a'$  : Fraction de pollution transformée en énergie de synthèse au cours de l'épuration.

$b'$ : Fraction d'oxygène correspondante à la quantité de matière détruite par endogène pour fournir l'énergie d'entretien.

Nous adoptons les coefficients :  $a' = 0,66$  et  $b' = 0,07$

D'où :  $q_{o_2} = 0,66 * 162000 + 0,07 * 600000$

$$\Rightarrow \mathbf{q_{o_2} = 148920 \text{ kgO}_2/\text{j.}}$$

La quantité horaire d'oxygène nécessaire est :  $q_h = \frac{q_{o_2}}{24}$

D'où :  $\mathbf{q_h = 6205 \text{ kg O}_2/\text{j.}}$

La quantité d'oxygène nécessaire pour  $1\text{m}^3$  du bassin est :  $q_b = \frac{q_{o_2}}{V}$

D'où :  $\mathbf{q_b = 0,83 \text{ kgO}_2/\text{m}^3/\text{j.}}$

Par mesure de sécurité, durant la période diurne, la quantité d'oxygène théorique à fournir

est :  $q_{o_2(\text{pointe})} = \frac{a' * L_e}{14} + \frac{b' * B_a}{24}$

$$\Rightarrow \mathbf{d'où \text{ } q_{o_2}(\text{pointe}) = 9387,14 \text{ kg/h.}}$$

#### ➤ Passage aux conditions réelles

Si on admet un coefficient de transfert eau propre – eau usée de  $T=0,7$ , la quantité d'oxygène à fournir réellement sera donc de :

- A partir de débit moyen :  $q_{o_2m} = \frac{6205}{0,7} = \mathbf{8864,3 \text{ kg/j.}}$
- A partir de débit de pointe :  $q_{o_2p} = \frac{9387,14}{0,7} = \mathbf{13410,2 \text{ kg/j.}}$

#### ➤ Calcul de la puissance

La puissance fournie pour le transfert d'oxygène (le rapport spécifique est de  $2\text{kg/kwh}$ )

est :  $P_a = \frac{q_{o_2p}}{2} = \mathbf{6705,1 \text{ kw}}$

La puissance nécessaire pour le brassage est :  $P_b = 0,03 * V_{ba} = \mathbf{5400 \text{ kW.}}$

La puissance totale à fournir est :  $P_t = P_a + P_b = \mathbf{12105,1 \text{ kW.}}$

**Tableau IV-4 : Caractéristiques du chaque bassin**

Désignation	Unité	valeur
Nombre d'ouvrage		5
Longueur	m	63
Largeur	m	2*42
Hauteur d'eau	m	6,8
Volume	m <sup>3</sup>	36000
Débit	m <sup>3</sup> /s	120000
Masse MVS	kg	120000
Charge éliminé L <sub>e</sub>	kg/j	32400
Puissance d'oxygénation	kw	6705,1
Puissance du brassage	kw	5400

### b. Bilan des boues

#### ➤ Calcul de la quantité des boues en excès

Il s'agit des boues qui seront envoyées vers le traitement des boues, La quantité de boues en excès est déterminée par la relation suivante :

$$\Delta B = B_{min} + B_{dur} + a_m * L_e - b * B_a - B_{eff}$$

Avec,

$B_{min}$  : Boues minérales non éliminées (kg/j) ;

$B_{dur}$  : Boues difficilement biodégradables, elles représentent 25% des matières volatiles en suspension (appelées matières dures) ;

$a_m$  : Taux de conversion de la DBO<sub>5</sub> en matières volatiles en suspension. Elle est égale 0,75 ;

$L_e$  : Quantité de DBO<sub>5</sub> éliminer (Kg/j) ;

$b$  : coefficient de respiration endogène ( $b=0.05$ ) ;

$B_a$  : Masse totale de MVS dans le bassin (Kg) ;

$B_{eff}$  : Fuite des MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, nous avons déjà adopté 30mg/l).

D'où :

$$B_{min} = 0,3 * 280000 = 84000 \text{ kg/j ;}$$

$$B_{dur} = 0,25 * 0,7 * 280000 = 49000 \text{ kg/j ;}$$

$$a_m L_e = 90720 \text{ kg/j ;}$$

$$b B_a = 30000 \text{ kg/j ;}$$

$$B_{eff} = 18000 \text{ kg/j.}$$

$$\Delta B = 175720 \text{ kg/j}$$

➤ **Concentration de boues en excès**

Elle est donnée par :  $X_m = \frac{1000}{I_m}$

Avec,  $X_m$  : Concentration de boues en excès ;

$I_m$  : L'indice de Mohlman

Si nous prenons  $I_m = 100$  (bonne décantation des boues), alors :  $X_m = \frac{1000}{100}$

$$\Rightarrow X_m = 10 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Débit de boues en excès**

Ce débit est donné par :  $Q_{exés} = \frac{\Delta B}{X_m} = 17572 \text{ m}^3/\text{j}$ .

➤ **Débit spécifique par m<sup>3</sup> de bassin** : Son expression est :  $q_{sp} = \frac{\Delta B}{V}$

D'où :  $q_{sp} = 0,976 \text{ kg/m}^3/\text{j}$ .

**Les boues recyclées :**

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

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

Il est donné par l'expression suivante :  $R = \frac{1}{\frac{X_m}{S_v} - 1}$

Avec,  $R$  : Taux de recyclage (%) ;

$X_m$  : Concentration des boues dans le bassin ;

$S_v$  : Concentration des MES à l'intérieur du bassin, elle est donnée par :

$$S_v = \frac{[Ba]}{0,7} = \frac{3,3}{0,7} = 4,71 \text{ g/l}.$$

Donc :  **$R = 89\%$**

**Le débit des boues recyclées :**

- A partir de débit moyen :  $Q_m^R = R * Q_m = 534000 \text{ m}^3/\text{j}$ .

- A partir de débit de pointe :  $Q_p^R = R * Q_p = 817020 \text{ m}^3/\text{j}$ .

**Age des boues :**

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

Donc :  $A_b = \frac{Ba}{\Delta B} = \frac{600000}{175720}$

$$\Rightarrow A_B = 3 \text{ jours } 10 \text{ heures}.$$

### c. Clarificateur

Les boues déposées dans le clarificateur sont recyclées 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, déshydratation).

#### Dimensionnement de clarificateur :

Le débit d'eau entrant au décanteur secondaire est :

$$Q = Q_p (1 + R)$$

$$Q = 38250 * (1 + 0,89)$$

$$\Rightarrow Q = 72292,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Avec une vitesse ascensionnelle de 1 m/h la surface du clarificateur est :

$$S = \frac{Q}{V_a} = 72292,5 \text{ m}^2$$

Dans l'étude de 1983 ils ont prévu 16 ouvrages d'une surface unitaire de 2827m<sup>2</sup> (pour l'horizon 2000), Donc après calcul nous ajoutons 10 ouvrages de même capacité pour atteindre la surface calculée.

Le volume sera donc :  $V = S.H = 227721,37 \text{ m}^3$ .

#### Vérification du temps de séjour :

➤ A partir de débit moyen :  $T_s = \frac{V}{Q_m} = \frac{231531,3}{25000}$  d'où :  $T_s = 9\text{h}15\text{min}$

➤ A partir de débit de pointe par temps sec :  $T_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{231531,3}{38250}$  d'où :  $T_s = 6\text{h}3\text{min}$

**Tableau IV-5 : Les dimensions du chaque clarificateur**

Désignation	Unité	valeur
Nombre d'ouvrage		26
Diamètre	m	60
Surface	m <sup>2</sup>	2827
Hauteur droite	m	3,15
Volume utile	m <sup>3</sup>	8900

### d. Poste de désinfection

Le traitement biologique ne permet pas à lui seul d'éliminer de façon satisfaisante les germes pathogènes, ce qui implique en cas de réutilisation de l'eau épurée, une désinfection. La chloration est utilisée depuis longtemps pour son action bactéricide et apparaît comme élément complémentaire de traitement indispensable dès lors que les eaux sont destinées à l'agriculture.

Les eaux chlorées séjournent dans un bassin de contact calculé pour que le temps de mélange au débit moyen horaire soit de 20 min. (adoptée dans l'étude de 1983)

Le volume du bassin est donc :  $V = Q_m * T_s$

D'où :  $V = 8334 \text{ m}^3$ .

Dans l'étude de 1983 ils ont prévus 4 bassins d'un volume de  $2100 \text{ m}^3$  chacun, donc ces bassins seront suffisants.

**Tableau IV-6 : Dimensions du bassin.**

Désignation	Unité	valeur
Nombre d'ouvrage		4
Longueur	m	45
Largeur	m	3*6
Hauteur d'eau	m	3
Volume utile	$\text{m}^3$	2100

#### IV.1.5. Traitement des boues

##### a. Epaissement

La quantité des boues en excès :  $\Delta B = 175720 \text{ kg/j}$ .

Le débit de boues en excès :  $Q_B = Q_{exés} = \frac{\Delta B}{x_m} = 17572 \text{ m}^3/\text{j}$ .

##### Calcul du volume de l'épaisseur :

Il est donné par la formule suivante :  $V_E = Q_B * T_s$

Avec,  $T_s$  : temps de séjour égale à 1 jour.

D'où le volume de l'épaisseur:  $V_E = 17572 \text{ m}^3$ .

Dans l'étude de 1983 ils ont prévu 8 ouvrages d'un volume unitaire de  $1848 \text{ m}^3$  (pour l'horizon 2000), Donc après calcul nous ajoutons 2 ouvrages de même capacité pour atteindre le volume calculé.

La concentration des boues sortant de l'épaisseur varie de 25 à 30 g/l, ce qui donne un débit de boues à la sortie de l'épaisseur de l'ordre de:

$$Q_{Be} = \frac{\Delta B}{30} = \frac{175720}{30} = 5857,4 \text{ m}^3/\text{j}$$

**Tableau IV-7 : Dimensions du chaque épaisseur.**

Désignation	Unité	valeur
Nombre d'ouvrage		10
Diamètre	m	28
Surface	m <sup>2</sup>	615
Hauteur	m	3
Volume utile	m <sup>3</sup>	1848

**b. Digestion**

La digestion des boues aboutit à une :

- Elimination de 45 à 50 % du poids de matières organiques
- Obtention de boues inertes assez concentrées et déshydratées
- Elimination de la majeure partie des germes pathogènes
- Emission de gaz constitué à 60% méthane

On a :  $Q_{BE}=5857,4 \text{ m}^3/\text{j}$  ,  $\Delta B=175720 \text{ kg/j}$ .

Avec une réduction de 50% de la teneur en MO sur l'ensemble de digestion, le poids des boues digérées s'établira à :

$$P = 0,7 * 0,5 * 175720 + 0,3 * 175720 = \mathbf{114218 \text{ kg/j}}$$

La concentration des boues sortant des digesteurs varie de 25 à 30 g/l, ce qui donne un débit de boues à la sortie des digesteurs de l'ordre de:

$$Q_d = \frac{114218}{30} = \mathbf{3807,26 \text{ m}^3/\text{j}}$$

La durée totale de digestion est comprise entre 22 et 25 jours (adoptée dans l'étude de 1983).

Nous admettons  $T_s=25$  jours

Le volume total des digesteurs est  $V = Q_d * T_s = 95181,5 \text{ m}^3$

$$\mathbf{V = 95181,5 \text{ m}^3}$$

Nous aurons besoin de 8 digesteurs d'une capacité de 12000 m<sup>3</sup> chacun.

**Tableau IV-8 : Dimensions du chaque digesteur.**

Désignation	Unité	valeur
Nombre d'ouvrage		8
Diamètre	m	36
Surface	m <sup>2</sup>	1017
Hauteur d'eau	m	10,20
Volume utile	m <sup>3</sup>	12000

### c. Déshydratation des boues par lit de séchage

Les lits de séchage utilisent pour la déshydratation des boues à la fois des phénomènes d'évaporation et de drainage. Il s'agit de grands lits rectangulaires dans lesquels sont déversées les boues liquides. Les lits sont équipés d'un réseau de drains couvert d'une couche de gravier (épaisseur : 40 cm ; granulométrie : 0,3 à 0,6 cm) et d'une couche de sable de 20 cm d'épaisseur et de granulométrie de 0,3 à 1,2 mm.

La hauteur de la couche de boue déversée est d'environ 30 cm. L'eau est séparée de la boue par drainage puis par évaporation. Les eaux de drainage sont collectées et reconduites en tête de la filière de traitement des eaux.

#### Dimensionnement des lits de séchage

- L'épaisseur maximale ( $H_s$ ) de boues admissible sur les lits de séchage est de 30cm.
- Largeur  $b = 10$  m.
- Longueur  $L = 45$  m.
- Durée de séchage  $T_s = 10$  jours.

Donc le volume de chaque lit est :  $V_L = b * L * H$

D'où :  $V_L = 135\text{m}^3$ .

Le débit des boues extraite des digesteurs correspond à :  $Q_{BE} = 3807,26 \text{ m}^3/\text{j}$ .

Le nombre des lits nécessaires est :  $n = \frac{Q_{BE} * T_s}{V_L} = 282$

Il nous faut une superficie de presque 14 Ha pour l'installation de ces lits.

**Tableau IV-9 : Les dimensions du chaque lit.**

Désignation	Unité	valeur
Nombre d'ouvrage		282
Largeur	m	10
Longueur	m	45
Surface	m <sup>2</sup>	450
Epaisseur	m	0,3
Volume	m <sup>3</sup>	135
Durée de séchage	jour	10

## IV.2. Horizon futur

Pour assurer un bon dimensionnement de la station d'épuration pour l'horizon 2028, il faut une bonne connaissance de la population et la dotation, afin de bien estimer les débits d'eau usée et les charges polluantes.

### IV.2.1. Evaluation de la population

L'évolution de la population est estimée à partir de la formule de l'évolution géométrique:

$$P_n = P_0 (1 + \alpha)^n$$

Où,  $P_n$  : la population future à l'horizon considéré;  $P_0$  : population de l'année de référence ;  $n$  : nombre d'années séparant l'année de référence à celle de l'horizon considéré  
et  $\alpha$ : taux de croissance annuelle de la population en %.

Le taux de croissance  $\alpha = 1,72\%$ .

A.N :  $P_{2028} = P_{2008} (1 + 0.0172)^{20} = 4 \text{ millions habitants.}$

Nombre d'habitants : 4 Millions habitants

Pollution industrielle : 1,5 Millions équivalents-habitants

Total : **5,5 Millions** habitants + équivalents-habitants

### IV.2.2. Données de base pour l'horizon futur

➤ Le débit moyen journalier est:  $Q_j = 0,15 * 5,5 * 10^6 = 825000 \text{ m}^3/\text{j}$ .  
D'où:  **$Q_j = 825000 \text{ m}^3/\text{j}$** .

Le tableau qui suit résume l'estimation des débits et des charges polluantes nécessaires au dimensionnement.

**Tableau IV-10 : Données de base pour l'horizon futur.**

Données de base	Valeur	unité
Population	5 500 000	Eq-hab
Débit journalier	825000	$\text{m}^3/\text{j}$
Débit moyen horaire	34375	$\text{m}^3/\text{h}$
Débits de pointe en temps sec	52421,8	$\text{m}^3/\text{h}$
Débits de pointe journalière	1258123,2	$\text{m}^3/\text{j}$
Débit maximum d'orage	104843,6	$\text{m}^3/\text{h}$
Débit diurne	58928,57	$\text{m}^3/\text{h}$
Charge en $\text{DBO}_5$	330 000	$\text{kg}/\text{j}$
Charge en MES	385 000	$\text{kg}/\text{j}$

### IV.2.3. Dimensionnement des Ouvrages

#### a. Le dégrillage

$$\text{Grille grossière : } L = \frac{29,12 \cdot (60+8)}{(1-0,4) \cdot 60 \cdot 4} = 13,75 \text{ m}$$

Donc nous ajoutons 2 grille de 2 mètres chacune

$$\text{Grille fine : } L = \frac{29,12 \cdot (20+8)}{(1-0,4) \cdot 20 \cdot 4} = 17 \text{ m}$$

Donc nous ajoutons une grille de 3 mètres

$$\text{Résidu du dégrillage : } V = 75,5 \text{ à } 105,5 \text{ m}^3/\text{j}$$

#### b. Dessableur-déshuileur

$$V_d = 8736 \text{ m}^3$$

Nous ajoutons 1 ouvrage identique aux autres et un ouvrage d'une capacité de 760 m<sup>3</sup>, donc nous aurons 6 ouvrage d'une capacité de 1330 m<sup>3</sup> chacun et un ouvrage d'une capacité de 760 m<sup>3</sup>

#### c. Décanteurs primaires

$$S = \frac{Q_p}{V_a} = 35000 \text{ m}^2$$

Nous ajoutons 4 décanteurs de diamètre D=55 mètres et d'une hauteur de 2,25 m

Nous aurons alors 12 décanteurs de diamètre D=52 mètres et 4 décanteurs de diamètre D=55

#### d. Bassin d'aération

$$\text{Volume du bassin } V = 247500 \text{ m}^3.$$

Nous ajoutons un bassin d'une capacité de 36000 m<sup>3</sup> et un autre de 31500 m<sup>3</sup>

Nous aurons 6 bassins de 36000 m<sup>3</sup> et un bassin de 31500 m<sup>3</sup>

#### Besoins en oxygène :

$$q_{O_2} = 204765 \text{ kgO}_2/\text{j}.$$

$$Q_{O_2}(\text{pointe}) = 12907,32 \text{ kg/h}.$$

#### Le passage aux conditions réelles :

$$- \text{ A partir de débit moyen : } q_{O_2m} = 12188,4 \text{ kg/j}$$

$$- \text{ A partir de débit de pointe : } q_{O_2p} = 18439 \text{ kg/j}$$

La puissance totale à fournir est :  $P_t = P_a + P_b = 16644,5 \text{ kW}$ .

e. **Bilan des boues** :  $\Delta B = 241615 \text{ kg/j}$

Le débit de boues en excès :  $Q_{exés} = \frac{\Delta B}{x_m} = 24161,5 \text{ m}^3/\text{j}$

Le débit des boues recyclées :

- A partir de débit moyen :  $Q_m^R = 734250 \text{ m}^3/\text{j}$ .

- A partir de débit de pointe :  $Q_p^R = 1119731 \text{ m}^3/\text{j}$ .

Age des boues :  $A_B = 3 \text{ jours } 10 \text{ heures}$

f. **Clarificateur**

La surface totale est :  $S = 99077,2 \text{ m}^2$

Nous ajoutons 9 clarificateurs identiques aux autres

Nous aurons alors 35 clarificateurs d'un diamètre  $D = 60 \text{ m}$  et hauteur  $H = 3,15 \text{ m}$ .

g. **Poste de désinfection**

Le volume :  $V = 11459 \text{ m}^3$

Nous ajoutons un bassin de  $2100 \text{ m}^3$  et un autre de  $960 \text{ m}^3$

h. **Epaississement**

La quantité des boues en excès :  $\Delta B = 241615 \text{ kg/j}$ .

Le débit de boues en excès :  $Q_B = Q_{exés} = 24161,5 \text{ m}^3/\text{j}$ .

D'où le volume de l'épaississeur est de :  $V_E = 24161,5 \text{ m}^3$ .

Nous ajoutons 3 ouvrages de même capacité pour atteindre le volume calculé

Donc nous aurons 13 digesteurs

Le débit de boues à la sortie de l'épaississeur est :  $Q_{Be} = 8053,83 \text{ m}^3/\text{j}$

i. **Digestion**

$Q_{BE} = 8053,83 \text{ m}^3/\text{j}$  ;  $\Delta B = 241615 \text{ kg/j}$ .

Le poids des boues digérées est :  $P = 157049,75 \text{ kg/j}$ .

Le débit des boues à la sortie des digesteurs est :  $Q_d = 5235 \text{ m}^3/\text{j}$ .

Le volume total des digesteurs est :  $V = 130875 \text{ m}^3$ .

Nous ajoutons 3 digesteurs identiques aux autres. Nous aurons alors 11 digesteurs d'une capacité de  $12000 \text{ m}^3$  chacun.

**j. La déshydratation des boues par lit de séchage**

Le débit des boues extraite des digesteurs correspond à :  $Q_{BE} = 5235 \text{ m}^3/\text{j}$ .

Le nombre des lits nécessaires est :  **$n = 390$**

Nous ajoutons 108 lits de séchage

Donc il nous faut une superficie de presque 18 Ha pour l'installation de tous ces lits.

## **Conclusion générale**

L'objectif essentiel de notre travail consistait en une contribution à la réhabilitation de la station d'épuration de Baraki et ce afin de résoudre le problème d'évacuation des eaux usées à Alger.

La station de Baraki a connu depuis son existence plusieurs problèmes et anomalies concernant surtout son fonctionnement. C'est ce qui nous a amené à effectuer un diagnostic qui a montré une carence dans le fonctionnement d'un nombre important d'équipements de la station.

Ce diagnostic nous a permis de définir un ensemble de travaux de réhabilitation, de proposer des modifications pour la filière de traitement existante et projetée, et de prévoir, sous forme de valorisation, la réutilisation des eaux épurées et des boues en agriculture.

Après extension de la station par l'adjonction des trois tranches supplémentaires de traitement, il faudra encore tenir compte de l'augmentation de la population actuelle et le développement de l'activité industrielle.

En outre, on doit envisager une autre extension qui réponde aux besoins sans cesse croissants qui vont s'exprimer dans les vingt années à venir.

Il est enfin préconisé de mettre à profit la remise en service de la station afin de tester en grandeur réelle les solutions proposées pour la réutilisation des eaux et des boues.

## *Bibliographie*

- [1] A. Gaid  
Épuration biologique des eaux usées urbaines  
Edition Office des publications universitaires (Alger). 1985
- [2] R. Thomazeau  
Station d'épuration  
Édition Technique & documentation(Lavoisier). 1981
- [3] N. Chouia, K. Debiane  
Etude et conception de la station d'épuration du bassin versant de beni-messous  
PFE juin 1996
- [4] M. Hadjrabah  
Contribution à l'étude de traitabilité de la station d'épuration de Réghaia  
PFE juin 2006
- [5] K. Djabelkhir  
Contribution à la réhabilitation de la station d'épuration de STAOUELI  
PFE juin 2007
- [6] Cahier des prescriptions techniques générales « C.P.T.G » juin 2004, STEP de Baraki.
- [7] S. Amir  
Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage  
Pour l'obtention du titre de docteur de l'INP de Toulouse 2005
- [8] A.H. Debbou  
Contribution à l'étude de la traitabilité de la station d'épuration de la ville de Béjaia.  
PFE Septembre 1998
- [9] M. Aoudjehane  
Dimensionnement d'une station d'épuration d'eaux usées, ville de Soumaa.  
PFE Juin 1982
- [10] K. Imhoff  
Manuel de l'assainissement urbain  
Ed : Dunod, 1964, Paris
- [11] H. Guerré  
Pratique de l'assainissement des agglomérations urbaines et rurales  
Ed. Eyrolles, 1967, Paris

[12] C. Cardot  
Les traitements de l'eau (procédés physico-chimique et biologique)  
Ed : Ellipses ; 1999

[13] Memento technique de l'eau  
Ed. Technique et documentation, 1972, Paris

**Sites web :**

- [14] [www.safewater.org](http://www.safewater.org)
- [15] [www.landes.org](http://www.landes.org)
- [16] [www.epuvaleau.eu](http://www.epuvaleau.eu)
- [17] [www.veoliaeau.com](http://www.veoliaeau.com)
- [18] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)