



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



Université de Echahid Hamma Lakhdar El Oued

Faculté des sciences et technologie

Département de Hydraulique & Génie Civil

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme Master en Hydraulique

Option: *Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement*

Thème :

**Contribution à la proposition des différentes  
solutions pour épurer les eaux usées de la ville de  
Béni-Ounif W.Bechar**

Présenté par :

- BENAMOR Mohammed Fathi
- SADANI Mohammed Larbi

Devant le membre jury:

Mlle. MEZIANI Assia

Université d'El Oued **Présidente**

Mr. GUESSEIR Belgacem

Université d'El Oued **Examineur**

Mr. BABOUKHA Yacine

Université d'El Oued **Encadreur**

Promotion : Juin 2016

### Remerciements :

*Tout d'abord, on remercie Dieu Le tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage pour accomplir ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent tout particulièrement à notre encadreur M<sup>r</sup> .BABOUKHA Yacine, qui a encadré ce travail, nous faisant ainsi profiter de ses compétences et de sa rigueur scientifique.*

*On remercie infiniment M<sup>r</sup>. BABOUKHA Yacine, pour son soutien et ses conseils précieuses.*

*On exprime nos sentiments de gratitude à tous les membres de jury et ceux qui nous ont aidés pour nous avoir transmis leur savoir et leur savoir faire dans les meilleures conditions possibles.*

*Et enfin, on remercie tous ceux qui nous ont soutenu ou contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de se travail.*

*On remercie M<sup>r</sup>. KHACHANA.S et M<sup>r</sup> MILOUDI. Abdelmonem pour leur soutien.*

*Mohammed Fethi et Mohamed Larbi*

### Résumé :

Le présent travail a pour but de faire l'étude de conception d'une station d'épuration des eaux usées au niveau de la commune de Béni-Ounif, et dont le rejet se fait sans traitement dans le lit de l'Oued Tasra.

A travers cette étude il s'avère qu'il existe plusieurs modes d'épuration des eaux utilisées par des procédés très différents les uns des autres. Aussi pour pouvoir choisir le mode le plus adéquat et le plus adapté à la zone concernée, plusieurs paramètres seront pris en considération, à savoir : la nature du terrain, les couches souterraines, la qualité des eaux usées, le cout globale d'investissement et les éléments climatiques.

Par ailleurs, il ressort des critères conceptuels étudiés de ces deux variantes à savoir : Procédé de Boues activées et le lagunage naturel, que le mode le plus indiqué pour ce genre de projet au niveau de la ville de Béni-Ounif est sans contestation l'épuration par Boues activées.

### المخلص:

يهدف العمل المقدم إلى دراسة تصميم محطة لتنقية المياه المستعملة لبلدية بني ونيف (ولاية بشار) لأنها تصب مباشرة في واد تاسرة بدون معالجة. من خلال البحث توصلنا إلى أنه توجد عدة طرق لتصفية المياه القذرة واختيار الطريقة الملائمة يجب الأخذ بالحسبان عدة عوامل أهمها: العوامل الجوية، طبيعة أرضية الموقع المختار، طبقات الأرض المتواجدة، نوعية مياه الصرف و التكلفة.

بعد الدراسة التقنية لطريقتي الحمأة المنشطة و الأحواض المائية الطبيعية، وجدنا أن الطريقة الأمثل لمعالجة مياه مدينة بني ونيف هي التصفية بالحمأة المنشطة.

### Abstract

This work aims to study the design of a treatment plant wastewater in the city of Beni- Ounif, and whose rejection is untreated into the bed of Oued Tasra.

Through this study it appears that there are several water purification methods used by very different processes from each other. Also in order to choose the most suitable mode to the area, several parameters will be considered, namely: the terrain, underground layers, the wastewater quality, and the overall investment cost and climate elements.

Moreover, it appears from the study design criteria of these two variants namely: method for activated sludge and natural lagoons, as the most suitable mode for this type of project at the city of Beni- Ounif is without dispute the purification with activated sludge.

# Sommaire

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| INTRODUCTION GENERALE ..... | 01 |
|-----------------------------|----|

## **PARTIE I : Bibliographie**

---

### **Chapitre I : Notions générales sur les eaux usées**

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 1. Introduction .....                                 | 05 |
| 2- Généralité sur les eaux usées .....                | 05 |
| 2.1. Définition des eaux usées .....                  | 05 |
| 2.2. Origine des eaux usées .....                     | 05 |
| 2.2.1. Les eaux usées domestiques .....               | 05 |
| 2.2.2. Les eaux usées industrielles .....             | 06 |
| 2.2.3. Les eaux usées pluviales .....                 | 06 |
| 2.2.4. Les eaux usées de ruissellement agricole ..... | 06 |
| 2.3. Caractérisation des eaux usées .....             | 06 |
| 2.3.1. Caractéristique physico-chimiques .....        | 06 |
| 2.3.2. Caractéristiques Biologique .....              | 07 |
| 2.3.3. Caractéristiques minérales .....               | 08 |
| 3- Définitions générales .....                        | 10 |
| 3.1- L'assainissement .....                           | 10 |
| 3.1.1-Assainissement collectif .....                  | 11 |
| 3.1.2-Assainissement autonome .....                   | 11 |
| 3.2-Station d'épuration .....                         | 12 |
| 3.3-définition d'un milieu récepteur .....            | 12 |
| 4- Les étapes d'épuration des eaux usées.....         | 12 |
| 4.1. Prétraitement.....                               | 13 |
| 4.2. Traitement primaire.....                         | 13 |
| 4.3. Traitement secondaire.....                       | 13 |
| 4.4. Traitement tertiaire.....                        | 14 |

### **Chapitre II : Réutilisation des eaux usées**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introduction .....                                              | 16 |
| 2. La réutilisation dans l'irrigation des terrains agricoles ..... | 17 |
| 3. La réutilisation industrielle .....                             | 18 |
| 4. Réutilisation comme source en eau potable .....                 | 18 |
| 5. Conclusion .....                                                | 19 |

### **Chapitre III : Valorisation des boues**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introduction .....                                         | 21 |
| 2. Origine des boues.....                                     | 21 |
| 2.1. Les boues de traitement des eaux primaire.....           | 21 |
| 2.2. Les boues de traitement secondaire physico-chimique..... | 21 |
| 2.3. Les boues de traitement secondaire biologique .....      | 21 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 3. Traitement des boues en station d'épuration .....          | 21 |
| 3.1. L'Epaississement.....                                    | 22 |
| 3.2. La déshydratation.....                                   | 22 |
| 3.3. Le séchage.....                                          | 23 |
| 4. Valorisation des boues .....                               | 23 |
| 4.1. Traiter les boues en vue d'un recyclage agronomique..... | 24 |
| 4.2. La méthanisation des boues.....                          | 26 |
| 4.3. Autres modes d'élimination des boues .....               | 26 |
| 5. Conclusion.....                                            | 26 |

### **Chapitre IV : présentation la zone d'étude**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introduction .....                                              | 28 |
| 2. Situation géographique .....                                    | 28 |
| 3. La climatologie et l'hydrologie de la zone d'étude .....        | 29 |
| 3.1- La température de l'air.....                                  | 29 |
| 3.2. La pluviométrie .....                                         | 30 |
| 3.3. Les vents .....                                               | 31 |
| 3.4. L'évaporation moyenne mensuelle.....                          | 31 |
| 3.5. Hydrologie .....                                              | 32 |
| 4. Hydrogéologie, géologie et morphologie de la zone d'étude ..... | 32 |
| 4.1. Morphologie.....                                              | 32 |
| 4.2. Géologie et hydrogéologie .....                               | 33 |
| 5. Etat du réseau d'assainissement de la ville.....                | 33 |
| 6. Conclusion .....                                                | 34 |

## **PARTIE II : EXPERIMENTALE**

---

### **Chapitre V : Dimensionnement de la station**

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| I-Etude technique d'une station d'épuration classique (à boues activées) ..... | 37 |
| I.1. Introduction .....                                                        | 37 |
| I.2. Calcul du nombre d'habitants futurs .....                                 | 37 |
| I.3. Evaluation des débits des eaux usées .....                                | 38 |
| I.4- Dimensionnement de la station.....                                        | 40 |
| I.4.1- La charge polluante.....                                                | 40 |
| I.5- Dimensionnement des ouvrages.....                                         | 42 |
| I.5.1- Dégrilleur .....                                                        | 42 |
| I.5.2- Dessableur .....                                                        | 43 |
| I.5.3- Décanteur primaire .....                                                | 45 |
| I.5.4- Bassin d'aération .....                                                 | 46 |
| I.5.5- Décanteur secondaire et bassin de chloration.....                       | 50 |
| I.5.6- Digesteur des boues.....                                                | 51 |
| I.5.7-Lits de séchage de boues.....                                            | 52 |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| I.5.8- Dimensionnement des conduites .....                             | 53 |
| II-Etude technique d'une station d'épuration par lagunage naturel..... | 54 |
| II.1- Introduction .....                                               | 54 |
| II.2-Description de la procédée .....                                  | 54 |
| II.3- Dimensionnement des ouvrages .....                               | 55 |
| II.3.1- Dégrilleur .....                                               | 56 |
| II.3.2- Dessableur couloir .....                                       | 58 |
| II.3.3- bassin anaérobie .....                                         | 60 |
| II.3.4- Bassins de stabilisation .....                                 | 62 |
| II.3.5- Bassin de maturation .....                                     | 63 |
| II.3.6- Lit de séchage .....                                           | 67 |
| II.3.7 By-pass .....                                                   | 68 |
| II.3.8- Dimensionnement des conduites .....                            | 68 |

### **Chapitre VI : Choix de la station d'épuration**

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| VI.1. Introduction.....                                                               | 71 |
| VI.2- Avantages et Inconvénients de chaque variante .....                             | 71 |
| VI.3. Coûts de station .....                                                          | 72 |
| VI-3-1 Charges d'investissements .....                                                | 72 |
| VI-3-2 Les charges d'exploitations.....                                               | 73 |
| VI.4 Discussion sur le choix de la station d'épuration de la ville de Béni-Ounif..... | 73 |
| VI.5. Propriétés du site recevant de l'eau traitée.....                               | 74 |

### **Chapitre VII : procédés d'entretien et contrôle de la station**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introduction .....                                            | 77 |
| 2. Entretien d'une station à boues activées .....                | 77 |
| 2.1. Entretien hebdomadaire.....                                 | 77 |
| 2.2. Entretien régulier.....                                     | 77 |
| 2.3. Entretien annuel.....                                       | 77 |
| 3. Entretien d'une station d'épuration par lagunage naturel..... | 78 |
| 3.1. Entretien hebdomadaire.....                                 | 78 |
| 3.2. Entretien régulier.....                                     | 78 |
| 3.3. Entretien annuel.....                                       | 78 |

### **Conclusion Générale**

### **Bibliographie et webographie**

## *Liste des figures*

### **Chapitre I :**

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure I.1 :</b> schéma d'assainissement collectif .....                           | 11 |
| <b>Figure I.2 :</b> schéma d'assainissement autonome (non collectif).....             | 11 |
| <b>Figure I.3 :</b> exemples des stations d'épuration (Lagunage, Boues activées)..... | 12 |

### **Chapitre II :**

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure II.1 :</b> Réutilisation des eaux usées épurées.....                                                                     | 16 |
| <b>Figure II.2:</b> Répartition des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines..... | 17 |

### **Chapitre III :**

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure III.1 :</b> Schéma de principe d'une décanteuse centrifuge.....              | 22 |
| <b>Figure III. 2 :</b> Principales étapes de traitement et destinations des boues..... | 25 |

### **Chapitre IV :**

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure IV.1 :</b> Les limites administratives de la commune de Béni Ounif et sa.....<br>situation géographique. | 28 |
| <b>Figure IV.2.</b> Les données statistiques des températures.....                                                 | 29 |
| <b>Figure IV.3 :</b> Les données statistiques des précipitations.....                                              | 30 |
| <b>Figure IV.4 :</b> Données Statistiques de l'évaporation.....                                                    | 31 |
| <b>Figure. IV 5 :</b> carte géologique et morphologique de la région de Béni Ounif.....                            | 32 |
| A : carte géologique (tiré de la carte Sud oranais), B : MNT en 3D et profils topographiques                       |    |

### **Chapitre V :**

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure V.1 :</b> Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.     | 37 |
| <b>Figure V.2 :</b> Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration par lagunage naturel. | 54 |
| <b>Figure V.3:</b> Vue en plan du dégrilleur.....                                            | 56 |
| <b>Figure V.4:</b> Coupe longitudinale du dégrilleur.....                                    | 56 |

### **Chapitre VI :**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure VI .1:</b> Milieu récepteur (Oued Tasra).....                 | 74 |
| <b>Figure VI. 2:</b> Proposition du site de la station d'épuration..... | 75 |

## ***Liste des tableaux***

| <b>Chapitre IV</b>                                                                                                         | <b>Page</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tableau IV.1:</b> Données statistiques des températures (2004-2015).....                                                | 29          |
| <b>Tableau IV.2 :</b> Données statistiques de la pluviométrie (2004-2015).....                                             | 30          |
| <b>Tableau IV. 3 :</b> Les donnés statistiques des vents.....                                                              | 31          |
| <b>Tableau IV.4 :</b> Les donnés statistiques de l'évaporation moyenne mensuelle (2004-2015)                               | 31          |
| <br><b>Chapitre V</b>                                                                                                      |             |
| <b>Tableau. V.1 :</b> Estimation des débits des eaux usées.....                                                            | 40          |
| <b>Tableau. V. 2 :</b> Estimation des charges polluantes.....                                                              | 41          |
| <b>Tableau. V. 3:</b> Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents bassins pour station à boues activées.     | 52          |
| <b>Tableau. V.4 :</b> Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents bassins pour station par lagunage naturel. | 65          |
| <br><b>Chapitre VI</b>                                                                                                     |             |
| <b>Tableau. V.5 :</b> comparaison des deux variantes (avantages et inconvénients).....                                     | 71          |

## ***Liste des Abréviations***

**DBO5** : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

**DCO** : Demande chimique en oxygène.

**MES**: Matières en Suspensions.

**MO**: Matière organique.

**MS**: matières sèche

**EB** : Plants irrigués avec l'eau usée brute.

**ET**: Plants irrigués avec l'eau usée traitée.

**FAO**: Food and Agriculture Organization (organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agricultures).

**K**: Potassium.

**N**: Azote.

**NTK**: Azote total kjeldhal.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Azote ammoniacal.

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**: Nitrite.

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: Nitrate.

**P**: Phosphore.

**PT**: Phosphore total.

**REUE**: Réutilisation des eaux usées épurées.

**PDAU** : Plan Directeur d'Amménagement Urbain.

**MNT** : Modèle numérique de terrain.

**EUB** : Eaux Usées Brutes.

**EUE** : Eau Usées épurée.

### **Mots clés**

Station d'épuration, eaux usées, lagunage naturel, boues activés, assainissement, rejet.

## Introduction Générale

---

L'eau ne peut considérer comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégé, défendue et traité comme tel. Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation, elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques, et la qualité de son environnement en dépend étroitement.

La pollution des eaux de surface et souterraines est possible par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. La pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération et utilisation irrationnelle.

L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Le traitement des eaux usées est devenu un impératif et un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'homme compte tenu des risques sanitaires qu'il présente.

Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport à l'autre. Les procédés conventionnels d'assainissement sont efficaces mais soulèvent un certain nombre de contraintes : elles ne sont pas écologiques (production de boues) et nécessitent de lourds investissements, il convient donc de trouver des méthodes à bas coût capables de traiter efficacement les eaux.

Afin de faire un bon choix en vue de l'épuration de ces eaux, il faut songer à des techniques et de procédés qui permettent à cette eau de répondre aux normes de rejets, afin de remplir les objectifs suivants :

- Protéger le milieu récepteur et les ressources en eau souterraine.
- Garder la possibilité de fertiliser pour l'irrigation les effluents épurés pour mettre en valeur des espaces qui ne le sont pas ou peu à l'heure actuelle.

Il s'agit d'une station qui répond particulièrement bien à des critères technico-économiques, et constitue donc le procédé le mieux adapté dans cette région où l'espace ne manque pas et l'ensoleillement est favorable.

Notre travail vise à contribuer à la proposition des différentes solutions pour épurer les eaux usées de la ville de Béni-Ounif, à partir de l'examen des résultats des analyses des eaux usées de cette région.

Nous essayons de répondre à la question suivante :

➤ **Quelle est alors la procédé d'épuration la plus adéquate pour épurer les eaux usées de Béni-Ounif ?**

### **Methodologie**

Notre travail comprend trois volets complémentaires :

- Une recherche bibliographique relative au traitement des eaux.
- Dimensionnement d'une station d'épuration par deux variantes (Boues activées, Lagunage naturel).
- Discussion des résultats et choix de la méthode d'épuration la plus favorable pour la ville de Béni-Ounif.

### **Objectif global**

Il est scindé en deux :

- Initiation à une recherche bibliographique.
- Dimensionner une station d'épuration par deux variantes : Boues activées et Lagunage naturel et choix de la méthode d'épuration la plus favorable pour la ville de Béni-Ounif.

En fin le travail est clôturé par une conclusion générale.

# **PARTIE I**

# **BIBLIOGRAPHIE**

# **Chapitre I**

## **Notions générales sur les eaux usées**

## **1. Introduction :**

L'eau est indispensable dans notre vie quotidienne, mais avant qu'elle soit consommable (potable) elle suit un cycle bien défini.

Commençant par la production à partir des ressources puis elle passe vers le traitement et ensuite la distribution pour différents usages (agricole, industriel, public et domestique). L'eau devient alors sale ce qui nécessite une épuration dans une station par de différentes méthodes. C'est grâce à un réseau d'assainissement l'eau usée est évacuée à la station.

## **2. Généralité sur les eaux usées :**

### **2.1. Définition des eaux usées :**

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources. Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que nous évacuons en tirant la chasse d'eau et lorsque nous utilisons nos 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. Certaines eaux usées sont plus difficiles à traiter que d'autres, par exemple; les eaux usées industrielles peuvent être difficiles à traiter, tandis que les eaux usées domestiques sont relativement faciles à traiter.

### **2.2. Origine des eaux usées**

Selon Eckenfelder, les eaux usées proviennent de quatre sources principales :

- 1- Les eaux usées domestiques.
- 2- Les eaux usées industrielles.
- 3- Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes.
- 4- Le ruissellement dans les zones agricoles.

#### **2.2.1. Les eaux usées domestiques :**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollutions organiques. Elles se répartissent en eau ménagère qui a pour origine

les salles de bain et les cuisines, elles sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, et de débris organiques. Il s'agit aussi des rejets des toilettes, chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

#### **2.2.2. Les eaux usées industrielles :**

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles contiennent également des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures.

#### **2.2.3. Les eaux usées pluviales :**

Normalement les eaux pluviales ne sont pas forcément polluées. Elles ne sont considérées comme des eaux usées que si elles sont mélangées avec des effluents urbains au niveau des égouts de type unitaire. Elles sont de même nature que les rejets domestiques et peuvent contenir en plus des éléments toxiques.

#### **2.2.4. Les eaux usées de ruissellement agricole :**

Il s'agit de rejets liquides agricoles issus du ruissellement d'eau d'irrigation qui entraîne des engrais, des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important.

### **2.3. Caractérisation des eaux usées :**

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et minérales.

#### **2.3.1. Caractéristique physico-chimiques :**

##### **- La température :**

Il est primordial de connaître la température d'une eau. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et la détermination du pH. Donc cette grandeur physique permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique.

**- Le pH :**

Le pH est la mesure du caractère acide ( $1 < \text{pH} < 7$ ) ou basique ( $7 < \text{pH} < 14$ ) des eaux usées. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, le pH affecte la vie aquatique et par conséquent influence l'autoépuration du milieu naturel.

**- Matières en suspension (MES) :**

C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau. Les MES sont responsable d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution de l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton.

**- Demande biochimique en oxygène (DBO) :**

Demande Biochimique en Oxygène pour 5 jours. Elle permet d'évaluer la charge polluante contenue dans l'eau usée. La DBO est la consommation en oxygène de micro-organismes présents dans le milieu pour en assimiler les substances organiques.

**- La demande chimique en oxygène (DCO) :**

DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique. Vu la simplicité de mesure de DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire de développer des corrélations entre la DBO5 et la DCO ainsi le rapport DCO/ DBO5 des eaux usées urbaines est proche de 2, le rapport DCO/ DBO5 des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5.

**- Les matières azotées :**

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont l'azote total kjeldhal (NTK), les nitrates ( $\text{NO}^{-3}$ ) et les nitrites ( $\text{NO}^{-2}$ ). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel.

**- Matières phosphatées:**

C'est la quantité de phosphore total contenu dans l'eau sous diverses formes : polyphosphates, organophosphates et orthophosphates. Le phosphore est aussi responsable de l'eutrophisation du milieu aquatique, d'où l'obligation de sa détermination.

**2.3.2. Caractéristiques Biologique :**

Les eaux résiduaires urbaines contiennent de nombreux germes (champignons, amibes, protozoaires, bactéries, virus) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif de les épurer pour préserver le milieu naturel.

**a-Protozoaires :**

Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoeba histolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne.

**b-Helminthes :**

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréta des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée.

**c-Virus :**

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, également on peut citer l'hépatite A.

**d- Les coliformes totaux et fécaux :**

C'est un groupe de bactéries utilisé comme indicateur de contamination fécale. Ils appartiennent à la classe des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles à gram négatif, asporogènes, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier et de fermenter le lactose et produisent de gaz, d'acide et d'aldéhyde. On les considère comme bons indicateurs de contamination fécale, ils se cultivent à 44°C.

Les coliformes totaux se développent à 37°C. Ces derniers peuvent avoir une origine non strictement fécale : Le sol, les insectes et les plantes peuvent les héberger. Les coliformes totaux sont inclus dans les germes témoins de contamination fécale de deuxième ordre.

**e- Les streptocoques fécaux :**

Ces bactéries appartiennent à la famille des streptococcaceae, sont des cocci généralement disposées en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif, asporulantes, immobiles, aérobies facultatifs et possédant un métabolisme fermentatif. Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. Cependant, on peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes.

**2.3.3. Caractéristiques minérales :**

Certains micropolluants, comme les métaux lourds, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes.

**-Éléments traces :**

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques  $\mu\text{g/l}$ ) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces.

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

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments.

**- Les substances nutritives :**

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, sont indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non.

**-L'azote :**

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène ( $\text{O}_2$ ) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous ( $\text{NH}_3$ ), en équilibre avec l'ion ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ ).

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à  $\text{NH}_4^+$  : ammonification
- $\text{NH}_4^+$  à  $\text{NO}_2^-$  : nitritation par Nitrosomonas
- $\text{NO}_2^-$  à  $\text{NO}_3^-$  : nitratisation par Nitrobacter.

**-Le phosphore**

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l (soit 15 à 35 mg/l en  $P_2O_5$ ). Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement.

Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore.

**-Le potassium ( $K^+$ ) :**

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de  $K_2O$ ) et permet donc de répondre partiellement aux besoins<sup>[6]</sup>. Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes.

**-Chlore et sodium :**

Leur origine est :

- Naturelle (mer : 27g/l Na Cl, et terrains salés)
- humaine (10 à 15g/l Na Cl dans les urines/j).
- industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire)

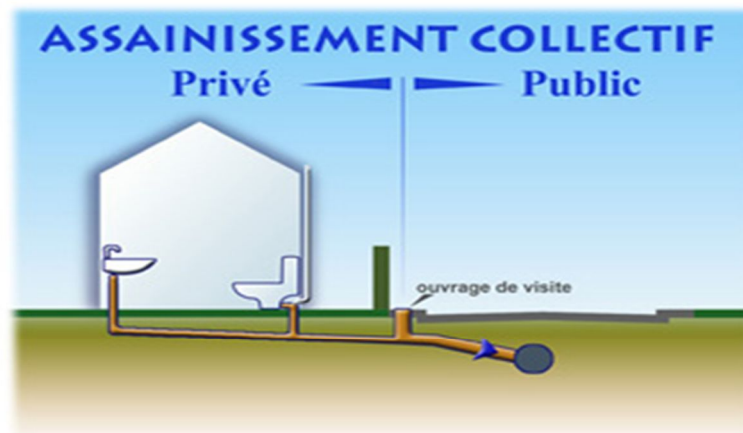
Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres.

**3- Définitions générales :****3.1- L'assainissement :**

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

### 3.1.1-Assainissement collectif :

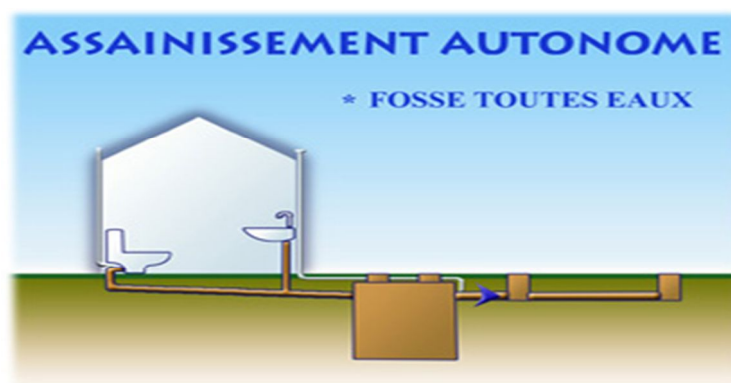
C'est celui qui est réalisé sous maîtrise d'ouvrage publique. Il s'agit presque toujours d'un réseau de collecte équipé à son extrémité d'un ouvrage de traitement, destiné à restituer, en un lieu qui convient, une eau de qualité satisfaisante pour le respect de la qualité de milieu récepteur. C'est l'ensemble réseau+ ouvrage de traitement qui est désigné par l'expression « système d'assainissement ».



**Figure .I.1 :** schéma d'assainissement collectif

### 3.1.2-Assainissement autonome :

Appelé aussi assainissement non collectif, il est à la charge du particulier qui doit installer dans sa propriété un équipement adapté à savoir un dispositif de pré traitement : généralement une fosse dite toutes eaux (fosse septique) dans laquelle s'opère une décantation et une digestion des éléments polluants ; et un dispositif de traitement c'est à dire un système de filtration souvent mis en place par des tranchées drainantes ou un filtre à sable.



**Figure I. 2 :** schéma d'assainissement autonome (non collectif)

### 3.2-Station d'épuration :

Ensemble d'ouvrages destinés au traitement des eaux usées domestiques, industrielles ou pluviales, ainsi qu'au traitement de leur résidus, de façon à protéger le milieu naturel dans lequel seront déversées ces eaux traitées.



**Figure I 3 :** exemples des stations d'épuration-vue aérienne- (Lagunage, Boues activées)

### 3.3 - définition d'un milieu récepteur :

Un milieu récepteur est un élément naturel recevant les eaux épurées par l'ouvrage d'épuration.

Il y a plusieurs types de milieu récepteur :

- Rivières.
- Eaux côtières et les eaux de transition.
- Plan d'eau.
- Eaux souterraines.

### 4. Les étapes d'épuration des eaux usées:

Le traitement des eaux usées a pour but de les dépolluer suffisamment pour qu'elles n'altèrent pas la qualité du milieu naturel dans lequel elles seront finalement rejetées.

De l'arrivée à la station jusqu'au rejet dans le milieu naturel, le traitement comporte en général dans l'ordre des étapes suivantes :

#### 4.1. Prétraitement :

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tout élément susceptible de gêner le fonctionnement des ouvrages. Ils permettent d'éliminer les matières les plus grossières, susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures.

On distingue trois procédés de prétraitement :

**a- Le dégrillage :** qui permet de protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les canalisations de liaison et les différentes unités des installations et de séparer les matières volumineuses charriées par l'eau brute en vue de les évacuer.

**b- Le dessablage :** qui a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter leurs dépôts dans les canaux et conduits et à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion.

**c- Le dégraissage :** qui permet de séparer de l'eau, les huiles et la matière grasse (animales et végétales) et qui a pour but d'éviter la formation de flottants et d'écumes, les perturbations des aérateurs et les départs avec l'eau traitée.

#### 4.2. Traitement primaire: (décantation)

Il s'agit le plus souvent d'une décantation qui permet d'éliminer les matières en suspension décantables. L'utilisation de réactifs chimiques pour éliminer des particules plus fines constitue un traitement physico-chimique. Ce traitement permet donc essentiellement l'élimination de la pollution particulaire et d'une partie de la pollution organique sous forme particulaire.

Ces traitements permettent d'éliminer 90% de matières en suspension (MES).

#### 4.3. Traitement secondaire:

Appelé aussi traitement biologique, l'élimination des matières organiques implique le recours à des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries.

Ces traitements sont basés sur la capacité des micro- organismes à oxyder la matière minérale ( $\text{NH}_3$  ....) et les matières constitutives de la DCO et de la DBO d'une part (aérobiose), et à réduire d'autre part les molécules comportant de l'oxygène  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  et  $\text{CO}_2$  (anaérobiose).

Ils vont permettre ainsi d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie des MES.

#### **4.4. Traitement tertiaire:**

L'objectif des traitements tertiaires est d'éliminer l'azote et le phosphore (la déphosphatation) Ils visent à améliorer la qualité de l'eau épurée en vue de leur rejet dans le milieu naturel ou de leur réutilisation.

## **Chapitre II**

# **Réutilisation des eaux usées**

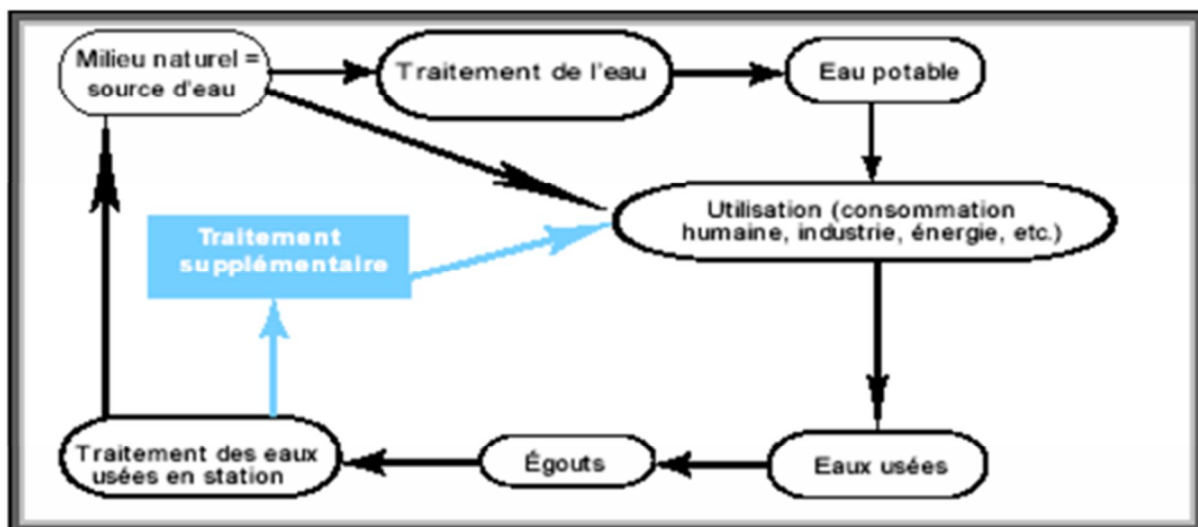
## 1. Introduction :

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant.

Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel.
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriels et urbains.



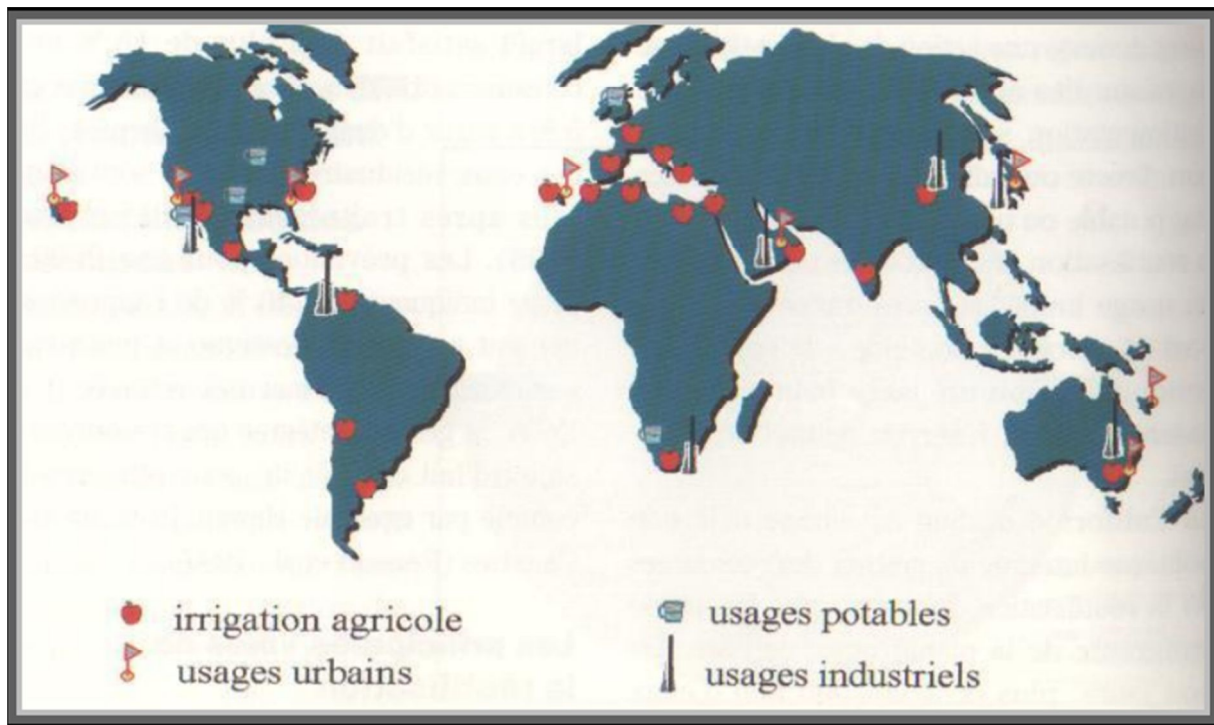
**Figure II.1 :** Réutilisation des eaux usées épurées.

Au plan mondial, l'utilisation de cette technique par l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvrent respectivement 70 %, 20 %, 10 % de leur demande en eau.

La figure 2 résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine. Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est

essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le Sud des Etats-Unis.

Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud.



**Figure II .2:** Répartition des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines

## 2. La réutilisation dans l'irrigation des terrains agricoles :

L'irrigation de cultures ou d'espaces verts est, de très loin, le mode le plus répandu de réutilisation des eaux usées urbaines. C'est aussi, si on le compare aux autres modes de réutilisation, qu'il s'agisse du double réseau urbain, des usages industriels, ou des recharges d'aquifère, celui qui a le plus d'avenir à court et à moyen terme.

Dans le cas spécifique de l'irrigation, les bénéfices ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource, mais aussi dans la nature des eaux usées.

En effet, elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligoéléments (fer, cuivre, manganèse, zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement. Les MES contribuent

également à la fertilisation des sols car elles sont riches en matière organique. L'utilisation d'eaux usées à la place d'engrais de synthèse coûteux est économiquement intéressante pour les agriculteurs.

### **3. La réutilisation industrielle :**

L'eau constitue souvent un élément essentiel à la production industrielle. Dans un contexte de raréfaction de la ressource et de durcissement de la législation, de nombreuses entreprises cherchent donc à développer le recyclage de leurs eaux usées. Celles-ci peuvent être réutilisées dans les chaudières et les tours de refroidissement, ou comme eau de lavage, de nettoyage ou de processus. Le recyclage permet à la fois d'économiser les ressources en amont, mais aussi de diminuer le volume des rejets dans l'environnement.

Dans certaines régions du monde où les ressources en eau diminuent, recycler les eaux usées est une priorité. En Californie par exemple, l'agence publique en charge de l'approvisionnement en eau potable de Los Angeles a entrepris un ambitieux programme de réutilisation de l'eau. Développée par United Water, la technique du « Re-Use » est une solution adéquate pour répondre aux situations de stress hydrique de la région ainsi qu'aux besoins des industriels.

### **4. Réutilisation comme source en eau potable :**

La réutilisation est directe quand l'eau ne revient jamais dans le milieu naturel ; les eaux épurées sont directement acheminées de la station d'épuration à l'usine de traitement pour l'eau potable (système « pipe to pipe »). L'unique exemple dans le monde de réutilisation directe se trouve en Afrique, à Windhoek, capitale de la Namibie la réutilisation est indirecte et non planifiée quand les eaux épurées sont rejetées dans un cours d'eau ou une réserve souterraine qui sert à l'alimentation d'une usine de traitement, sans que ce lien soit volontaire. Cette notion est à la limite de la définition d'une REUE.

La réutilisation est indirecte et planifiée quand elle consiste à rejeter des effluents de station volontairement en amont d'une usine de traitement, au niveau du plan d'eau ou de la nappe qui sert d'ultime réservoir naturel avant le pompage et le traitement.

C'est le cas du comté d'Essex en Angleterre, où une ville de 140 000 habitants, Chelmsford, est alimentée en eau potable pendant l'été par des eaux épurées, après un passage dans la rivière Chelmer. D'un point de vue sanitaire, il faut noter qu'aucune incidence sur la

santé n'a été relevé, aussi bien à Windhoek, où la REUE existe depuis plus de 20 ans, qu'à Chelmsford (début du projet en 1996).

## **5. Conclusion :**

L'évolution de la réutilisation des eaux usées a connu et connaît encore à l'heure actuelle différentes phases en fonction des intérêts mis en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, socioculturels ou environnementaux. Elle est liée aux développements de l'ingénierie des eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau. Actuellement, les possibilités de réutilisation des eaux usées sont très larges, quand la qualité est en adéquation avec l'usage.

# **Chapitre III**

## **Valorisation des boues**

## **1. Introduction :**

L'épuration des eaux usées produit toujours une quantité importante de boues organiques. Les collectivités locales qui doivent épurer les eaux usées urbaines doivent également se débarrasser des boues produites. L'utilisation agricole de celles-ci est la solution économiquement la plus adéquate. En outre, il en résulte un effet de fertilisation non négligeable.

## **2. Origine des boues :**

### **2.1. Les boues de traitement des eaux primaire**

Sont produites dans les bassins par simple décantation des Matières En Suspension (MES) organiques et minérales contenues dans les eaux usées. Jusqu'à 70 % des MES peuvent être retenues lors de cette étape de traitement des eaux usées, et donc se retrouver dans les boues. Avec l'évolution des procédés de traitement des eaux usées, ces boues tendent à diminuer de volume.

### **2.2. Les boues de traitement secondaire physico-chimique**

Proviennent de l'agglomération des matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées, par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium) qui sont ensuite séparées par décantation. Jusqu'à 90 % des MES peuvent être retenues lors de cette étape de traitement des eaux usées, et donc se retrouver dans les boues. Ces boues contiennent une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant.

### **2.3. Les boues de traitement secondaire biologique**

Sont essentiellement composées des résidus de bactéries épuratrices "cultivées" dans les bassins d'épuration biologique aérobie des stations d'épuration. Elles sont retirées régulièrement, pour entretenir la dynamique de reproduction bactérienne dans ces bassins, où elles se nourrissent et digèrent la matière organique contenue dans les eaux usées.

## **3. Traitement des boues en station d'épuration :**

Le principal objectif du traitement des boues en station d'épuration est d'en réduire le volume pour limiter les quantités à stocker et de les stabiliser pour en améliorer les caractéristiques physiques et arrêter la biodégradation dont elles sont le lieu. En effet, leur forte teneur en eau (99 %) et les fortes populations bactériennes qui s'y retrouvent en font un bouillon de culture

Favorable à la dégradation de la matière organique fraîche et très fermentescible qu'elles contiennent, avec production de mauvaises odeurs. Outre la teneur en éléments-traces (liée à la présence de matières minérales dissoutes ou insolubles), la siccité est un paramètre fondamental de la caractéristique des boues: elle s'exprime en tonnages de Matière Sèche (MS).

### 3.1. L'épaississement

Il s'agit de la première étape de traitement des boues, qui s'opère en général avant le mélange des boues issues des différentes étapes d'épuration des eaux usées (boues primaires, secondaires, et éventuellement tertiaires). Cette étape peut être précédée de l'ajout de flocculant organique de synthèse ou minéraux (chaux, sels de fer ou d'aluminium), afin de faciliter la séparation des phases solide et liquide des boues.

L'épaississement consiste à laisser s'écouler les boues par gravitation à travers un silo placé au-dessus d'une table d'égouttage ou d'une toile semi-perméable. Autre technique de concentration : la flottation, basée sur l'injection de gaz dans les boues, ce qui sépare les phases liquides et solides par différence de densité. En sortie, les boues sont encore liquides avec une siccité de 4 à 6 %.

### 3.2. La déshydratation

La déshydratation permet de diminuer la teneur en eau des boues, et d'atteindre en sortie une siccité allant de 15 à 40%, variable selon la filière de traitement des eaux, la nature des boues et la technique de déshydratation utilisée. Elle s'opère sur un mélange de boues primaire, secondaire voire tertiaire.

#### a- La déshydratation mécanique :

Elle s'opère par centrifugation ou par filtration. La centrifugation consiste à séparer l'eau des boues épaissies par la force centrifuge développée dans un cylindre tournant à grande vitesse. En sortie, les boues sont pâteuses avec une siccité de 18 à 20 % pour la première génération d'équipements, et de 20 à 25 % de siccité pour la seconde. Pendant longtemps, cette technique a surtout concerné les stations de plus de 10.000 EH.



**Figure III.1 :** Schéma de principe d'une décanteuse centrifuge.

**b- La déshydratation par géomembranes :**

Cette technique de déshydratation est apparue récemment, avec le développement des membranes. Les boues sont mises dans des géotubes aux pores minuscules, qui laissent passer l'eau petit à petit et concentrent les matières. Une fois pleins, ces géotubes contiennent des boues déshydratées jusqu'à 15 à 25% de siccité.

**3.3. Le séchage**

Le séchage des boues est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elles contiennent ; la réduction de volume qui en résulte est conséquente.

**a- Le séchage thermique**

Il repose sur deux méthodes : directe et indirecte.

Le séchage direct consiste en une évaporation des boues par convection, via un fluide caloporteur.

Le séchage indirect repose quant à lui en un échange de chaleur par conduction, via une paroi chauffée par un fluide caloporteur. En sortie, les boues se présentent sous forme de poudres ou de granulés, avec un taux de siccité pouvant atteindre 90 à 95 %. Ces deux procédés sont très énergivores : ils représentent un poste sur lequel il est possible de réduire l'empreinte environnementale de la filière boue, par exemple en mettant en place des boucles de récupération d'énergie.

**b- Les lits de séchage**

Ce procédé consiste à répartir les boues à déshydrater sur une surface drainante (composée de plusieurs couches de gravier et de sable de granulométries variables), à travers laquelle s'écoule l'eau interstitielle. Ces lits de séchages sont mis sous serre pour non seulement tirer partie du phénomène d'évaporation naturelle, mais l'accélérer par les rayons du soleil. On parle alors de séchage solaire. En sortie des lits de séchage, les boues sont solides, d'une siccité d'environ 35 à 40 %.

**4. Valorisation des boues :**

Tout déchet devient moins contraignant s'il peut être réutilisé, et il l'est encore moins si cette réutilisation présente un avantage. Un déchet sans utilité doit être détruit ou entreposé dans de bonnes conditions. Ces opérations présentent des difficultés pratiques et sont coûteuses. Il est rare que la valorisation d'un déchet conduise à un gain réel, mais il y a gain relatif si les difficultés évoquées sont réduites et si les coûts sont diminués.

#### **4.1. Traiter les boues en vue d'un recyclage agronomique**

Après traitement, les boues peuvent être valorisées en engrais organiques, susceptibles d'apporter des éléments fertilisants au sol et d'en stimuler l'activité biologique. Si elles sont chaulées dans de bonnes proportions, elles peuvent servir d'amendement basique afin de réduire l'acidité des sols. La pratique de l'épandage agricole constitue alors la phase ultime de la filière boue.

##### **- Epandage :**

L'épandage est un moyen de valorisation des boues. Les boues doivent être épandues dans des conditions de manutentions, de sécurité et d'environnement satisfaisantes pour l'utilisateur et les riverains.

Pour que l'épandage soit réalisé dans les conditions optimales, trois facteurs doivent être pris en compte:

- Les odeurs ne doivent pas constituer une gêne pour l'utilisateur et le voisinage
- La siccité doit être adaptée aux distances de transport, aux modes de stockage, aux types de cultures et aux matériels d'épandage.
- La fluidité des boues est déterminante pour la tenue en tas, le pelletage et le pompage.

Ainsi, les boues doivent être séchées, stabilisées et hygiénisées pour qu'elles présentent le double avantage d'enrichir la terre et de générer des économies de fertilisation.

##### **• Nature des boues épandues**

###### **- Boues pâteuses**

Ces boues sont issues de la filière de traitement des boues, en sortie de l'étape de déshydratation mécanique. Difficiles à manipuler et à stocker, elles sont sujettes à la fermentation anaérobie et à la production de mauvaises odeurs.

###### **- Boues chaulées**

Issues de la filière de traitement des boues en sortie de l'étape de déshydratation mécanique, elles subissent une stabilisation chimique à la chaux pour être hygiénisées et stabilisées. Leur consistance pâteuse ou solide fait qu'elles sont faciles à manipuler.

###### **- Boues liquides**

Ces boues liquides proviennent du traitement primaire des eaux et de l'étape d'épaississement de la filière de traitement des boues. D'une texture semblable à celle

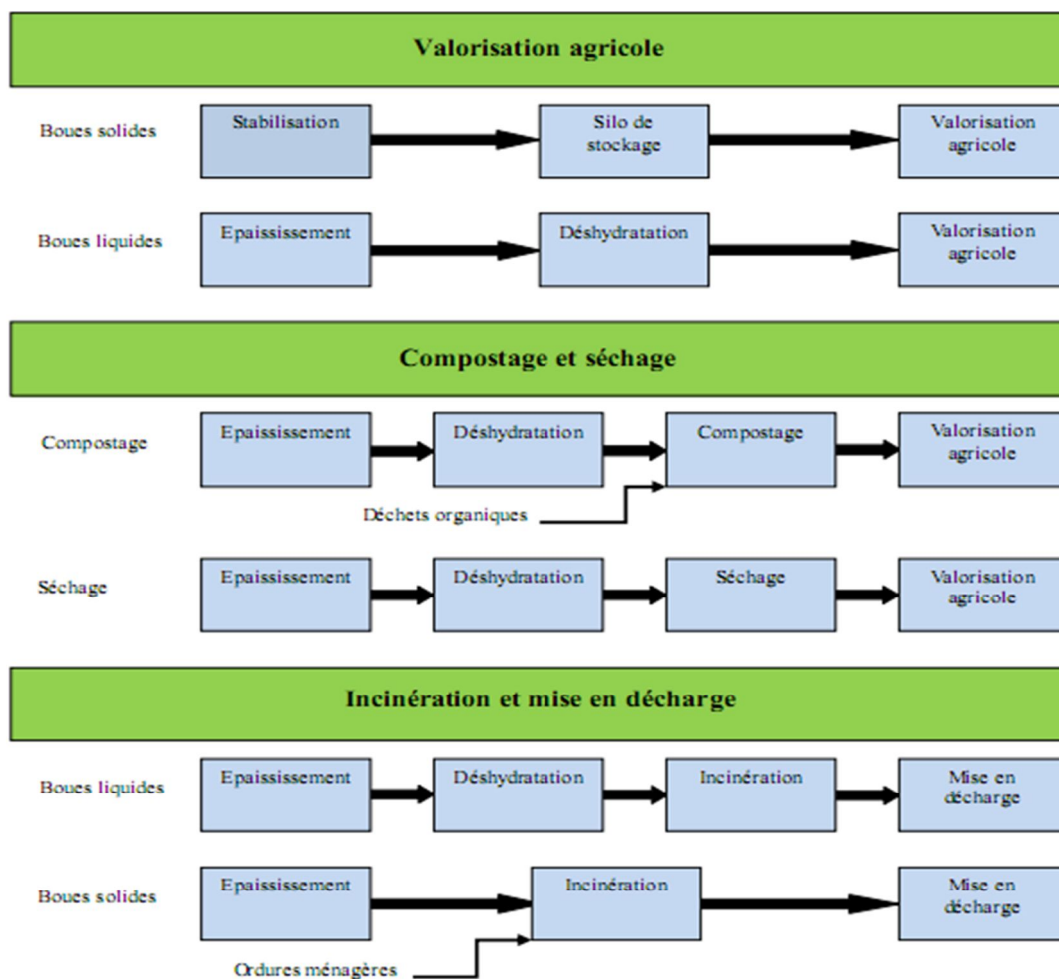
des lisiers de porcs ou de bovins, elles sont épandues par rampes le plus souvent sur des prairies. Malodorantes, elles sont parfois épandues via des citernes équipées d'un enfouisseur.

#### - Boues solides non chaulées

Il s'agit des « gâteaux » solides produits en sortie de déshydratation par filtre-pressé, à l'aspect de « terreau », faciles à transporter et à stocker (en talus) à un moindre coût. Il s'agit aussi des boues séchées, ou encore des boues digérées.

#### - Compost de boues

Les boues liquides produites en sortie de déshydratation par centrifugation peuvent être envoyées sur une plateforme de compostage faite de cellules compartimentées et ventilées. Là, elles sont mélangées à d'autres sous-produits carbonés et subissent une dégradation biologique par voie aérobie. Après fermentation et maturation, le compost apparaît après plus d'un mois comme un produit hygiénisé et stabilisé, humide et riche en sels minéraux et en micro-organismes.



**Figure III. 2 :** Principales étapes de traitement et destinations des boues

#### **4.2. La méthanisation des boues :**

La méthanisation est utilisée depuis plus d'un siècle pour traiter les boues urbaines. Le procédé appelé également digestion anaérobie est similaire aux phénomènes qui se déroulent dans le système digestif des ruminants : il s'agit d'une fermentation qui s'effectue en l'absence d'air.

La matière organique biodégradable est transformée en gaz : gaz carbonique et surtout méthane, combustible qui constitue aussi le principal composant du gaz naturel.<sup>[21]</sup>

#### **4.3. Autres modes d'élimination des boues :**

##### **a-Fabrication de matières fertilisantes**

Les boues peuvent être transformées en produit fertilisant.

##### **b-Incineration**

Incineration ou Co-incineration des boues avec des ordures ménagères dans un four. Cela a un coût, mais fournit de la chaleur valorisable par exemple dans la production d'eau chaude.<sup>[19]</sup>

#### **5. Conclusion :**

La valorisation des boues issues du traitement est essentiellement agricole et permet de développer une activité génératrice de ressources et d'emplois pérennes.

**Chapitre IV**  
**Présentation la zone**  
**d'étude**

## 1. Introduction :

Béni Ounif est une commune d'environ 11259 (2014) habitants située à 110 km du chef lieu de la wilaya de Bechar. Cette ville est constituée d'une palmeraie, localisée sur les terrasses de l'ordre de quelques hectares.

## 2. Situation géographique :

La commune de Béni Ounif s'étend sur une superficie de 16600 km<sup>2</sup>. Elle est située dans la partie Nord-est de la wilaya de Béchar. Le chef-lieu de la commune, est à 110 km du chef-lieu de la wilaya de Béchar.

D'autre part la ville de Béni Ounif représente le point frontalier avec le royaume du Maroc.

Les limites administratives de la commune de Béni Ounif : (Figure 1)

- Au Nord, par la Wilaya de Naama et la frontière Marocaine
- Au Sud par la commune d'El Ouata et Karzaz
- A l'Ouest par la commune de Bechar et Taghit
- A l'Est la wilaya d'El Bayadh.



**Figure IV.1 :** Les limites administratives de la commune de Béni Ounif et sa situation géographique

### 3. La climatologie et l'hydrologie de la zone d'étude :

La climatologie du Sahara est un sujet d'étude complexe, à cause de la rareté de la précipitation.

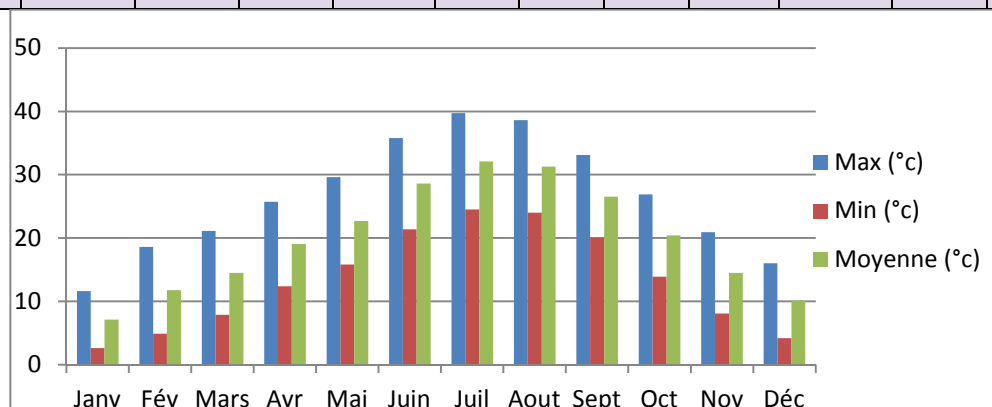
D'après les données statistiques moyennes du climat obtenues de la station de météo de Béchar, nous citons :

#### 3.1- La température de l'air (moyenne mensuelle de 2004-2015):

La température de l'air est l'un des effets les plus importantes de la radiation solaire :

**Tableau IV.1:** Données statistiques des températures (2004-2015)

|              | Janv | Fév   | Mars | Avr   | Mai  | Juin | Juil | Aout | Sept  | Oct  | Nov  | Déc  |
|--------------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| Max (°c)     | 11.6 | 18.6  | 21.1 | 25.7  | 29.6 | 35.8 | 39.7 | 38.6 | 33.1  | 26.9 | 20.9 | 16   |
| Min (°c)     | 2.6  | 4.9   | 7.9  | 12.4  | 15.8 | 21.4 | 24.5 | 24   | 20    | 13.9 | 8.1  | 4.2  |
| Moyenne (°c) | 7.1  | 11.75 | 14.5 | 19.05 | 22.7 | 28.6 | 32.1 | 31.3 | 26.55 | 20.4 | 14.5 | 10.1 |



**Figure IV .2:** Les données statistiques des températures.

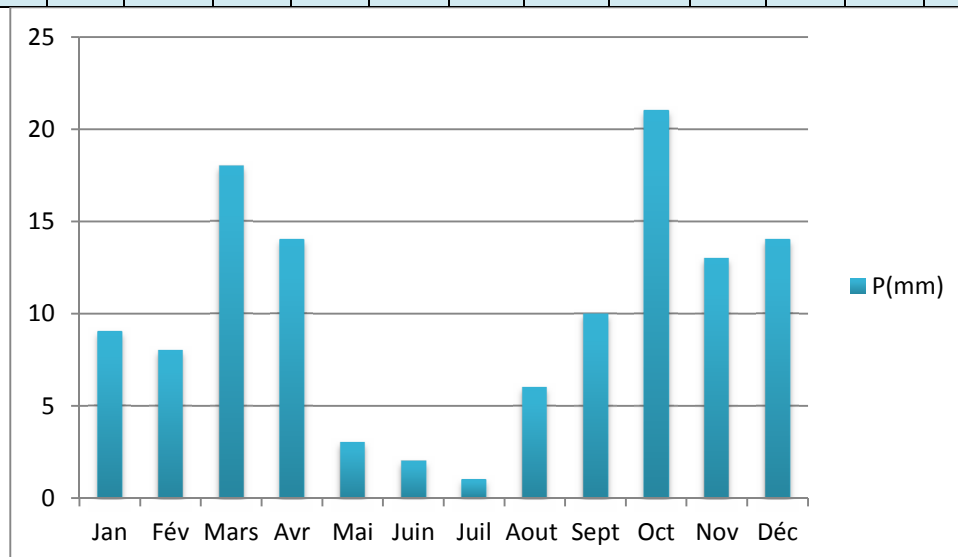
La température la plus basse est enregistrée au mois de Janvier (2.6°C) et la plus élevées au mois de Juillet (39.7°C).

Ces variations et valeurs, classent ce périmètre parmi les régions semi-arides. Les variations de températures entre les saisons influenceront beaucoup sur les modes d'épuration de type extensive très sensible aux variations.

### 3.2. La pluviométrie : (moyenne mensuelle de 2004-2015) :

**Tableau IV.2 :** Données statistiques de la pluviométrie (2004-2015)

| mois      | Jan | Fév | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc | Annuelle<br>(mm) |
|-----------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|------------------|
| P<br>(mm) | 9   | 8   | 18   | 14  | 3   | 2    | 1    | 6    | 10   | 21  | 13  | 14  | (119)            |



**Figure IV. 3:** Les données statistiques des précipitations.

Les précipitations mensuelles sont très irrégulières. La plus grande parties de la pluie tombe dans la période humide entre Septembre et Avril avec un maximum au mois d'Octobre (21mm) et la période sèche est de Mai à Aout avec un minimum au mois de Juillet (1mm). La moyenne annuelle est de 119mm

### 3.3. Les vents :

Au Sahara, le vent est un facteur climatique aussi important que la température et l'évaporation. Dans la région de la Saoura, la fréquence du vent est très grande et cela durant toute l'année.

Nous disposons pour la commune de Béni-Ounif des vents de différentes directions selon les saisons :

- Printemps : les vents soufflent de l'Est puis continuent leur évolution pour devenir des vents Sud-ouest.
- Automne : les vents soufflent Nord-ouest.

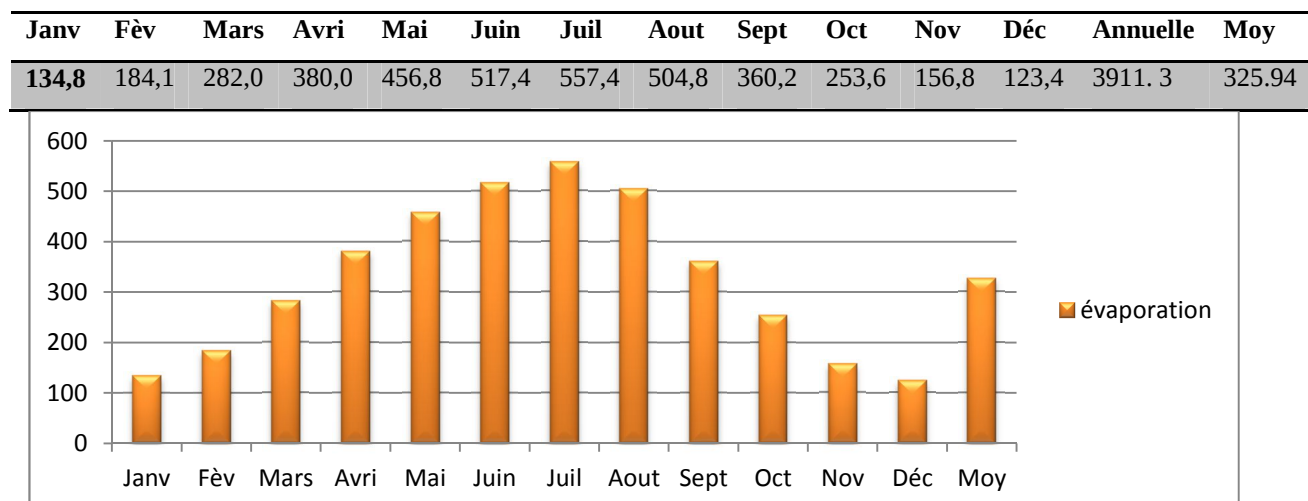
- Eté : ils soufflent entre Nord-est et Sud.
- Hiver : ils soufflent entre Sud-ouest et Nord.

**T ableau IV. 3 : Les donnés statistiques des vents**

| Direction | Nord  | Nord-est | Est   | Sud-ouest | Sud | Sud-est | Ouest | Nord-ouest |
|-----------|-------|----------|-------|-----------|-----|---------|-------|------------|
| Fréquence | 07,1% | 08,0%    | 08,2% | 08,7%     | 22% | 25%     | 12,3% | 08,7%      |

Les vents dominants sont du Nord, orientent vers le choix d'implantation de la station d'épuration, par rapport de la zone habitée.

### 3.4. L'évaporation moyenne mensuelle (mm) 2004-2015

**Tableau IV.4 : Les donnés statistiques de l'évaporation moyenne mensuelle (2004-2015)****Figure. IV 4 : Données Statistiques de l'évaporation.**

L'évaporation la plus basse est enregistrée au mois de Décembre de 123,4 mm et la plus élevée au mois de Juillet de 557,4 mm.

### 3.5. Hydrologie :

Trois Oueds traversant le territoire communal : Oued Namous, Oued Aouedj et Oued Zousfana. Les eaux infiltrées permettent l'alimentation des nappes, ce perdent en grande partie en évaporation. D'autres Oueds moins importants ce sont : Oued Melias, Tabouda et Fendi.

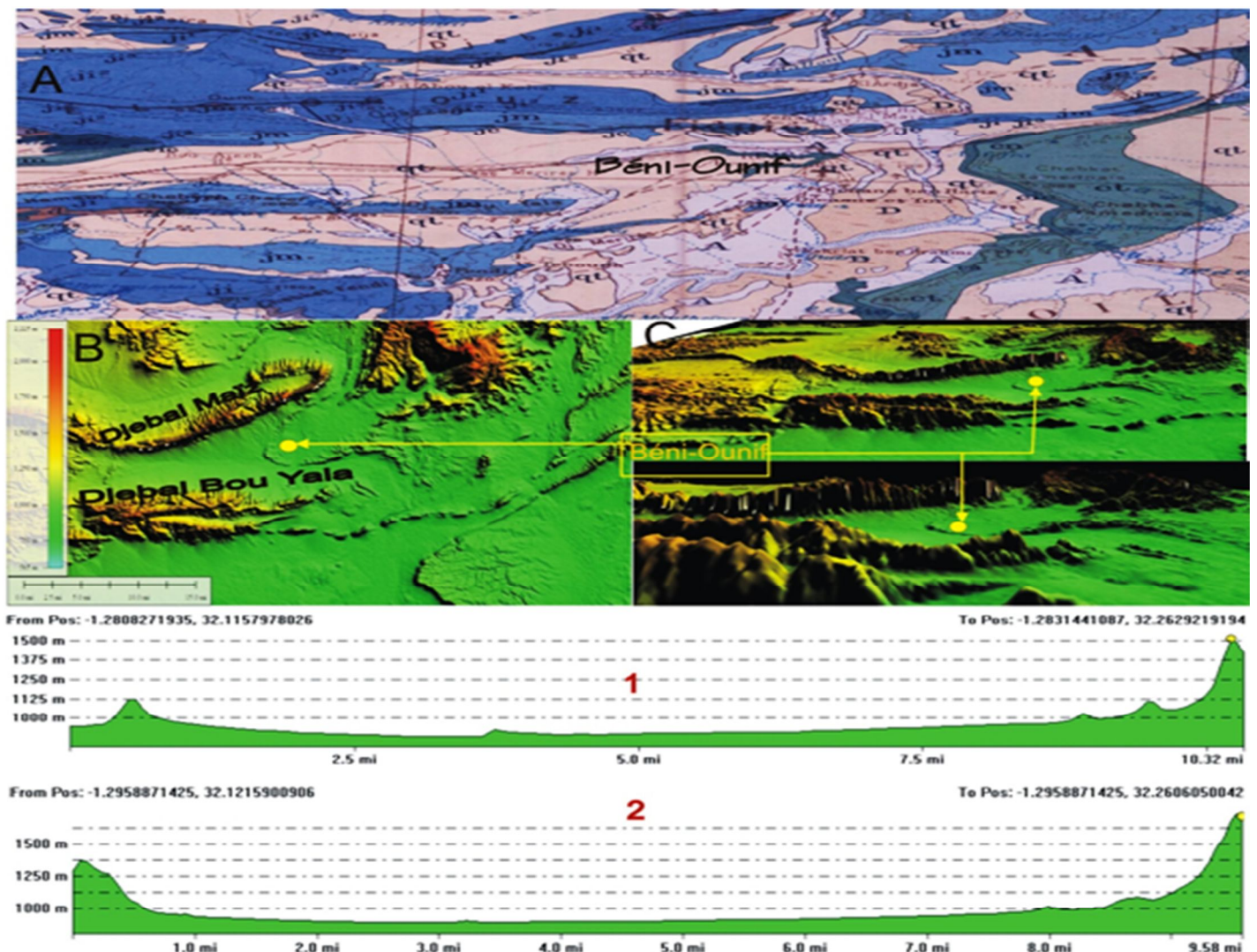
#### 4. Hydrogéologie, géologie et morphologie de la zone d'étude :

##### 4.1. Morphologie:

A l'aide du logiciel Global Mapper 11 la figure ci-dessus donne une idée sur la morphologie de la région de Béni-Ounif (Fig6).

En effet, cette région ne présente pas une seule unité morphologique, au contraire, on peut distinguer :

- Les reliefs méridionaux de Atlas Saharien sont connu sous le nom de Djebel Maïz c'est une véritable barrière de relief. Elle s'élève à l'altitude de 1750 m (Fig 6, « Profil 2 »), donc c'est la partie Nord.
- Les reliefs Sud : aux Djebel de Bou Yala à une altitude de 1300 m (Fig6, « profile2 »)



**Figure. IV 5 :** carte géologique et morphologique de la région de Béni Ounif

A : carte géologique (tiré de la carte Sud oranais), B : MNT en 3D et profils topographiques

#### **4.2. Géologie et hydrogéologie :**

Du point de vue géologique, la région d'étude s'inscrit dans la zone de transition entre l'Atlas Saharien et la plate-forme Saharienne <sup>[25]</sup>. Elle comprend des formations :

- Le Jurassique : bien développé dans le Djebel Maïs de nature calcaire et dolomie. En revanche au niveau de Djebel Bou Yala et Fendi le Jurassique est peut être développé représenté par des argiles évaporitiques et des dolomies.
- Le Crétacé : affleure mal, il s'agit essentiellement du Crétacé inférieur (Albien) de nature gréseuse et c'est un excellent réservoir d'eau.
- Le Tertiaire : également peut développer dans la région de Béni-Ounif. Forme une carapace calcaire de faible épaisseur.
- Le Quaternaire : représenté par les alluvions des oueds, les regs et la Sebkha.

#### **5. Etat du réseau d'assainissement de la ville :**

La ville de Béni-Ounif existe depuis l'époque coloniale, elle n'avait qu'une faible concentration de population, elle est assainie par un réseau de type séparatif datant de l'époque française. Le système d'évacuation des eaux usées de la commune de Béni-Ounif est un système séparatif sur une longueur totale de 31212m, l'écoulement est gravitaire.

Le réseau d'assainissement selon l'étude du schéma directeur plus de 94% du réseau est en bon état, 5,7% en état moyen, et seulement 0,3% est en mauvais état.

Les regards n'ont pas une aération favorable selon les types des tampons utilisés; ce qui permet les condensations d'humidité sur les parois et aussi l'augmentation de la teneur en hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S).

Le réseau d'assainissement de la ville est composé de trois matériaux amiante de ciment avec 22296 .85 m, 8671.94 m est posé en PVC et le reste 24.20 m est posé en acier.

Le sud de la ville (centre-ville et village Djedid) est drainé par le collecteur de diamètre 300 mm, le Nord de la ville (Ksar et zone nouvelle) est doté d'un collecteur de diamètre 250 puis 400 mm, ces deux collecteurs sont raccordés au Sud-est de la ville par un collecteur principal de diamètre 500mm prend le relais pour rejoindre l'exutoire qui est l'Oued Tasra.

**6. Conclusion :**

La ville de Béni-Ounif est classée comme région semi-aride à cause des variations climatologique ; des températures très élevées en été et basse à moyenne en hiver avec une précipitation moyenne annuelle de 119 mm.

D'après la morphologie et la géologie de la région de Béni-Ounif illustrée dans la figure ci-dessus (fig6) on déduit alors qu'elle est comprise entre deux reliefs Djebel Maïz et Djebel Bou Yala qui abritant la ville en formant alors une un aperçu de la présence d'une nappe d'eau considérablement riche.

# **PARTIE II**

# **EXPERIMENTALE**

# **Chapitre V**

## **Dimensionnement des stations**

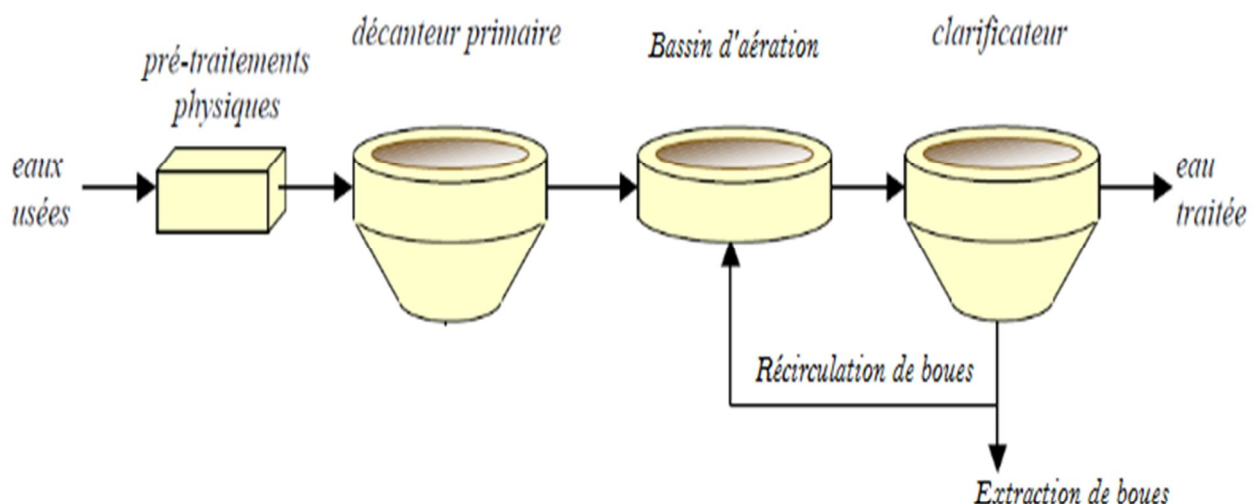
## I-Etude technique d'une station d'épuration classique (à boues activées) :

### I.1- Introduction :

Le procédé "boues activées" consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des micro-organismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases "eaux épurées" et "boues épuratrices" sont séparées

Une installation de ce type comprend les étapes suivantes :

- les traitements préliminaire et éventuellement primaire.
- le bassin d'activation (ou bassin d'aération).
- le décanteur secondaire avec reprise d'une partie des boues.
- l'évacuation des eaux traitées.
- les digesteurs des boues en excès provenant des décanteurs.



**Figure V.1** : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées

### I.2- Calcul du nombre d'habitant futur :

L'agglomération de Béni Ounif se compose actuellement de 11259 habitants en 2014 selon le dernier recensement national avec un taux d'accroissement égal à 2.6% (d'après l'APC de bechar).

Chaque étude se fait à long terme de 20 à 30 ans pour prévoir toute extension imprévisible de la région et pour satisfaire les besoins. Dans ce cas nous allons étudier l'évolution de la population à l'horizon 2040. Qui est donnée par la relation suivante :

$$P_t = P_0 (1 + T)^N$$

Avec :

$P_t$  : Nombre d'habitants à l'horizon futur.

$P_0$  : Nombre d'habitants à l'horizon actuel ( $P_0=11259$  hab).

$T$  : taux d'accroissement constaté dans cette agglomération d'après l'APC  $T=2.6\%$  (recensement 2014).

$N$  : l'écart d'années entre les deux horizons (2040-2014)  $N = 26$  années.

$$P_{2040} = P_{2014} [1 + (2.6/100)]^{26} \Rightarrow P_{2040} = 21945 \text{ hab}$$

### I.3- Evaluation des débits des eaux usées :

Le débit des eaux usées rejeté par les consommateurs ainsi que le débit des eaux brutes des équipements est évalué à partir d'un taux de rejet de 80 % des eaux de consommation.

Pour dimensionner les ouvrages de station on définit les différents débits :

- Débit journalier des eaux usées :  $\langle Q_j \rangle$  ( $m^3/j$ )
- Débit moyen horaire :  $\langle Q_m \rangle$  ( $m^3/h$ )
- Débit de pointe par temps sec :  $\langle Q_p \rangle$  ( $m^3/h$ )
- Débit max :  $\langle Q_{max} \rangle$  ( $m^3/j$ )

#### a) Débit journalier des eaux usées ( $Q_j$ ) :

##### ❖ Débit moyen journalier d'eau potable :

Pour le calcul de débit journalier en eau potable pour une agglomération il faut connaître premièrement la dotation d'AEP, dans notre cas on adapte une dotation de 240 l/hab/j pour l'agglomération de Béni Ounif. Leur estimation se représente par la formule suivante :

$$Q_{domj} = \frac{*}{1000} (m^3/j)$$

$Q_{domj}$  : Débit moyen journalier domestique ( $m^3/j$ ).

$D$  : Dotation (l/hab/j).

$N$  : Nombre d'habitant à l'horizon étudié.

-Le débit moyen total d'eau potable est :

$$Q_{moyEP} = Q_{domj} + Q_{éqj} (m^3/j)$$

Avec :  $Q_{moyj EP}$  : le débit moyen journalier de l'eau potable ( $m^3/j$ ).

$Q_{éqj}$  : le débit moyen journalier des équipements ( $m^3/j$ ) qui estimé à 15% du débit domestique  $Q_{éqj} = 0.15 * Q_{domj}$

➤ **Débit journalier des eaux usées (Qj) :**

$$Q_j = Q_{moyjEP} * K$$

$Q_{moyj EP}$  : le débit moyen journalier de l'eau potable ( $m^3/j$ ).

K : le coefficient des eaux usées (taux de réduction) :  $K=0.8$  (80%).

**b) Débit moyen horaire (Qm) :**

C'est le débit moyen observe au cours de la journée à l'arrivée de la station d'épuration exprime par la relation suivante :

$$Q_m = \frac{Q_j}{24} (m^3/h)$$

$Q_j$  : Débit journalier des eaux usées ( $m^3/j$ ).

**e) Débit de pointe par temps sec (Qp) :**

Le débit de pointe au temps sec conduit à définir un coefficient de pointe. On peut calculer ce débit à partir du débit moyen horaire comme suit :

$$Q_p = K_p * Q_m$$

Avec :  $K_p$  : coefficient de pointe.

$Q_m$  : débit moyen horaire des eaux usées  $m^3/h$ .

Le coefficient de pointe peut être estime à partir du débit moyen horaire  $Q_m$  en l/s :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{Q_m}$$

❖ **Débit de point par temps de pluie (Qtp) :**

$$Q_{tp} = Q_m + (Taux\ de\ dilution * Q_m) \quad (m^3/h)$$

Le taux de dilution est varié entre 2 à 5 (on prend un taux de dilution de 2 fois), alors :

$$Q_{max} = Q_{tp} = 3 Q_m \quad (m^3/h)$$

**g) L'équivalent habitant :**

Un équivalent habitant correspond à la population quotidienne que génère un individu. C'est une unité conventionnelle pour mesurer la pollution moyenne rejetée par habitant par habitant et par jour.

$$N_{EH} = \frac{Q_j}{(hab\ ou\ EH)}$$

Avec : **Qj** : débit journalier des eaux usées  $\text{m}^3/\text{j}$ .

$$q = D \cdot \text{taux de reduction (80\%)}$$

Ou : **D** : dotation ( $\text{m}^3/\text{hab}/\text{j}$ ).

L'estimation de déférents débits des eaux usées sont représentées sur le tableau suivant :

**Tableau. V.1** : Estimation des débits des eaux usées

|                                                                       |                |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|
| Habitants horizon 2040 (hab.)                                         | <b>21945</b>   |
| Débit des besoins journaliers ( $\text{m}^3/\text{j}$ )               | <b>6056,82</b> |
| Débits des eaux usées moyen ( $\text{m}^3/\text{j}$ )                 | <b>4845,46</b> |
| Débits des eaux usées moyen ( $\text{m}^3/\text{h}$ )                 | <b>201,89</b>  |
| Coefficient de pointe Kp                                              | <b>1,68</b>    |
| Débits des eaux usées de pointe temps sec ( $\text{m}^3/\text{h}$ )   | <b>338,36</b>  |
| Débits des eaux usées de pointe temps pluie ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) | <b>605,67</b>  |

#### I.4. Dimensionnement de la station:

La filière de traitement projetée pour épurer les eaux usées de l'agglomération de Beni ounif comprend les étapes suivantes :

a). Le prétraitement :

- Un dégrilleur.
- Un dessableur-déshuileur.

b). Le traitement biologique :

Un bassin anaérobie.

Un bassin facultatif.

Un bassin de maturation

##### I .4.1 La charge polluante:

Les résultats des analyses de deux prélèvements (mois Avril), qui ont été faites au laboratoire de l'ONA montre que les eaux usées de la ville de Béni ounif sont caractérisés par des valeurs moyennes comme suit :

$\text{DBO}_5 = 284.4 \text{ mg/l}$ .  $\text{DCO} = 483.6 \text{ mg/l}$ .  $\text{MES} = 295.6 \text{ mg/l}$ .

Alors le rapport  $K = \text{DCO}/\text{DBO}_5 = 1.7$

➤ Le rapport  $K < 3$  alors la majorité des rejets contiennent pratiquement que des matières organiques biodégradables, alors le traitement biologique est possible.

La pollution des eaux domestiques et industrielles est obligatoirement définie par leur demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO<sub>5</sub>) et les matières totales en suspension (MES<sub>t</sub>).

Les formules utilisées pour le calcul sont :

❖ **Charge (DBO<sub>5</sub>)** =  $Q_p \times \text{DBO}_5$

❖ **Charge (MES)** =  $Q_p \times \text{MES}$

❖ **Charge (DCO)** =  $Q_p \times \text{DCO}$

Les résultats obtenus sont motionnés sur le tableau suivant :

**Tableau. V. 2** : Estimation des charges polluantes

| Paramètres                                                                  | Unité               | résultat       |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|
| <b>Population</b>                                                           | (hab)               | <b>21945</b>   |
| <b>Débit d'eaux usées moyen <math>Q_{\text{moy}}</math></b>                 | (m <sup>3</sup> /j) | <b>4845,46</b> |
| <b>Débit d'eaux usées de pointe temps pluie <math>Q_{\text{ptp}}</math></b> | (m <sup>3</sup> /h) | <b>605,67</b>  |
| <b>Flux DBO<sub>5</sub></b>                                                 | (kg/j)              | <b>4.13</b>    |
| <b>Concentration DBO<sub>5</sub></b>                                        | (mg/l)              | <b>284.4</b>   |
| <b>Flux MES</b>                                                             | (kg/j)              | <b>4.3</b>     |
| <b>Concentration MES</b>                                                    | (mg/l)              | <b>295.6</b>   |
| <b>Flux DCO</b>                                                             | (kg/j)              | <b>7.03</b>    |
| <b>Concentration DCO</b>                                                    | (mg/l)              | <b>483.6</b>   |
| <b>Flux N</b>                                                               | (kg/j)              | <b>0.26</b>    |
| <b>Concentration N</b>                                                      | (mg/l)              | <b>17.86</b>   |
| <b>Flux P</b>                                                               | ( kg/j)             | <b>0.12</b>    |
| <b>Concentration P</b>                                                      | (mg/l)              | <b>8.28</b>    |

## I.5- Dimensionnement des ouvrages :

### I.5.1- Dégrilleur mécanique :

❖ **Calcul de la longueur et la largeur de la grille :**

Connaissant la surface mouillée et en fixant la largeur de la grille, on calcule le tirant d'eau. Il nous permet d'avoir la longueur de la grille en tenant compte de son inclinaison.

La grille est dimensionnée avec une vitesse de passage de l'eau brute (V) au débit max (débit de point par temps de pluie) (Qtp).

Soient:

$S_u$  = la surface utile ( $m^2$ )

$Q$  = le débit maximum admissible ( $m^3/s$ )

$h$  = le tirant d'eau (m)

$S_m$  = la section mouillée ( $m^2$ )

$L$  = la longueur oblique de la grille (AB) (m)

$l$  = la largeur de la grille (m)

$e$  = l'espacement des barreaux (cm)

$b$  = l'épaisseur des barreaux (mm)

$C$  = le coefficient de colmatage

$\alpha$  = inclinaison de la grille par rapport à la verticale (en degré)

On prendra  $e = 4$  cm afin de laisser passer les matières fécales à travers les grilles. Seules les matières volumineuses seront retenues.

Les barreaux des grilles sont placés obliquement avec une inclinaison de  $70^\circ$  par rapport à la verticale. Ce qui nous permettra de prendre un coefficient de colmatage  $C = 0.75$ .

Epaisseur des barreaux  $b = 5$  mm.

Vitesse minimum :  $V = 0.7$  m/s pour éviter les dépôts de sable.

Le débit  $Q = 1015.07 \text{ m}^3/h = 0.282 \text{ m}^3/s$

Calcul du tirant d'eau  $h$  :

On a  $S_m = \frac{Q}{1} \dots \dots \dots (5)$

Avec :

$\theta = \text{alors} \frac{0.89}{0.5} \dots \dots \dots (6)$

$S_m = \frac{0.2^2}{0. \cdot 0.9105} , S_m = 1.8 \text{ m}^2$

$\theta = \sim \theta = \frac{0.56}{\dots \dots \dots}$

et  $\frac{\dots}{0.8} \dots \dots \dots (8)$

On choisit une largeur du 1 m pour le dégrilleur (station moyenne  $0.3 < l < 2$  m).

$$h = \frac{1}{1} = 1.8 \text{ m} \quad \text{on prend } \boxed{h = 2 \text{ m}}$$

$$L = \frac{2}{0.5} = 4 \text{ m} \quad \boxed{L = 3.16 \text{ m}}$$

**Dimensions de la grille :**

$$\boxed{h = 2 \text{ m} , \quad L = 3 \text{ m}}$$

**Pertes de charges :**

$$\Delta H = \frac{v^3}{2} \sin \delta \quad \text{Formule de Kirschmer.....(9)}$$

$\delta$ : Inclinaison sur l'horizontale.  $\delta = 90 - \alpha$

$\alpha$ : angle de frottement des barreaux, pour un barreau rond  $\alpha = 1.79$

$$\Delta H = 1.79 \frac{0.5^3}{4} \frac{0.7^2}{2 \cdot 9.81} \sin 90 - 70$$

$\Delta H = 0.0009$  Ce qui est négligeable.

### I.5.2 - Dessableur :

Conditions de dimensionnement

$$v_h \geq v_s ; \quad \frac{Q}{S}$$

$$V_s = 0.02 \text{ m/s.}$$

$V_h = 0.3 \text{ m/s}$  pour empêcher les matières organiques de se déposer.

$S$  = section du dessableur ( $\text{m}^2$ )

$L$  = sa longueur (m)

$l$  = sa largeur (m). On fixe la largeur du dessableur à 1 m

$h$  = sa profondeur (m)

$V_h$  = vitesse horizontale dans le dessableur (m/s)

$V_s$  = vitesse de sédimentation (m/s)

**a- Calcul de la longueur du dessableur :**

$$S = l \cdot h = \frac{Q}{v_h} \quad \text{.....(10)}$$

La quantité de sable extraite pour une urbanisation assez dense est estimée à 5 litres par habitant par an.

La quantité de sable par an  $= 21945 \times 5 = 109725 \text{ l} = 109.73 \text{ m}^3/\text{an}$ .

Le volume de dépôt par jour  $= 105.07/365 = 0.30 \text{ m}^3/\text{j}$ .

En admettant que la hauteur de sable  $h_s$  ne dépassera pas 2 cm on a :

### **b-Procédure de calcul:**

Connaissant le volume de dépôt de sable par jour ( $0.30 \text{ m}^3$ ) et en fixant son épaisseur ( $h=2 \text{ cm}$ ), on calcule la longueur du dessableur.

❖ **Longueur du dessableur :** 
$$L = \frac{Q}{q_s} \dots\dots\dots (11)$$

$$L = \frac{0.3}{1 \times 0.02} \quad , \quad 5$$

On prendra **L = 15 m**

Calcul de la hauteur du dessableur.

$$h = \frac{Q}{L \times q_s} = \frac{0.3}{15 \times 0.3} = 0.95 \dots\dots\dots (12)$$

On prendra **h = 1 m.**

Vérification de la condition de dimensionnement.

$$\frac{L}{h} = \frac{15}{0.3} = 50 \text{ s} \quad \frac{L}{h} = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ s}$$

$\frac{L}{h} \geq \frac{L}{h}$  La condition de dimensionnement est bien vérifiée.

### **Dimensions de dessableur :**

$$\boxed{L=15\text{m.} \quad l= 1 \text{ m.} \quad h = 0.3 \text{ m.}}$$

Le dessableur sera muni d'un pont racleur pour les opérations de dégraissage-déshuilage.

### **I.5.3 - Décanteur primaire :**

Cet ouvrage est cylindrique, la décantation utilise le principe de la sédimentation basé sur la loi de Stokes.

Données :

Débit  $Q_{ptp} = 0.282 \text{ m}^3/\text{s}$

Diamètre de la plus petite particule  $d = 0.10 \text{ mm}$

Poids spécifique des particules  $1.2 \text{ t/m}^3$

Température moyenne des eaux usées  $T = 25^\circ\text{C}$

Temps de rétention  $t_r = 2 \text{ heures}$

Vitesse de sédimentation

Selon la loi de Stokes la vitesse de sédimentation d'une particule s'obtient par :

$$\frac{1}{18} \frac{\gamma - \gamma_w}{\gamma_w} d^2 \dots \dots \dots (13)$$

$V_s$  : vitesse de sédimentation (m/s)

$g$  : accélération de la pesanteur  $= 9.81 \text{ m/s}^2$

$\gamma_w$  : Poids spécifique de l'eau  $= 1 \text{ t/m}^3$

$\nu$  : viscosité cinématique de l'eau ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

$\nu_{25^\circ\text{C}} = 0.89 \text{ m}^2/\text{s}$

$$V_s = \frac{9.81}{18 \times 0.89} \times \frac{(1.2 - 1) \times 10^2}{10^4} \times (0.1)^2$$

$V_s = 0.1 \text{ cm/s}$

Pour que la sédimentation ait lieu il faut que le temps de rétention soit supérieur ou égal au temps de sédimentation.

$$t_s \leq t_r \quad \frac{h}{V_s} \leq t_r$$

$h$  = profondeur du décanteur (m).  $t_s$  = temps de sédimentation (heure)

$t_r$  = temps de rétention (heure).

$$\frac{h}{V_s} \leq t_r \quad \frac{h}{0.1} \leq 2 \quad h \leq 0.2 \text{ m}$$

$$h \leq 7.2 \text{ m}$$

Pour des raisons pratiques et puisque l'efficacité du traitement ne dépend pas de la profondeur on prend

$$\boxed{h = 6 \text{ m.}}$$

#### a-Calcul du volume du décanteur

Soit  $V_c$  la capacité du bassin :

$$Q \times t_r = 0.282 \times 2 = 0.564 \text{ m}^3 \dots \dots \dots (14)$$

Il convient d'ajouter le volume occupé par les boues estimé à 1.08 litres de boues par personne par jour.

Soit  $V_b$  ce volume par an (nombre de la population  $N_p=21945$  personnes)

$$V_b = 1.08 \times 21945 \times 365/1000 = \mathbf{8650.72 \text{ m}^3} \dots\dots\dots (15)$$

Si on effectue 6 extractions de boues par an, le volume des boues à priori est de :

$$V_{be} = \frac{8650.72}{6} = 1441.79 \text{ m}^3$$

Le bassin de décantation aura finalement comme volume  $V$  :

$$V = V_{be} + V_c \dots\dots\dots (16)$$

$$V = 1441.79 + 1211.34$$

$$\boxed{V = 2653.13 \text{ m}^3}$$

### b-Calcul de diamètre du décanteur

Le diamètre du décanteur se calcul comme suit:

$$D = \sqrt[4]{\frac{4 \times V}{\pi \times 1000 \times 24 \times 3600}} \dots\dots\dots (17)$$

$$D = \sqrt[4]{\frac{4 \times 2653.13}{\pi \times 1000 \times 24 \times 3600}} = 23.73$$

$$\boxed{23.73 \approx 24}$$

### I.5.4- Bassin d'aération :

#### Calcul des grandeurs caractéristiques :

La méthode de calcul de ce bassin passe d'abord par la détermination de certaines grandeurs caractéristiques. Nous allons les déterminer dans un premier temps.

##### a-Age des boues:

C'est le temps de renouvellement de la biomasse ou temps de séjour des cellules dans l'installation (bassin d'aération). Ce temps exprimé en jours est donné par :

$$\theta = \frac{6.5}{0.914} \times 20 \dots\dots\dots (18)$$

Avec

$T$  = température de l'effluent = 25°C

$A$  = âge des boues (en jours).

Nous obtenons:

$$\theta = \frac{6.5}{0.914} \times 20 = \mathbf{14.1 \text{ j}}$$

Cet âge des boues est souvent noté  $\theta$ , nous adoptons cette dernière notation dans la suite de l'étude.

**b-Durée d'aération :**

C'est le temps de séjour du liquide dans l'aérateur, il est moins élevé que celui des boues.

Si on appelle ce temps, on a généralement:

1 heure 8 heures

Nous allons choisir une valeur  $\theta$  6 heures pour avoir une bonne aération et une limitation du volume du bassin.

**c-Charge biologique :** Elle est également appelée charge des boues. C'est un élément qui caractérise le fonctionnement d'une épuration par boues activée et s'exprime en kg DBO<sub>5</sub> appliqués par kg de biomasse(MVS) et par jour).

Elle est notée  $C_b$  et est obtenue à partir de la relation suivante:

$$1.224 \cdot 1.125 \dots\dots\dots(19)$$

Avec :  $\theta$  : âge des boues (en jours).

$C_b$  = charge biologique.

Ce qui donne:

$$\frac{1.22}{1.22} \cdot \frac{.5}{1.22} \dots\dots\dots(20)$$

$$\boxed{C_b = 0,314 \text{ kg DBO/kg MVS.j}}$$

MVS = concentration en matières volatiles en suspension.

**d-Concentration des boues.**

Elle exprime la teneur en boues dans le bassin d'aération.

Données:

$Q$  = débit de design (m<sup>3</sup>/j)

$S_o$  = DBO<sub>5</sub> de l'eau brute (mg/l)

$V$  = volume du bassin (m<sup>3</sup>)

$\theta$  = durée d'aération (h)

$\theta$  = âge des boues (jours)

$C_b$  = charge biologique (kg DBO<sub>5</sub>/kg MVS.j)

La relation de base est la suivante:

$$\frac{Q}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots (21)$$

Avec

$V=Q$  volume du bassin, ce qui permet d'écrire:

$$\frac{QS_o}{Q} = \frac{S_o}{b}$$

$$\frac{284.4}{0.314 \times \frac{6}{24}} \quad (22)$$

$$\boxed{36.93 / 3.63 /}$$

### e-Calcul de l'efficacité du traitement :

La qualité de l'effluent est appréciée par la DBO<sub>5</sub> à la sortie qui est calculée à partir de la relation:

$$e = \frac{S}{S_0} \quad (23)$$

Avec:

$S_0$  = DBO<sub>5</sub> des eaux brutes;

$S$  = DBO<sub>5</sub> de l'effluent traité;

$K$  = constante d'Eckenfelder = 0,15 ;

$B$  = concentration des boues = 3.623 g/l ;

: Durée d'aération = 6 heures.

Connaissant ces paramètres, on peut calculer l'efficacité du traitement, c'est à dire le rapport  $S/S_0$  qui donne :

$$\frac{S}{S_0} = e^{-0.15 \times 3.623 \times 6}$$

$$\frac{S}{S_0} = 0.0383$$

On peut calculer la DBO<sub>5</sub> à la sortie:

$$S = 0.0383 S_0 \quad \boxed{S = 10.91 \text{ mg/l}}$$

$$\Delta S = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 = \frac{284.4 - 10.91}{284.4} \times 100$$

$$\boxed{\Delta S = 96\%}$$

L'efficacité du traitement par boue active d'après le calcul égal 96%

### f-Le volume du bassin d'aération

Les données de base sont :

$$Q = \text{débit de design} = 605.76 \text{ m}^3/\text{h} = 0.168 \text{ m}^3/\text{s}$$

= durée d'aération = 6 heures

$V$  = volume du bassin d'aération.

Le volume requis pour le bassin d'aération est donnée par :

$$V = Q \times t \quad (24)$$

$$V = 0.168 \times 6 \times 3600$$

$$\boxed{V = 3634.56 \text{ m}^3}$$

Le bassin étant circulaire, avec un volume  $V = 3634.56 \text{ m}^3$ . Pour la détermination du diamètre, on fixe une hauteur  $H = 6 \text{ m}$  (lié à l'esthétique et l'uniformité des hauteurs des différents bassins)

On a l'expression du volume:

$$\text{---} \dots\dots\dots(25)$$

Pour une hauteur  $H = 6 \text{ m}$ , le diamètre devient:

$$\frac{4}{H}$$

$$\boxed{\frac{4 \quad 3634.56}{6} \quad 27.77}$$

Une revanche de 0,5 m sera ajoutée sur la hauteur  $H$  afin d'éviter le déversement du liquide lors de l'agitation.

Le bassin d'aération aura pour dimensions finies:

$$\boxed{h = 6,5 \text{ m} \quad , \quad D = 28\text{m}}$$

### g-Quantité de boues produite par l'aération :

La production de boues représente la quantité de boues développée durant le temps de séjour.

Données:

$B = \text{concentration des boues} = 3.623 \text{ g/l}$

$V = \text{volume du bassin d'aération} = 3634.56 \text{ m}^3$

: Âge de boues = 4.5 jours

Soit  $P$  la quantité de boues produite durant le temps . Elle est donnée par:

$$\text{---} \dots\dots\dots(26)$$

$$\frac{3.623 * 3634.56}{4.5}$$

$$\boxed{P = 2926.23 \text{ kg/j}}$$

### h-Calcul de la puissance d'aération requise :

Pour calculer la puissance d'aération du bassin, il est nécessaire de déterminer les besoins journaliers en oxygène.

Données:

$Q = \text{débit d'eaux usées (m}^3/\text{j)},$

$So = \text{DBO}_5 \text{ des eaux brutes},$

$S = \text{DBO}_5$  des eaux traitées,

$P$  = quantité de boues produites par l'aération,

$f$  = facteur de conversion tel que  $0,45 < f < 0,68$  pour le calcul, on prend  $f = 0,5$

$O_2$  = quantité d'oxygène requise. Elle est donnée par:

$$\frac{Q}{2} \cdot 10 \cdot 1.42 \dots\dots\dots (27)$$

$$\frac{14538.24 \cdot 284.4 - 10.91 \cdot 10^3}{0.5} \cdot 1.42 = 2926.23$$

$$\boxed{O_2 = 33038.14 \text{ kg/j}}$$

Le taux de transfert d'oxygène pour des aérateurs de surface est compris entre 1,94 et 2,3 kg  $O_2$ /j/kWh. Un taux de transfert de 2 kg/Kwh est considéré, ce qui nécessite une énergie:

$$\frac{8}{2} \cdot \frac{9}{2} \dots\dots\dots (28)$$

$$\boxed{E = 16519.07 \text{ kWh}}$$

La puissance requise pour l'aération est donnée par :

$$\frac{65}{2} \cdot \frac{9}{2} \dots\dots\dots (29)$$

$$\boxed{W = 688.3 \text{ kW}}$$

L'installation d'un moteur dont le rendement est de 80% permet d'évaluer la puissance motrice :

$$\frac{688.3}{0.8} \dots\dots\dots (30)$$

$$\boxed{P_m = 860.37 \text{ Kw}}$$

### I.5.5- Décanteur secondaire et bassin de chloration :

Ces bassins servent de clarificateur et de traitement tertiaire ayant les mêmes dimensions que le décanteur primaire. C'est à dire qu'ils sont circulaires et ont des temps de séjour identique.

C'est à dire :

$$\boxed{h = 6 \text{ m.}, \quad D = 24 \text{ m.}}$$

#### a-Besoin en chlore

Le procédé par boues activées permet de réduire le nombre d'Eschérichia Coli de 75 %.

La chloration doit alors détruire 25 % des microorganismes, ce qui nécessite une dose de chlore de:

$$\frac{25}{100} \cdot 0.5 \text{ mg/l} = 0.5 \text{ g/m}^3$$

Le besoin journalier en chlore sera alors:

$$0.5 \cdot 10^{-3} \times 14538.24 = 7.27 \text{ kg/j} \dots\dots\dots (31)$$

**b-Recirculation des boues :**

On considère que 15% des boues sont recyclés du décanteur secondaire vers le bassin d'aération, c'est à dire:

$$\frac{15}{100} = \frac{2926.23 \times 15}{100} \dots\dots\dots (32)$$

Avec  $P_r$  = quantité de boues recyclées.

$$P_r = 438.94 \text{ kg/j}$$

**I.5.6- Digesteur des boues :**

Le dimensionnement du digesteur se fait à partir des boues produites durant les différentes étapes du traitement.

Le volume du digesteur est donné par la relation suivante:

$$V = \frac{V_f + V_d}{t} \dots\dots\dots (33)$$

Où:

$V$  = volume du digesteur ( $m^3$ )

$V_f$  = volume des boues fraîches ( $m^3$ )

$V_d$  = volume des boues recyclées ( $m^3$ )

$t$  = temps de digestion (j) = 4.5 jours de boues .

La quantité de boues produites par le décanteur primaire est donnée par :

$$V_{f1} = 1,08 \times 10^{-3} \times 21945 \dots\dots\dots (34)$$

$$V_{f1} = 23.7 \text{ m}^3/\text{j}$$

La quantité de boues produites par le bassin d'aération est estimée par :

$$V_{f2} = \frac{P_r}{d} \dots\dots\dots (35)$$

Avec  $d$  = densité des boues, compris entre 0.5 et 1.6 avec une valeur moyenne de 1.05.

$$V_{f2} = \frac{438.94}{1.05}$$

$$V_{f2} = 2786.89 \text{ m}^3/\text{j}$$

Volume des boues recyclées = 15%  $V_{f2} \dots\dots\dots (36)$

$$V_d = \frac{15}{100} \times 2786.89$$

$$V_d = 418.03 \text{ m}^3/\text{j}$$

Cette recirculation des boues sera assurée par une pompe de débit  $400 \text{ m}^3/\text{j} = 0.11 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le volume total de boues produites par jour est:

$$V_f = V_{f1} + V_{f2} \dots\dots\dots (37)$$

$$V_f = 2810.59 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le volume du digesteur donne finalement:

$$2810.59 - \frac{2}{3} \cdot 2810.59 - 418.03 \cdot 4.5$$

$$V = 5469.98 \text{ m}^3$$

$$\frac{4}{H} = \frac{4 \cdot 5469.98}{6}$$

Avec:

D = diamètre du digesteur (m),

V = volume du digesteur (m<sup>3</sup>),

H = hauteur du décanteur (m).

Le diamètre donne par calcul :

$$D = 34.07 \text{ m} = 35 \text{ m}$$

**Tableau. V. 3:** Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents bassins pour station à boues activées.

| Bassin                        | Décanteur<br>primaire | Bassin<br>d'aération | Décanteur<br>secondaire | Bassin de<br>chloration | Digesteur des<br>boues |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| <b>Dimension</b>              |                       |                      |                         |                         |                        |
| <b>Volume (m<sup>3</sup>)</b> | 2653.13               | 3634.56              | 2653.13                 | 2653.13                 | 5469.98                |
| <b>Diamètre (m)</b>           | 24                    | 28                   | 24                      | 24                      | 35                     |
| <b>Hauteur (m)</b>            | 6                     | 6.5                  | 6                       | 6                       | 6                      |

### I.5.7-Lits de séchage de boues :

#### a. Calcul des dimensions du lit :

On se fixe le nombre de lit et la largeur de chaque lit. Connaissant le volume total des boues par an et le nombre d'extractions, on détermine la longueur et la largeur du lit.

Nombre de lits = 4 lits

Largeur de chaque lit = 10 m

Épaisseur du dépôt des boues = 50 cm

Volume de boue par jour  $V_b = 2810.59 \text{ m}^3$

Nombre d'extraction de boue = 6 fois

$$\text{Surface requise } S = \frac{2 \cdot 2810.59}{6 \cdot 0.5} = 936.86 \text{ m}^2 \dots \dots \dots (38)$$

Surface d'un lit  $\frac{936}{6} = 234.22 \text{ m}^2$ ..... (39)

Longueur d'un lit  $L = S/l = 234.22 / 10 = 23.42 \text{ m}$  on prendra **L=24 m**

**Caractéristiques du lit :**

$$L = 24 \text{ m}$$

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

$$\text{Épaisseur de boue} = 50 \text{ cm.}$$

#### I.5.8- Dimensionnement des conduites :

##### a. Données de bases :

V = vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s)

Q = débit d'eau dans la conduite ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),

S = pente longitudinale (m/m),

D = diamètre de la conduite (m),

n = coefficient de Manning = 0,013 pour les conduites en PVC,

##### b. Diamètres théoriques des conduites

L'équation de Manning s'écrit comme suit:

$$V = \frac{1.49 Q^{0.375}}{n D^{4.75}} \text{..... (40)}$$

Or:  $\frac{Q}{D^4}$

L'équation donne :

$$\frac{Q}{D^4} = \frac{V^4 n^4}{1.49^4}$$

$$D^4 = \frac{Q}{V^4 n^4} \text{.....(41)}$$

D'où :  $D = \left( \frac{Q}{V^4 n^4} \right)^{\frac{1}{4}}$

$$D = 0.68 \text{ m}$$

## II-Etude technique d'une station d'épuration par lagunage naturel:

### II.1- Introduction :

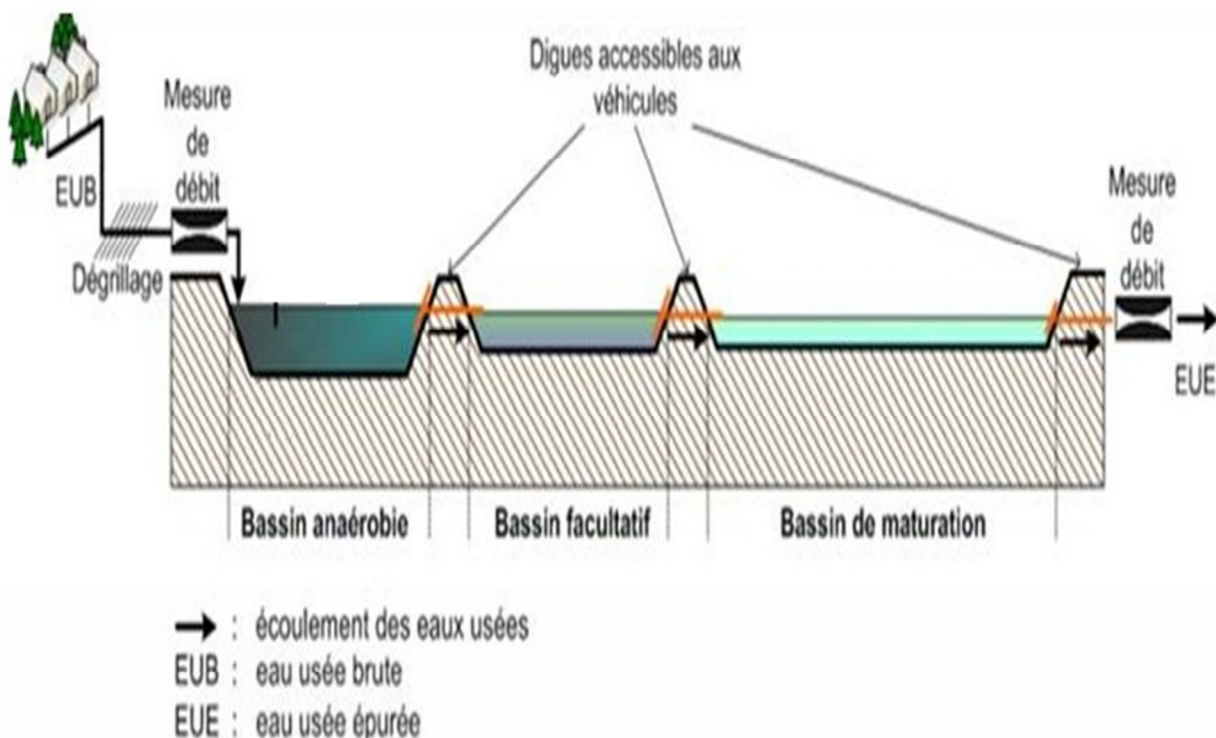
Le traitement par lagunage est constitué d'une série de bassins artificiels, ou étangs, formés de digues, imperméabilisés, dans lesquels les eaux usées sont déversés et passent successivement et naturellement d'un bassin à l'autre, par gravitation, pendant un long temps de séjour.

### II.2-Description de la procédé :

Il s'agit d'un système de bassins exposés à l'air libre et destinés au traitement biologique total des eaux usées. L'épuration des eaux s'effectue sans intervention mécanique. Ces bassins simulent, en l'amplifiant, l'action auto épuratrice des rivières et des étangs. Ce sont essentiellement de simples formes, de grandes surfaces et de profondeurs variables.

Le principe de base est d'obtenir une épuration bactérienne sans en avoir à dépenser de l'énergie pour la fourniture de l'oxygène.

L'épuration des eaux usées dans un système de lagunage résulte donc d'une combinaison complexe de processus physiques, chimiques et biologiques, qui sont influencés par les conditions météorologique, le type et la configuration des bassins, et la conception du système.



**Figure V.2 :** Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration par lagunage naturel.

La filière de traitement des eaux usées par procédé de lagunage naturel est constituée de :

**Un prétraitement avec :**

**a-Un dégrilleur :**

Toute une station d'épuration par lagunage naturel nécessite un ouvrage de prétraitement (dégrillage) pour retirer les éléments solides présents dans les eaux usées, le dégrilleur placé à l'entrée de la station d'épuration.

**b-Un déssableur à couloir :**

Il est important de retenir les particules de petite taille (entre 0,2 et 2 mm) contenues dans les eaux usées, en particulier le sable.

**Un traitement biologique :**

Par trois types des bassins en série, bassin anaérobie, facultatif et de maturation.

**a) Bassin anaérobie :**

Les bassins anaérobies permettant de réduire la charge en DBO initiale avec un temps de séjours relativement court. Ce sont des bassins de profondeur (2-5 m), la charge en DBO réduite par sédimentation et digestion anaérobie dans les boues sédimentées.

**b) Bassin facultatif :**

Se trouve en aval du bassin anaérobie avec grande dimension, en relation à l'activité biologique des organismes. La profondeur est moyenne (1-2 m), l'oxydation de la matière organique des algues par la photosynthèse, la DBO 'eaux usées' est par conséquent transformée en DBO 'd'algues'.

Il sera nécessaire de prévoir un filtre grossier à la sortie du bassin pour les algues.

**c) Bassin maturation :**

Le bassin de maturation reçoit l'effluent de bassin facultatif, la profondeur est de (1-1,5 m), il assure la réduction des pathogènes fécaux et l'abattement de DBO est beaucoup faible.

**Un traitement des boues :**

Par séchage des boues.

**II.3- Dimensionnement des ouvrages :**

L'objet est d'étudier la construction d'une station par lagunage naturel.

### II.3.1- Dégriateur mécanique:

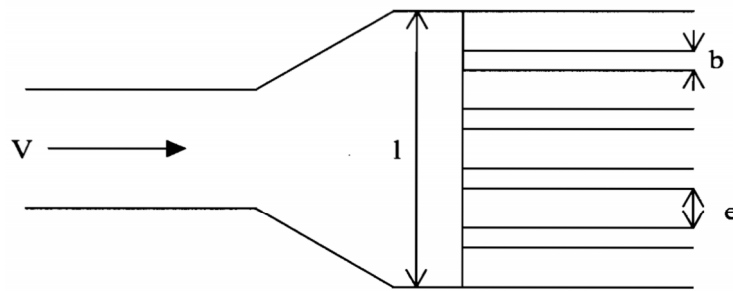


Figure V.3: Vue en plan du dégrilleur

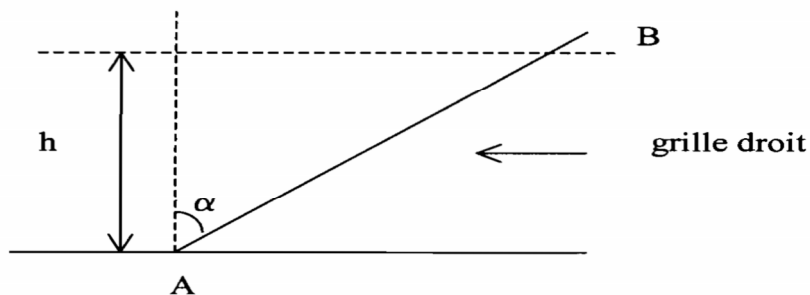


Figure V.4: Coupe longitudinale du dégrilleur

Calculons la longueur et la largeur de la grille.

Connaissant la surface mouillée et en fixant la largeur de la grille, on calcule le tirant d'eau. Il nous permet d'avoir la longueur de la grille en tenant compte de son inclinaison.

**Soient:**  $S_u$  = la surface utile ( $m^2$ ).

$Q$  = le débit maximum admissible ( $m^3/s$ ).

$h$  = le tirant d'eau (m).

$S_m$  = la section mouillée ( $m^2$ ).

$L$  = la longueur oblique de la grille (AB) (m).

$l$  = la largeur de la grille (m).

$e$  = l'espacement des barreaux (cm).

$b$  = l'épaisseur des barreaux (mm).

$C$  = le coefficient de colmatage.

$\alpha$  = inclinaison de la grille par rapport à la verticale (en degré).

On prendra  $e = 4$  cm afin de laisser passer les matières fécales à travers les grilles. Seules les matières volumineuses seront retenues.

Les barreaux des grilles sont placés obliquement avec une inclinaison de  $70^\circ$  par rapport à la verticale. Ce qui nous permettra de prendre un coefficient de colmatage  $C = 0.75$ .<sup>[28]</sup>

Epaisseur des barreaux  $b = 5$  mm

Vitesse minimum = 0.7 m/s pour éviter les dépôts de sable.

Le débit  $Q = 605.67 \text{ m}^3/\text{h} = 0.168 \text{ m}^3/\text{s}$

Calcul du tirant d'eau  $h$  :

On a:  $S_m = \frac{Q}{v \cdot \sin \theta} \dots\dots\dots (42)$

Avec  $\theta = e / e + b \dots\dots\dots (43)$

$$\theta = 4 / 4 + 0,5 = 0,89$$

$$S_m = \frac{0.16}{0.75 \cdot 0.89 \cdot 1 \cdot 0.5}$$

$$S_m = 1.08 \text{ m}^2$$

$$h = S_m / l \dots\dots\dots (44)$$

On choisit une largeur du  $l = 1$  m pour le dégrilleur (station moyenne  $0.3 < l < 2$  m).

$$h = \frac{S_m}{l} = 1.08 \text{ m}$$

On prendra  $h = 1 \text{ m}$

Calcul de la longueur oblique de la grille

$$L = \frac{h}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (45)$$

$$L = \frac{1}{\cos 70} = 1,58 \text{ m}$$

$$L = 1.6 \text{ m}$$

**Dimensions de la grille :**

$$L = 1.6 \text{ m}$$

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

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

**Pertes de charges :**

$$\Delta H = \frac{\rho \cdot V^3}{2 \cdot g} \sin \delta \quad \text{Formule de Kirschmer}^{[28]}$$

$\delta$ : Inclinaison sur l'horizontale

$\delta=90^\circ$  -

$K$  : Facteur de forme des barreaux

Pour un barreau rond  $K = 1.79$

$$\Delta H = 1.79 \cdot \frac{0.5^3}{4} \cdot \frac{0.7^2}{2 \cdot 9.81} \sin 90^\circ = 70$$

$\Delta H = 0.0009 \text{ m}$  Ce qui est négligeable.

**I.4.2- Dessableur couloir :**

Conditions de dimensionnement :

$$V_h \geq V_s ; \quad \frac{Q}{S}$$

$V_s = 0.02 \text{ m/s}$ .

$V_h = 0.3 \text{ m/s}$  pour empêcher les matières organiques de se déposer.

$S$  = section du dessableur ( $\text{m}^2$ )

$L$  = sa longueur (m)

$l$  = sa largeur (m). On fixe la largeur du dessableur à 1 m

$h$  = sa profondeur (m)

$V_h$  = vitesse horizontale dans le dessableur (m/s)

$V_s$  = vitesse de sédimentation (m/s)

**Procédure de calcul:** connaissant le volume de dépôt de sable par jour et en fixant son épaisseur, on calcule la longueur du dessableur.

**Calcul de la longueur du dessableur :**

$$S = l \cdot h \cdot \frac{Q}{V_h} \dots \dots \dots (46)$$

La quantité de sable extraite pour une urbanisation assez dense est estimée à 5 litres par habitant par an.

- La quantité de sable par an =  $21945 \times 5 = 109725$  litres =  $109.73 \text{ m}^3$ .
- Le volume de dépôt par jour :  $V_d/j = 109.73 / 365 = 0.3 \text{ m}^3$ .

En admettant que la hauteur de sable « hs » ne dépassera pas 2 cm on a :

**Longueur du dessableur :**

$$L = \frac{Q}{*s} \dots \dots \dots (47)$$

$$\frac{0.3}{1 \quad 0.02}$$

$$\boxed{5}$$

On prendra **L = 15 m**.

Calcul de la hauteur du dessableur.

$$\boxed{?} \quad \frac{Q}{*s} \dots \dots \dots (48)$$

$$\boxed{?} \quad \frac{0.168}{1 \quad 0.3} \quad 0.56$$

On prendra **h = 0.6 m**.

Vérification de la condition de dimensionnement.

$$— \quad \frac{15}{0.3} \quad 50 \text{ s} \quad \quad \boxed{?} \quad \frac{0.6}{0.02} \quad 30 \text{ s}$$

—  $\geq$  — La condition de dimensionnement est bien vérifiée.

**Dimensions de dessableur :** la condition de dimensionnement est bien vérifiée.

$$\boxed{L=15 \text{ m}}$$

$$\boxed{l = 1 \text{ m}}$$

$$\boxed{h = 0.6 \text{ m}}$$

### II.3.3- Bassin anaérobie :

Le bassin anaérobie à installer a une forme rectangulaire. La décantation se fait par sédimentation des particules après un temps de séjour déterminé.

**Procédure de calcul:** connaissant la vitesse de sédimentation de la particule et le temps de rétention au niveau du bassin, on calcule la profondeur du bassin anaérobie.

#### ➤ Calcul de la profondeur du bassin anaérobie :

Données :

Débit  $Q = 0.168 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Diamètre de la plus petite particule  $d = 0.10 \text{ mm}$

Poids spécifique des particules  $1.2 \text{ t/m}^3$

Température moyenne des eaux usées  $T = 25^\circ\text{C}$ .

Temps de rétention  $t_r = 2 \text{ heures}$

Vitesse de sédimentation

Selon la loi de Stokes la vitesse de sédimentation d'une particule s'obtient par :

$$V_s = \frac{g}{18 \times \nu} \times \frac{(1.2 - 1) \times 10^2}{10^4} \times (0.1)^2 \quad (49)$$

$V_s$  : vitesse de sédimentation (m/s)

$g$  : accélération de la pesanteur  $= 9.81 \text{ m/s}^2$

$\rho$  : Poids spécifique de l'eau  $= 1 \text{ t/m}^3$

$\nu$  : viscosité cinématique de l'eau ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

$\nu_{25^\circ\text{C}} = 0.89 \text{ m}^2/\text{s}$

$$V_s = \frac{9.81}{18 \times 0.89} \times \frac{(1.2 - 1) \times 10^2}{10^4} \times (0.1)^2$$

$V_s = 0.1 \text{ cm/s}$

Pour que la sédimentation ait lieu il faut que le temps de rétention soit supérieur ou égal au temps de sédimentation.

$$t_s \leq t_r \quad \frac{h}{V_s} \leq t_r$$

$h$  = profondeur du bassin anaérobie (m).  $t_s$  = temps de sédimentation (heure)

$t_r$  = temps de rétention (heure).

$$h \leq t_r \times V_s = 2 \times 3600 \times 0.1 \times 10^{-2} = 7.2 \text{ m}$$

$$h \leq 7.2 \text{ m}$$

Pour des raisons pratiques et puisque l'efficacité du traitement ne dépend pas de la profondeur on prend  $h = 5 \text{ m}$ .

➤ Calcul de la longueur du bassin anaérobie

Procédure de calcul: connaissant la capacité du bassin et la quantité de boue dans le bassin anaérobie, on en déduit le volume total du bassin. Tenant compte de la profondeur on calcule la surface du bassin et les autres dimensions s'en déduisent.

Soit  $V_c$  la capacité du bassin

$$V_c = Q * tr \dots\dots\dots (50)$$

$$V_c = 605.67 * 2 = 1211.34 \text{ m}^3$$

Il convient d'ajouter le volume occupé par les boues estimé à 1.08 litres de boues par personne par jour.

Soit  $V_b$  volume par

$$V_b = 1.08 \times 21945 \times 365 = 8650719 \text{ litres} = 8650.72 \text{ m}^3 \dots (51)$$

Si on effectue 6 extractions de boues par an, le volume des boues à priori est de

$$V_b = \frac{650}{6} \dots\dots\dots (52)$$

$$V_b = 1441.79 \text{ m}^3$$

Le bassin anaérobie aura finalement comme volume  $V_d$ :

$$V_d = 1211.34 + 1441.79 = 2653.13 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (53)$$

Soit

$$V_d = 2653.13 \text{ m}^3$$

Surface (S) du bassin anaérobie :

$$S = \frac{2653.13}{5} \dots\dots\dots (54)$$

$$S = 530.63 \text{ m}^2 \quad \text{prenons} \quad S = 531 \text{ m}^2$$

En considérant le rapport  $L = 4 * l$ , on a :  $L = 4 * l$  donc  $l = 11.52 \text{ m}$

Et  $L = 46.10 \text{ m}$

**Dimensions décanteur primaire :**

$$L = 46 \text{ m}$$

$$l = 11.5 \text{ m}$$

$$h = 5 \text{ m}$$

$$tr = 2 \text{ h}$$

**II.3.4- Bassins de stabilisation :**

Procédé d'épuration dans un bassin facultatif :

Un bassin facultatif est un bassin constitué de trois couches: la couche supérieure est aérobie, la couche intermédiaire est peuplée de bactéries facultatives et la couche profonde est anaérobie.

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques. Ce cycle s'auto entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique.

Au fond du bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau.

➤ Calcul des dimensions d'un bassin facultatif :

Forme du bassin: rectangulaire.

Débit des eaux usées:  $Q = 14536.08 \text{ m}^3/\text{j}$

Hauteur  $h = 1.5 \text{ m}$

Couche aérobie =  $0.3 \text{ m}$

Couche anaérobie =  $1 \text{ m}$

Procédure de calcul: tenant compte du débit, du temps de rétention et du nombre de bassins (à fixer), on calcule le volume du bassin. On se fixe en suite une profondeur pour calculer la longueur et la largeur du bassin.

$$\text{Volume (m}^3\text{) du bassin} = \frac{Q \cdot t}{n} \dots\dots\dots (55)$$

$n$  étant le nombre de bassins = 3

$$\text{Surface (m}^2\text{) du bassin } S_b = \frac{V}{h} \dots\dots\dots (56)$$

On prendra le rapport  $n = 3$

$$\Rightarrow l = \frac{S_b}{b}$$

**Exemple de calcul :**

On fixe un temps de rétention  $t = 7 \text{ j}$

$$\Rightarrow \frac{1 \quad 5360 \quad *}{3}$$

$$V \quad 33917.5 \text{ m}^3$$

La surface du bassin:  $S_b = \frac{V}{h} \quad 22611.68 \text{ m}^2$

La largeur du bassin  $l = \frac{\text{---}}{3} = 86.8 \text{ m}$

La longueur du bassin  $L = 3 * l = 260.45 \text{ m}$

Calcul du DBO à la sortie :

DBO à l'entrée:  $S_a = 284.4 \text{ mg/l}$ .

Température moyenne des eaux usées:  $T = 25^\circ\text{C}$

Constantes cinétiques:

$K_{25^\circ\text{C}} = 0.73 \text{ J}^{-1}$  en aérobiose

$K_{25^\circ\text{C}} = 0.58 \text{ J}^{-1}$  en anaérobiose

DBO à la sortie donnée :  $S \quad \frac{1 \quad * \quad 1 \quad 0.006 \quad * \quad \text{---}}{\text{---}} \dots\dots\dots(57)$

Avec :  $\frac{\text{é} \quad * \quad \text{é} \quad \quad *}{\text{---}} \dots\dots\dots(58)$

$h_{\text{aér}}$  =profondeur de la couche aérobie.

$h_{\text{ana}}$  =profondeur de la couche anaérobie.

$K_{\text{aér}}$ =constante cinétique en aérobiose à  $25^\circ\text{C}$ .

$K_{\text{ana}}$ =constante cinétique en anaérobiose à  $25^\circ\text{C}$ .

$$K \quad \frac{0.3 * 0.73 \quad 1 * 0.58}{1.5} \quad 0.53$$

$$S \quad \frac{284.4}{1 \quad 0.53 * 7 \quad 1 - 0.006 \frac{7}{1.5}} \quad 62.12 \text{ mg/l}$$

**Efficacité du traitement :**

$$\Delta S \quad \text{---} * 100 = \frac{2 \quad . \quad 62.12}{2 \quad .} * 100 \dots\dots\dots(59)$$

$$\Delta S \quad 78.15\%$$

L'efficacité du traitement bassin facultatif d'après le calcul égal 78.15%

**II.3.5- Bassin de maturation :**

Un bassin de maturation est un bassin aérobie qui doit fournir un effluent de haute qualité.

En effet, il faudrait dans ce bassin réduire de manière considérable le nombre d'organismes pathogènes et surtout la population des bactéries fécales.

**Calcul des dimensions du bassin de maturation :**

Débit des eaux usées:  $Q = 14536.08 \text{ m}^3/\text{j}$

DBO à l'entrée:  $S = 284.4 \text{ mg/l}$

Température moyenne des eaux usées:  $T=25^\circ\text{C}$

Bassin de maturation  $h = 1 \text{ m}$

DBO à la sortie désirée  $\leq 40 \text{ mg/l}$

**Procédure de calcul:** même démarche que pour les bassins facultatifs.

Volume ( $\text{m}^3$ ) du bassin  $V = \frac{Q \cdot t_r}{n}$

$n$  étant le nombre de bassins  $= 3$

Surface ( $\text{m}^2$ ) du bassin  $S = \frac{V}{h}$

On prendra le rapport  $n = 3$

$$\Rightarrow l = \frac{V}{S \cdot h}$$

**Exemple de calcul :**

On se fixe un temps de rétention  $t_r = 2 \text{ j}$  et  $n = 3$

$$\Rightarrow \frac{14536.08 \cdot 2}{3}$$

|                           |
|---------------------------|
| $V = 9690.72 \text{ m}^3$ |
|---------------------------|

La surface du bassin:  $S = \frac{9690.72}{1}$

|                           |
|---------------------------|
| $S = 9690.72 \text{ m}^2$ |
|---------------------------|

$$\text{La largeur du bassin } l = \frac{9690.72}{3}$$

$$l = 56.84 \text{ m}$$

$$\text{La longueur du bassin } L = 41 \times 3 = 170.50 \text{ m}$$

#### Dimensions bassin de maturation :

$$L = 171 \text{ m}$$

$$l = 57 \text{ m}$$

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

**Tableau. V.4 :** Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents bassins pour station par lagunage naturel.

| Paramètres         | Bassin anaérobie | Bassin de stabilisation (facultatif) | Bassin de maturation |
|--------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Nombre             | 1                | 3                                    | 3                    |
| Volume             | 2653.13          | 33917.5                              | 9690.72              |
| Surface            | 531              | 22611.68                             | 9690.72              |
| Longueur           | 46               | 260.45                               | 171                  |
| Largeur            | 11.5             | 86.8                                 | 57                   |
| Hauteur            | 5                | 1.5                                  | 1                    |
| Temps de rétention | 2h               | 7 jours                              | 2 jours              |

#### Calcul du DBO à la sortie :

DBO à l'entrée:  $S_o = 62.12 \text{ mg/l}$

Température moyenne des eaux usées:  $T = 25^\circ\text{C}$

$$\text{DBO à la sortie donnée: } S = \frac{1}{1 + 0.006 \times T}$$

Avec  $K = K_{\text{aer}}$  pour les bassins de maturation car ils se comportent comme des bassins aérobie.

Exemple de calcul :

|                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|
| $S = \frac{62.12}{1 - 0.53 * 7 - 0.006 \frac{7}{1}} = 13.76 \text{ mg/l}$ |
|---------------------------------------------------------------------------|

**Efficacité du traitement :**

$$\Delta S = \frac{62.12 - 13.76}{62.12} * 100 = 77.83\%$$

|                      |
|----------------------|
| $\Delta S = 77.83\%$ |
|----------------------|

L'efficacité du traitement bassins aérobie d'après le calcul égal 77.83%

**Taux de destruction des bactéries pathogènes :**

Le pourcentage de réduction des bactéries pathogènes peut être évalué d'après l'équation proposée par [29]:

$$\Delta N = \frac{100 * (1 - e^{-k * t_r})}{1} \dots\dots\dots(60)$$

Où  $\Delta N$  = pourcentage de réduction des bactéries pathogènes.

$t_r$  = temps de rétention.

$k$ =constante de vitesse  $k = 2$  pour Escherichia Coli

Exemple de calcul :

$$\Delta N = \frac{100 * (1 - e^{-2 * 2})}{1} = 80\%$$

**Besoin en chlore :**

La chloration est utilisée pour le traitement tertiaire. Elle peut être destinée au contrôle des odeurs, à la désinfection et à la destruction des bactéries pathogènes. Le chlore est disponible sous forme de liquide ou d'hypochlorite de calcium ou de sodium. La dose de chlore à appliquer dépend de l'objectif visé pour la qualité de l'effluent. Pour la destruction des bactéries pathogènes, il faut 2 à 20 mg/l de chlore. Pour la stérilisation d'effluent épuré biologiquement, la dose de chlore requise est proportionnelle au nombre de microorganisme à détruire (Escherichia Coli). La dose nécessaire pour réduire de x% le nombre d'Escherichia Coli vaut:  $2.x \%$ .

Exemple de calcul :

$$\Delta N = 80\% \Rightarrow x = 20\% \text{ sera détruit par le chlore}$$

$$\text{Besoin en chlore} = 2 * 0.2 = 0.4 \text{ mg/l.}$$

**Efficacité globale du traitement :**

Elle est calculée avec la DBO<sub>5</sub> des eaux usées brutes et celle obtenue à la sortie du bassin de maturation.

$$\Delta S \text{ ———— } * 100 = \frac{2 \cdot 13 \cdot 6}{2} * 100$$

$$\Delta S \text{ ———— } 95\%$$

L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour des eaux dans les bassins. En effet, la mort des cellules d'algues entraîne une augmentation de la charge organique et, par conséquent, de la DBO<sub>5</sub>. Un effluent retenu au-delà de la durée optimale de rétention des eaux dans le bassin peut entraîner une augmentation de la DBO<sub>5</sub> de l'exutoire récepteur.

D'autre part, un effluent rejeté au moment de la prolifération des algues peut ne pas être complètement épuré du fait de tous les processus biologiques qui n'ont pas eu le temps de se réaliser. Donc le temps de séjour est capital.

Nous proposerons différents choix en faisant varier le temps de rétention dans les limites imposées.

**I.4.6- Lit de séchage :**

Le séchage des boues d'épuration s'effectue sur des lits de sable drainés sur fond poreux. Il permet, sans pour autant dépenser de l'énergie, d'obtenir des boues séchées atteignant 60 à 65% de matières sèches.

Il est constitué d'une couche de support de 20 cm de gravier sur laquelle repose une couche de 10cm de sable (diamètre 0.5 à 1.5 mm). Le sable devra être renouvelé en le rechargeant par exemple avec le sable provenant du dessableur car il va s'enlever peu à peu avec la recolte des boues séchées.

**Calcul des dimensions du lit :**

Procédure de calcul: on fixe le nombre de lit et la largeur de chaque lit. Connaissant le volume total des boues par an et le nombre d'extractions, on détermine la longueur

Nombre de lits = 4

Largeur de chaque lit = 10 m

Epaisseur du dépôt des boues e = 50 cm

Volume de boue par an  $V_b = 8650.72\text{m}^3$

Nombre d'extraction de boue = 6

$$\text{Surface requise } S = \frac{V_b}{6 \times \frac{650}{6 \times 0.5}} \dots \dots \dots (61)$$

$$S_r = 2883.57 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface d'un lit} = \frac{2883.57}{4} = 720.89 \text{ m}^2 \dots \dots \dots (62)$$

$$\text{Longueur d'un lit } L = \frac{20}{10} \times 72.09 \text{ m on prendra } 72 \text{ m}$$

**Caractéristiques du lit :**

$$L = 72 \text{ m}$$

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

$$\text{Epaisseur de boue} = 50 \text{ cm}$$

#### I.4.7 By-pass :

Le by-pass est une conduite circulaire qui permet d'écarter du bassin anaérobie et des autres bassins une partie ou la totalité des eaux usées pendant les pointes d'apport ou le nettoyage.

#### I.4.8 - Dimensionnement des conduites :

- hypothèses:
  - les conduites à installer seront en PVC;
  - l'aménagement se fera avec une pente de 1% pour permettre un écoulement gravitaire entre les différents bassins.
- Données de bases:

V = vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s)

Q = débit d'eau dans la conduite (m<sup>3</sup>/s),

S = pente longitudinale (m/m),

D = diamètre de la conduite(m),

$$R = \text{rayon hydraulique} = \frac{m \varnothing \quad \acute{e}}{\acute{e} \quad \grave{a} n \quad m o \quad \acute{e}}$$

L'écoulement dans les conduites n'est pas sous pression, pour les conduites circulaires à installer, cependant on peut faire l'approximation de l'écoulement des conduites pleines c'est à dire :  $R = \frac{D}{4}$

$n$  = coefficient de Manning = 0,013 pour les conduites en PVC,

- Diamètres théoriques des conduites

L'équation de Manning s'écrit comme suit:

$$V = \frac{S^{1/2}}{n}$$

$$\text{Or : } V = \frac{Q}{A}$$

L'équation donne;

$$\frac{Q}{A} = \frac{S^{1/2}}{n}$$

$$D^3 = \frac{4^3 Q^2}{\pi^2 n^2 S} \dots\dots\dots (63)$$

D'où :

$$D = \sqrt[3]{\frac{4^3 \cdot 0.168^2 \cdot 0.013^2}{\pi^2}}$$

$$\boxed{D = 0.368 \text{ m on prendra } D = 370 \text{ mm.}}$$

**Chapitre VI**  
**Choix de la station**  
**d'épuration**

**VI.1. Introduction:**

Après calcul et dimensionnement de différents ouvrages de la station, nous passons à une étape très importante c'est la réalisation et l'exploitation de la station d'épuration.

Nous étudions dans ce chapitre avantages et Inconvénients de chaque variante et coûts de chaque variante. Ainsi discussion sur le choix de la station d'épuration de la ville de Béni-Ounif. En fin nous avons donné les propriétés du site qui recevant l'eau traitée (site de projet).

**VI.2- Avantages et Inconvénients de chaque variante :**

Le tableau ci-dessous donne un aperçu sur les avantages et les inconvénients des deux types d'épuration des eaux usées (Boues activées et Lagunage naturel).

**Tableau. VI.1 :** comparaison des deux variantes (avantages et inconvénients)

| Variante              | Avantages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Inconvénients                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Boues Activées</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites).</li> <li>• Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO5, N par nitrification et dénitrification).</li> <li>• Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.</li> <li>• Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée.</li> <li>• Faible influence de la température sur la cinétique de la dégradation bactérienne.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coûts d'investissement assez importants.</li> <li>• Consommation énergétique importante.</li> <li>• Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière.</li> <li>• Forte production de boues qu'il faut concentrer.</li> </ul> |
|                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable.</li> <li>• Elimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoin de grandes surfaces pour la mise en place.</li> <li>• Forte emprise au sol.</li> <li>• Si le curage global n'est pas réalisé à temps, les</li> </ul>                                                                                 |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lagunage Naturel</b> | <p>(en été).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Faibles rejets et bonne élimination des germes pathogènes en été.</li> <li>• S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique.</li> <li>• Pas de construction "en dur", génie civil simple.</li> <li>• Absence de nuisance sonore.</li> <li>• Les boues de curage sont bien stabilisées sauf celles présentes en tête du premier bassin.</li> </ul> | <p>performances de la lagune chutent très sensiblement.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement très dépendant des caractéristiques du terrain.</li> <li>• Qualité du rejet variable selon les saisons.</li> <li>• La maîtrise de l'équilibre biologique et des processus épuratoires restent limités.</li> <li>• Odeurs désagréables et prolifération possible d'insecte</li> <li>• Une élimination de l'azote et du phosphore incomplète.</li> <li>• Difficultés d'extraction des boues.</li> <li>• Risque de l'ensablement des lagunes (cas de Béni-Ounif).</li> <li>• Evaporation Importante (cas de Béni-Ounif).</li> <li>• Long temps de séjour dans les bassins.</li> </ul> |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### VI.3. Coûts de station :

Le coût global de projet sera composé de deux charges principales :

- Charges d'investissements;
- Charges d'exploitations.

#### VI-3-1 Charges d'investissements :

Elles sont composées des dépenses suivantes :

- Les travaux d'aménagement et de bétonnage.
- Les équipements (tuyauteries, vannes...)

**A- Les travaux d'aménagement et de bétonnage :**

Les travaux d'aménagement concernent le terrassement et le nivellement des terrains pour permettre l'implantation des ouvrages. Ce coût dépend des volumes des terres à terrasser.

On procédera ensuite à la détermination du coût des ouvrages en béton, on citera le cas des ouvrages régulateurs et de vidanges.

Le prix s'obtient par multiplication du prix d'un mètre cube de béton par le volume total des bétons nécessaire.

**B - Les équipements :**

Les coûts des équipements seront constitués par le coût des conduites, des vannes ou tout autre équipement qui sera présent dans la station.

**VI-3-2 Les charges d'exploitations :**

Ces charges sont composées de :

- La masse salariale ;
- Dépenses d'exploitations courantes.

**A- La masse salariale :**

Ces dépenses concernent les salaires du personnel exploitant. A ce titre il sera envisagé des dépenses pour le jardinage également pour le contrôle et l'analyse de la pollution.

**B- Les dépenses d'exploitation courantes :**

Ces dernières concerneront surtout les dépenses pour les opérations d'entretien de tout le système

**VI.4 Discussion sur le choix de la station d'épuration de la ville de Béni-Ounif :**

D'après les résultats qu'on a obtenus dans l'étude technique de la station d'épuration pour la ville de Béni-Ounif par les deux variantes (Boues activées et Lagunage naturel) on constate que même si on fait une analyse du type de station à adopter sur l'impact économique et environnemental, la station d'épuration à boues activées vient en pole position.

En effet, ce type de station occupe moins d'espace qu'une station de lagunage ce qui donnera plus d'espace pour d'autres utilisations. Il est aussi à l'abri des pertes d'eau importante par évaporation à l'opposé des stations naturelles vis-à-vis de la température élevée dans la zone d'étude surtout en

été. En plus ces dernières étant des gîtes et des milieux de développement des moustiques, vecteurs de maladies contagieuses (paludisme par exemple). Et enfin par l'installation d'une STEP à boues activées on évite alors l'ensablement des bassins car la commune de Béni-Ounif est caractérisée par le vent de sable.

#### **VI.5. Propriétés du site recevant de l'eau traitée:**

Les eaux usées après le processus de traitement seront rejetés dans la vallée de Oued Tasra(fig VI.1) et qui est caractérisé par un cours rectiligne avec de rares courbures, la largeur du lit majeur peut atteindre localement plusieurs centaines de mètres. Il est érigé dans un ensemble topographique plat qui est entrecoupé par des reliefs sous forme de dômes à surface calcairegypseuses.

##### **□ Lieu et espace attribuées :**

Nous avons estimé l'espace qui leur est alloué par 4 hectares qui sont assez pour créer tous les équipements et installations de la station mentionnées dans cette étude.



**Figure VI .1: Milieu récepteur (Oued Tasra)**



**Figure VI. 2: Proposition du site de la station d'épuration.**

# **Chapitre VII**

## **Procédés d'entretien et contrôle de la station**

**1. Introduction :**

Durant son fonctionnement, la station d'épuration nécessite un entretien et maintenance d'ouvrages dans de différentes périodes selon le type d'épuration (Boues activées, lagunage naturel).

**2. Entretien d'une station à boues activées :****2.1. Entretien hebdomadaire :**

- Faire le tour de l'ouvrage pour déceler toutes anomalies (odeur, couleur, débit, départ de boues)
- Vérifier le déversoir d'orage.
- Vider le panier de dégrillage du poste de relèvement.
- Nettoyer les prétraitements et évacuer les déchets.
- Nettoyer les parois des bassins.
- Nettoyer la goulotte du clarificateur et évacuer les flottants du clifford.
- Nettoyer le canal de comptage.
- Contrôle du fonctionnement des moteurs, des voyants et compteurs de l'armoire électrique.
- Effectuer les tests  $\text{NH}_4$  et  $\text{NO}_3$  sur effluent traité.
- Renseigner le cahier d'exploitation (compteur horaire, compteur électrique, disque de Secchi, volumes de boues extraites, volume de prétraitements extraits, test de décantation,...)

**2.2. Entretien régulier :**

- Nettoyer les flotteurs, câbles électriques et chaînes du poste de relèvement.
- Entretien des abords.

**2.3. Entretien annuel :**

- Nettoyage et vidange des appareils électromécaniques (pompes, turbines).
- Vérification de l'installation électrique par un professionnel agréé.

**3. Entretien d'une station d'épuration par lagunage naturel :****3.1. Entretien hebdomadaire :**

- Vérifier le déversoir d'orage.
- Entretien des prétraitements (dégrilleur, évacuation des graisses et flottants retenus par la cloison siphonée)
- Contrôle de l'écoulement de l'eau (niveau du plan d'eau, ouvrage de communication)
- Contrôle de l'état des berges (ravinage, trous dus à la présence de rongeurs)
- Effectuer les tests  $\text{NH}_4$  et  $\text{NO}_3$  sur effluent traité.
- Renseigner le cahier d'exploitation (couleur des bassins, présence de lentilles, remontée de boues en surface, développement de la végétation, odeurs)

**3.2. Entretien régulier :**

- Entretien des berges et du chemin d'accès (l'utilisation de désherbants est à proscrire)
- Fauchage des végétaux aquatiques.
- Evacuation des lentilles d'eau.
- Curage des bassins (tous les 5 ans)

Après chaque événement pluvieux vérifier le déversoir d'orage de la station et ceux du réseau.

**3.3. Entretien annuel :**

- Curage du cône de sédimentation à l'arrivée du 1er bassin.

## **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion Générale :

---

En conclusion, il y a lieu de préciser que dans les systèmes étudiés dans notre pays, il ressort que le facteur financier est le plus déterminant quant au choix final de la station à installer.

L'étude comparative entre les deux procédés d'épuration des eaux usées nous amène au choix de procédés d'épuration par boues activées pour la commune de Béni-Ounif parce qu'il garantit la protection du milieu récepteur « l'Oued Tasra », et ne nécessite pas une grande superficie pour le projet. Ce procédé est connu pour son impact quasi nul sur le phénomène d'évaporation ainsi que le facteur d'ensablement de ses structures étant donné la situation de la région qui connaît de fortes périodes de vent de sable.

Pour un fonctionnement durable et une meilleure rentabilité de cette nouvelle station, quelques recommandations s'imposent.

1. Recruter un personnel qualifié pour l'entretien et la maintenance de la station.
2. Etablir un bon planning de maintenance des différents ouvrages de la STEP.
3. Effectuer des extractions régulières des boues pour augmenter l'efficacité du traitement.
4. Mettre en place au sein de la station d'épuration un laboratoire de contrôle de la qualité des effluents traités.

## **Bibliographie et webographie**

**Bibliographie et webographie :**

**1- Livres :**

**Alexandre O., Boutin C., Duchène P., Lagrange C., Lakel A., Liénard A., Orditz D.,**

Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités (1997).

**Boeglin J.C.,** Traitements biologiques des eaux résiduaires (1998).

**Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L.,** L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15 pages, (2005)

**D'ornano M., Mehaignerie P.,** Lagunage naturel et lagunage aéré procédés d'épuration des petites collectivités (Juin, 1979).

**Faby J.A et Brissaud.,** L'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages, (1997)

**Faby J.A.,** l'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau,(1999)

**Gaïd A.,** Traitement des eaux usées urbaines, France (2007).

**Laurent J.L.,** L'assainissement des agglomérations: Technique d'épuration actuelles et évolutions, France (Avril 1994)

**Perera P et Baudot B.,** Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, France (mai, 1991).

**Racault Y.,** Le lagunage naturel (Les leçons tirées de 15 ans de pratique en France) (1997).

**2- Mémoires :**

**Achouri F.,** Mémoire d'Etude des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage naturel de l'oued Béni-Messous W. d'Alger en vue de L'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Alger (2003).

**Benkadi F et Messaoudi M.,** Mémoire Les parasitoses dans la région de Djamâa et El-Meghaier : Situation, identification des principales maladies parasitaires et moyens de lutte, Diplôme d'Etudes Supérieures Ouargla, (2007).

**Boumediene M.A.,** Mémoire Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : Cas de la step Ain el Houtz, Diplôme de licence en hydraulique, Tlemcen (2013).

**Dahou A et Brek A.,** Mémoire de Lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (Région d'Ouargla), (Jun, 2013)

**Djeddi H.,** Mémoire d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, (2007)

**Haouti H.,** Mémoire Etude de réhabilitation et d'extension de la station d'épuration de la ville Djelfa, diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Djelfa (2005)

### 3- Les études :

**ANRH.**, Etude d'Agence National des Ressources hydrique, (2013)

**ANRH.**, Rapport de fine d'étude d'Agence National des Ressources Hydrique, Touggourt (2005)

**Aouabed.**, Les différents procédés de traitement des eaux usées, (2009)

**Asano T.**, Wastewater réclamation and reuse. Water quality management library, 1475 p, (1998)

**Baumont S, Camard J.P, Lefranc A, Franconi A.**, Rapport ORS Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, 220p, (2004)

**Cauchi.**, Dossier: la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118, (1996)

**Dhaouadi H.**, Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédés biologiques d'épuration) Tunis, (2008)

**FAO.**, Etude L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage papier, 65p, (2003)

**INRAA.**, Etude agro – pédologie de la station expérimentale Touggourt, 170p, (2003)

**Kolli A et Aissani B.**, Etude Caractérisation géologique et climatique de M'rara au plateau des daïas orientaux dans le bas Sahara, Algérie (Juin 2012).

**Koull N., Kherraze M.E., BEN ZAOUÏ T.**, Etude Paléo-hydrologie de la région de l'Oued Righ, Touggourt (2010).

**L'UNESCO.**, Fiche Technique: traitement des eaux usées par lagunage, (Aout, 2008).

**Martin.**, Rapport Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris (1979)

**Metahri.**, Thèse d'Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes cas de la step Est de la ville de Tizi-Ouzou, Diplôme de doctorat, Spécialité Agronomie (Juil, 2012).

**OMS.**, Etude Parasitologie médicale : technique de base pour le laboratoire, 119 p, (2005)

**ONA.**, Rapport de centre de formation aux métiers de l'Assainissement (ONA), thème: conception et dimensionnement d'un système d'épuration par lagunage naturel, (Février,2011).

**Rotbardt A.**, Rapport final: Réutilisation des eaux usées traitées-perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, (Février, 2011)

**Servais.**, Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement (2006).

**STUCKY-ENHYD.**, Etude du schéma directeur d'assainissement et de drainage, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique de la zone de l'Oued