

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :  
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre  
Département de Biologie

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

## LICENCE

**Domaine :** Sciences de la nature et de la vie

**Filière :** Biologie

**Spécialité :** Biochimie

## Thème

**Caractérisation et valorisation énergétique des boues  
des stations d'épuration des eaux usées des zones  
arides et semi-arides.**

**Par :**

ADDAOUD Seddik.

CHIKH SALAH Abdelaziz.

**Jury :**

**M. YAHIAOUI Fatiha.**

Attachée de recherche

U.R.A.E.R

**Encadreur**

**M. BENBRAHIM Fouzi.**

Maître Assistant A

Univ de Ghardaïa

**Examineur**

**Année universitaire 2012/2013**

## **Dédicace**

Je dédie ce travail :

**A mes chers parents.**

**A ma chère famille.**

Je ne trouverai jamais de mots pour vous exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, la tendresse et surtout pour votre présence dans mes moments les plus difficiles.

**A ma chère fiancée et à sa famille.**

**A tout mes amis du scout.**

**A tout les familles :**

**ADDAOUD ; NEDJAR et BAHADDI.**

**ADDAOUD Seddik.**

Je dédie ce travail :

**A mes chers parents et à tous les membres de ma famille.**

Je ne trouverai jamais de mots pour vous exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, la tendresse et surtout pour votre présence dans mes moments les plus difficiles.

**A ma chère fiancée et à sa famille.**

**A toutes les familles :**

**CHIKH SALAH et KARBOUCHE.**

**CHIKH SALAH Abdelaziz.**

**Enfin, nous le dédions à nos collègues de promotion 2012/2013.**

**Et aussi à notre classe de BAC 2010.**

## **Remerciement :**

**C'est avec l'aide de Dieu Tout Puissant, que ce modeste projet a pu être réalisé, Dieu qui nous a donné foi, raison et lucidité.**

**Dieu Merci.**

**Nos sincères remerciements sont exprimés agréablement à notre encadreur Mme : YAHIAOUI Fatiha, pour avoir accepté de nous encadrer et d'avoir été patient et compréhensif, et à toute l'équipe de U.R.A.E.R, spécialement l'équipe BIOMASSE.**

**Nous tenons également à exprimer notre gratitude à notre enseignant Mr. BEN BRAHIM Fouzi. Qu'à bien voulu examiner ce travail.**

**Un remerciement spécial à tous nos enseignants qui nous ont accompagné durant ces trois années.**

**A nos très chers amis : MUSTAPHA, Nadir, Ghani, Amine, Mohammed, et Youcef.**

**A tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à réaliser se travail, nous disons**

**Merci.**

## **RESUME:**

Les stations d'épuration à boues activées ont des teneurs en matières organiques très importantes. Mais la gestion des boues constitue toujours un véritable casse-tête. Malgré la préférence actuelle des autorités envers la valorisation agricole, l'objectif de ce travail consiste à caractériser et valoriser énergétiquement les boues des zones arides et semi-arides, par calcination et bio-méthanisation qui consiste à fermenter ces boues à l'aide des micro-organismes, principalement les bactéries méthanogènes afin de produire le méthane (biogaz). De plus la matière minérale qui reste est utilisable dans le compostage agricole. Cette technique, très utilisée dans les stations d'épuration à travers le monde, mise à profit une approche hybride de valorisation des boues (énergétique et agricole), est mal exploitée en Algérie.

**Mots clés:** boue; matière organique; matière minérale; bio-méthanisation ; biogaz.

## **ABSTRACT:**

Sewage activated sludge plants have very high levels of organic matter. But sludge management is always a big problem. Despite the current preference of the authorities towards agricultural development, the goal of this work is to characterize and valorize energy sludge in arid and semi-arid areas by burning and anaerobic digestion which involves fermenting the sludge using microorganisms, primarily the methanogenic bacteria to produce methane (biogas). In addition, the mineral remains are used in the agricultural composting. This technique is widely used in sewage treatment plants around the world; building on a hybrid approach sludge recycling (energy and agriculture) is poorly exploited in Algeria.

**Keywords:** mud, organic matter, mineral matter, anaerobic digestion, biogas.

تحتوي مخلفات محطات تصفية المياه (الوحل) على نسب جد مرتفعة من المادة العضوية، لكن استغلال و تسيير هذه المادة العضوية يظل دوما مشكلا عويصا. رغم التوجه الكبير نحو الاستغلال الزراعي كأسمدة، إلا أنها غير مستغلة بشكل جيد في بلادنا.

من هنا تأتي أهمية هذا البحث الذي يحاول أن يسلط الضوء و يعنى بدراسة أهم مكونات تلك الأوحال في المناطق الجافة و الشبه الجافة و قيمها الطاقوية، وذلك إما بالحرق أو بعملية التخمير للمادة العضوية و التي تعتمد على الكائنات الدقيقة، خصوصا منها بكتيريا الميثان لصنع الميثان الحيوي.

بالإضافة إلى ذلك فإن المادة المعدنية المتبقية يمكن أن تستغل في الزراعة، وذلك بعد التأكد من عدم احتوائها على مواد سامة أو خطيرة.

هذه التقنية فائقة الرواج في محطات التصفية عبر العالم تضع في المتناول استغلالا هجينا لتلك المخلفات (طاقويا و زراعيًا في آن واحد) تظل سيئة الاستغلال في الجزائر.

**الكلمات المفتاحية :** الوحل، المادة العضوية ، المادة المعدنية، الغاز الحيوي، التخمير.

Liste des figures :

Figure 1 : les différents procédés du traitement des eaux usées (Berger, 2006).....	5
Figure 2 : le procédé général du de lagunage. (Choubert et al, 2007).....	7
Figure 3 : Processus fondamentaux impliqués dans les bio-filtres (S.GUILLAUME, 2009).....	14
Figure 4: Schéma du BIOFOR du 1 <sup>er</sup> étage (LAMOUROUX, 2007).....	15
Figure 5: schéma du BIOSTYR du 2 <sup>ème</sup> étage (LAMOUROUX, 2007). ....	15
Figure 6 : Schéma du principe de la coagulation-floculation (Moletta.R).....	20
Figure 7: le test de décantation ( indice de boue (FNDAE, 2012)).....	35

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> performances épuratoires d'une STEP à biofiltre (Constance, 2003).	16
<b>Tableau 2:</b> description des échantillons (original).	23
<b>Tableau 3:</b> Mesure du pH (original).	42
<b>Tableau 4:</b> Mesure de la température (original).	43
<b>Tableau 5:</b> Mesure d'humidité (original).	43
<b>Tableau 6:</b> la mesure de la siccité (original).	44
<b>Tableau7 :</b> Mesure de la matière organique (original).	45
<b>Tableau 8:</b> la mesure de la matière minérale (original).	47

Abréviations :

MVS : Matière Volatile Sèche.

MES : Matière En Suspension.

DCO : Demande Chimique En Oxygène.

DBO : Demande Biologique En Oxygène.

MO : Matière Organique.

AL : Air Lift.

pH : Potentiel D'hydrogène.

STEP : Station D'épuration.

CM : Charge Massique.

IB : Indice De Boue.

VD : Volume Décanté.

MS : Matière Sèche.

<b>Dédicace</b> .....	1
<b>Remerciement</b> .....	1
<b>RESUME:</b> .....	1
Liste des figures : .....	1
Liste des tableaux .....	1
Abréviations : .....	1
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	1
<b>II. Synthèse bibliographique : les différents procédés de traitement des eaux usées</b> .....	3
1. Stations d'épuration des eaux usées .....	3
1.1. Traitement des eaux usées.....	3
1.2. Prétraitement .....	3
1.3. Traitement primaire:.....	3
1.4. Traitement secondaire .....	4
1.5. Traitement tertiaire .....	4
2. Stations d'épurations naturelles (le lagunage).....	6
2.1. Introduction .....	6
2.2. Procédé de lagunage.....	6
2.3. Avantages :.....	8
2.4. Inconvénients : .....	8
3. Stations d'épuration à boues activées :.....	9
3.1. Principe d'épuration : .....	9
3.2. Différents procédés : .....	9
4. Station d'épuration des eaux usées à bio-filtres:.....	12
4.1. Principe de fonctionnement : .....	12
4.2. Bio-filtres de la station .....	14
4.2.1. Présentation du BIOFOR du 1 <sup>er</sup> étage : .....	14
4.2.2. Présentation du BIOSTYR 2 <sup>ème</sup> étage:.....	15
4.2.3. Présentation du BIOFOR du 3 <sup>ème</sup> étage : .....	16
5. Les Stations d'épurations physico-chimiques : .....	17
5.1. Principe de fonctionnement : .....	17
5.2. Différents procédés d'une STEP physico-chimiques .....	18
5.2.1. Opérations unitaires .....	18
1. Définition des boues:.....	21
1.1. Type des boues : .....	21
1.1.1. Boues primaires: .....	22
1.1.2. Boues physico-chimiques: .....	22
1.1.3. Boues biologiques (secondaires): .....	22
1.1.4. Boues mixtes:.....	22
1.1.5. Boues d'aération:.....	22
<b>III. Matériels et méthodes</b> :.....	23
1. Demande chimique en oxygène(DCO) : .....	23
1.1. Définition : .....	23
1.2. Principe de la détermination de DCO : .....	24
1.2.1. Dosage: .....	24
1.3. Mode opératoire: .....	25
1.4. Expression des résultats: .....	25
1.5. Essai à blanc:.....	25
1.6. Détermination de la DCO:.....	26

1.6.1.	Préparation de l'échantillon: .....	26
1.6.2.	Dosage: .....	27
1.6.3.	Expression des résultats: .....	27
2.	Demande biologique en oxygène DBO : .....	27
2.1.	Principe: .....	27
3.	Potentiel d'hydrogène (pH) : .....	28
3.1.	Principe: .....	28
3.2.	Appareillage: .....	29
3.3.	Mode opératoire: .....	29
3.3.1.	Préparation de l'instrumentation: .....	29
3.4.	Mesure du pH: .....	29
4.	Siccité : .....	29
4.1.	Boue de 15 à 30% de siccité : .....	30
4.2.	Boue à 60 – 65% de siccité : .....	31
4.3.	Boue à 90% de siccité, ou plus : .....	31
5.	Charge massique (CM) : .....	31
5.1.	Limite du paramètre charge massique : .....	33
5.2.	Matière Volatile Sèche : .....	34
6.	Indice de boue (IB) : .....	34
6.1.	Objectif : .....	34
6.2.	Définition : .....	34
6.3.	Résultats : .....	36
7.	Matières Sèches (MS) : .....	37
8.	Matière en suspension : .....	37
8.1.	Définition : .....	37
8.2.	Principe : .....	37
8.3.	Expression des résultats: .....	38
9.	Calcination : .....	38
9.1.	Principe : .....	38
9.2.	Appareillage : .....	38
9.3.	Protocole d'analyse : .....	39
IV.	Résultats et discussions .....	42
10.	Mesure de (pH) .....	42
11.	Température : .....	43
12.	Humidité : .....	43
13.	Siccité : .....	44
13.1.	Observation et interprétation : .....	44
14.	Matière organique : .....	45
15.	Matière minérale : .....	47
15.1.	Observation et interprétation: .....	47
V.	CONCLUSION ET RECOMMANDATION: .....	49
VI.	Bibliographie .....	51

# INTRODUCTION

## I. INTRODUCTION

L'eau est un bien économique, social et environnemental. Elle est donc nécessaire et important d'en garantir la disponibilité dans le temps au moyen de formes d'exploitation durables qui permettent de faire face aux exigences actuelles sans menacer l'équilibre environnemental, La population dans la région de la Méditerranée, augmentera encore la pression sur les ressources en eau. Pour les trente prochaines années, le Plan bleu prévoit une diminution importante des ressources par habitant, surtout dans les pays méditerranéens du Sud et de l'Est. Il est urgent de réduire la consommation et de préserver la ressource en eau, à travers une gestion efficace de tout le cycle de l'utilisation de l'eau, à partir de la gestion optimale des réservoirs ou des autres sources d'approvisionnement (puits, sources) à la réhabilitation des réseaux d'adduction, de distribution et de collecte des égouts en passant par la gestion efficace des installations de traitement (potabilisation et épuration). Les meilleures techniques disponibles devraient être identifiées et utilisées pour associer l'utilisation rationnelle des ressources en eau naturelles à d'autres sources d'approvisionnement non conventionnelles, notamment le traitement des eaux usées ( Bennouna, 2001).

Les déchets représentent l'une des pressions les plus fortes sur l'environnement. la quantité de déchets produits ne cesse de s'accroître dans notre pays, et cela pourrait poser de graves problèmes à l'avenir. Devant la complexité de cette problématique il est important de chercher la meilleure solution pour la gestion et valorisation de ces déchets (Afilal et al., 2012).

Parmi les différentes sources énergétiques renouvelables utilisées aujourd'hui, figure celle de la biomasse, qui se présente sous forme de produits solides ou liquides pouvant remplacer les combustibles fossiles (gaz naturel, charbon, pétrole,..). Elle est constituée par des glucides, des protides, et des lipides que nous pouvons retrouver dans la matière organique disponible dans un écosystème. Le plus important combustible solide produit de manière renouvelable, est le bois, utilisé depuis des millénaires pour le chauffage. (Robertson, 1979) et (Lagrange, 1979).

Cependant, la fermentation en anaérobiose des déchets ménagers, de purin de vache, d'effluents liquides, eaux usées, dégage un gaz très proche du gaz naturel, qui est le biogaz, (comprenant un taux élevé de méthane  $CH_4$  ( Bennouna, 2001). Il faut noter que cette production

d'énergies totalement absente en Algérie (Lagrange, 1979). Alors pouvons-nous valoriser énergétiquement les boues des STEP qui sont composées majoritairement de matières organiques fermentescibles; dans des conditions conformes à la réglementation et respectueuses de l'environnement.

Dans ce qui suit, et en collaboration avec l'étudiant de master en génie chimie nous tenterons de caractériser et de valoriser les boues des STEP des zones arides et semi arides afin de faire la lumière sur une technique de production de biogaz par épuration des eaux usées, utilisé dans le monde et donner un aperçu sur les stations d'épurations en Algérie.

Première partie :

Synthèse bibliographique

## II. Synthèse bibliographique : les différents procédés de traitement des eaux usées

### 1. Stations d'épuration des eaux usées

#### 1.1. Traitement des eaux usées

Le processus d'épuration des eaux usées comprend trois grandes étapes, présentées ci-dessous, le prétraitement, les traitements primaires et secondaires parfois suivis par un quatrième niveau de traitement, appelé traitement tertiaire (Pony, 2009).

#### 1.2. Prétraitement

Après collecte et acheminement vers les stations d'épuration, le processus d'épuration des eaux usées peut débuter. A ce stade, elles contiennent de nombreuses matières très hétérogènes, grossières, et potentiellement dangereuses pour les machines. La première étape de traitement consiste en un prétraitement visant à éliminer les déchets volumineux susceptibles d'endommager les équipements, par simples procédés de séparation physique. Ainsi, on y retrouve une étape de dégrillage au cours de laquelle les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux sont plus ou moins espacés, retenant ainsi les matières les plus volumineuses. L'étape de dessablage vient ensuite débarrasser les eaux usées des sables et graviers par sédimentation. Les matériaux récupérés sont alors lavés puis, selon la qualité du lavage, seront soit réutilisés soit envoyés en décharge. Une étape de dégraissage (ou encore appelée déshuilage) vient parachever ces prétraitements. Elle consiste à racler les particules graisseuses se trouvant en surfaces des eaux naturellement ou par flottation via une injection d'air au fond de l'ouvrage (Pony, 2009).

#### 1.3. Traitement primaire

Une fois ces étapes de dégrossissage réalisées, les eaux usées vont subir des procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer, par décantation la charge de matière organique et minérale en suspension. C'est ce que l'on appelle le traitement primaire. Ces traitements ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. L'eau va alors passer au travers de bassins décanteurs, à faible vitesse permettant ainsi la sédimentation des particules au fond des

bassins, et leur enlèvement via des pompes. Une étape de coagulation-floculation préalable à la décantation permet d'améliorer l'épuration. C'est le traitement physico-chimique. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif (sels de fer ou d'aluminium) qui provoque l'agglomération des particules en suspension, provoquant ainsi leur chute au fond de l'ouvrage. 90% des matières en suspension peuvent alors être éliminées (Pony, 2009).

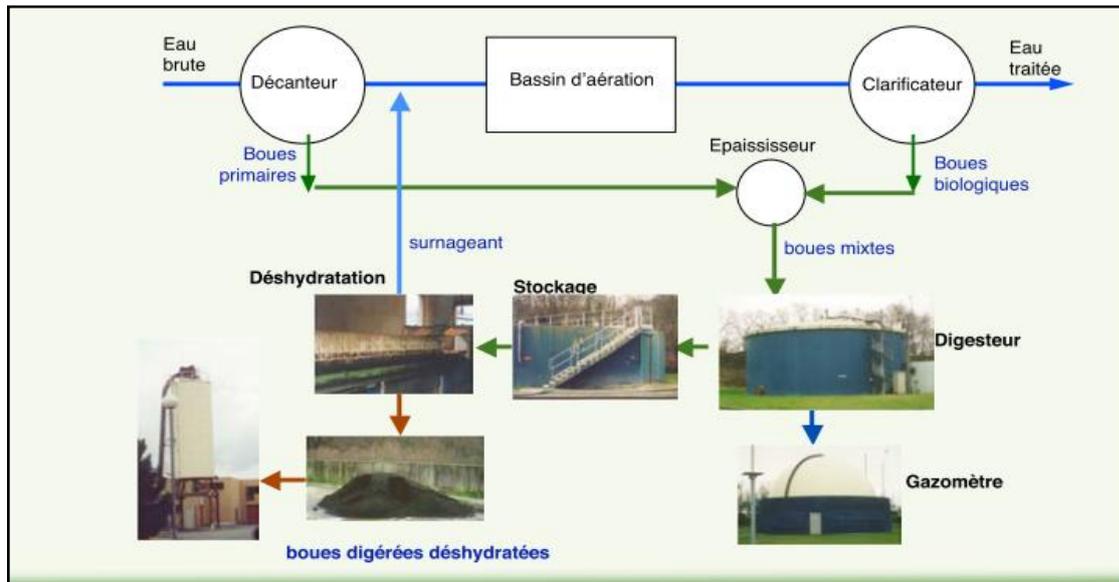
#### 1.4. Traitement secondaire

Les étapes de traitement primaire permettent l'enlèvement des matières en suspension, l'eau n'est pour autant pas traitée complètement. Une quantité certaine de matière organique dissoute est toujours contenue dans l'eau. Le traitement secondaire, qui fait suite au traitement primaire dans le déroulement séquentiel des procédés d'épuration des eaux usées, vise à épurer l'eau, en réutilisant les méthodes d'auto-épuration existant naturellement. Les bactéries présentes dans l'eau vont, en effet, être mises à contribution pour dégrader la matière organique. Il existe différents systèmes parachevant le traitement biologique. En France, c'est le procédé par boues activées qui est le plus répandu. Celui-ci repose sur l'assimilation des bactéries avec la matière organique au moyen d'oxygène, et sur la réutilisation partielle des boues rejetées pour réalimenter la flore bactérienne contenue dans le bassin (Pony, 2009).

#### 1.5. Le traitement tertiaire

A l'issue du traitement secondaire, l'eau traitée est parfois directement rejetée en milieu naturel. Autrement, elle subit un troisième niveau de traitement, visant soit la réutilisation directe à des fins agricoles ou industrielles voire humaines (comme c'est le cas en Australie), soit la protection des milieux naturels ou des systèmes de captage situés en aval. Ce traitement n'est pas systématique actuellement, bien que la DCE établie en 2000 n'aille pas dans ce sens (Pony, 2009).

Ces traitements complémentaires concernent l'azote, le phosphore et la désinfection. L'élimination de l'azote est obtenue grâce à des traitements dits de « nitrification/dénitrification ». En effet, l'azote organique se transforme en ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les eaux usées. Cet ion



**Figure 1** : Différents procédés du traitement des eaux usées (Berger, 2006).

ammonium est transformé par les cultures bactériennes en nitrates  $\text{NO}_3$  : C'est l'étape de nitrification.

La dénitrification intervient en deuxième lieu, et repose sur l'action des bactéries dénitrifiantes qui vont transformer les nitrates en azote gazeux.

L'élimination du phosphore ou « déphosphoration » consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues afin d'y être piégées. Le principe se base sur l'addition de sels d'aluminium qui va faire précipiter les composés phosphatés au fond du réacteur d'où ils pourront être enlevés.

La désinfection vient parachever le traitement en éliminant les germes potentiellement pathogènes encore présents dans l'eau. L'éventail des techniques de désinfection est assez large. On y retrouve le traitement à l'ozone, à l'UV pour les plus courantes.

L'épuration des eaux usées, nous venons de le voir produit d'un côté de l'eau épurée et de l'autre, à peine mentionné précédemment, des sous-produits que l'on appelle « boues ».

## 2. Stations d'épurations naturelles (le lagunage)

### 2.1. Introduction

Phénomène naturel, l'épuration par lagunage est réalisée grâce à un équilibre biologique, auquel participent des bactéries, du zooplancton, des algues et éventuellement des roseaux (Choubert et al, 2007).

Les matières en suspension de l'eau brute décantent dans le bassin de tête. Les bactéries assimilent la pollution dissoute, et l'oxygène nécessaire à cette dépollution est fourni par les algues (photosynthèse). Le zooplancton consomme les algues. Eventuellement, les roseaux peuvent filtrer l'eau en sortie avant rejet (Choubert et al., 2007).

L'ensemble de ces phénomènes apparaît dans deux ou trois bassins en série, ce qui autorise l'étagement des phénomènes épuratoires.

Le lagunage naturel peut être utilisé en traitement complet des effluents ou en traitement tertiaire pour affiner la qualité de l'eau traitée par une boue activée (par exemple pour la désinfection) (Choubert et al., 2007).

### 2.2. Procédé de lagunage

Les eaux usées collectées par les égouts sont acheminées vers le lagunage. Avant de se déverser dans le bassin A, ces eaux sont débarrassées des gros objets, des sables et des graviers, des huiles et des graisses, grâce à divers procédés :

**Dans le bassin A** : les matières organiques vont se séparer en deux catégories :

- \* celles qui vont se déposer dans le fond du bassin et qui seront mangées par des bactéries de fond.

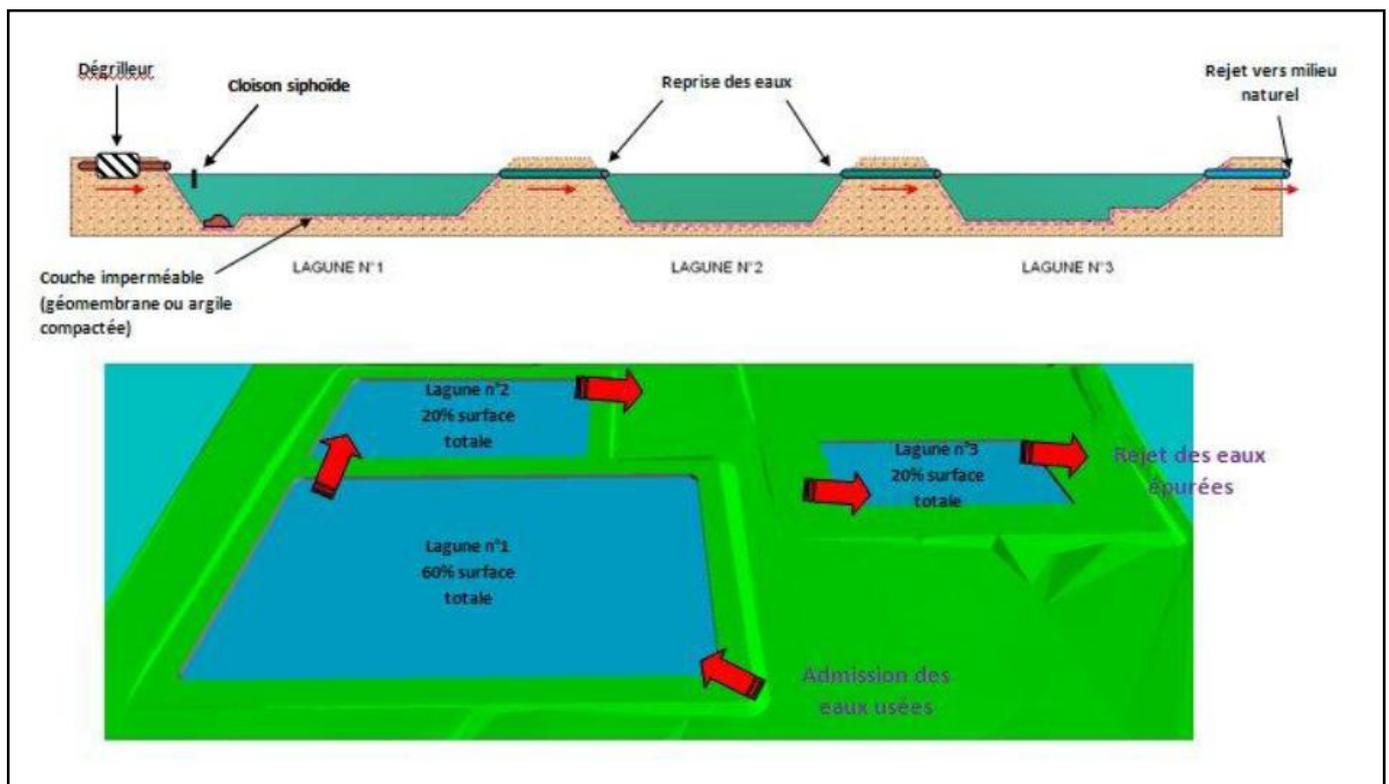
- \* Celles qui resteront en suspension dans l'eau et qui seront mangées par des bactéries de pleine eau. La digestion des premières bactéries produit des sels nutritifs et des gaz de

digestion (méthane, hydrogène sulfuré). Les sels nutritifs restent sur place et les gaz s'évaporent. Quant aux secondes bactéries, elles produisent des sels minéraux et du gaz carbonique.

**Dans le bassin B :** l'eau arrive donc chargée de ces bactéries de pleine eau, productrices de gaz carbonique et de sels minéraux. Les sels minéraux et le gaz carbonique rencontrent de minuscules algues (phytoplancton) qu'ils nourrissent sous l'action du soleil. Il se dégage alors de l'oxygène et les algues se multiplient.

**Dans le bassin C :** lui accueille le reste des bactéries de pleine eau, des sels minéraux restant et les minuscules algues. Ce milieu est favorable au développement de microscopiques animaux (zooplancton) qui vont se nourrir des bactéries et de ces algues, et respirent grâce à l'oxygène produit par celles-ci.

Au bout d'un cycle qui dure environ 80 jours, est rejeté dans la rivière ce riche plancton dans une eau épurée à 99,99 %. (Choubert et al, 2007).



**Figure 2 :** le procédé général du de lagunage (Choubert et al, 2007).

### 2.3. Avantages

- Faible coût d'exploitation.
- Bonne intégration paysagère.
- Système respectueux de l'environnement.
- Bonne élimination des pathogènes, de l'azote et du phosphore.
- Production des boues moins importante (qu'une station classique de type " boues activées "), très minéralisées et donc peu fermentescibles.
- Curage peu fréquent (1 fois tous les 10 ans dans les premiers bassins) et boues plus facilement valorisables.
- Bien adapté pour les petites communes ayant des fortes augmentations de population estivale.
- Hormis les coûts fonciers pour l'achat des terrains, les coûts de fonctionnement sont faibles (peu ou pas d'électricité).
- Bien adapté au réseau unitaire (les eaux pluviales jouant un bon rôle de dilution pour de fortes charges ponctuelles : vendanges par exemple).
- Faible technicité requise pour l'exploitant, surveillance régulière mais uniquement hebdomadaire du fait de la rusticité du système (Choubert et al, 2007).

### 2.4. Inconvénients

- Forte emprise au sol (en France 10 m<sup>2</sup> par habitant) limitant l'installation aux grandes communes.
- Contrainte possible si l'installation nécessite une imperméabilisation du sol (argile ou géo-membrane).
- Matière en suspension importante en rejet (organismes planctoniques) problématique pour de petits milieux récepteurs.
- Variations saisonnières de la qualité d'eau de sortie.
- Adapté pour un type de pollution organique : n'apprécie pas les grandes concentrations ponctuelles, et les pollutions chimiques.
- Difficulté et coût important de l'extraction des boues.
- Faucardage au moins une fois par an pour les lagunages à macrophytes.

- En cas de mauvais fonctionnement ou de mauvais entretien : risque d'odeurs, de développement d'insectes (moustiques), de dysfonctionnement (perforation des digues par les rongeurs) (Choubert et al, 2007).

### 3. Stations d'épuration à boues activées

#### 3.1. Principe d'épuration

Suite à un prétraitement permettant de retirer les sables, les graisses et les fibres, les eaux usées sont admises dans un bassin de culture de bactéries épuratrices aérobies (en présence d'oxygène) en suspension dans l'eau. Les bactéries se développent dans le milieu, aéré par un dispositif spécifique (turbine, brosse, insufflation d'air) et dégradent la pollution. Les boues constituées de matières cellulaires actives sont agglomérées dans un floc. Celles-ci sont séparées de l'eau épurée dans un second bassin, le décanteur, puis renvoyées dans le bassin d'aération.

Le maintien de l'équilibre nécessaire entre la pollution à traiter et la quantité de biomasse nécessite l'extraction régulière des boues en excès.

Cette filière est la plus commune en nombre de dispositifs. Elle permet d'obtenir de très bons rendements pour la matière organique biodégradable, les matières en suspension, l'azote et le phosphore.

Le traitement de déshydratation des boues dépend étroitement de leur destination. Une étude de filière est nécessaire en fonction de la capacité des ouvrages. De multiples solutions peuvent être développées : silo de stockage liquide, lit de séchage, lit planté de roseaux, filtre à bande, filtre presse, centrifugeuse, séchage solaire, séchage thermique, digestion méthanique (Company, 2010)

#### 3.2. Différents procédés

a) Première phase : Le décanteur

Les eaux usées brutes (eaux de vannes et eaux grises) arrivent par gravité dans le premier volume de la station : le décanteur.

Elles vont y subir un prétraitement qui est une décantation permettant de piéger en fond de cuve les matières les plus lourdes (matières minérales...) et en surface les plus légères (graisses...). Cette action est complétée par une réaction anaérobie qui conduit à une minéralisation des boues (Company, 2010).

Un air-lift (AL1), piloté par l'automate de l'armoire de contrôle, fait ensuite circuler l'eau vers le bassin de réactions (deuxième phase). Ce prélèvement se fait de manière séquentielle, jusqu'à 50 litres d'eau par heure durant la journée. En deçà d'une hauteur d'eau donnée, l'air-lift se désamorce et laisse ainsi un volume d'eau utile au traitement anaérobie (Company, 2010).

Ce mode de fonctionnement permet également de créer un volume tampon d'environ 900 litres dans le décanteur qui permet à la charge d'arriver de manière régulière dans le bassin de réactions et d'absorber ainsi les fortes pointes en entrée. Ainsi la vidange d'une baignoire ne perturbera pas le fonctionnement de l'épuration (Company, 2010).

b) Deuxième phase : Le bassin de réactions

Les eaux provenant du décanteur, via AL1, arrivent dans le bassin de réactions où les boues activées sont en suspension libre (biomasse). Le fonctionnement séquentiel de l'aération permet l'alternance de périodes aérobie (aération) et de périodes anoxie (absence d'oxygène). En présence d'oxygène, la charge organique entrante est digérée et l'azote est nitrifié. En l'absence d'oxygène, les nitrates et les nitrites formés précédemment sont réduits (dénitrification) (Company, 2010).

Chaque période met en jeu différentes bactéries, chaque espèce participant à une étape spécifique du traitement biologique (Company, 2010).

L'apport en oxygène est assuré par le compresseur d'air monté dans l'armoire de contrôle. La diffusion de l'air se fait en fond de cuve par deux diffuseurs « fines bulles ». Un cycle est programmé pour une durée d'une heure comportant une 40 minutes d'aération et 20 minutes de phase anoxie (Company, 2010).

Lorsque (AL1) fonctionne, le niveau d'eau dans le bassin de réactions monte et fait passer une quantité d'eau dans le pré-clarificateur (appelé aussi séparateur de boues) (Company, 2010).

c) Troisième phase : Le pré-clarificateur

Les eaux épurées chargées en biomasse provenant du bassin de réactions arrivent par gravité dans ce clarificateur intermédiaire. Les boues, séparées de l'eau épurée et décantées au fond du pré-clarificateur, sont alors ré-circulées par un air-lift (AL2) dans le bassin de réactions (Company, 2010).

d) Quatrième phase : Le clarificateur

Les eaux épurées arrivent du pré-clarificateur. Les boues légères, éventuellement encore présentes, subissent une seconde clarification.

Les boues s'accumulant au fond de la cuve sont ré-circulées dans le décanteur par un air-lift (AL3).

L'eau épurée sort par gravité de la station au rythme de (AL1) et est finalement dispersée dans le sol au moyen d'un simple système de drainage. Cette faible quantité d'eau (max. 50 litres/heure) permet l'utilisation en sortie de station, d'un drain de dispersion de faible longueur (Company, 2010).

#### 4. Station d'épuration des eaux usées à bio-filtres

Les bio-filtres permettent selon leur configuration d'éliminer la pollution carbonée et/ou azotée par Nitrification-Dénitrification.

##### 4.1. Principe de fonctionnement :

Les bio-filtres mettent en jeu trois phases:

- Une phase solide : constituée d'un matériau granulaire qui assure, non seulement, la rétention des matières en suspension par filtration, mais aussi, la fixation d'une biomasse épuratoire.
- Une phase liquide : renouvelée par l'apport d'eau à épurer.
- Une phase gazeuse : générée par l'insufflation de bulles d'air dans la masse filtrante (Constance, 2003.).

Une cellule de bio-filtration est constituée d'un bassin garni d'un matériau filtrant, de faible granulométrie, immergé et aéré ou non selon le type de réacteur. Le matériau filtrant doit être : microporeux, de grande surface spécifique, résistant à l'abrasion et doit permettre une rétention des matières en suspension, il doit aussi avoir un diamètre compris entre 1 et 4 mm et une masse volumique située entre 1,4 et 1,8 g/cm<sup>3</sup> (Company, 2010).

La filtration s'effectue dans la masse ce qui limite les risques de lessivage. L'alimentation En eau résiduaire peut être réalisée par le haut (flux descendant) ou par le bas (flux ascendant) (Constance, 2003.).

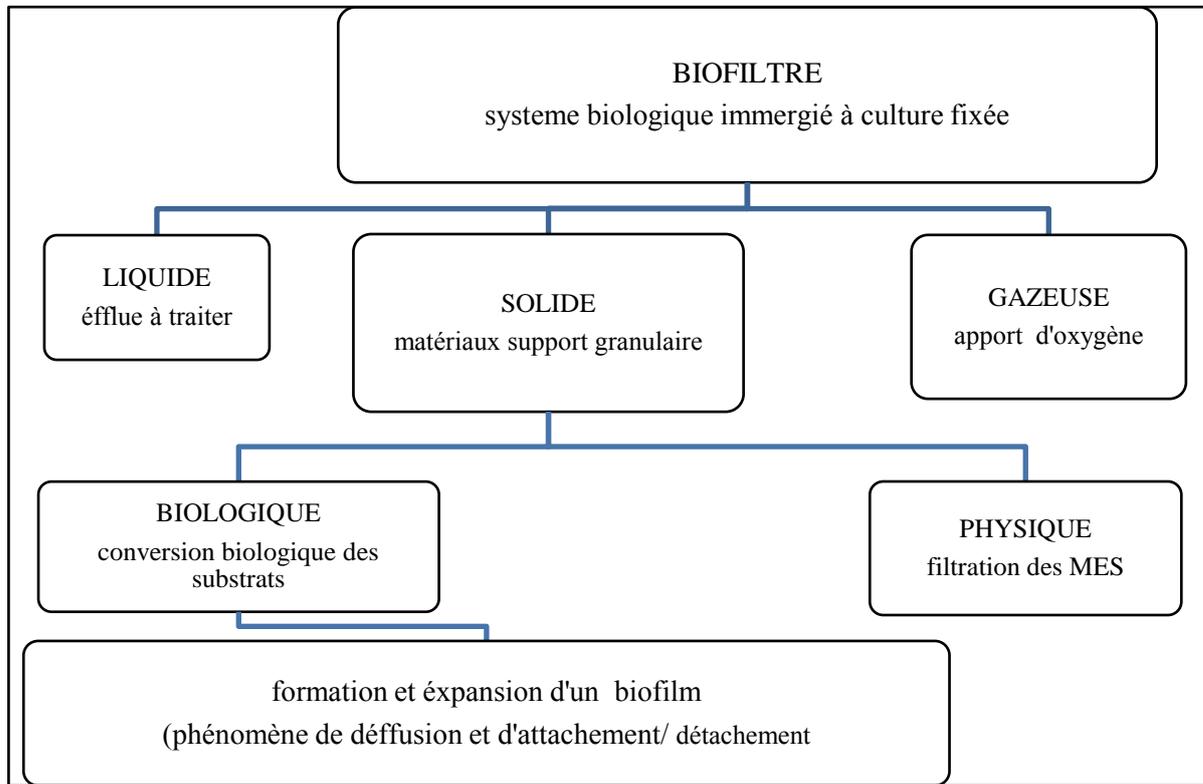
La transformation de la matière organique et/ou l'oxydation des composés azotés contenus dans l'eau usée est effectuée par des microorganismes adhérant au support granulaire et colonisant le matériau. Le milieu doit rester en aérobiose (sauf pour la dénitrification) pour satisfaire le besoin en oxygène des microorganismes (Constance, 2003.).

Le massif filtrant se colmate progressivement par développement du bio film et rétention des matières en suspension. Il faut alors retirer l'excès de biomasse pour maintenir les capacités hydrauliques et épuratoires du biofiltre. Le lavage s'effectue par injection en flux ascendant d'eau épurée et d'air puis d'eau seule pour le rinçage. Les cycles de lavages nécessitent l'interruption du traitement des effluents. Les eaux de lavages et les boues excédentaires sont, en général, renvoyées en tête de station. Ceci provoque une Augmentation de la charge volumique qui a peu d'incidence sur la qualité d'eau sortant des bio-filtres. Un lavage journalier de chaque filtre est à prévoir. Le redémarrage d'un filtre après lavage est rapide, la biomasse active étant toujours présente dans les pores du milieu granulaire.

Dans un seul ouvrage, deux fonctions épuratrices sont combinées :

- La rétention des matières en suspension par simple passage de l'eau usée dans la masse filtrante.
- La transformation biologique de la pollution organique dissoute par la biomasse fixée.

Le compte tenu du colmatage progressif des bio-filtres, la concentration initiale des eaux résiduaires (DCO, DBO, MES) en entrée des filtres est un facteur limitant de la durée d'un cycle d'alimentation. Les bio-filtres sont donc, en général, utilisés en traitement secondaire ou tertiaire, les traitements réalisés à l'amont restant cependant indispensables (prétraitements : dégrillage, dessablage, dégraissage ; et décantation primaire) (Constance, 2003.).



**Figure 3 :** Processus fondamentaux impliqués dans les bio-filtres (GUILLAUME, 2009).

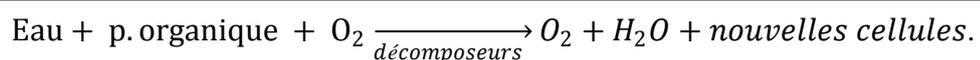
#### 4.2. Bio-filtres de la station

La station est de 3 étages de bio-filtration, le premier étage comprenant des BIOFOR, le second des BIOSTYR et le troisième une autre série de BIOFOR. Chaque étage a un fonctionnement déterminé traitant ainsi un paramètre de pollution spécifique (LAMOUROUX, 2007).

##### 4.2.1. Présentation du BIOFOR du 1<sup>er</sup> étage :

Le principe du BIOFOR du premier étage consiste en une filtration ascendante au travers d'un matériau filtrant. Cet étage concerne le traitement du carbone. L'eau, issue de la décantation physico-chimique, est envoyée par pompage dans les différents filtres biologiques. Le traitement biologique se fait grâce au développement de bactéries hétérotrophes aérobies qui vont fixer la pollution carbonée et la transformation du carbone organique en carbone minéral par les micro-organismes (LAMOUROUX, 2007).

L'aération favorise la création de ces bactéries, l'efficacité de traitement est alors de l'ordre de 80% pour les MES et la DBO et de 70% pour la DCO (OCHE, 2011 ; OCHE, 2012).



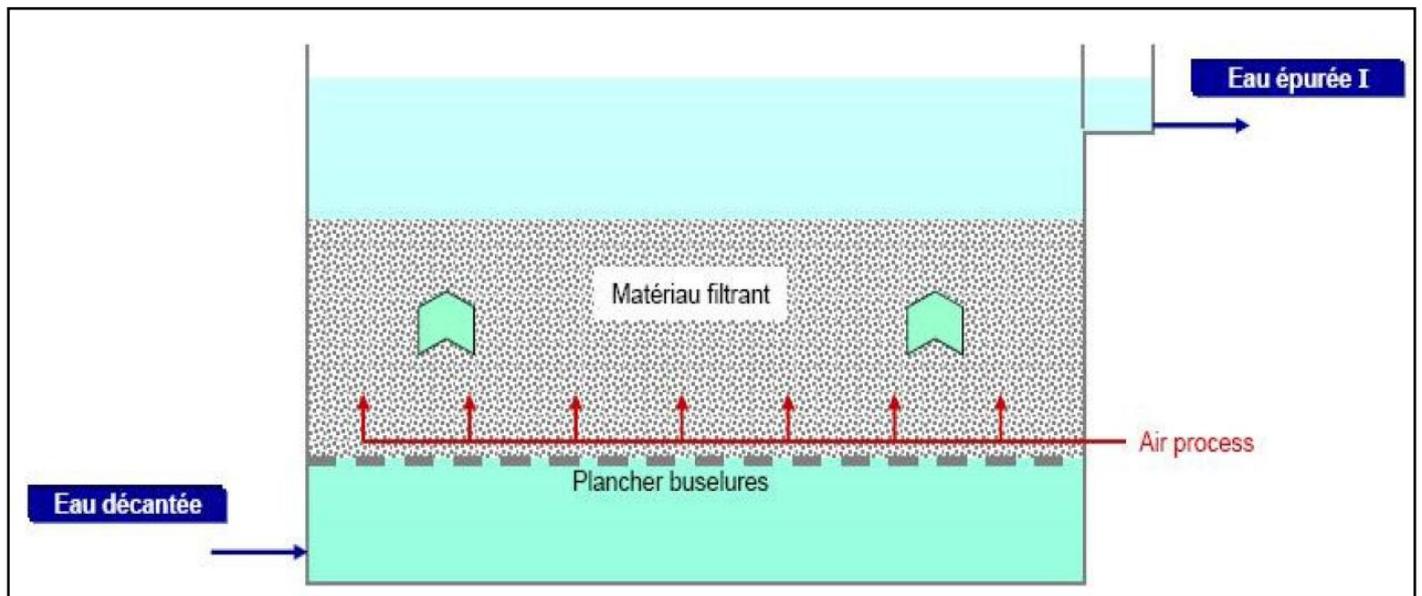


Figure 4: Schéma du BIOFOR du 1<sup>er</sup> étage (LAMOUROUX, 2007).

#### 4.2.2. Présentation du BIOSTYR 2<sup>ème</sup> étage

Le principe du BIOSTYR consiste en une filtration ascendante à travers un matériau filtrant appelé le Bio-styrène. L'eau est issue de la bio-filtration du premier étage et est envoyée par pompage dans les différents filtres biologiques. Elle s'écoule ensuite gravitairement de bas en haut à travers le matériau filtrant et de l'air est insufflé à la base du lit. Les bactéries de l'effluent à traiter se fixent sur les billes de Bio-styrène pour former un bio-film dans lequel se développent entre elles des bactéries nitrifiantes pour transformer l'azote organique en nitrates NO<sub>3</sub> (LAMOUROUX, 2007).

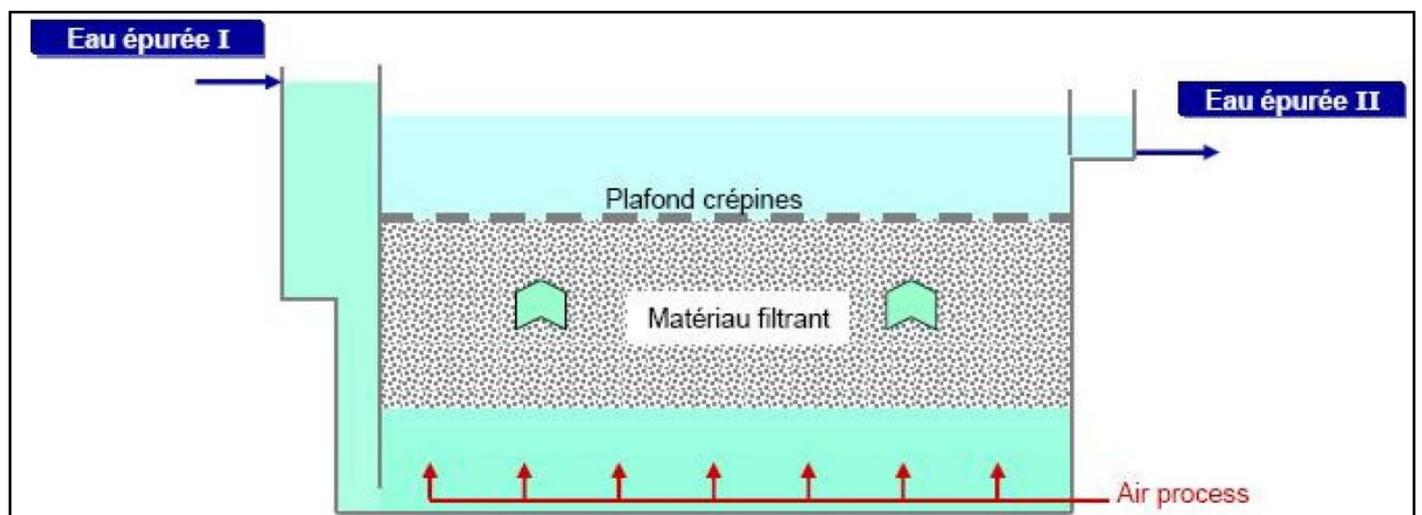
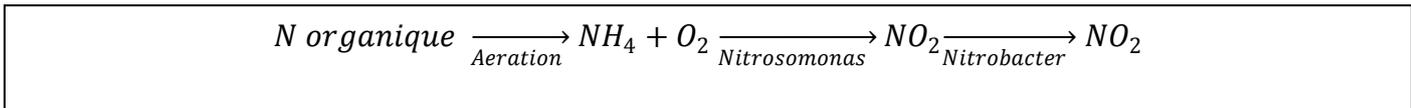
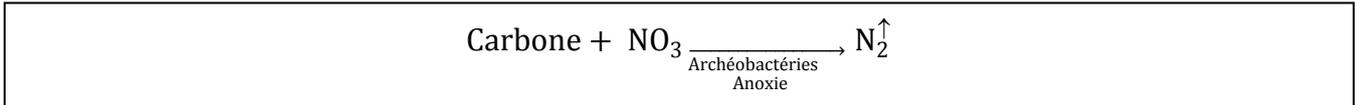


Figure 5: schéma du BIOSTYR du 2<sup>ème</sup> étage (LAMOUROUX, 2007).

4.2.3. Présentation du BIOFOR du 3<sup>ème</sup> étage

Le principe de fonctionnement de ce BIOFOR est le même que celui du 1<sup>er</sup> étage à la différence près qu'il n'y a pas d'aération et qu'il y a un ajout de substrat carboné en entrée de biofiltre. L'eau nitrifiée est introduite dans les bio-filtres pour subir une réduction des nitrates en diazote. Cependant, cette réaction a besoin de l'introduction de carbone exogène afin d'arriver à une efficacité optimale (LAMOUROUX, 2007).



**Tableau 1:** performances épuratoires d'une STEP à biofiltre (Constance, 2003).

Traitement	Paramètre	Charge éliminée	Rendements
Secondaire	DCO	5 à 10 kg/m <sup>3</sup> .j	85 à 90 %
	DBO <sub>5</sub>	3 à 6 kg/m <sup>3</sup> .j	90 à 98 %
	MES	1 à 3 kg/m <sup>3</sup> .j	80 à 95 %
Tertiaire	DBO <sub>5</sub>	< 2,5 kg/m <sup>3</sup> .j	80 à 95 %
	NNH <sub>4</sub>	< 0,55 kg/m <sup>3</sup> .j	80 à 90 %

## 5. Stations d'épurations physico-chimiques

La STEP physico-chimique utilise des moyens physiques (décantation, flottation, filtres et membranes) et/ou des produits chimiques, notamment des coagulants (Chlorure ferrique, Sulfate d'aluminium...) et des floculants (Moletta, 2003).

Ils sont appliqués pour traiter des eaux qui contiennent de la matière non transformable par les micro-organismes (pour des raisons techniques ou économiques) ou lorsque l'on doit gérer des variations rapides des flux à traiter (cas des stations d'épuration de communes touristiques, ou lorsqu'avec un réseau unitaire on veut faire face à l'arrivée d'eau de pluie) (Moletta, 2003).

Ils sont appliqués par exemple pour éliminer les polluants qui ont des charges électriques (c'est à dire, des molécules ionisées). Telles que :

- Des matières en suspension, des colloïdes.
- Des métaux solubles.
- Des molécules organiques difficilement ou non biodégradables.
- Des sels, des ions solubles.
- Des matières organiques ionisées (Moletta, 2003).

### 5.1. Principe de fonctionnement

Le principe consiste en la réalisation de prétraitement qui va retirer les particules grossières dans un dégrilleur Il sera suivi par un dessablage va permettre de récupérer le sable et enfin un dégraissage (par flottation) qui va faire flotter les matières grasses comme les huiles par exemple. Le dessablage et le dégraissage se font généralement dans le même bassin (on a des dessaleur dégraisseurs). Dans un mélangeur rapide, l'effluent est ensuite mélangé à un produit qui va faire monter le pH (la chaux) pour rendre les molécules chargées négativement, et un produit coagulant qui va fixer les molécules. Ce coagulant peut être du chlorure de fer ( $\text{FeCl}_3$ ), du sulfate d'aluminium ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) ... Ce mélange va ensuite dans un floculateur à agitation lente qui, à l'aide d'un produit floculant va faire des floccs importants qui décanteront facilement dans le décanteur qui suit. Cette

technique de traitement physico-chimique est applicable aux effluents urbains et industriels quand cela se justifie. Généralement ce sont les procédés biologiques qui sont les plus intéressants (Moletta, 2003).

## 5.2. Différents procédés d'une STEP physico-chimiques

Ce sont des opérations unitaires qui sont soit mises en œuvre seule, soit en complément avec des procédés biologiques. Les principales opérations sont décrites ci dessous. Les principales opérations unitaires utilisées sont : le dégrillage, le tamisage, la décantation, l'évaporation, la filtration, les techniques de séparations membranaires, la coagulation floculation, la précipitation, la flottation, la centrifugation, l'adsorption, l'absorption, l'échange d'ions, la neutralisation du pH, l'oxydation chimique, l'échange de chaleur (refroidissement) ... certaines sont décrites ci dessous (Moletta, 2003).

### 5.2.1. Opérations unitaires

#### A. Dégrillage et le tamisage

IL s'agit de retenir les déchets solides qui peuvent arriver à la station d'épuration en faisant passer l'effluent à traiter à travers des grilles espacées de quelques centimètres (le dégrillage). Le tamisage est réalisé en faisant passer l'effluent à travers des grilles ayant des trous de quelques dixièmes à quelques millimètres (Moletta, 2003).

#### B. Flottation

Contrairement à la décantation, la flottation consiste à former des amas de particules qui ont une densité inférieure à celle de l'eau et qui vont donc se retrouver en surface (Moletta, 2003).

La flottation peut être «naturelle », pour les graisses par exemple, «assistée » si de particules qui flotteraient naturellement ont besoin d'une intervention, ou alors «provoquée » s'il est nécessaire d'ajouter de l'air (sous forme de microbulles) qui va se fixer sur des particules (Moletta, 2003).

La flottation est utilisée pour éliminer les graisses par exemple (dégraissage), des floccs, pour séparer et récupérer des fibres en papeterie, épaissir des boues de station d'épuration (diminuer leur teneur en eau) (Moletta, 2003).

#### C. Décantation

Une particule ou un agrégat qui a une densité supérieure à celle de l'eau va tomber au fond. On dit qu'elles décantent. Certaines particules peuvent décanter naturellement, d'autres nécessitent l'addition de produits qui vont les relier entre elles. On récupère donc en fond de récipient les particules solides qui ont été séparées de l'eau à traiter. L'eau résiduelle contient alors principalement les colloïdes et la matière dissoute. Ces particules décantées forment des boues (Moletta, 2003).

#### D. Séparations membranaires

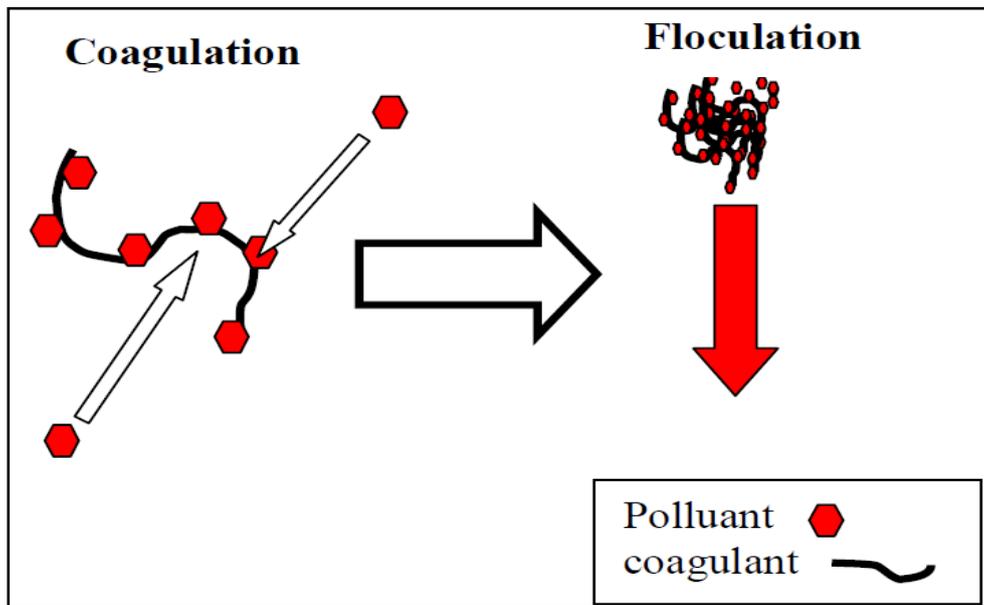
L'utilisation de membrane ayant des pores de plus en plus petits permettent de pousser très loin le seuil de séparation (nommé aussi le «seuil de coupure »coupure) de la matière pour aller jusqu'à la rétention de molécules et de sels. La classification des technologies membranaires en fonction de leur «seuil de coupure » (Moletta, 2003).

Elle a donné lieu à de nouvelles applications comme l'ultrafiltration, la nano-filtration, et l'osmose inverse, la dialyse. Elles peuvent être assistées électriquement comme l'électrodialyse par exemple. Ces membranes peuvent être composées de matières organiques ou minérales. Elles sont particulièrement intéressantes dans le cas de réutilisation de l'eau sur site (ultra filtration) ou pour dessaler l'eau de mer (osmose inverse) (Moletta, 2003).

Les micro-organismes ayant une taille supérieure à 0,1m, le passage de l'eau a travers une membrane ayant un seuil de coupure inférieur conduit à une stérilisation de l'eau (Moletta, 2003).

## E. Coagulation-Floculation

Lorsque des particules sont trop petites ou trop légères par exemple pour décanter ou être filtrée seule (colloïdes, petites matières en suspension), on peut les aider en ajoutant un produit coagulant qui va réduire les forces de répulsions électrostatiques (coagulation) permettant ainsi aux forces d'attraction de Van der Vals de rapprocher les particules entre elles pour former des microflocs puis des flocons plus volumineux (floculation) qui eux pourront décanter (figure 5) (Moletta).



**Figure 6** : Schéma du principe de la coagulation-floculation (Moletta.R).

Cette dernière étape peut être facilitée par l'addition d'un produit de floculation. Les coagulants sont généralement de cations trivalents (fer, aluminium) et les produits de floculation des polymères minéraux (silice activée), des polymères naturels (amidon alginates) ou des polymères de synthèse (Moletta, 2003).

## F. Précipitation

Elle consiste à faire réagir deux produits ensemble (molécules solubles avec des éléments polymères...) pour les rendre insolubles (Moletta, 2003).

Cette technique est appliquée à l'élimination du calcium, du magnésium, des métaux, des sulfates chlorures. Elle a une très grande importance pour l'élimination des phosphates. Pour l'élimination des phosphates on utilise de la chaux pour les eaux acides ou des sels de fer et d'aluminium pour les autres (Moletta, 2003).

## G. Oxydation/réduction chimique

Les réactions d'oxydations/réductions sont des réactions dans lesquelles on a un échange d'électron entre un réducteur qui va céder un électron à un oxydant (Moletta, 2003).

Une molécule peut être un oxydant ou un réducteur en fonction de la nature de la molécule avec laquelle elle va réagir. L'oxygène ne peut par contre n'être qu'un oxydant et l'hydrogène qu'un réducteur. Les réactions d'oxydations chimiques sont utilisées dans le traitement des eaux pour, pour fragiliser ou supprimer la matière (oxydation chimique à l'ozone par exemple) pour désinfecter une eau traitée (ozone, rayons UV, dioxyde de chlore  $\text{ClO}_2$ ...) (Moletta, 2003).

### 1. Définition des boues

Les boues d'épuration (urbaines ou industrielles) sont les principaux déchets produits par une station d'épuration à partir des effluents liquides. Ces sédiments résiduaux sont surtout constitués de bactéries mortes et de matière organique minéralisée. Une installation moyenne produit environ un excès de 40 g de matière sèche par jour et par habitant (CREPAFC, 2007).

#### 1.1. Type des boues

On distingue différents types de boues selon les traitements appliqués pour épurer l'eau dans un milieu boueux (CREPAFC, 2007).

#### 1.1.1. Boues primaires

Ce sont les dépôts récupérés par une simple décantation des eaux usées (dans les décanteurs-digesteurs par exemple). Elles présentent des concentrations élevées en matières minérales (sable, terre...) mais aussi en matière organique pouvant évoluer (CREPAFC, 2007).

#### 1.1.2. Boues physico-chimiques

Elles ressemblent aux boues primaires sauf que durant le traitement de l'eau usée, il a été rajouté un réactif (sels de fer, d'aluminium, et autres agents flocculants) pour agglomérer les fines particules et améliorer la décantation (CREPAFC, 2007).

#### 1.1.3. Boues biologiques (secondaires)

Elles sont aussi appelées boues secondaires, elles proviennent d'une épuration biologique des eaux (boues activées, disques biologiques, lits bactériens...). Ces boues, de concentrations médiocres (10 g/l), sont très organiques car elles sont principalement constituées de corps bactériens et de leurs sécrétions (CREPAFC, 2007).

#### 1.1.4. Les boues mixtes

Constituées d'un mélange de boues primaires et biologiques, elles proviennent de la plupart des stations de traitement complètes (CREPAFC, 2007).

#### 1.1.5. Boues d'aération

Prolongée, obtenues sans décantation primaire avec des matières polluantes intensivement aérées. Les boues sont peu concentrées, moins organiques et donc moins susceptibles de produire des nuisances (CREPAFC, 2007).

**DEUXIEME PARTIE:  
MATERIELS ET METHODES**

### III. Matériels et méthodes:

**Tableau 2:** description des échantillons (original).

L'échantillon	2	3	4	5	6
Temps de séchage.	0 jours		15 jours		10 jours
Prélever le	19/03/2013	19/03/2013	19/03/2013	14/05/2013	
Analyser le	02/05/2013	08/05/2013	08/05/2013	19/05/2013	

#### 1. Demande chimique en oxygène(DCO)

##### 1.1. Définition

La demande chimique en oxygène, ou DCO, est l'un des paramètres de la qualité d'une eau. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique contenue dans une eau (futura-science).

La DCO se base sur la différence entre la teneur en oxygène dissous initiale et la teneur en oxygène dissous finale après oxydation de la matière organique présente dans un échantillon d'eau (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, 2005).

La dégradation des matières organiques (d'hydrates de carbone, de matières protéiques, d'acides aminés, de lipides et autres substances de réserves) déversées dans les cours d'eau entraîne une consommation de l'oxygène dissout dans l'eau. Cela se fait au détriment des organismes vivants et peut entraîner ainsi l'asphyxie du milieu. La pollution par les matières organiques est provoquée par les rejets industriels (industries chimiques, pétrolières, agro-alimentaires, ...) et les rejets des populations urbaines. L'importance de cette pollution dans un effluent peut être évaluée par la demande chimique en oxygène (DCO) (CREPAFC, 2007).

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes (CREPAFC, 2007).

Cette valeur est obtenue en faisant réagir des échantillons d'eau avec un oxydant puissant (le bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ )) et s'exprime en milligramme d'oxygène par litre d'eau (mg/l) (futura-science).

## 1.2. Principe de la détermination de DCO

Dans des conditions opératoires bien définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) en milieu acide et en présence de catalyseurs. Un agent masquant ( $Hg^{++}$ ) permet d'éviter l'interférence éventuelle des chlorures (CREPAFC, 2007); à ébullition à reflux pendant 2 h dans un ballon muni d'un réfrigérant (OCHE, 2011-2012).

- Oxydation des substances ( $s^*$ ) présentes dans l'eau :



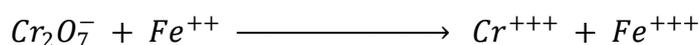
- Intervention d'un agent masquant :

Pour éviter l'oxydation des ions chlorures en chlore, on utilise le sulfate de mercure qui complexe les ions  $Cl^-$  (CREPAFC, 2007).



### 1.2.1. Dosage

- Réaction de dosage :



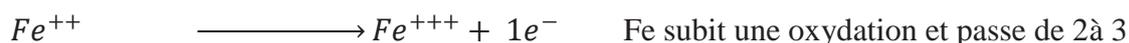
### 1.3. Mode opératoire

- Introduire 10 ml de solution de dichromate dans un bécher à l'aide d'une pipette.
- Compléter à environ 100 ml avec la solution d'acide sulfurique diluée.
- Ajouter avec la solution ferreuse jusqu'à passage du mélange à la coloration rouge violacé.

Soit  $V_1$  le volume de solution ferreuse utilisée (CREPAFC, 2007).

### 1.4. Expression des résultats

Au cours de la réaction redox, on assiste aux modifications suivantes des degrés d'oxydation :



Donc : Une solution molaire en  $Cr_2O_7^-$  correspond à 6N et une solution molaire en  $Fe^{++}$  correspond à 1N.

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2 \Rightarrow N_1 = \frac{N_2 \cdot V_2}{V_1} \Rightarrow N_1 = \frac{0.24 \times 10}{V_1} = \frac{2.4}{V_1}$$

Soit :  $N_1 =$  normalité de  $Fe^{++}$ .

$V_1 =$  volume de solution ferreuse utilisé.

$N_2 =$  normalité de la solution de dichromate, soit  $0.04 \times 6 = 0.24 \text{ N}$

$V_2 =$  volume de dichromate.

### 1.5. Essai à blanc

Il a pour but d'évaluer la consommation de dichromate par les réducteurs qui pourraient se trouver dans le mélange et qui ont pour origine un manque de pureté des réactifs et l'utilisation d'une verrerie douteuse.

cet essai est effectuée en parallèle à la détermination de la DCO, mais en remplaçant la prise d'essai par 10 ml d'eau distillée.

On appellera VB le volume de solution ferreuse utilisé pour obtenir le changement de coloration (CREPAFC, 2007).

## 1.6. Détermination de la DCO

### 1.6.1. Préparation de l'échantillon

- Homogénéiser l'échantillon si besoin est et introduire dans l'ordre, dans un ballon de 250 ml :
- 10 ml d'échantillon à l'aide de l'éprouvette; rincer l'éprouvette d'un jet de pissette d'eau distillée, transvaser les eaux de lavage dans le ballon.
- Quelques billes de verre ou équivalent.
- Une pincée de sulfate mercurique, environ 0,4g.
- ml de dichromate à la pipette.
- 15 ml d'acide sulfurique concentré (dangereux), à l'aide d'une éprouvette ; procéder à cette opération avec précaution et en agitant doucement le vase d'un mouvement circulaire.
- Il est souhaitable de poser au cours de toute l'opération le ballon sur un lit de glace afin d'éviter que le dégagement de chaleur n'entraîne la disparition des matières volatiles. (On peut éventuellement refroidir le ballon sous l'eau du robinet).
- Relier le réfrigérant au ballon et l'alimenter avec l'eau du robinet.
- Porter à ébullition sous reflux pendant 2h, l'ébullition doit être régulière, sans soubresauts ni excès.
- Laisser refroidir le ballon.
- Entraîner au fond du ballon, par un jet de pissette, les dépôts qui se sont formés sur la paroi interne.
- Retirer le ballon du dispositif de chauffage et du réfrigérant.
- Compléter à environ 75 ml avec de l'eau distillée et laisser refroidir à la température ambiante.

### 1.6.2. Dosage

- Transvaser le contenu du ballon dans un erlenmeyer de 250.
- Rincer le ballon avec le minimum d'eau distillée et joindre les eaux de lavage au mélange.
- Introduire quelques gouttes de ferroïne dans l'erlenmeyer.
- Titrer par la solution ferreuse jusqu'à ce que la coloration bleu vert passe au brun rouge.
- Soit  $V_e$  le volume de solution ferreuse utilisée.

### 1.6.3. Expression des résultats

La DCO exprimée en mg/l est donnée par la formule :

$$DCO = \frac{800 \cdot N_1 \cdot (V_B - V_e)}{V_0}$$

Avec :  $V_B$  = volume de solution ferreuse utilisé pour l'essai à blanc.

$V_e$  = volume de solution ferreuse utilisé pour l'échantillon.

$V_0$  = volume de la prise d'essai.

$N_1$  = normalité de la solution ferreuse.

## 2. Demande biologique en oxygène DBO

### 2.1. Principe

Les mesures sont réalisées à partir d'échantillons d'eau provenant d'une rivière ou d'un effluent. Deux prélèvements sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en O<sub>2</sub>, le second à la mesure de la concentration résiduaire en O<sub>2</sub> au bout de 5 jours. La DBO<sub>5</sub> est la différence entre ces 2 concentrations. Les mesures seront effectuées sur un même volume et le second échantillon sera conservé 5 jours à l'obscurité et à 20°C (CREPAFC, 2007).

Afin de mesurer la totalité de la demande, l'O<sub>2</sub> ne doit pas devenir facteur limitant de l'activité microbienne. En effet une eau abandonnée à elle même dans un flacon fermé consommera rapidement le dioxygène dissous : il faut donc s'assurer au préalable que ce dioxygène suffira largement à la consommation des micro-organismes. On utilise pour cela la méthode des dilutions, ou l'échantillon à doser est dilué dans une quantité d'eau telle qu'à l'issue de la mesure le taux d'O<sub>2</sub> résiduel reste supérieur à 50% du taux initial. Une quantité réduite du mélange micro-organismes + substrat est ainsi mis à disposition du dioxygène d'un important volume d'eau dépourvu de demande propre (CREPAFC, 2007).

Le choix du bon facteur de dilution n'est pas évident (il est réalisé en laboratoire d'analyse par tâtonnements à partir de la mesure de la DCO). Deux mesures correctives (des " blancs ") peuvent être effectuées sur l'eau de dilution (pour simplifier le protocole, elles peuvent être négligées : il suffit alors de ne pas tenir compte des mesures et des calculs relatifs à D0 et D5 dans la description suivante) (Jean-Jacques, 2006).

Après refroidissement (OCHE, 2011 ;OCHE,2012).l'excès de dichromate (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>-</sup>) introduit est dosé par un réducteur, le sulfate ferreux(FeSO<sub>4</sub>), on peut ainsi remonter à la quantité de dichromate consommé par les matières oxydables. Un indicateur approprié permet de détecter la fin du dosage (CREPAFC, 2007).

### 3. Potentiel d'hydrogène (pH)

#### 3.1. Principe

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Le pH-mètre est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure (CREPAFC, 2007).

### 3.2. Appareillage

Le matériel de mesure du pH se compose de :

- Un pH mètre WTW 521 équipé d'une électrode combinée.
- Un thermomètre intégré.
- Un agitateur magnétique (CREPAFC, 2007).

### 3.3. Mode opératoire

#### 3.3.1. Préparation de l'instrumentation

- Vérifier les diverses connexions : secteur, électrodes, etc.
- Dégager l'électrode de son support.
- Oter le chapeau protecteur de l'électrode double, le déposer en lieu sûr.
- Compléter éventuellement le niveau en électrolyte de remplissage, rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec de l'eau distillée.
- Essuyer l'extrémité de l'électrode avec du papier JOSEPH.
- Replacer l'électrode sur son support (CREPAFC, 2007).

### 3.4. Mesure du pH

- Rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode, avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon.
- Remplir le vase de mesure avec l'échantillon.
- Faire la correction de température.
- Immerger l'électrode avec les précautions habituelles et agiter.
- Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée (CREPAFC, 2007).

## 4. Siccité

La siccité des boues est déterminée par un indice utilisé dans le domaine de l'épuration des eaux usées.

Les boues sont constituées d'eau et de matières sèches. La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %.

La siccité est évaluée par la quantité de solide restant après un chauffage à 110°C pendant deux heures. Elle s'exprime généralement en pourcentage pondéral. À l'inverse, on parlera de taux d'humidité (teneur en eau).

C'est une donnée obligatoire à connaître pour toutes sortes de manipulations des boues lors du processus d'épuration des eaux usées, car la consistance de la boue est un état physique dépendant de sa siccité (dictionnaire-environnement., 2013) (MAQUINÉ, 2004).

$$\text{Siccité}(\%) = 1 - \left( \frac{\text{MEH} - \text{MES}}{\text{MEH}} \right) \times 100$$

Avec:

MES = Masse d'échantillon séché (à 103°C jusque poids constant).

MEH = Masse d'échantillon humide (MAQUINÉ, 2004).

#### 4.1. Boue de 15 à 30% de siccité

Lorsque la boue est à l'état pâteux, il est possible d'en incinérer une partie sans affecter la capacité thermique du four.

En effet, pour maintenir la température d'un four d'ordures ménagères à 850°C, il est nécessaire d'injecter d'importantes quantités d'air de refroidissement. Or, en Co-incinération, cet excès d'air est utilisé pour brûler la matière organique des boues, et non plus pour abaisser la température. L'eau contenue dans la boue joue alors ce rôle (MORAU, 2006).

Autrement dit, quand sa siccité n'excède pas 30%, la boue est utilisée en tant que fluide de refroidissement, et non plus comme combustible. Dans ce cas précis, il n'est pas nécessaire

d'injecter d'air supplémentaire. 10 à 20% des boues pâteuses (par rapport au tonnage d'ordures ménagères) peuvent être co-incinérés dans ces conditions (MORAU, 2006).

La limite du système se situe dans l'injection de la boue qui est liée au fonctionnement du four (MORAU, 2006).

#### 4.2. Boue à 60 – 65% de siccité

Si la réserve thermique du four est importante, la boue peut être injectée à 60 – 65% de siccité. Ce niveau de siccité correspondant à celui des ordures ménagères, la quantité de boue qu'il est possible d'introduire n'est limitée que par la capacité thermique du four (MORAU, 2006).

Toutefois, un four d'ordures ménagères (à grilles) n'est pas conçu pour les boues et, si l'on en introduit trop, l'incinération ne s'effectue pas correctement (mauvais fonctionnement des grilles, fuite de boue entre les grilles) (MORAU, 2006).

#### 4.3. Boue à 90% de siccité, ou plus

Le pourcentage de boue qu'il est possible d'incinérer avec les ordures ménagères est faible, car l'apport calorifique apporté par une boue de siccité supérieure à 90% est élevé. De plus, un tel niveau de siccité présente un risque de « coups de four », si la boue est mal mélangée aux ordures ménagères (MORAU, 2006).

En revanche, la masse de boue à incinérer est réduite, ce qui permet de limiter les coûts de transport et de co-incinération, puisque ceux-ci sont calculés en fonction du tonnage (MORAU, 2006).

### 5. Charge massique (CM)

Un réacteur à boue activée est caractérisé par le paramètre charge massique (Cm) qui fixe les performances de l'installation, les productions de boue et le niveau de stabilisation de la boue. La

charge volumique ( $C_v$ ) qui correspond à la quantité de nourriture ( $DBO_5$  ou de DCO) reçue par jour et par  $m^3$  de bassin est une conséquence du paramètre  $C_m$  et correspond à une notion de temps de séjour dans les ouvrages (MORAU, 2006).

La charge massique est couramment décrite comme étant le rapport entre la nourriture et la masse de micro-organismes disponibles pour la consommer (ratio  $F/M = \text{Food/Micro-organismes}$ ) pour une période donnée (24 heures). La charge massique ( $C_m$ ) représente donc la quantité de  $DBO_5$  ou de DCO à traiter rapportée au kilo de MVS et par jour (MORAU, 2006).

elle correspond à la quantité de  $DBO_5$  appliquée par jour à la biomasse présente dans le système (kg de MVS). La valeur de charge massique retenue a plusieurs conséquences, en particulier sur le rendement de l'installation, sur le taux de MVS des boues (stabilisation plus ou moins poussée de la boue), sur l'âge de la culture (notion d'âge de boue), sur la production spécifique de boue (PSB), sur la consommation d'oxygène (FNDAE, 2012).

L'obtention d'un processus de floculation, indispensable pour ce procédé en raison de la présence du clarificateur, nécessite de fonctionner dans une certaine gamme de charge massique, d'où l'existence des différents domaines de charges suivants :

De plus, l'obtention d'un certain niveau de rejet nécessite de fonctionner à une charge massique donnée. La charge massique correspondant à la quantité de nourriture à appliquer à la biomasse, elle intègre donc une notion de vitesse d'assimilation. Cette vitesse d'assimilation est fonction de la température avec des cinétiques d'assimilation plus rapide pour des températures élevées (FNDAE, 2012).

La gestion de la variation de charge d'un procédé nécessite d'intervenir sur plusieurs paramètres comme la charge massique à retenir en basse saison et en haute saison, les concentrations en MVS (bactéries) pour ces mêmes périodes et le nombre de réacteurs biologiques (FNDAE, 2012).

### 5.1. Limite du paramètre charge massique

Des charges massiques trop faibles, inférieures à 0,03 - 0,04 kg de DBO<sub>5</sub> /kg de MVS.j , entraînent la formation de petits floccs en raison d'une légère défloculation liée à une quantité de substrat limitée. Ceux-ci occasionnent des vitesses de sédimentation plus faibles qui peuvent pénaliser le rejet lors d'à-coup hydraulique sur le clarificateur. On se limitera volontairement à une charge massique de l'ordre de 0,045 kg de DBO 5 /kg de MVS.j (valeur testée sur site) en raison du volume d'eaux parasites important pouvant être collecté en Basse Saison sur ce type de collectivité où les réseaux unitaires sont malheureusement les plus fréquents. Ces volumes d'eaux parasites entraînent des vitesses ascensionnelles importantes sur le clarificateur associées à de petits floccs d'où un risque de pertes de fines en sortie (FNDAE, 2012).

Inversement, des charges massiques élevées en dehors du rendement non conforme (le rendement diminue avec l'augmentation de la charge massique) occasionnent également la formation de petits floccs (FNDAE, 2012).

De plus, la variation brutale de la charge massique (passage d'une charge massique faible à une valeur élevée) entraîne fréquemment un développement de bactéries filamenteuses. D'où, en régime stabilisé et pour une collectivité avec une population collectée constante, la charge massique est relativement stable si le taux de boue est maintenu constant par l'exploitant. Dans le cas des collectivités touristiques de montagne, la charge massique journalière ne peut pas être constante sur l'année pour faire face à une variation de charge. On retiendra une valeur basse de charge massique spécifique et maîtrisée en Basse Saison (population permanente) et une valeur haute en Haute Saison (population totale collectée) dont le ratio charge massique Haute Saison/charge massique Basse Saison permettra de faire face à une variation de charge extrême donnée pour ce paramètre (FNDAE, 2012).

Par contre, lors de la montée de la charge à traiter, la charge massique calculée journalièrement peut être supérieure à la valeur retenue en Haute Saison fonction du niveau de rejet retenu et de la température dans le réacteur biologique. Cette charge massique plus importante est due à un accroissement limité de la biomasse (fonction du taux de croissance) par

rapport à la charge appliquée réelle. Cela correspond à des taux de croissance de la biomasse inférieurs (kg de MVS formées) au coefficient journalier d'augmentation de la charge polluante (accroissement du taux de charge journalier) (FNDAE, 2012).

$$C_m = \frac{DBO_5(Kg/j)}{MVS(Kg)}$$

## 5.2. Matière Volatile Sèche

La matière sèche est constituée de matières minérales et de matières organiques qui sont appelées matières volatiles sèches. La concentration en MVS est un taux par rapport à la matière sèche totale. Le suivi de ce taux permet de connaître la stabilité d'une boue d'épuration (FNDAE, 2012).

On la calcule sur de l'eau filtrée en soustrayant du poids à sec après un séchage à 105°C le poids cuit après calcination à 550°C (dictionnaire-environnement, 2013).

## 6. Indice de boue (IB)

### 6.1. Objectif

Apprécier l'aptitude de la boue à la décantation, suivre l'évolution de son aptitude à décanter lors d'un traitement spécifique (chloration...) et prévenir d'éventuelles pertes de boues liées au dépassement des capacités hydrauliques du clarificateur (FNDAE, 2012).

### 6.2. Définition

L'indice de boue représente le volume occupé par un gramme de boue après trente minutes de décantation statique dans une éprouvette d'un litre à paroi transparente graduée. Noté IB, exprimé en mL.g<sup>-1</sup> à paroi transparente graduée. Noté IB, exprimé en mL.g<sup>-1</sup> de MES, il est défini par la formule sui formule suivante :

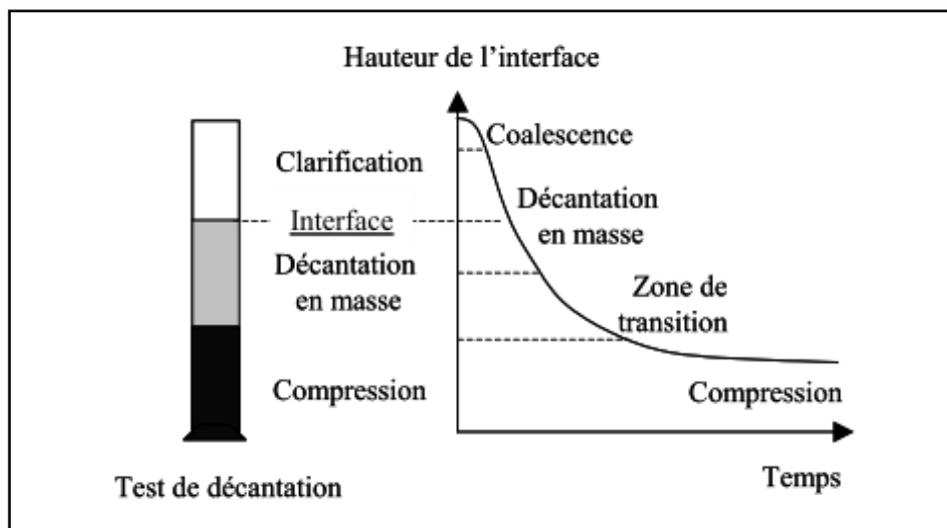
$$IB = VD_{30} / MES.$$

Avec :

Ib : indice de boue.

VD30: volume décanté à 30 minutes.

MES : matière en suspension.



**Figure 7:** le test de décantation ( indice de boue (FNDAE, 2012)).

VD 30 = volume de boue décanté en trente minutes (en mL/L volume de boue décanté en trente minutes (en mL.L<sup>-1</sup>). MES = concentration des matières en suspension dans l'éprouvette (en g.L<sup>-1</sup>).

L'indice de boue est valide à condition que le volume décanté soit compris entre 100 mL et 300 mL. Dans le cas contraire une dilution est nécessaire. Dans ce cas, le calcul de l'indice de boue est le suivant :

$$IB = VD_{30} / [MES] \text{ dans l'éprouvette après dilution ou}$$

$$IB = VD_{30} / [MES] \text{ du bassin d'aération} \times 1/ \text{facteur de dilution.}$$

Le test I-même, de mise en œuvre facile, est obligatoirement réalisé sur le terrain. Le calcul de l'indice exige la mesure de la concentration en MES qui doit être effectuée au laboratoire. Cet échantillon peut être prélevé soit dans l'éprouvette après la mesure du  $VD_{30}$  (attention à bien agiter avant le prélèvement pour la mesure des MES), Cette mesure est effectuée dans une éprouvette en verre de 1L en l'absence de vibration. La valeur de  $V_{30}$  doit être inférieure à 30% du volume initial de boue afin d'éviter toutes interactions entre particules pendant la phase de décantation (Jenkins et al. 1984) ou dans le bassin d'aération en tenant compte pour le calcul de l'IB de la dilution effectuée, (dans ce cas, une attention particulière doit être apportée à la dilution) (ANTHONY, 2004).

Si tel n'est pas le cas, les boues sont diluées avec le surnageant des boues. Une valeur d'indice de boues comprise entre 150 et 170  $mL.g^{-1}$  est considérée comme une limite maximale pouvant caractériser une bonne dilatabilité (Clarke & Forster, 1982). Cependant, l'indice de boues est un paramètre "hybride" qui ne dépend pas que de la vitesse de chute mais caractérise aussi l'épaississement de la boue c'est-à-dire la capacité du lit de boue à se compacter (Figure 8). Dans le cas où le volume décanté sans dilution est inférieur à 100 ml, il n'est pas nécessaire de concentrer la boue (ANTHONY, 2004).

### 6.3. Résultats

L'indice de boue est exprimé en multiple de 10 pour tenir compte des incertitudes inhérentes à la procédure. Les indices faibles ( $<100 mL.g^{-1}$ ) correspondent à des boues qui sédimentent facilement. En revanche, les boues décantant difficilement ont des indices élevés ( $> 200 mL.g^{-1}$ ), caractéristiques d'un développement excessif des bactéries filamenteuses ou foisonnement (bulking en anglais). (FNDAE, 2012).

Ce paramètre à relier indirectement aux MS et MV, dépend du temps de séjour dans le bassin biologique. Sa bonne connaissance est importante pour l'épaississement. Plus l'IB est faible, plus la boue est facile à épaissir (MORAU, 2006).

## 7. Matières Sèches (MS)

C'est le paramètre généralement mesuré. La concentration en MS permet de connaître la quantité de boue à traiter, quel que soit son niveau de concentration dans la filière de traitement. La détermination de la teneur en MS s'effectue à l'étuve 105 0 C ou par infrarouge (MORAU, 2006).

## 8. Matière en suspension

### 8.1. Définition

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon (MORAU, 2006).

Si les MS sont faciles à déterminer sur les phases concentrées, il n'en va pas de même sur les phases clarifiées (surverses, filtrats,...) car les concentrations de matières sont beaucoup plus faibles. Dans ce cas, la procédure de mesure des MES par filtration sur membrane est plus appropriée. Il convient alors d'être prudent dans le calcul du rendement de capture qui doit être exprimé, de préférence, en fonction des MES (il est possible de déterminer expérimentalement la relation entre MES et MS) (MORAU, 2006).

L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse (MORAU, 2006).

### 8.2. Principe

Les MES s'obtiennent soit par filtration des effluents peu chargés soit par centrifugation des solutions, séchage jusqu'à obtenir un résidu sec (MORAU, 2006).

La détermination des MES se fera par filtration sur filtre en fibres de verre compte tenu de l'origine domestique des effluents. La mesure des MES par filtration repose sur le principe de la double pesée : un volume d'eau est filtré sur une membrane (préalablement pesée à vide) de 1,5 microns et les résidus sur cette dernière sont pesés. Le rapport de la différence de masse sur le volume d'eau filtré donne la concentration des MES en milligramme/litre (MORAU, 2006).

### 8.3. Expression des résultats

Le rapport entre la différence des masses et le volume filtré donne la concentration de matières en suspension dans l'échantillon. On applique la formule suivante :

$$C_{MES} = \frac{M_1 - M_0}{V}$$

- $C_{MES}$  : concentration des MES en mg/l.
- $M_0$  : masse de la membrane avant filtration.
- $M_1$  : masse de la membrane après filtration.
- $V$  : volume d'échantillon filtré. (TANDIA, 2007).

## 9. Calcination

### 9.1. Principe

Pour la perte à 105 °C et 550 °C, une portion de l'échantillon est évaporée dans une capsule préalablement pesée. Lorsque l'évaporation est terminée, le résidu est séché à 105 °C et pesé de nouveau. Le poids de solides totaux ou la perte à 105 °C est obtenu par différence des poids. Par la suite, si la perte à 550 °C est demandée, la capsule est chauffée à 550 °C. La quantité de solides totaux volatils ou la perte à 550 °C est obtenue par la différence entre le poids du résidu calciné à 550 °C et celui séché à 105 °C (C.E.A.E.Q, 2012 ).

### 9.2. Appareillage

- Capsule en porcelaine pour l'évaporation dont le diamètre minimum est de 9 cm.

- Étuve à une température de  $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  ou  $150\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- Four à moufle à une température de  $550\text{ °C} \pm 50\text{ °C}$ .
- Dessiccateur.
- Balance analytique dont la sensibilité est de 0,1 mg pour les solides totaux et les solides totaux volatils dans les effluents.

### 9.3. Protocole d'analyse

- Prélever un échantillon représentatif dans un contenant de plastique ou de verre et conserver à environ  $4\text{ °C}$ .
- Éviter de manipuler les capsules avec les doigts et les entreposer à l'abri des poussières et des saletés.
- Conditionner les capsules en les chauffant dans un four à moufle à  $550\text{ °C}$  pendant au moins 1 heure.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur (un minimum de 4 heures).
- Peser une capsule conditionnée à l'aide d'une balance analytique.
- Homogénéiser l'échantillon.
- Pour les échantillons liquides, prélever à l'aide d'un cylindre gradué l'échantillon homogène aqueux (de façon à mesurer un maximum de 500 mg de solides totaux). Verser l'échantillon dans la capsule préalablement pesée. Rincer le cylindre avec 2 portions de 10 ml d'eau et transférer dans la capsule.
- Pour les boues, peser la quantité d'échantillon mise dans la capsule.

Pour la détermination des solides totaux, transférer pour la nuit la capsule dans une étuve à  $105\text{ °C}$ . Le lendemain, laisser refroidir la capsule au dessiccateur (minimum de 4 heures). Peser la capsule. Si le temps de séchage (une nuit) et le temps minimum mis au dessiccateur (4 heures) n'est pas respecté, peser la capsule jusqu'à l'obtention d'un poids constant, c'est-à-dire jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives soit inférieure à 1 mg pour les effluents ou 10 mg pour les boues, en répétant le cycle (séchage, refroidissement, pesage).

- Pour la détermination des solides totaux volatils, chauffer pendant un minimum de 2 heures la capsule (ayant servi à la détermination des solides totaux à  $105\text{ °C}$ ) dans le four à moufle à  $550\text{ °C}$ .

- Laisser refroidir la capsule au dessiccateur (minimum 4 heures). Peser la capsule. Si le temps de calcination (2 heures) et le temps minimum mis au dessiccateur (4 heures) n'est pas respecté, peser la capsule jusqu'à l'obtention d'un poids constant, c'est-à-dire jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives soit inférieure à 1 mg pour les effluents ou 10 mg pour les boues, en répétant le cycle (séchage, refroidissement, pesage (C.E.A.E.Q, 2012 ).

**TROISIEME PARTIE:  
RESULTATS ET DISCUSSIONS**

#### IV. Résultats et discussions

##### 10. Mesure de (pH)

**Tableau 3:** Mesure du pH (original).

N° d'échantillon	1	2	3	4	5	6
pH	7,33	7,33	7,21	7,21	7,71	7,71

On a constaté que les valeurs de pH sont très proches entre eux, dans l'intervalle de [7,2-7,7].

Ces valeurs sont convenables pour l'activité des bactéries méthanogènes, la zone favorable à la bio-méthanisation étant entre pH 6,6 et pH 8 (Afilal, Belkhadir, Daoudi, & Elasri, 2012). Si pour une raison indéterminée, en marche stabilisée, le pH tombe au – dessous de 6.6, une inhibition significative de la méthanogènes intervient, très souvent due à une accumulation d'acides organiques. Comme les bactéries fermentaires ne sont pas sensibles à une aussi faible chute de pH, elles continuent à produire des acides, ce qui abaisse le pH jusqu'à 4,5 et accélère les processus d'inhibition de la méthanogènes. A l'opposé, si le pH devient trop alcalin, une formation d'hydrogène et d'hydrogène sulfuré est induite, de l'ammoniac peut se dégager (MORAU, 2006).

## 11. Température

**Tableau 4:** Mesure de la température (original).

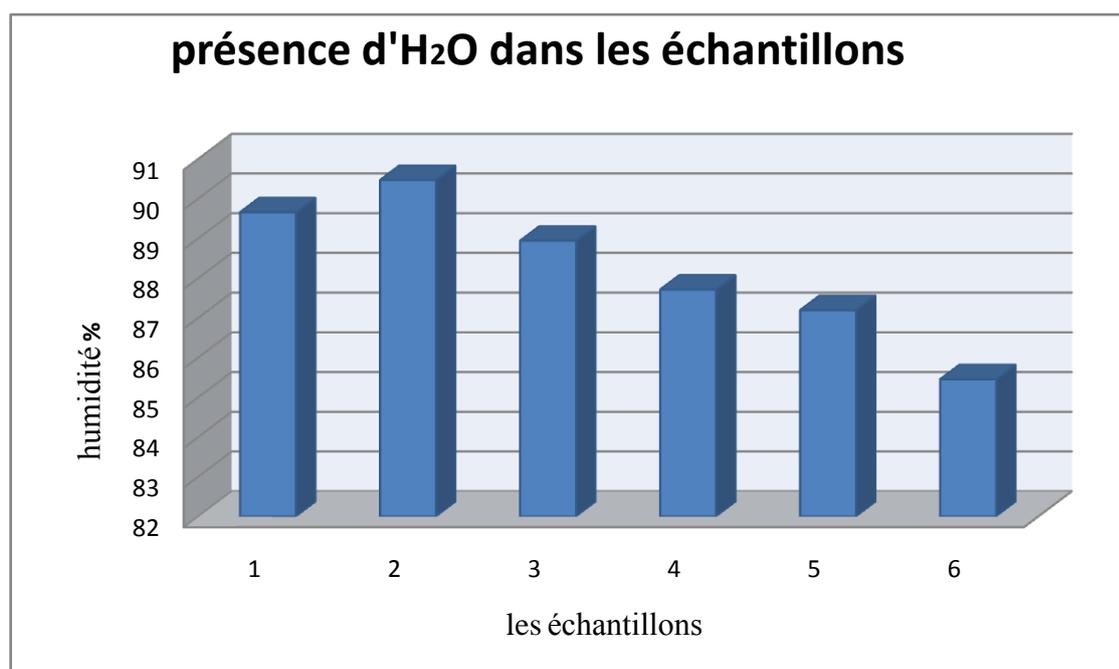
N°d'échantillon	1	2	3	4	5	6
Température °c	23,5		23,6		23,4	

D'après le tableau ci-dessus les valeurs de températures sont aux allons tours de 23°C, ces températures sont appréciables par les espèces bactériens pour la méthanisation qui est un processus qui met en jeu plusieurs espèces bactériennes qui transforment simultanément les déchets organiques en biogaz. La fermentation en anaérobie peut se faire dans trois gammes de température : Psychrophiles : 15 à 25 °C, Mésophiles : 25 à 45 °C, Thermophiles : 55 à 65 °C (Lagrange, 1979).

## 12. Humidité

**Tableau 5:** Mesure d'humidité (original).

N° d'échantillon	1	2	3	4	5	6
Humidité (%)	89.6	90.4	88.9	87.71	87.19	85,45



**Graph 1:** Représentation de la variation de l'humidité (original).

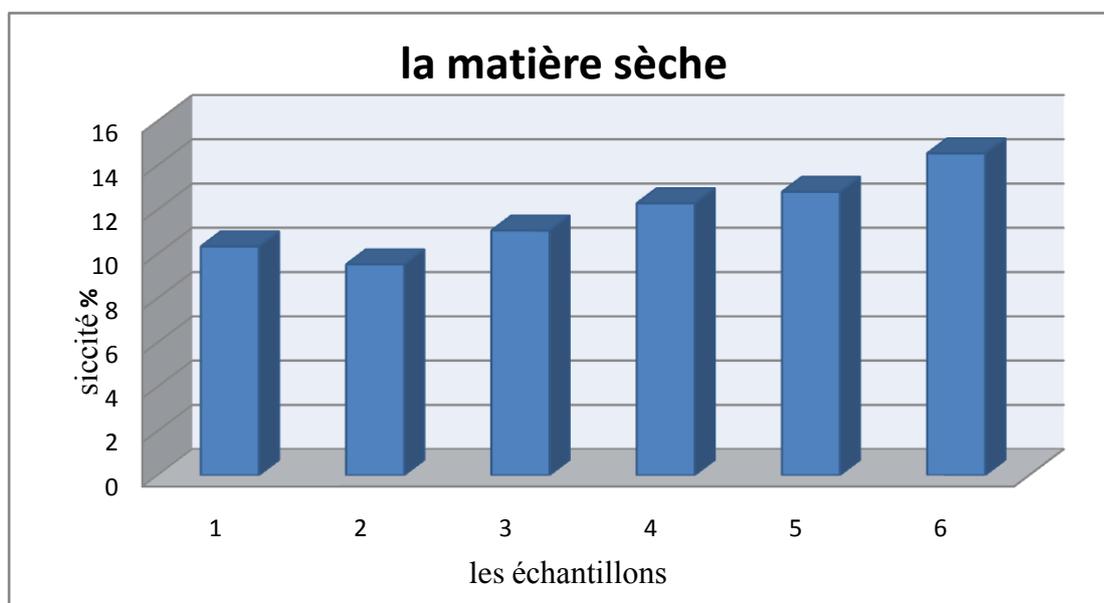
L'humidité est importante dans les premiers échantillons (89,65 pour 1 et 90,46 pour 2), l'humidité commence à décroître dans les échantillons restants en fonction de leurs temps de séjour dans le lit de séchage.

### 13. Siccité

#### 13.1. Observation et interprétation :

**Tableau 6:** la mesure de la siccité (original).

N° d'échantillon	1	2	3	4	5	6
Siccité (%)	10,34	9,53	11,05	12,28	12,80	14,54



**Graphe 2:** Réprésentaion de la variation de la siccité(original).

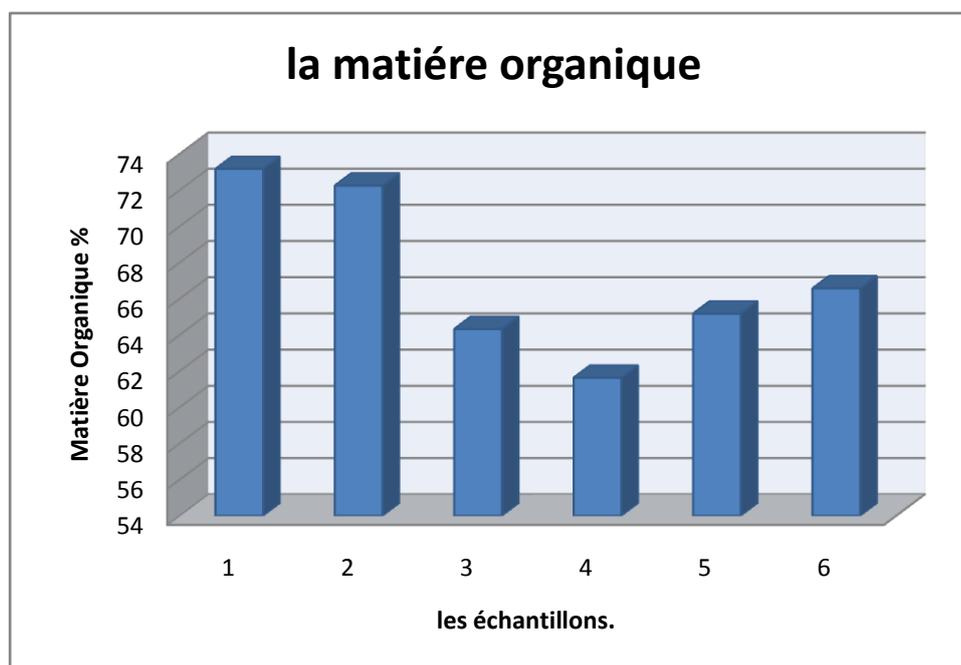
La siccité est dans un ordre croissant du 9,53 pour l'échantillon 2 à 14,54 pour l'échantillon 6, ce qui confirme les résultats obtenues dans l'humidité.

Généralement une siccité entre 10 à 30% implique une boue pâteuse, Lorsque la boue est à l'état pâteux, il est possible d'en incinérer une partie sans affecter la capacité thermique du four (MORAU, 2006).

14. La matière organique :

**Tableau7** : Mesure de la matière organique (original).

Les échantillons	1	2	3	4	5	6
Matière organique (%).	73.17	72.25	64,32	61,63	65.17	66.57



**Graphe 3:** Représentation de la matière organique (original).

On comparant les colonnes du graphe on constate que :

Les échantillons 1 et 2 ont donné les meilleurs résultats (73,17 % de MO pour l'échantillon 1 et 72,25% de MO pour 2), ces valeurs sont confirmées par ceux trouvés par (Moletta, 2003). Alors que les échantillons 3 et 4 ont présenté les plus faibles pourcentages en MO (64,32% pour 3 et 61,63 pour 4), tandis que les échantillons 5 et 6 ont des pourcentages moyens en MO (65,17% pour 5 et 66,57% pour 6).

La composition et la quantité de ces boues vont dépendre de leurs origines : urbaines ou industrielles, issues de stations biologiques ou physico-chimiques, de la nature de l'industrie qui

produit l'eau usée. Leurs compositions sont donc extrêmement variable en fonction du site ou elles sont produites (Moletta, 2003).

Les échantillons 1 et 2 ont les meilleurs pourcentages en MO parce qu'ils n'ont pas encore arrivé au lit de séchage (temps de séchage nulle), donc leur matière organique n'est pas dégradée.

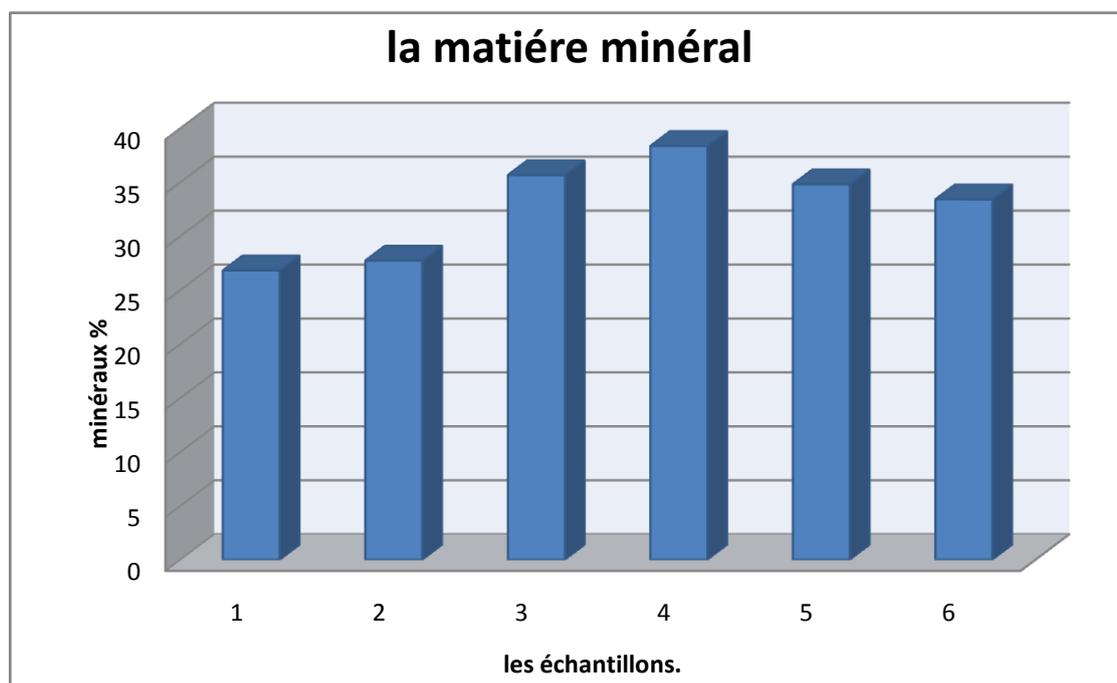
Les échantillons 3 et 4 prélevés du lit de séchage avec un temps de séchage ( $t = 15$  jours), ont donné le plus faible pourcentage en MO. On pense que cela est dû à l'activité des micro-organismes qui favorisent la dégradation de celle-ci, les conditions physico-chimiques (pH, température, siccité) du lit de séchage sont convenables à cette dégradation.

Les échantillons 5 et 6 issues du lit de séchage mais avec un temps de séchage ( $t = 10$  jours), ont exprimé de moyen pourcentages en MO, plus élevés que 3 et 4.

Puisque les conditions physico-chimiques (pH, température, siccité) sont les mêmes, on pense que cette différence est due principalement à la différence de temps de séchage. Les micro-organismes dans ce cas ont moins de temps que 3 et 4, donc moins d'activité alors moins de matière organique dégradée.

Grosso modo, la quantité de MO dépend essentiellement des conditions physico-chimiques (pH, température, siccité) et de la durée de séchage, tant que notre besoin est énergétique (production du biogaz), il est préférable d'utiliser une boue humide (temps de séchage = 0 jours). Comme c'est le cas dans les échantillons 1 et 2.

15. Matière minérale



**Graphe 4:** Représentation de la matière minérale(original).

15.1. Observation et interprétation:

**Tableau 8:** la mesure de la matière minérale (original).

N° d'échantillon	1	2	3	4	5	6
Matière minérale %	26,82	27,74	37,67	38,36	34,82	34,42

L'analyse a révélé un pourcentage acceptable entre (26,82% et 33,42%), on utilise ces minéraux comme fertilisant des sols en agriculture donc l'utilisation des boues dans la production d'énergie n'exclue pas la voie classique (compostage agronomique).

# CONCLUSION ET RECOMMANDATION

## V. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

A la fin de ce travail nous sommes parvenues aux conclusions suivantes:

- Cette boue présente un taux important de matière organique qui est fermentescible par les micro-organismes. Ce qui donne une quantité importante du biogaz. Aussi elle est contient une quantité acceptable en matière minérale utilisée en compostage agricole.
- Ces boues se trouvent dans des conditions physico-chimiques favorables pour l'activité des bactéries méthanogène telles que pH, température et siccité, donc aucun traitement supplémentaire n'est nécessaire dans ce processus (bio-méthanisation).
- La Production du biogaz par la bio-méthanisation (notre cas) est d'un faible coût (quasi-gratuit).
- La valorisation thermique des boues est étudiée sous trois différentes approches : la bio-méthanisation, la gazéification et la combinaison des deux précédentes (approche hybride).
- L'un des principaux inconvénients de la bio-méthanisation est qu'elle ne règle pas la question de la gestion des boues puisqu'un digestat stabilisé à forte teneur en eau doit encore être évacué, éliminé ou valorisé. Beaucoup d'efforts sont investis afin d'optimiser la bio-méthanisation «sèche», c'est-à-dire avec une siccité supérieure à 20 %.
- La valorisation de ce digestat dépend de sa constitution: soit par compostage agricole ou par gazéification pour si le produit à traiter est fortement contaminé.

- Aussi il est recommandé de:
  
- Prélever les boues avant qu'elles seront dans le lit de séchage afin d'avoir un taux maximal de matière organique, par conséquence une quantité importante de biogaz.
  
- Réaliser de nouvelles études avec plus d'échantillons pour mieux confirmer ces résultats.
  
- Nous espérons qu'une étude sera réalisée sur la STEP de Ghardaïa nouvellement installée, hélas on n'a pas pu la réaliser puisque la boue n'a pas été encore formée. Nous pensons que les résultats seront très satisfaisantes vue qu'elle collecte les eaux usées du quatre communes de la wilaya qui regroupent des différentes activités tels que: (urbanisation, les abattoirs, et les zones industrielles.....).

## VI. Bibliographie

Afilal, M. E., Belkhadir, N., Daoudi, H., & Elasri, O. (2012). *Fermentation méthanique des différents substrats organiques (Methanic fermentation of different organic substrates)*. Oujda, Université Mohamed Premier: Environ. Sci.

ANTHONY, M. ( 2004). *BIORÉACTEUR A MEMBRANES IMMERGÉES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX RÉSIDUAIRES URBAINES: SPÉCIFICITÉS PHYSICO-CHIMIQUES DU MILIEU BIOLOGIQUE ET COLMATAGE*. Toulouse: L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE TOULOUSE.

Berger, S. (2006). *La méthanisation des boues urbaines*. toulouse: SOLAGRO.

C.E.A.E.Q. (2012 ). , *Détermination des solides totaux et des solides totaux volatils : méthode gravimétrique, MA. 100 – S.T. 1.1, Rév. 2.*, CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC: Ministère du Développement durable, de l'Environnement, la Faune et des Parcs du Québec.

Choubert et al, J.-P. C.–J.-M.–J.-M. (2007). *traitement du carbone et de l'azote pour des stations d'épuration de type boue activée confrontées à des fortes variations de charge et à des basses températures*. Fonds national pour le développement FNDAE.

Clarke, A., & Forster, C. (1982). Biopolymer yields from activated sludge and their relation to the operation of treatment plant. *Biotechnol* , 4 (10), 655-660.

Company. (2010). *BIOSTEP EP15R*. (A. company, Éd.) Récupéré sur OBIO Environnement.

Constance, J. (2003.). *la biofiltration les principaux biofiltres brevets en france;*. montprillier: Université Montpellier II Sciences et techniques du Languedoc Place Eugène Bataillon.

CREPAFC. (2007). *contrôle etsuivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des parametres physico chimiques et bacteriologiques*. centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût.

dictionnaire-environnement. (2013). Consulté le 03 23, 2013, sur [http://www.dictionnaire-environnement.com/siccite\\_ID257.html](http://www.dictionnaire-environnement.com/siccite_ID257.html)

FNDAE. (2012). FICHES TECHNIQUES Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration.

futura-science. (s.d.). Consulté le 03 23, 2013, sur [http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/developpement-durable-2/d/demande-chimique-en-oxygene\\_6372/](http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/developpement-durable-2/d/demande-chimique-en-oxygene_6372/)

Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement. (2005). *Qualité physico-chimique ET chimique des eaux de surface: cadre général.*

Jean-Jacques, D. (2006). Evaluation de la qualité d'une eau par mesure de sa DBO. toulouse.

Lagrange, B. (1979). *Biométhane, Une Alternative Crédible* (Vol. 1).

LAMOUREUX, F. (2007). *Simulation d'une station de traitement des eaux usées par biofiltration : le cas de Seine-Centre*. Université Laval de Québec.

M. Bennouna, S. K. (2001). *Production de Méthane à Partir des Boues des Stations d'Épuration des Eaux Usées : Potentiel Existant en Algérie*. Bouzaréah, Alger: Centre de Développement des Energies Renouvelables.

MAQUINÉ.S. (2004). *résiduaire, Qualité ET siccité dans UN procédé de déshydratation de boues*. Département GI Centre de Recherches de Royallieu 60205 Compiègne: Laboratoire Heudiasyc.

Moletta, R. (2003). *L'eau sa pollution et son traitement*.

MORAU, D. (2006). *MODELISATION DES DISPOSITIFS DE REVALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES (Séchage, Méthanisation, Incinération)*. Université de la Réunion.

OCHE. (2011-2012). *détermination de la demande chimique en oxygene (DCO)*. Olympiades de chimie: l'EAU.

Pony, A. (2009). *Estimation de performances épuratoires : Caractérisation de boues de station d'épuration*. Université Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris & École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts;

Robertson. (1979). *Biocombustible*. Paris: Collection Energie Solaire.

S.GUILLAUME. (2009). *modelisation d'une station par biofiltration*. Université Laval.

TANDIA, C. T. (2007, janvier). CONTRÔLE ET SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX USÉES  
PROTOCOLE DE DETERMINATION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET  
BACTERIOLOGIQUES. CENTRE RÉGIONAL POUR L'EAU POTABLE ET  
L'ASSAINISSEMENT À FAIBLE COÛT Centre collaborant de l'OMS.