

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**  
**Université de Jijel**

جامعة محمد الصادق بن عبد الحميد  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
المستقلة  
رقم الجرد : 1246



**Faculté des Sciences**  
**Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire**  
**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention**  
**du diplôme d'études supérieures en Biologie**  
**Option: Microbiologie**

# thème

**Role des microorganismes dans l'épuration des eaux usées  
domestiques par les procédées de la boue activée et des lits filtrants**

Les membres de jury :

Examinateur : Mme OULED HADDAR HOURIA  
Encadreur : Mme BENHAMADA WAHIBA

Présenté par :

\* TOUATI HAMIDA  
\* HANTIT NASSIRA  
\* BOUGHEDDA ASSIA



Promotion juin 2008

*Avis favorable*  
*Dr. H. Ouled Haddar*  
*H. Amiry 02/07/2008*



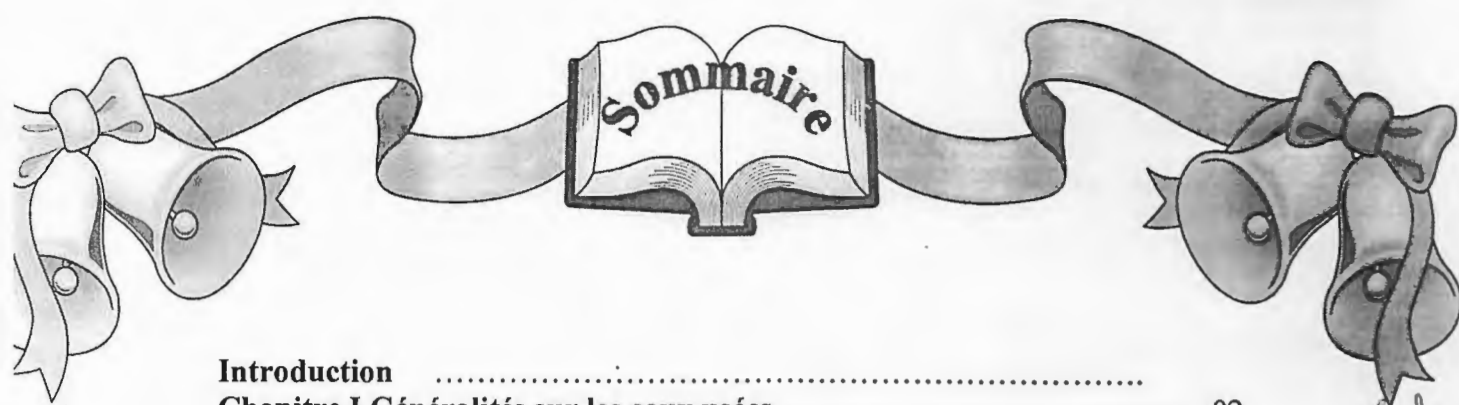
# Remerciements

Nous tenons à  
Remercier en premier lieu  
Le Dieu " ALLAh "  
Notre honorable encadreur:  
Mme: BENHAMaDA WAHibA  
Pour tous ses efforts et ses conseils  
Nous remercions les membres des jurys qui ont  
accepté de juger notre travail.  
Nous exprimons notre profonde reconnaissance à  
nos parents  
Et en remercie aussi Mr CHIET Ali pour son  
aide et sa patience pour aboutir à ce mémoire  
De plus nous remercions tous ceux qui nous ont  
aidé de près ou de loin, et surtout, surtout: Nos  
Familles  
En fin: nous dirons à tous:

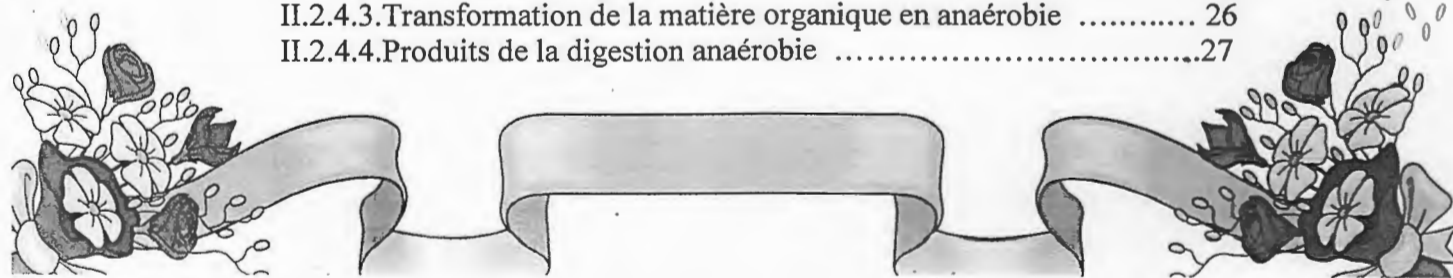


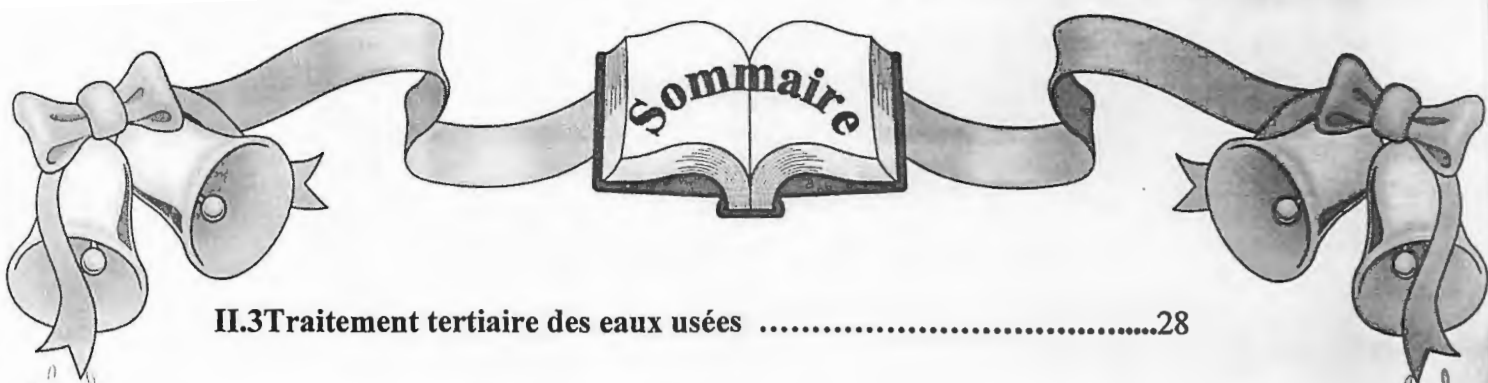
**Merci beaucoup**





<b>Introduction</b> .....	
<b>Chapitre I Généralités sur les eaux usées</b> .....	02
I.1. Définition.....	02
I.2. Différents types des eaux usées .....	02
I.3. Origine de la pollution des eaux usées .....	04
<b>Chapitre II Traitement des eaux usées</b> .....	11
<b>II.1. Traitement primaire des eaux usées</b> .....	11
<b>II.2. Traitement secondaire</b> .....	11
<b>II.2.1. Les lits Bactériens</b> .....	12
II.2.1.1. Généralités .....	12
II.2.1.2. Théorie de la filtration .....	12
II.2.1.3. Classification des lits bactériens.....	13
II.2.1.4. Transformation de la matière organique .....	14
II.2.1.5. Écologie des lits bactériens .....	15
II.2.1.5.1. Les bactéries d'un lit filtrant .....	15
II.2.1.5.2. Élimination de DBO .....	15
II.2.1.5.3. Champignons d'un lit bactérien .....	16
II.2.1.5.4. Le film biologique.....	16
<b>II.2.2. Les boues activées</b> .....	17
II.2.2.1. Généralités .....	17
II.2.2.2. Biodégradation et aération .....	19
II.2.2.3. Bactéries floculants et foisonnantes .....	19
II.2.2.4. Remontée de la boue .....	20
<b>II.2.3. La digestion aérobie</b> .....	21
II.2.3.1. Rôle des micro-organismes dans la transformation des boues.....	21
II.2.3.2. Principes de la stratification aérobie des boues .....	22
II.2.3.3. Respiration endogène.....	23
II.2.3.4. Comparaison entre traitement aérobie et anaérobie .....	23
<b>II.2.4. La digestion anaérobie</b> .....	24
II.2.4.1. Généralités.....	24
II.2.4.2. Fermentation et micro-organismes responsables .....	25
II.2.4.3. Transformation de la matière organique en anaérobie .....	26
II.2.4.4. Produits de la digestion anaérobie .....	27





**II.3 Traitement tertiaire des eaux usées .....28**

**Chapitre III Rôle de traitement des eaux usées .....31**

III.1 . Rôle de traitement des eaux usées sur l'environnement .....31

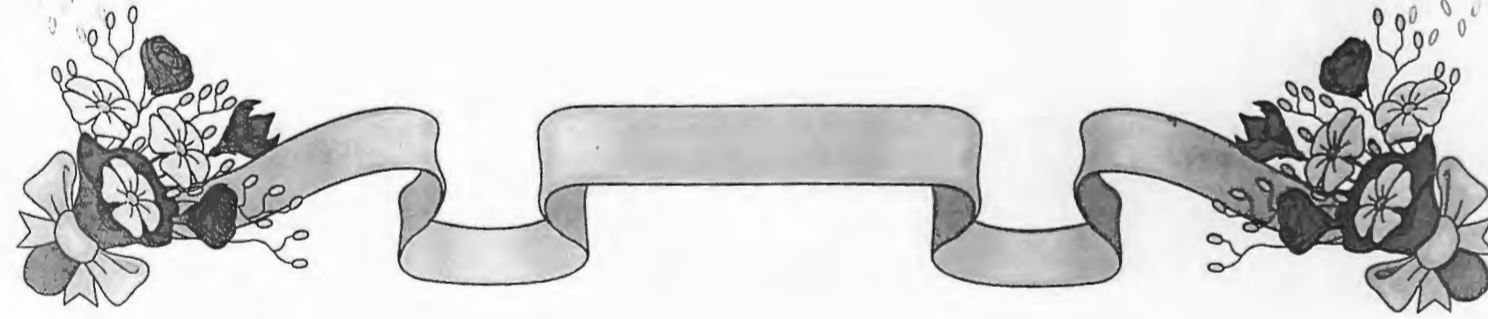
III.2. Rôle de traitement des eaux usées sur la santé des êtres vivants.31

III.3 Rôle de traitement des eaux usées sur la fertilisation des sols.....32

**Conclusion**

Annexes .....34

Références bibliographiques.....





# Introduction

## Introduction

L'eau fait partie de notre environnement naturel tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit, elle constitue un des éléments familiers de notre vie quotidienne (GROSCLAUDE et COORD, 1999).

Les eaux usées sont, à proprement parler, des eaux qui ont servi et conservent des traces de leur emploi, elles comprennent, d'une façon générale, les eaux usées domestiques et les eaux résiduaires industrielles (DESJARDINS, 1990).

Les eaux usées d'origine domestique, sont constituées essentiellement des excréments humains et des eaux de lavage (vaisselle, toilette,...); par ailleurs les eaux usées d'origine industrielle, sont constituées des composées chimiques, organiques ou minéraux selon la nature du produit fabriqué (LECLERC *et al* 1990).

L'épuration des eaux usées doit être de telle qu'elle permette de déverser dans le milieu récepteur naturel un effluent dont l'auto épuration fera une eau acceptable pour ce milieu naturel (GROSCLAUDE et COORD, 1999).

Notre présent travail a pour objectif de préciser, le rôle des micro-organismes dans l'épuration des eaux usées domestique, par les procédés des boues activées et des lits filtrants qui sont <<des procédés biologiques artificiels >> dits << l'oxydation totale >> ou << mieux d'aération prolongée >>.

En résumé notre travail comporte trois chapitres :

Le premier chapitre donne quelques généralités sur les eaux usées.

Le deuxième chapitre est consacré au traitement des eaux usées.

Alors que le troisième chapitre montre le rôle de traitement des eaux usées sur l'environnement, la santé des êtres vivants et la fertilisation du sol.

Enfin on a terminé par une conclusion.



# CHAPITRE: (01)

## Généralités sur les eaux usées :

- ✓ Définition
- ✓ Différents types des eaux usées
- ✓ Origine de la pollution des eaux usées

**I.1. Définition:**

Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industrielles (GROSCLAUDE, 1999).

Une eau est chargée en micro-organismes lorsque sa teneur dépasse  $10^6$ /ml. *Sphaerotillus*, *Zooglea* et *Spirillum* sont présents et constituent de bons indicateurs de pollution, les eaux d'égout contiennent de  $10^8$  à  $10^{11}$  bactéries par ml dont de nombreux coliformes, d'autres bactéries aéro anaérobies ou anaérobies (*Aeromonas*, lactobacilles, etc.) et des virus les *Aeromonas* sont en général très abondants ce qui peut paraître paradoxale car ces bactéries ne sont pas typiquement d'origine fécale (QIERRE, 1998).

**I.2. Différents types des eaux usées:** la distinction de quatre types des usées peut être faite, selon leur origine (BRIGITTE et al, 2003).

**I.2.1. Les eaux usées d'origine domestique:**

Elle provient des habitations. Elle est en général véhiculée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets de chaque foyer ou centre d'activité, vers une station de traitement des eaux usées. Elle se caractérise par:

- ✚ de fortes teneurs en matières organiques.
- ✚ des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore.
- ✚ des détergents.
- ✚ des germes fécaux.

En sortie d'épuration, on retrouve les mêmes éléments, en quantité moindre (20 à 95% sont extraits), avec un rapport variable selon les familles de substances (moins de matières organiques, plus d'éléments minéraux oxydés), et géographiquement concentrées en un unique point de rejet (GENIN et al, 2003).

**I.2.2. Les eaux usées d'origine pluviales urbaines:**

Apparue depuis qu'il existe des réseaux de collecte spécifique, avec des ponts de concentration des rejets, elle engendre de graves perturbations, surtout lorsqu'elle prend



e importance relative plus grande (rejets domestique mieux traités). Ces rejets sont caractérisés par:

- une teneur importante en matières minérales en suspension (sables, graviers, poussières)
- la présence de nombreux débris solides ou flottants de petite taille (GENIN et al, 2003).
- une concentration forte en toxiques et hydrocarbures (lessivage de parking, résidus d'échappement des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques, etc..).

L'irrégularité de ces rejets et les volumes d'eau importants qu'ils mettent en jeu rendent difficile et onéreux leur traitement (GENIN et al, 2003).

### **I.2.3. Les eaux usées d'origine industrielle:**

Elle est caractérisé par une très grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans les processus (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution, etc..) et l'activité de l'usine (chimie, traitement de surface, agroalimentaire, etc..) on peut donc retrouver dans l'eau, qui est un bon solvant, tous les sous produits possibles de l'activité humaine:

- matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissages).
- hydrocarbures (raffineries).
- acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques et pharmaceutiques, tanneries).
- eau chaude (centrales thermiques).
- matière radioactives (centrales nucléaires, centres de recherche, hôpitaux) (GENIN et al, 2003).

Ces rejets sont souvent bien individualisés, mais dans la plupart des cas raccordés à des réseaux plus importants d'assainissement urbain ou de zones industrielles, voire de collecte d'eaux pluviales( GENIN et al, 2003 ).

Dans certains cas, leur branchement dans un réseau aboutissant à une station d'épuration prévue pour traiter des effluents domestiques peut provoquer de graves

dysfonctionnements de ces installations: fortes et brutales surcharges organiques, destructions des populations bactériennes des bassins d'épuration, colmatage par des

articules ou des flottants, etc... (GENIN et al, 2003).

#### **I.2.4. Les eaux usées d'origine agricole:**

Elle comporte une composante domestique, issue des sièges d'exploitation souvent non raccordés à un réseau (habitat rural dispersé), une composante plus spécifique mais complexe, qui se caractérise principalement par:

- de fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium), provenant des engrais et des effluents d'élevage (fumiers, lisiers) (GENIN et al, 2003).
- des substances issues de sous produits d'élevage et des lavages d'aires (matières organiques, ammoniacale) (GENIN et al, 2003).
- la présence de produits chimiques de traitement des cultures (produits phytosanitaires).
- la présence épisodique dans les effluents d'élevage de produits sanitaires (bactéricides, antibiotiques).

La dynamique saisonnière est très marquée, en relation avec les cycles annuels d'activité et les phénomènes de lessivage des sols.

A ce type de pollution, on peut aussi ajouter certains phénomènes naturels. Bien qu'anecdotique, certains cas sont identifiés en relation avec des éruptions volcaniques (sulfures, acides, poussières), des épanchements sous marins d'hydrocarbures, le contact avec des filons ou gisements d'éléments toxiques (mercure, arsenic, élément radio actif), la présence d'une source thermo minérale (GENIN et al, 2003).

#### **I.3. Origine de la pollution des eaux usées:**

La pollution des eaux de diverses natures et de diverses origines se manifeste généralement sous quatre formes principales; elle peut être d'origine organique, microbiologique, toxique (minérale et organique) ou enfin être uniquement d'origine minérale par le rejet par exemple de produits fertilisants (GAID, 1984).

L'origine des eaux résiduaires (E R U) est principalement domestique, ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines, urines, fèces (Eaux vannes) et d'eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagées) (GROSCLAUDE, 1999).

La composition des eaux usées reflète ces origines différentes (SCRIBAN, 1999).

### **I.3.1. Polluants microbiens :**

Les eaux usées et les eaux de ruissellement collectées transportent de nombreux micro-organismes dont certains peuvent être pathogènes; virus, protozoaires bactéries, helminthes (GROSCLAUDE, 1999).

#### **I.3.1.1. les bactéries:**

La nature de la population bactérienne par exemple, est très variée et il n'est pas possible d'un faire ici, un inventaire complet. Notons toute fois la présence importante de Staphylocoques, streptocoques, *Escherichia Coli*, *Salmonelles*, *Klebsielles*, *Cloaca*, *Shigeles* (GAID, 1984).

Les bactéries pathogènes les plus fréquemment rencontrées sont les salmonelles, le niveau de pollution bactériologique est généralement définit par la mesure de germes – test : coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux (GROSCLAUDE, 1999). Une autre catégorie de bactéries est constituée par les mycobactéries, il existe par ailleurs de nombreuses autre bactéries comme (*Flavobacterium*, *Chromobacterium*, *Serratia* et également des germes cholériques ou des bactéries types *Clostridium* (apportées par le ruissellement pluviaux sur les champs de culture contaminés) (GAID, 1984).

#### **I.3.1.2. Protozoaires et métazoaires :**

On distingue deux grandes familles principales : Les protozoaires et les métazoaires, Les protozoaires comprennent les amibes, les flagelles et les ciliés, les métazoaires comprennent les cestodes (ou taenias), les nématodes, les trématodes (GAID, 1984).

#### **I.3.1.3. virus :**



Les eaux usées contiennent également des virus présents dans les selles des porteurs sains, malades ou convalescents, les principaux virus trouvés appartiennent au groupe des Enterovirus dont le siège est l'intestin de l'homme (Poliovirus, Echo, Réovirus) ou au virus A de l'hépatite virale. Les poliovirus peuvent atteindre, dans les selles,

une Concentration de 100000 unités par gramme et les chiffres sont du même ordre de grandeur pour les autres virus (GAID, 1984).

**I.3.1.4. Parasites :**

Les eaux usées sont également porteuses de parasites végétaux, animaux et œufs de parasites et des kystes

Diverses analyses ont pu mettre en évidence la présence par exemple, de *Saccharomyces, Torula, Candida, Trichosporon, Ascomycètes* etc..... (GAIO, 1984).

Il est donc certain que la pollution microbiologique est grave insidieuse et qu'elle est danger constant pour l'individu (GAID, 1984).

Notamment lorsque les eaux usées sont déversées en amont ou dans des milieux susceptibles d'être des lieux de loisirs (GAID, 1984).

Le tableau suivant dresse un inventaire restèrent des origines provoquées par les organismes présents dans les eaux usées.(voir tableau 1)

**Tableau1: Les organismes présents dans les eaux usées (GAID, 1984).**

Organismes	Origines
<i>Shigelles</i>	Eaux usées
<i>Salmonelles</i>	Eaux usées
<i>Vibrio cholerae</i>	Eaux usées
<i>Virus:-entrovirus</i> <i>-Echo</i>	Eaux usées
<i>Insecte vecteur</i>	Eaux usées
<i>Brucella</i>	Eaux usées, lait

<i>M.tuberculosis</i>	Eaux de sanatoriums et des hôpitaux
<i>Entamoeba histolytica</i>	Engrais, eaux contaminées

### I.3.2. Polluants organiques :

La pollution organique constitue souvent la fraction importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large (GAID, 1984). Bien sur les matières organiques sont présentes sous différentes formes physiques: particulaires, colloïdales, dissoutes, et elles sont plus ou moins rapidement biodégradables (SCRIBAN, 1999). On distingue, pour les eaux usées urbaines les matières organiques banales (protides, lipides, glucides), les détergents, les huiles et goudrons (GAID, 1984).

#### I.3.2.1. Les matières organiques banales :

Il s'agit essentiellement des protides, lipides et glucides.

##### I.3.2.1.1. les protides :

D'une manière générale, les protéines constituent un des éléments essentiels des cellules, et représente par exemple, chez les bactéries *Escherichia coli*, 15% de la masse totale de l'organisme, tous les organismes vivants contiennent une quantité importante de protéines ou il s'agisse de bactéries, plantes, animaux et même les organismes n'ayant pas de vie propre tels que les virus on peut les considérer, que sont de nature protéique: les

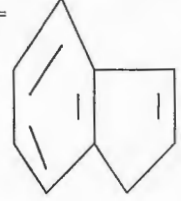
enzymes, les substances musculaires, les anticorps, les substances dites de soutien (élastine des vaisseaux sanguine par ex). Les substances dites de protection (kératine des ongles ou cheveux) (GAID, 1984). Elles peuvent être associées à d'autres types de molécules et former des gluco-protéines, ou des lipoprotéines les poids moléculaire de protéines est variable et peut atteindre plusieurs millions. Il est de 5800 chez l'insuline 23800 chez la trypsine, 68000 chez l'hémoglobine et 380000 chez l'enzyme Phosphorylase (GAID, 1984).

L'étude des protéines a montré que ce sont des enchaînements d'acides aminés, constituées de carbone, hydrogène et d'azote (avec dans certains cas de soufre), les protéines sont généralement représentés par la formule brute:  $C_{53} O_{23} N_{16} H_7 S_1$

$(CO_2H-CR^1-NH_2)$  Elles sont hydrolysées en fractions polypeptidiques, puis en acides aminés  
 R et  $R^1$  représentent des groupements ou des fonction différentes, avec cependant, dans le cas le plus général R = H

Lorsque  $R^1 = (CH_3)_2-CH-CH_2-$  l'acide aminé est la leucine

Pour  $R^1 = OH-C_6H_4-CH_2-$  - l'acide aminé est la tyrosine

Pour  $R^1 =$    $-CH_2-$  - l'acide aminé est le tryptophane (GAID, 1984).

**I.3.2.1.2. Les lipides:**

Les lipides sont les constituants principaux des graisses animales

Et des huiles végétales. Ils peuvent être solides (à partir de  $C_{10}$ ), comme l'acide stéarique  $C_{18}H_{36}O_2$

Ou liquides comme l'acide oléique  $C_{18}H_{34}O_2$

Le tableau (2) donne quelques acides gras saturés et insaturés (GAID, 1984).

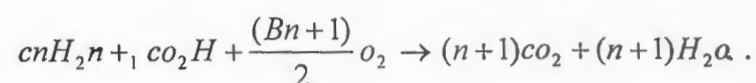
**Tableau 02 : Quelque acides gras saturés et insaturés (GAID, 1984).**

Acides gras	Formule symbolique en C	Origine
<b>Saturé</b>		
Butyrique	C4	Lait, beurre.
Laurique	C 12	Huile végétale
Palmitique	C 16	Huile végétale et graisses
Arachidique	C 20	Huile végétale
Cérotique	C 26	Cires animales et végétales
<b>Insaturé</b>		

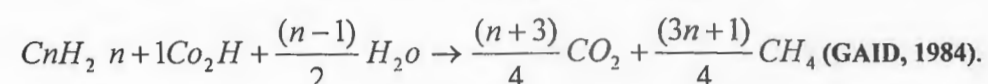


Oléique	C 18	Huile végétale
Vaccénique	C 18	Lipides bactériens
Arachidonique	C 20	Graisses du système nerveux

La décomposition des lipides en milieu aérobie est traduite par une libération de  $CO_2$  soit schématiquement, pour les acides gras saturés



En anaérobiose, il y a formation de  $CO_2$  et de  $CH_4$ , soit



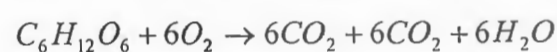
### 1.3.2.3 Les glucides:

Très largement répandus dans la nature, ils jouent un rôle important comme éléments de structure: cellulose et hémicellulose chez les végétaux, chitine chez les articulés, mucopolysaccharides chez les animaux supérieurs.

A l'état de monomères libres, ils interviennent d'une manière, fondamentale dans le métabolisme.

La dégradation en milieu aérobie s'accompagne par la formation de  $CO_2$  et d'  $H_2O$

Par exemple pour le glucose.



En milieu anaérobie, il y a réduction plus ou moins complète en  $CH_4$  (GAID, 1984).

### 1.3.2.2. Les détergents:

Ces dernières cinquante quatre années ont vu s'accroître d'une manière intensive l'utilisation de produits détergents aussi bien chez la ménagère que chez l'industriel.

La présence de substances tensio-actives dans les eaux a des origines diverses.

- une origine industrielle (textiles, tanneries, blanchisserie, fabrication de détergents ménagers etc. ....).

Une origine agricole due à l'entraînement par le ruissellement.

Des eaux pluviales, Des mouillants entrant dans la composition des insecticides et des germicides.

Une origine urbaine due à l'utilisation ménagère des détergents, et de leur emploi pour le nettoyage des voies publiques par exemple, hôpitaux, casernes etc..... (GAID, 1984).

-On classe les détergents en trois catégories :

#### I.3.2.2.1. Les détergents anioniques:

Ils résultent souvent d'une combinaison alcool lourd et acide sulfurique, leur formule générale est :

Pour les alcools sulfates :  $CH_3(CH_2)_nCH_2OSO_3Na$

Pour les alkylarylsulfates :  $C_{12}H_{25}(C_6H_4)SO_3Na$

Pour les alkylsulfonates :  $R - CH_2SO_3Na$  (GAID, 1984).

#### I.3.2.2.2. Les détergents cationiques :

De formule générale,  $R - N(C_5H_5)SO_4H$  ou encore  $R - N(CH_3)_3Cl$

Ils dérivent souvent de la pyridine ou de bases quaternaires (GAID, 1984).

#### I.3.2.2.3. Les détergents non- ioniques :

Ils sont obtenus par condensation de l'oxyde d'éthylène avec les acides gras, les alcools, les phénols, les amines, les esters etc..... Dérivés polyglycolique ou polyethoxydes, ils sont constitués de chaînes polyxyéthyléniques liées à un acide gras, un alcool ou un phénol globalement, la composition des détergent résulte en une combinaison d'un agent tensio actif et de produits minéraux (poly phosphates, carbonates, sulfate etc...), et organiques en vue d'améliorer leurs propriétés, Kinney donne une composition d'un détergent :

- Alkyl benzène sulfonate sodique : 22 à 35 %
- Poly phosphates sodiques : 37 à 48%
- Silicate de soude : 5 à 9 %
- sulfate de soude 12 à 19 %

- carboxyméthylcellulose 95 %

L'effet des détergents sur les réseaux d'égout se traduit par un moussage aboutant, qui ont vu quelques fois, un envahissement par retour, des baignoires et lavabos, leur rejet dans les rivières s'accompagne d'une réduction du taux d'oxygénation de l'eau, de la formation de mousses encombrantes particulièrement à l'aval des barrages, dans les canaux et écluses telles qu'elles gênent parfois la navigation (GAID, 1984).

#### **I. 3.2.3. Autre composants chimiques :**

##### **I.3.2.3.1. Azote :**

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous formes organique et ammoniacal (GROSCLAUDE, 1999).

##### **I.3.2.3.2. La matière phosphorée :**

Le phosphore se trouve également dans les matières organiques mais aussi encore dans les poly phosphates des produits lessiviels et sous forme d'ortho phosphates (SCRIBAN, 1999).



# **CHAPITRE (02):**

**Traitement des eaux usées :**

- ✓ **Traitement primaire des eaux usées**
- ✓ **Traitement secondaire**
  
- ✓ **La digestion aérobie**
- ✓ **La digestion anaérobie**
- ✓ **Traitement tertiaire des eaux usées**

**II. 1. Traitement primaire des eaux usées :**

Les prétraitements consistent en un traitement mécanique afin de retirer les déchets volumineux, sable et graisses de l'effluent brut. Ils permettent de protéger les ouvrages et d'en réduire la taille, de préserver les organes tournants (pompes, centrifugeuses) et de faciliter le transfert d'oxygène au sein de la boue biologique. Un dégrillage est indispensable sur la filière eau mais également possible sur le traitement des boues (CARDOT a, 2001). (FEROME, 2004)

Les prétraitements se situent en tête de station d'épuration et consistent en :

- Dégrillage : retenir à l'aide d'une grille les déchets volumineux.
- Dessablage : retenir les matières minérales lourdes, sables et graviers.
- Dégraissage : séparer l'eau des graisses et retenir ces dernières.

Il est à noter que les étapes de dessablage et de dégraissage sont la plupart du temps combiné au sein d'un même ouvrage. L'ensemble de ces procédés peut être remplacé par le tamisage par une toile métallique ou une tôle perforée (CARDOT a, 2001).

La pollution présente dans les eaux résiduaires, une fois présentées se compose d'une fraction de fines particules (les matières en suspension) et des molécules organiques.

La décantation, procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau (DESJARDNS, 1990). Ces particules vont se décanter naturellement dans un décanteur primaire en 1 à 2 heures l'eau ainsi clarifiée s'écoulera par débordement et les MES qui ont décanté au fond du bassin (boues primaires) seront extraites et envoyées vers les ouvrages de traitement des boues (GROSCLAUDE, 1999).

On distingue la décantation simple et la décantation physico-chimique qui consiste à injecter coagulant et flocculant (CARDOT b, 2001).

**II.2. Traitement secondaire :**

Après décantation, l'effluent est introduit dans des bassins équipés de dispositifs, d'aération ou des microorganismes, naturellement présents dans l'effluent, dégradent les matières organiques dissoutes, l'air insufflé leur fournit l'oxygène nécessaire pour respirer et ils se développent en se nourrissant de la pollution organique.

Ces microorganismes exercent également un effet physique de rétention de la pollution par leur propension à se rassembler en films ou flocons. Les techniques de traitement biologique les plus couramment employées sont :

- les boues activées.
- Les lits bactériens (bactéries fixées).
- Les bio filtres (bactéries fixées).

Des procédés membranaires sont utilisés depuis plusieurs années (GAÏD,1984) , (DEFRANCESCHI,1996).

### **II .2 .1. Les lits bactériens :**

#### **II. 2.1.1. Généralités :**

Les lits bactériens permettent une épuration aérobie comparable à celle obtenue par épandage grâce à l'obtention de films biologiques actifs, ils sont obtenus en empilant des matériaux minéraux poreux de granulométrie variable l'eau à épurer préalablement débarrassée de ses boues dans un décanteur primaire, ruisselle au travers des matériaux poreux, qui constituent une très grande surface réactive, avant d'aller dans un décanteur secondaire, le lit bactérien est formé d'une pellicule visqueuse ( zoogée ) qui tapisse toute la surface du matériel filtrant (QIEERE, 1998).

Les lits bactériens sont généralement circulaires avec des diamètres allant de quelques m à plusieurs dizaines de m (3 lits bactériens de 53 m de diamètre chacun, existent à l'usine de traitement de green bay dans le Wisconsin aux U.S.A)

En fait la réalisation des lits est basée sur trois paramètres importants :

- le choix du matériau
- la répartition de l'effluent
- l'utilisation du recyclage (GAÏD, 1984).

Malgré le fait que la filtration biologique est communément classée comme un traitement aérobie, en fait, c'est un système facultatif intégrant les deux types d'activité biologique (aérobie et anaérobie) (OUALI, 2001).

#### **II.2.1.2. Théorie de la filtration :**

Leur principe consiste en un ruissellement d'eau continu à travers des masses de matériaux contenus dans les tours ou un contre courant d'air circule par tirage naturel.

---



Le matériau doit avoir une grande surface spécifique et résister à l'écrasement.

Il supporte un film épais de microorganismes beaucoup plus variés qu'en boues activées. Avec une masse principale de cellules bactériennes hétérotrophes monocellulaires communes aux boues activées, coexistent des microorganismes aérobies facultatifs ou anaérobies et des organismes plus développés, champignons, algues vertes et une forme *prédatrice* de protozoaires, nématodes, arachnides. Au mécanisme d'épuration aérobie s'ajoutent donc en profondeur du film un mécanisme anaérobie de destruction des cellules formées par voie aérobie et une consommation des bous en excès par les prédateurs. Ceci explique la production très faible de boues par ces lits qui en relâchent sporadiquement de petites quantités (BUEFERT et PERRADAUD, 2001), (BERNE et CORDONIER, 1996).

Ces lits, autre fois à base de matériaux naturels (pouzzolanes coke) lourds et à faible surface spécifique qui limitaient la hauteur de lit et la vitesse de percolation à des valeurs faibles, sont maintenant élaborés à partir de garnissages plastiques dont la légèreté et la grande surface spécifique permettent de plus grandes hauteurs (4 à 10m) et vitesses de percolation. Deux catégories de matériaux sont utilisées qui peuvent présenter des taux de vide supérieurs à 90 % :

- remplissage en vrac, constitué par des anneaux ou des disques
- remplissage ordonné en tubes ou en cadre (BUEFERT et PERRADAUD, 2001).

### II.2.1.3. classification des lits bactérienne :

Les lits bactériens sont définis par leur charge organique c'est-à-dire par la quantité journalière de matière organique admise par  $m^3$  matériaux. On peut aussi, les classer en lits à faibles charges et à fortes charges (GAÏD, 1984).

On distingue : - Les faibles charges, jusqu'à  $0,4 \text{ kg } DBO_s / M^3 j$ .

- Les moyennes charges, jusqu'à  $0,8 \text{ kg } DBO_s / M^3 j$ .

- Les fortes charges, supérieur à  $0,8 \text{ kg } DBO_s / M^3 j$ .

#### II.2.1.3.1. Lits à faible charge :

Dans ce type de lits, l'apport de matières organiques est faible. Dans ce cas les bactéries présentes sur les matériaux sont proches de l'état endogène. Elles se minéralisent donc

Progressivement et colmatent le lit si elles ne sont pas classées à fort débit, le débit d'alimentation est faible dans ce type d'installation (GAÏD, 1984).

Les rendements d'épuration sont de l'ordre de 90% en  $DBO_s$ .

L'effluent traité possède une  $DBO_s$  variable de 20 à 30 mg/l

La charge hydraulique se situe entre 1 et  $5 m^3 / m^2 j$  (GAÏD, 1984).

#### II.2.1.3.2. Lits à forte charge :

La charge organique, dans ce cas, est largement supérieure à celle des lits à faible charge. Contrairement aux précédents, le matériau n'est revêtu que d'une mince couche de pellicule microbienne. Le débit d'alimentation étant suffisamment fort pour assurer l'auto curage des matériaux.

Les rendements d'épuration sont de l'ordre de 60% ; sans recyclage, et de 80 à 90% avec recyclage.

La charge hydraulique admissible est d'environ  $0,8 m^3 / m^2 .h$  (GAÏD, 1984).

#### II.2.1.4. La transformation de la matière organique :

La transformation des matières organiques se fait par l'intermédiaire des bactéries, qui sont aérobies si elles vivent dans l'eau contenant de l'oxygène dissous, qu'elles absorbent alors, ou anaérobies si elles se satisfont d'oxygène combiné, emprunté par exemple aux nitrates ou aux sulfates (GAÏD, 1984).

Les échanges s'opèrent à travers les membranes des bactéries qui ne sont perméables qu'à l'eau, aux substances en solution et aux gaz : mais ces membranes sécrètent des substances liquides, appelées enzymes qui rendent solubles dans l'eau ou transforment en gaz les matières solides et les colloïdes non solubles (GAÏD, 1984).

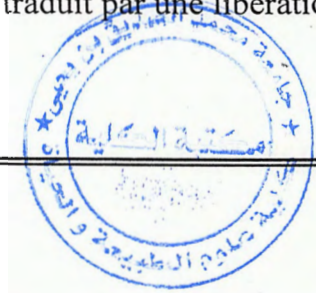
Substance nutritives + microorganismes + oxygène + nombre accru de micro-

Organismes + produits azotés de décomposition + anhydride carbonique + eau.

La dégradation en milieu aérobie des glucides s'accompagne par la formation de  $CO_2$

Et d'  $H_2O$ .

La décomposition des lipides en milieu aérobie se traduit par une libération de  $CO_2$  (GAÏD, 1984).



On anaérobiose, il y a formation de  $CO_2$  et de  $CH_4$  (lipide).

Pour les glucides, il y a formation ou réduction plus ou moins complète en  $CH_4$ .

(GAÏD, 1984).

**-Exigences nutritionnelles :**

La quantité de phosphate  $P_4$  nécessaire semble ne pas avoir besoin d'être supérieure à 0,5 mg / l, soit environ 0,15 mg / l en phosphore. Des valeurs supérieures, de l'ordre de 1 Mg/l en phosphates privilégient la croissance bactérienne (biomasse, donc quantité de Boue à éliminer). Sans augmenter le taux de dénitrification.

Ont une approche un peu différente, et adoptent la formule empirique suivante :

$$Q (\text{Phosphore}) = 2,26 \times 10^{-3} \times (NO_3^- \text{ consommé})$$

Qui donne une concentration en phosphore nécessaire pour un abattement donné en nitrates, alors que celle des piqûres aboutit à une teneur maximale déterminant un taux optimal de dénitrification par mètre de lit bactérien (CARDOT b, 2001).

**II.2.1.5. Ecologie des lits bactériens :**

**II.2.1.5.1. Les bactéries d'un lit filtrant :**

L'observation microscopique de la pellicule microbienne présente sur la surface du matériau révèle une population bactérienne très diversifiée.

On observe un amas bactérien constitue essentiellement de bactéries hétérotrophes

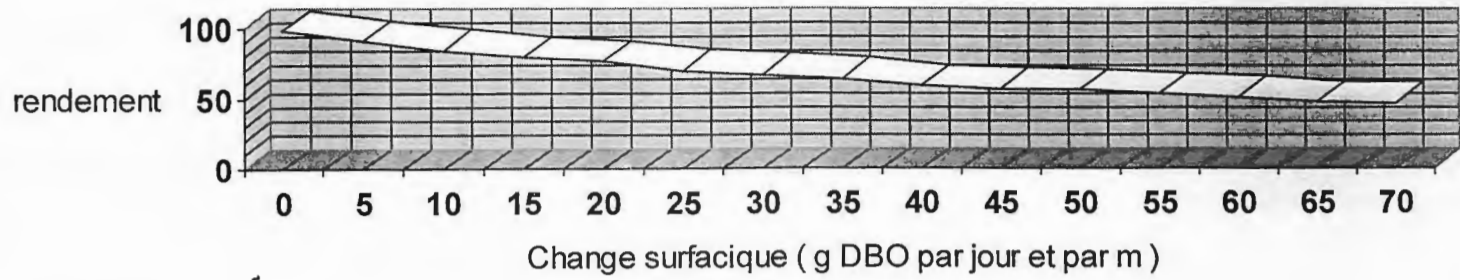
*Gram*<sup>o</sup>. Telle que *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*. Des bactéries filamenteuses (*zooglea entre autres*) sont également observées (QUIERRE, 1998).

Dans la partie éclairée de lits bactériens non couvert on localise des algues monocellulaires ou filamenteuses, il peut s'agir par exemple de *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Phormidium* (QUIERRE, 1998).

**II.2.1.5.2 Élimination de la DBO :**

Les surfaces spécifique des supports plastiques étant très variables, il est préférable d'utiliser comme référence "la charge surfacique" (en Kg DBO.j<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> de surface développée) plutôt que la charges volumique (Kg. J<sup>-1</sup>.m<sup>-3</sup>). Ce critère permet une meilleure appréciation des performances du procédé.

On trouvera en fig. (1) une estimation du rendement d'élimination de la DBO en fonction de la charge surfacique appliquée avec une eau résiduaire urbaine décantée, Primaire typique, une charge surfacique de l'ordre de  $5 \text{ g DBO} \cdot \text{j}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  permet d'obtenir un rejet à moins de  $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de DBO.



Fig(1):Rendement en DBO en fonction de la charge surfacique(à  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )(CHAUSSADE ET MESTRALLEL,1995)

#### II.2.1.5.3. Champignons d'un lit bactérien :

-La structure du milieu permet le développement de moisissures, qui est favorisé par faible turbulence:

*Geotrichum, Fusarium, Sporotrichum, Penicillium* (QUIERRE, 1998)

On trouve encore *Sepedonium, Ascoidea*, ect (SCRIBAN, 1999).

#### II.2.1.5.4. Le film biologique (Bio film):

La plus part des microorganismes sont capables de coloniser la surface d'un support quand ils sont en phase de croissance, la fixation se fait par l'intermédiaire d'exo polymères produits par les bactéries (CHAUSSADE a et MESTRALLEL, 1995).

lorsqu' une eau usée ruisselle sur un support solide, il se forme sur ce support un film biologique qui couvre sa surface. Ce film est composé de bactéries, protozoaires et de champignons qui se nourrissent de la pollution organique, on y trouve aussi des vers, des larves d'insectes, des rotifères, etc. (OUALI, 2001), (PELMONT,2005).

La croissance d'un bio film est due à l'interaction de plusieurs facteurs, dont certains sont favorables (le flux en nutriments organiques assimilables qui est proportionnel à la concentration en nutriments dissous et à la vitesse du liquide transporteur, la Température ..... ) et d'autre défavorables ( vitesse du liquide transporteur lorsque elle est responsable de l'arrachement du bio film, les substances toxique



ou inhibitrices et enfin la consommation des bactéries du bio film, par des prédateurs (DELARRAS, 2003).

La production de nouvelles cellules fait croître l'épaisseur du bio film. L'oxygène et les nutriments véhiculés par l'eau à traiter, diffusent à travers celui-ci jusqu'à ce que cette épaisseur soit telle que les amas cellulaires les profonds ne soient plus atteints par l'oxygène. Il se produit ainsi dans les films épais une stratification avec superposition d'une couche aérobie dans la quelle l'oxygène diffuse et d'une couche anaérobie plus profonde dans la quelle l'oxygène est absent (voir la figure 2). (CHAUSSADE b et MESTRALLEL, 1995).

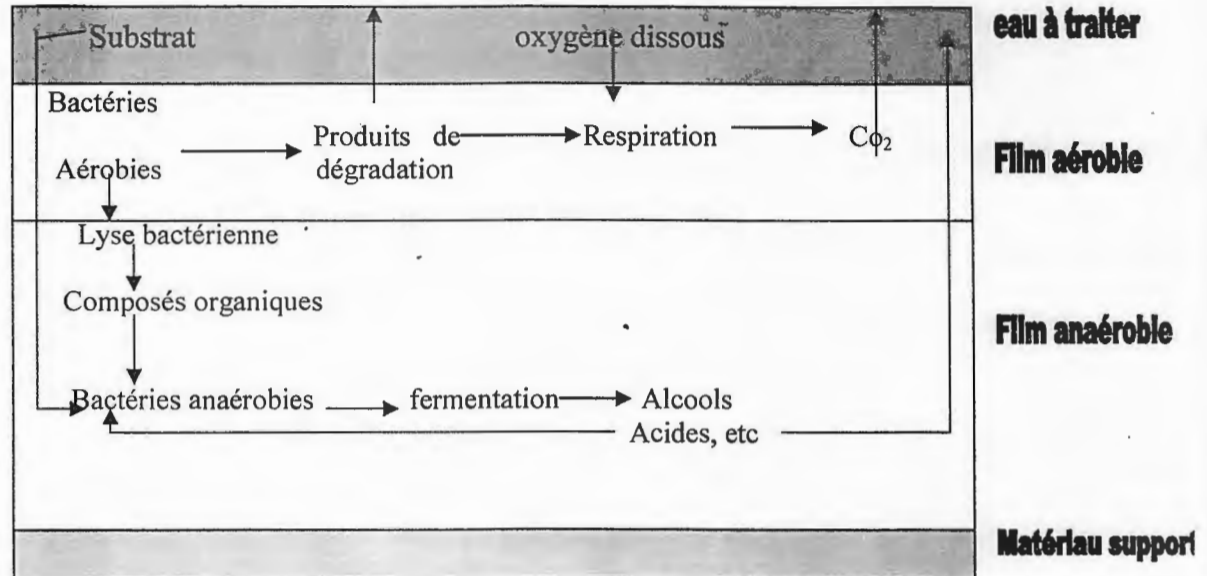


Fig. (2): coupe spécifique d'un bio film épais (CHAUSSADE b et MESTRALLEL, 1995).

**II.2.2. Les boues activées:**

**II.2.2.1. Généralités:**

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

En fait, on peut considérer que le système à boues activées est une extension artificielle des phénomènes d'épuration naturels (voir la figure 3). (GAÏD, 1984).

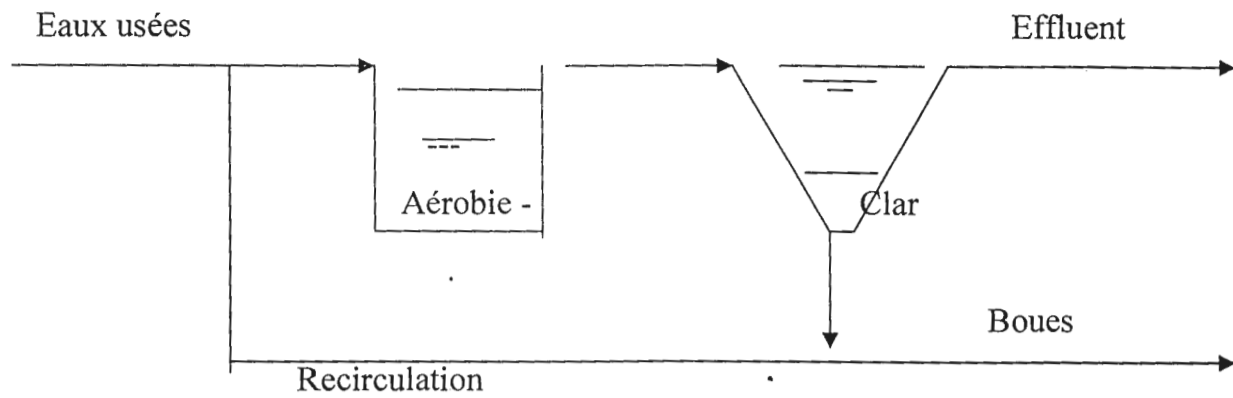


Fig. (3) : Boues activées : schéma de base (SCRIBAN, 1999).

**\*Principe :**

IL faut s'imaginer l'installation comme une gigantesque Table sur laquelle la pollution est la nourriture et les convives sont les bactéries. On peut lister les problèmes et émettre des solutions, la pollution arrive continuellement, sa dégradation est aérobie et assurée par une biomasse adaptée, suffisante et constante, il faut ensuite séparer l'eau claire de la boue biologique.

Le couple aération – brassage permet de maintenir l'aérobie lors de la bio élimination, la recirculation et l'extraction des boues biologiques, à partir du fond du clarificateur, maintiennent une biomasse constante dans les bassins, le clarificateur, ou décanteur secondaire, récupère l'eau claire traitée en fin de traitement, les boues activées traitent les eaux résiduaires par contact avec une biomasse maintenue en suspension et aérée dans un bassin d'activation

On assiste au transfert d'une pollution non préhensible de type soluble et colloïdale en boue biologique, élément manipulable et décantable, le périmètre alimentations consommateur est fondamental dans tout système vivant, la boue activée peut être considérée comme un organisme vivant qui se nourrit, respire se développe et meurt (CARDOT a , 2001).

**\*Ecologie des boues activées :**

La microfaune des boues activées est constituée de bactéries et d'animaux microscopiques, de taille inférieure au mm.

La microflore peut constituer  $10^{11}$  à  $10^{12}$  bactéries par g de matières sèches.

(GAÏD, 1984).

**II.2.2.2. biodégradation et aération :**

Les eaux usées décantées sont mélangées avec les boues activées, ce mélange à travers la totalité du bassin d'aération pour dégrader les matières organiques et se maintenir en vie, les bactéries consomment une certaine quantité d'oxygène.

On admet cependant, que les micro-organismes aérobies en suspension dans l'eau n'utilisent pas directement l'oxygène gazeux, et que celui que l'on se propose de leur fournir doit être au préalable dissous dans l'eau (GAÏD, 1984).

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

✓ **phase d'absorption** : très rapide au cours de laquelle, les substances organiques s'absorbent sur la membrane extérieure des cellules.

✓ **Phase d'oxydation** : plus lente, au cours de laquelle, a lieu l'oxydation de matière organiques en produits de décomposition tels que  $CO_2$  et  $H_2O$ .

Les réactions biologiques font participer aussi bien des substances organiques que des substances minérales comme le phosphate et les nitrates qui sont assimilés pour la synthèse de cellules nouvelles, qui augmentent la proportion de boues dans le bassin (GAÏD, 1984).

**II.2.2.3. Bactéries floculants et foisonnantes :**

De nombreux micro-organismes aquatiques épurateurs ont la propriété de former des agrégats.

L'association des micro-organismes en " floccs " favorise l'association des polluants et leur métabolisation, ainsi que leur propre décantation. Les bactéries et autres micro-organismes à capsule muqueuse (moisissures, *Zoophagus*, protozoaires ciliés et flagellés, etc) jouent un grand rôle dans la formation du floc. Parmi les bactéries, *Zooglea* tient une place particulière. Les flocons ne contiennent pas seulement des nombreuses espèces qui sont " piégées ".

Les bactéries sont très nombreuses, il s'agit de bactéries aérobies ou aéro-anaérobies

(*Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Flavobacterium*,  
*Xanthomonas*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Spirillum*, *Nocardia*, *Streptomyces*, etc.....)  
(QIERRE, 1988).

La composition de l'effluent à traiter intervient sur la sélection des bactéries épuratrices. Il s'agit par exemple des effluents de laiteries pour les quels les fortes concentrations en glucose et lactose entraînent souvent un "foisonnement" des boues. Les bactéries lactiques qui se développent en présence d'air, mais dont la source primaire d'énergie est la fermentation des sucres, ont une capacité respiratoire extrêmement restreinte, et ne peuvent produire d'A.T.P. au moyen de la respiration (GAÏD, 1984).

Elles se trouvent donc favorisées par l'appauvrissement en oxygène du floc.

On trouve souvent, des germes comme "*Lactobacillus*", dans les flores de foisonnement.

Si le milieu est riche en glucides et / ou est acide, on peut observer le développement de moisissures comme *Geotrichum* ou *Sporotrichum* qui jouent un rôle dans le phénomène néfaste de gonflement des boues ou "bulking" : il y a prise en masse et foisonnement donc une mauvaise sédimentation, Des bactéries engainées ou productrices de filaments muqueux (*Sphaerotilus*, *Galionella*... etc..) peuvent produire Le même phénomène qui intervient lorsque le niveau d'azote et de phosphate est trop bas ou lorsque le nitrate est en excès (GAÏD, 1984).

D'autres facteurs peuvent favoriser le foisonnement des boues comme la température (supérieure à 30° ou de l'ordre de 5°), le pH (l'acidité contribue au développement des champignons et des levures (GAÏD, 1984).

#### II.2.2.4. Remontée de la boue:

Ce phénomène s'observe aussi bien en éprouvette que dans les installations. On observe des remontées de boues en bloc ou par fractions diverses causes peuvent expliquer ce phénomène (GAÏD, 1984).

- La plus courante est celle relative à un dégagement de gaz par dénitrification ou par fermentation anaérobies.

A faible charge, ou quelques fois même à moyenne charge une partie de l'azote ammoniacal est transformée en nitrates. Lorsque les boues séjournent trop longtemps dans le décanteur. Elles utilisent à défaut de l'oxygène résiduaire, les nitrates comme Source d'oxygène. Ceux-ci sont réduits en azote gazeux dont les fines bulles d'accrochent aux boues. Les boues plus légères, remontent alors en surface. On peut



supprimer ce problème, on augmentant le débit de recirculation, sauf si c'est la conception même de Clarificateur qui est en cause (GAÏD, 1984).

- Même en présence de nitrate, il peut se produire une fermentation anaérobie, celle-ci intervient lorsque les nitrates ont été complètement réduits. Elle a lieu également, en l'absence de nitrate, lorsque de fortes doses sont appliquées (GAÏD, 1984).

La fermentation anaérobie entraîne la formation de  $CO_2$  et de  $CH_4$

Les bulles de gaz formées entraînent les boues, en remontant à la surface et affectent

La décantation (GAÏD, 1984)

### II. 2. 3. La digestion aérobie:

#### II. 2. 3.1. Rôle de microorganismes dans la transformation des boues:

- Les quantités de polluants organiques éliminées par volume de réacteur biologique sont fortement liées à la concentration des micro-organismes présents dans le bio réacteur.

Trois principales options ont été développées pour accroître cette concentration:

- les procédés à cultures libres avec recirculation des boues;

- les procédés à cultures fixées dans les quels les micro-organismes sont maintenus dans le bio réacteur grâce à leur capacité naturelle à se fixer sur des supports minéraux ou organiques (plastiques);

- Les procédés à cultures mixtes, cette dernière méthode, qui est la plus récente, combine dans un même bio réacteur des biomasses libres et fixées (GROSCLAUDE et COORD, 1999).

#### \*Les procédés aérobie et anoxie à cultures libres:

L'un des procédés les plus utilisés pour le traitement des eaux résiduaires est celui à

Boues activées. S'il existe de nombreuses variantes, à ce procédé le concept de base est

l'utilisation dans un bassin aéré d'une suspension bactérienne agrégée sous forme de floc.

Ces micro-organismes, également appelés boues activées sont ensuite séparés de l'eau

traitée par gravité dans un clarificateur final. La recirculation des boues permet de

maintenir une concentration élevée de micro-organismes dans le réacteur biologique.

(GROSCLAUDE et COORD, 1999). La séparation des boues biologiques de l'eau traitée dans le

clarificateur est l'une des étapes limitantes de ce procédé, ces boues qui ont une densité

très légèrement supérieure à l'eau ( $1,01 \text{ gcm}^3$ ) décantent en effet beaucoup moins

rapidement que les boues primaires. Ces boues biologiques produites seront par la suite

traitées sur la filière de traitement des boues.

Suivant la concentration en DBO de l'affluents brut, le temps de séjour de l'eau à traiter dans le bassin à boues activées varie généralement de 0,3 à 6 jours. L'élimination de la DBO peut être supérieure à 90% alors que l'élimination complète de l'ammoniaque (nitrification) n'est possible que pour des temps de séjours des boues supérieurs à 7 jours. (GROSCLAUDE et COORD, 1999).

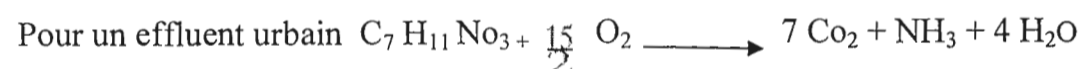
**\* Les procédés aérobies à cultures fixées:**

Dans les procédés à cultures fixées les fortes concentrations en biomasse sont obtenues grâce à capacité des micro-organismes à se fixer sur un support et à s'y développer sous forme d'un bio film. La matière organique présente dans les effluents à traiter est alors adsorbée sur ce bio film puis biologiquement oxydée en présence d'oxygène ou de nitrate. Ce concept est à la base de plusieurs procédés dont les plus répandus sont les lits bactériens et les disques biologiques et plus récemment les bio filtres immergés (GROSCLAUDE et COORD, 1999).

**II. 2. 3.2. Principe de la stratification aérobie des boues:**

La consommation d'oxygène par la boue résulte d'une superposition des phénomènes cataboliques (production d'énergie pour la synthèse), et des phénomènes de respiration cellulaire. Divers travaux ont permis de préciser une formule symbolique de la matière organique contenue dans un effluent urbain il s'agit de  $C_7 H_{11} NO_3$  en ce qui concerne la matière vivante, deux formules sont proposées:  $(C_5 H_7 NO_2)$  ou bien  $(C_7 H_9 NO_3)$  (GAÏD, 1984).

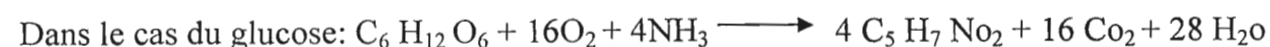
La réaction globale du catabolisme s'écrit:



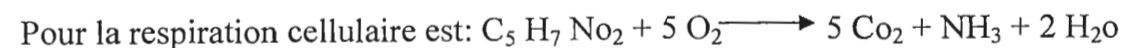
Pour un substrat particulier comme le glucose par exemple :



La réaction de synthèse s'écrit:



D'une manière générale, le substrat est estimé en DBO ou en DCO. La réaction globale



On peut concevoir que la consommation d'oxygène par unité de temps est la somme de quatre termes correspondants à :

- ↓ Au substrat dégradé.
- ↓ A la synthèse cellulaire.
- ↓ A l'utilisation des stocks éventuels ( GAÏD, 1984 ).

### II. 2. 3.3. La respiration endogène:

L'équation précédente relative à l'oxydation de la matière vivante, s'écrivait:



On voit que 113 g de la matière vivante demandent 160 g d O<sub>2</sub> pour être minéralisées (GAÏD, 1984).

Dans l'équation générale de la consommation d'oxygène, O<sub>2</sub>H est souvent exprimé en Kg/j nécessitant que la DBO éliminée soit exprimée en Kg/j et que représente la masse totale de boues présentes dans l'aérateur (Kg) (GAÏD, 1984).

La fourniture d'O<sub>2</sub> est indispensable à tout système biologique aérobie comme les boues activées. Les besoins en O<sub>2</sub> dépendent de la quantité des pollutions carbonée et azotée, mais également de la respiration endogène de la biomasse présente dans le bassin d'aération (CARDOT b, 2001).

### II. 2. 3.4. Comparaison entre traitement aérobie et anaérobie:

La stabilisation anaérobie des boues consiste en une aération suffisamment prolongée pour épaisser le substrat organique et enclenchez l'auto oxydation des micro-organismes par respiration endogène/ la disparition de la masse activé suit la loi  $M = M_0 e^{-bt}$ , avec  $b = 0,18$  si test exprimé en jours. Lors des réactions; une chute de pH se produit si le TAC est insuffisant. Les indicateurs à respecter sont la température et le temps de séjour (CARDOT a, 2001). En fait, c'est le produit de ces deux paramètres qui est important le rendement de stabilisation maximum de 60% est obtenu pour un produit de 1800° c j. Si la température est de l'ordre de 20° c, il faut donc 90 jour de séjour, il faut retenir un volume de 40 L par habitant, un besoin en oxygène de 0,1 Kg d' O<sub>2</sub> j<sup>-1</sup>.Kg<sup>-1</sup> de MO et une charge massique de 2 Kg de MO par m<sup>3</sup>. La boue est stable si la réduction Des MVS est inférieure à 10% après 5 jours d'aération et la fraction  $\frac{DBO_5}{MVS}$  en dessous de 0,4. Etant donné le coût d'exploitation en électricité et l'impotence du temps de séjour. Ce procédé est extrêmement rare en France (CARDOT, 2001).

La dégradation des matières organiques par fermentation. Avec production de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ , définit la stabilisation anaérobie. On retrouve les étapes de liquéfaction, de fermentation, d'acétogénèse et de méthanogénèse (CARDOT a, 2001). Le procédé le plus archaïque est la fosse IMHOFF, il s'agit d'une fosse à deux étages combinant décanteur et digesteur. Pour obtenir de meilleures performances les digesteurs mésophiles et thermophiles nécessitant respectivement, 33 à 35 °c et 50 à 60 °c comme température idéal ne sont progressivement imposés le mode mésophile chauffé est prédominant en France (CARDOT a, 2001).

On distingue des installations à un ou deux étages de digestion. Dans le premier cas et pour les moyennes charges, ou procédé à un mélange modéré des boues fraîches avec les boues en digestion, pour permettre un épaissement au bas de l'ouvrage. Pour les fortes charges, on ne désire qu'atteindre la vitesse de dégradation maximale des matières organiques et une gazéification intense (CARDOT b, 2001). Il faut donc un mélange très énergétique assuré par des pales et par la recirculation des boues. Dans le cas des installations à deux étages, le premier ouvrage est le lieu de la digestion.

Le deuxième est non brassé, pour permettre l'épaissement et le stockage des boues digérées (CARDOT b, 2001).

#### **II.2.4. La digestion anaérobie:**

##### **II.2.4.1. Généralités:**

La dégradation anaérobie des molécules organique des boues nécessite l'action successive de plusieurs souches bactériennes, ces réactions, l'hydrolyse acidogénèse et la méthanisation sont conduites dans un même réacteur, le digesteur, à une température de 37°. Les rendements d'élimination de la matière organique varient entre 40 à 50% pour temps de séjour dans la digesteur d'environ 20 jours. Le biogaz produit a une teneur en méthane d'environ 65 à 70% et sert partiellement au chauffage du digesteur (GAÏD, 1984).

Une variante de ce procédé consiste à séparer les deux phases de la réaction biologique, l'hydrolyse acidogénèse et la méthanisation, dans deux réacteurs distincts (grulois et al, 1994) ce qui permet de doubler les charges volumiques appliquées.

La séparation des flores bactériennes dans deux réacteurs différents présente un autre avantage:

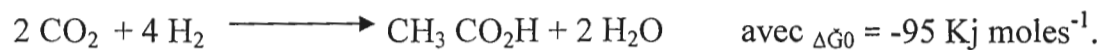


- une meilleure stabilité du procédé aux variations de charges.
- une stérilisation partielle de la boue lors de la première phase (l'hydrolyse) réalisée à des températures supérieures à 50°C (GROSCLAUDE, 1999).

#### II.2.4.2. Fermentation et microorganismes réresponsables:

##### II.2.4.2.1. Fermentation acidogène:

Les bactéries responsables sont les germes: *Escherichia*, *Streptococcus* et *Clostridium*, qui utilisent le CO<sub>2</sub> comme accepteur d'électrons pour leur métabolisme énergétique en produisant de l'acide acétique selon la réaction suivante: (CARDOT a, 2001).



Les molécules de CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub> sont formées lors de l'étape de fermentation.

Cette réaction est hautement énergétique. Dans le cas d'une molécule de glucose complètement métabolisé la réaction s'écrit:



La voie de l'acétogénèse est soit homoacétique si seul de l'acétate est formé soit hétéroacétique si cette production s'accompagne de composés comme le butyrate ou le caproate. L' H<sub>2</sub> est donc la source réductrice de ces bactéries (CARDOT a, 2001). Cette biomasse est autotrophie grâce à la voie de WOOD qui comprend l'enzyme monoxyde de carbone déshydrogénase notée CODH. Cette voie permet l'utilisation de carbone minéral (CO<sub>2</sub>) pour former de l'Acétyl CoA puis de l'acétate.

On peut noter que les acétogènes sont en partie compétition avec les méthanogènes pour l'utilisation des substrats H<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> (CARDOT a, 2001).

##### II.2.4.2.2. La fermentation méthanogène:

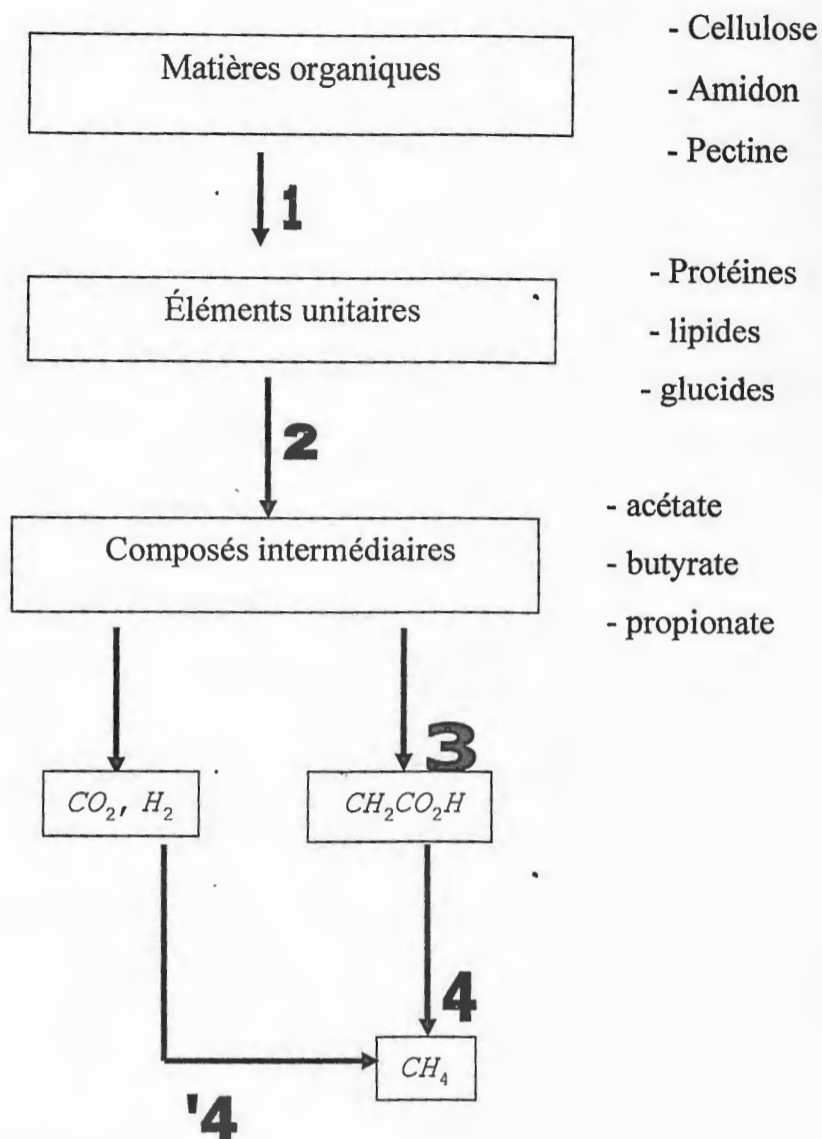
La fermentation méthanogène est une option de traitement anaérobie. Il s'agit d'un procédé complexe qui met en œuvre une succession de flores. Des bactéries aéro-anaérobies et anaérobies strictes: *Clostridium* et des bactéries anaérobies strictes, très spécialisées:

*Méthanobctérium*, *Méthanococcus*, et *Methanosarcina* Si le milieu contient des sulfates, il permet le développement des *Desulfovibrio* qui le réduisent en donnant H<sub>2</sub>S ce produit

bloque par formation de sulfures certains métaux lourds qui inhibent les bactéries méthanogènes. (QIERRE, 1988).

#### II.2.4.2.2. La transformation de la matière organique en anaérobiose:

Des bactéries aéro- anaérobies et anaérobies strictes *Clostridium* dégradent les matières organiques par hydrolyse des polymères (phase 1: liquéfaction). Puis fermentation Celle-ci produit de nombreux produits dont des acides organiques, mais aussi des alcools et amines (phase 2 : acidogénèse) (GAÏD, 1984). Il y a également dégagement de gaz variés: hydrogène, ammoniac (par suite de la présence de nombreuses bactéries de la dénitrification) et CO<sub>2</sub>. La production de CO<sub>2</sub> se poursuit au cours de la dégradation des acides organiques en acides plus petits: acides acétiques formique (phase 3 : acétogénèse). Enfin des bactéries anaérobies strictes, très spécialisées (*Methanobacterium*, *Methanococcus*) réalisent la phase ultime produisant du méthane (phase 4 : méthanogénèse) (QIERRE, 1988).



- 1- Liquéfaction – hydrolyse                      2- fermentation  
 3- Acétogénèse.                      4- Méthanogénèse acétolactique.  
 '4- Méthangénèse hydrogénéophile.

Fig. (4): Processus de dégradation des matières organiques en anaérobie (QUIERRE, 1988).

**II.2. 4.2.4. Produits de la digestion anaérobie:**

Suite à une digestion correctement menée les boues présentent les caractéristiques suivantes:

- ✓ Réduction de l'ordre de 35 à 50% des matières organiques.
- ✓ Ammonification à hauteur de 30 à 40%.

- ✓ Réduction de 15 à 30% de la masse de la boue.
- ✓ Fermentation ultérieure nulle.
- ✓ pH compris entre 6,8 et 7,8.

### II. 3. Traitement tertiaires des eaux usées:

- ✓ On appelle tertiaire ou mieux complémentaire, tout traitement sur de l'eau déjà épurée par voie biologique, il peut être envisagé en raison:
- ✓ soit de l'insuffisance des procédés biologiques (cas de quelques effluents Industriels insuffisamment biodégradables).
- ✓ Soit pour les effluents domestiques à cause de la nécessité d'une protection accrue du milieu récepteur: Zones balnéaires ou touristiques, de conchyliculture, Voisinage de prises d'eau potable etc. ou dans le souci de réutilisation de l'effluent (injection, eau industrielle) (VALIRON, 1989).

Ces trois familles de traitement physique, physico-chimique et biologique envisagées pour l'épuration sont applicables au traitement tertiaire, sous réserve d'une adaptation due au caractère dilué de la pollution à éliminer les ennemis les plus fréquemment combattus sont: (VALIRON, 1989).

- ✓ La DBO,
- ✓ La DCO qui n'est diminuée par les traitements biologiques que secondairement, comme son nom l'indique.
- ✓ Les matières en suspension qui sont le support de DBO et DCO.
- ✓ Les nitrates et les phosphates, causes d'eutrophisation.
- ✓ L'ammoniaque,
- ✓ Les germes pathogènes,
- ✓ Plus rarement d'autres corps chimiques tels que chlorures, sulfates ou métaux lourds, dont la présence dans les eaux épurées à un degré gênant suppose des effluents eux même chargés, c'est-à-dire des industries particulières.

Une première solution consiste dans l'accroissement des ouvrages et l'allongement du temps de séjour, mais les limites sont vite atteints car les phénomènes changent alors de nature et ne font que déplacer les problèmes (VALIRON, 1989).

**II. 3.1. Traitements physiques:**

Ils sont essentiellement de la famille des filtrations, ils est possible d'utiliser des filtres à sable analogues à ceux employés dans le traitement de l'eau potable avec toute fois des vitesses importantes pouvant aller jusqu'à 8m/h (VALIRON,1989). Dans la catégorie des traitements physiques, on peut faire entrer le charbon actif, véritable piège à molécules tant par absorption que par rétention, autre la réduction de la  $DBO_5$  et de la DCO, ce procédé à l'avantage de diminuer la couleur de l'effluent.

L'osmose inverse est dans quelques rares cas utilisée pour traiter l'effluent avant réutilisation (VALIRON, 1989).

**II. 3.2. Les traitements physico chimique :**

On utilisé deux grandes familles de réactifs:

- ◆ Les agents de coagulation
- ◆ Et les réactifs spécifiques de telle ou telle pollution.

Ils sont, en théorie aussi nombreux que les matières jugées indésirables.

Examinons quelques cas:

- ✓ Elimination des phosphates: (on peut aussi maintenant éliminer les Phosphates par des traitements biologiques.
- ✓ Elimination de l'ammoniaque: Deux méthodes chimiques sont concurremment employées:
  - ✓ La chloration
  - ✓ L'aération à pH élevé (supérieur à 10)
  - ✓ La méthode biologique reste préférable.
- ✓ L'élimination par voie physico-chimique des autres sels en particulier des Nitrates est très difficile en raison de leur solubilité.

**II. 3.3. Les traitements biologiques:**

Les traitements biologiques présenteront quelques différences avec les traitements secondaires par leur mise en œuvre et souvent par la forme et la flore utilisées. Comme



Dans le cas du traitement chimique, il existe des traitements généraux et des traitements spécifiques de telle ou telle pollution, ils concernent surtout le cycle de l'azote.

L'élimination de l'azote:

- ✓ Nitrification: (oxydation de l'ammoniaque par des bactéries hétérotrophes en nitrites et nitrates.)
- ✓ Dénitrification (les nitrates peuvent être réduits en azote par des bactéries anaérobies (VALIRON, 1989).

# **CHAPITRE (03):**

**Rôle du traitement des eaux usées :**

- ✓ **Sur l'environnement**
- ✓ **Sur la santé des êtres vivants**
- ✓ **Sur la fertilisation des sols**

**III.1. Rôle de traitement des eaux usées sur l'environnement:**

Le rôle de traitement des eaux usées sur l'environnement a de nombreux avantages tels que:

- Surmonter les problèmes de pénurie d'eau en fournissant de nouvelles sources d'eau.
- Réduite la quantité et le coût des rejets d'eaux usées dans l'environnement, et en particulier les canalisations rejetant, les eaux usées en mer.
- La réutilisation des eaux usées et le dessalement d'eau de mer peuvent coûter moins cher que les eaux de nappes et les eaux importées, en fonction des coûts de pompage.
- Eviter les lourds investissements dans de longues et grosses canalisations pour importer de l'eau d'une région ou d'un pays voisin, de même que déminer la dépendance envers d'autres régions au pays.
- Amélioration des activités socio économiques (sécurité ou création d'emploi, augmentation de la production d'aliments, support au tourisme, nouvelles opportunités pour le développement local (CARDOT a, 2001).

**III. 2. Rôle de traitement des eaux usées sur la santé des être vivants:**

Lors de l'épidémie d'hépatite infectieuse à New Delhi en 1955, à la suite d'une infection des eaux d'alimentation de la ville par des eaux usées, l'intensification des procédés de filtration et de stérilisation ne réussirent pas à supprimer les effets du virus, bien qu'elle ait pu les atténuer dans une certaine mesure. La décantation avec floculation et la filtration sur diatomée de l'eau contaminée par ce virus n'étaient pas efficaces du fait que 40% des personnes ayant bu l'eau ainsi traitée ont eu la maladie (VAILLANT ,1973). Les traitements d'épuration biologique des eaux usées sont d'une efficacité faible ou nulle pour éliminer le virus. Seuls des traitements complémentaires de stérilisation des effluents épurés peuvent être utiles (VAILLANT ,1973).

Spectre et ses collaborateurs ont démontré que la décantation avec coagulation et la filtration rapide sur sable arrêtent efficacement les kystes pouvant se trouver dans l'eau (VAILLANT ,1973).

Des chercheurs américains, ont étudié l'influence du traitement dans une station d'épuration d'eaux usées contenant des *Schistosoma japonicum*, ces œufs sont détruits, ou tout au moins leur nombre en est réduit par la décantation primaire suivie d'une

Digestion anaérobie des boues et d'une filtration intermédiaire sur sable mais ils peuvent Traverser les lits bactériens ou éclore dans les boues activées (VAILLANT,1973).

### **III. 3. Rôle de traitement des eaux usées sur la fertilisation des sols (L'utilisation agricole des boues):**

Les boues de la station d'épuration constituent un excellent amendement organique, et quelque fois un engrais.

Elles sont donc très recherchées en agriculture, et ce débouché constitue même pour les petites stations le débouché principal.

La limitation provient du caractère saisonnier des utilisations agricoles et des difficultés d'épandage (VALIRON, 1989).

#### **✓ Utilisation sous forme liquide:**

Si les boues sont relativement stables, ce qui est le cas après un traitement à faible charge, et si on dispose de silos de stockage on peut procéder à une utilisation direct par épandage. Cette utilisation est très largement pratiquée par les petites stations en zone rurale (VALIRON, 1989), (ROBERT ,1996).

#### **✓ Utilisation sous forme de compost:**

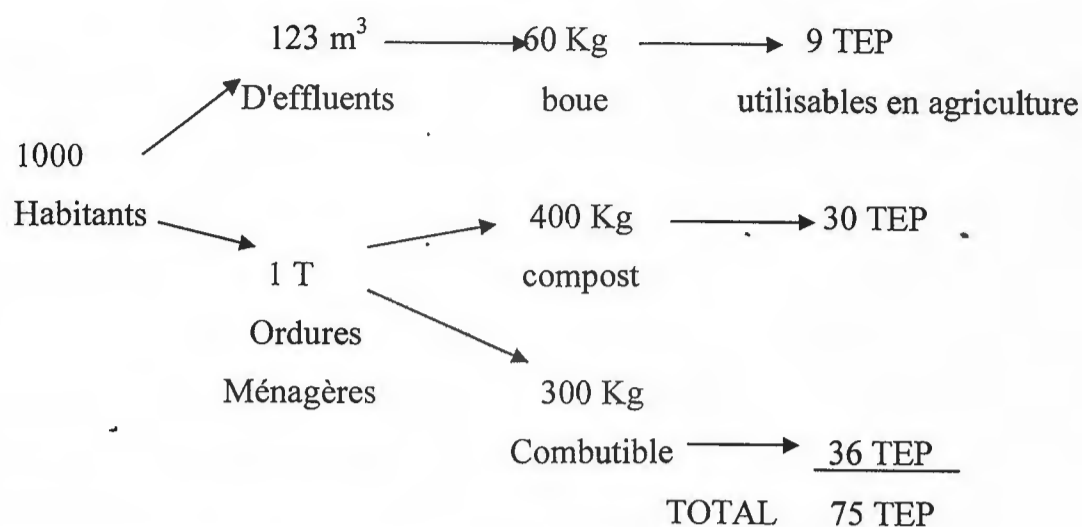
On peut produire, à partir des boues légèrement déshydratées, un compost en mélangeant les boues avec un support (sciure de bois) qui apporte à la fois du carbone et qui absorbe une partie de l'eau. Après fermentation aérobie on aboutit à un produit stable, stockable, et dont la valeur est intéressante.

Le compost est produit dans les grandes stations par des procédés mécaniques élaborés (procédés BAV etc..), et dans les plus petites stations, par des Méthodes plus artisanales. (VALIRON, 1989).

Il convient de citer d'autres procédés qui mélangent les boues avec des ordures ménagères, des déchets de l'industrie agro-alimentaire ect. Qui en sont encore aux stades des prototypes.

Cette valorisation agricole des boues est en fait une récupération d'énergie, si on parle en engrais équivalent.

Il est intéressant de noter que les déchets produits par 1000 habitants représentent annuellement en énergie équivalente 75 tonnes équivalent pétrole (TEP) selon le schéma suivant :



Les boues des stations d'épuration ne représentent que 12% de ces possibilités de récupération (VALIRON, 1989).

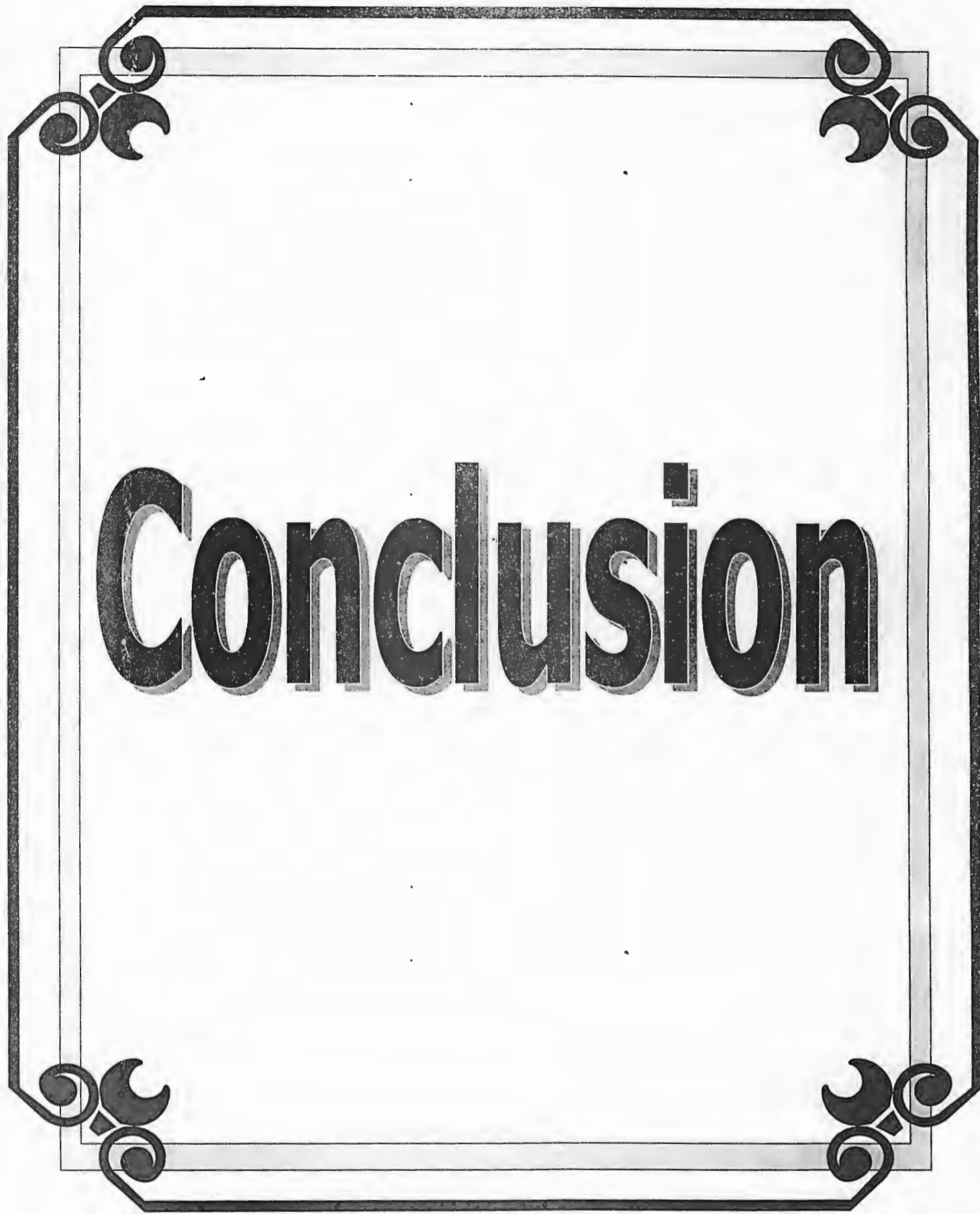
**Exemple :**

A la station d'épuration d'Achères, le traitement des eaux d'égout s'effectue selon le procédé des « boues activées », les « Boues fraîches » issues de la décantation primaire aux quelles s'ajoute la partie des boues activées en excès, sont « digérées », puis sont déshydratées, le produit de l'opération peut ainsi être utilisées comme humus dans l'agriculture (voir tableau 3) (VILAGINES, 2003)

**Tableau (3):** Apports d'éléments fertilisants par les boues d'Achères fertifond P apporté à 10 tonnes / ha (DUPUY, 1993).

Humus	290 Kg
N	20 Kg
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	210 Kg
K <sub>2</sub> O	34 Kg
MgO	85 Kg
CaO	950 Kg





# Conclusion

UNIVERSITÉ DE JIJEL

### **Conclusion:**

L'objectif que nous avons proposé d'atteindre à travers ce travail et d'affirmer ou de confirmer une éventuelle épuration des eaux usées domestique.

Le traitement sert d'éliminer leur charge organique et de limiter leur charge microbienne particulièrement pathogène, le traitement d'épuration comprend en générale 3 phases successivement: épuration primaire, secondaire et tertiaire.

Les résultats de ces procédés sont des boues activées qui sont utilisées dans l'agriculture comme des engrais pour la fertilisation des sols, et des eaux traitées qui sont réutilisées dans les usages quotidiens.



# Annexes

ANNEXE (1):

Liste des tableaux:

PAGE:

Tableau (01) : les organismes présents dans les eaux usées ..... 06

Tableau (02): quelques acides gras saturés et insaturés ..... 08

Tableau (03): apports d'éléments fort lisants par les boues  
D'Achères fortifond " P " apporté à 10 tonnes / ha ..... 33

ANNEXE: (2)

Liste des figures:

PAGE:

<b>Figure 01:</b> Rendement en DBO en fonction de la charge Surfacique (à 15° c) .....	16
<b>Figure 02:</b> Coupe spécifique d'un bio film épais .....	17
<b>Figure 03:</b> Boues activées: schéma de base .....	18
<b>Figure 04:</b> Processus de dégradation des matières organique En anaérobie .....	27





# Références

### Références bibliographiques:

- (1): BERNÉ. F, et COR DONIER. J, 1996. Traitement des eaux. Ed. IFP, P: (116 – 119).
- (2): GENIN.B, CHAUVIN. C, et MÉNARD. F, 2003. Cours d'eau. Pollution. Méthodes. IBGN et indices biologiques. Ed. Impression Design, P: (38-41).
- (3): BUEFERT et PERRAUD, 2001 – chimie de l'environnement: Air, eau, sol, déchets. Ed. BOECK, P: (322, 324, 330).
- (4): (a) CARDOT. C, 2001 – Génie de l'environnement (Techniques appliqués au traitement de l'eau). Ed. Ellipses, P [(139 – 147) (157 – 163) (171 – 201)].
- (5) : (b) CARDOT. C, 2001 – Génie de l'environnement (les traitements des eaux). Ed. Ellipses, P: (43, 107, 121,131).
- (6): (a) CHAUSSADE. L et MESTRALLEL. G, 1995. Mémento technique de l'eau. Ed. Dégremont, P: (788, 822, 933). Tome I.
- (7): (b) CHAUSSADE. L et MESTRALLEL. G, 1995 – Mémento technique de l'eau. Ed. Dégremont, P: (1556). Tome II.
- (8): DEFRANCESCHI. M, 1996. L'eau dans tous ses états. Ed. Ellipses, P: (78-99).
- (9): DESJADINS. R, 1990. Traitement des eaux. 2<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier, P: (1-3).
- (10) :DUPUY. G, 1993. La ville et le Génie de l'environnement. Ed. Presses ontes et chaussées, P: (58).
- (11): FEROME. Y, 2004 – Microbiologie. Ed. ISBAN, P: (841-842).
- (12): GROSCLAUDE. G et COORD, 1999 – L'eau usages et polluants. Ed. INRA, P: [(5-14), 85, (197- 202)].
- (13): GAID. A, 1984. Epuration biologique des eaux usées urbaines. Ed. Office des publications universitaires, P: [(116-119), (174-189)].Algérie
- (14): HASLAY. C et LECLERC. H, 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Lavoisier, P: (389, 390, 391).
- (15): LECLERC. H et MOSSE. L, 1990- Microbiologie tube digestif, l'eau et le climat. Ed. DOIN, P: (525).
- (16): OUALI. MS, 2001- Cours de procédés unitaires Biologiques et traitement des eaux. Ed. OPU, P: (67).
- (17): PELMONT. Y, 2005.. Biodégradation et Métabolismes. Ed. EDP, science, P: [(10,11) (115-118)].
- (18): QIERRE. Y, 1998- Microbiologie Alimentaire. Ed. GUIRAUD, P:(135,136).

- (19): ROBERT. M, 1996- Le sol: interface dans l'environnement, Ressource pour le développement. Ed. MASSON, P: (180,181)
- (20): SCRIBAN. R, 1999- Biotechnologie. Ed. TECBR, DOC, P: (167-281).
- (21): VAILLANT. JR, 1973- protection de la qualité des eaux, et maîtrise de la pollution controlode déverse ne d'eaux polluées. Ed. EYROLLER, P: (100-103)
- (22): VALIRON. F, 1989- Gestion des eaux. 2<sup>ème</sup> Ed. P: [(203-206), 215, 216)].
- (23): VILAGINES. R, 2003- Eau, Environnement et santé publique. 2<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier, P: (154,155).

## Summary:

The waste waters from domestic waters are rich in pollutants.

The treatment of these waters is made by processes such as biological processes that are:

- ✓ Bacterial beds: the level of this process, there is an elimination of suspended matter that is degraded by specific bacteria.
- ✓ Activated sludge: they are realized by aero anaerobic microorganisms, which form bioflocs then decanted.
- ✓ Produced Activated sludge will undergo an aerobic and anaerobic digestion by bacteria which have an important role on the environment.

Key words: waste water, biological treatment, activated sludge, bacterial beds, biodegradation.

## الملخص:

المياه المستعملة ذات مصدر منزلي هي مياه غنية بالمواد الملوثة ومعالجة هذه المياه تتم بطرق مختلفة منها الطرق البيولوجية وهي:

✓ المرشحات البكتيرية، على مستوى هذه الطريقة يتم نزع المواد المعلقة والتي يتم تهديمها ببعض البيكتيريا النوعية.

✓ الأوحال المنشطة ويتم بواسطة كائنات دقيقة نوعية التي تتكون مع المواد اللزجة ما يسمى بالأجسام الطافية، وهذه الأخيرة تترسب في أسفل الحوض وتشكل الأوحال المنشطة، وهذه الأخيرة تتعرض للهضم الهوائي واللاهوائي بواسطة البكتيريا والتي لها دور مهم في المحيط.

الكلمات المفتاحية: المياه المستعملة، المعالجة البيولوجية، الأوحال النشطة، المرشحات البكتيرية، الهدم الحيوي.

## Résumé:

Les eaux usées d'origine domestique sont des eaux riches en matières polluantes.

L'épuration de ces eaux est faite par des procédés tels que les procédés biologiques qui sont:

✓ Les lits bactériens: au niveau de ce procédé, il y a une élimination de la matière en suspension qui sont dégradées par des bactéries spécifique.

✓ Les boues activées elles s'effectuent par des microorganismes aéro-anaérobies, qui forment des bioflocs, puis se sédimentent.

✓ Les boues activées produits vont subissent à une digestion aérobie et anaérobie par des bactéries qui ont un rôle important sur l'environnement.

Mots clés: eaux usées, Traitement biologiques, boues activées, lits bactériens, biodégradation.