

**Conception des stations d'épuration des eaux usées**

# **TRAITEMENT BIOLOGIQUE AEROBIE DES GRAISSES :**

## **BIOMASTER G**

Maitre de stage ; **M.Baghdad OUDDANE**  
Présenté par : **Mohamad ALI**  
2012

Master II Traitement des eaux, Université de Lille 1



## Remerciement :

Le présent rapport a été effectués au laboratoire des ‘Chimie ‘ de l’université Science et Technologie de Lille 1, sous la direction de Monsieur le Professeur **Baghdad OUDDANE**, qu’il trouve ici l’assurance de ma haute considération. Je le remercie vivement pour avoir dirigé mon stage de master.

Enfin, je remercie vivement **mes parents** qui m’ont aidé et soutenu pour longtemps ainsi que les autres membres de ma famille. J’aimerais bien qu’ils trouvent ici mes remerciements les plus distingués et ma profonde gratitude pour tout ce qu’ils ont fait pour moi.

# Sommaire

<b>1.Introduction</b>	5
<b>2. Lesgraisses</b>	6
2.1. Principales caractéristiques	6
2.1.1. Définition	6
2.1.2. Aspect analytique	7
2.1.3. Origine des graisses	8
2.1.4 Caractérisation du déchet graisseux	8
2.2. Impacts et nuisances des graisses	9
2.2.1. Au sein des restaurants	9
2.2.2. En réseau d'assainissement	9
2.2.3. En station d'épuration	10
2.2.4 En milieu naturel	10
<b>3. Les différentes voies d'élimination des graisses</b>	11
3.1. La mise en décharge	11
3.2. Épandage	11
3.3. Compostage	11
3.4. Incinération	12
3.5. Le traitement biologique des graisses	12
3.5.1. Le traitement par voie anaérobie	12
3.5.2. Le traitement par voie aérobie	13
<b>4. Principe du traitement aérobie des graisses</b>	14
4.1. L'hydrolyse des tri glycérides	14
4.2. l'oxydation des acides gras	14
4.3. L'activité enzymatique	15
4.4. Mise en œuvre	15
4.4.1. les procédés en une seule étape	15
4.4.2. les procédés en deux étapes	16
4.5. Paramètres de fonctionnement et dimensionnement	17
4.5.1. Biomasse (g/l)	17
4.5.2. Charge massique (kg DCO/kg MVS/jour)	17
4.5.3. Charge volumique (kg DCO/m <sup>3</sup> réacteur/jour)	17
4.5.4. Temps de séjour hydraulique (jour)	17
4.5.5. Production de boue (kg de MVS/ par kg de DCO apporté)	18

4.5.6. Rendement épuratoire .....	18
<b>5. Principaux procédés existants .....</b>	<b>19</b>
5.1. Principales installations en fonctionnant .....	19
5.2. Principales spécificités des différents procédés .....	21
5.2.1. Le procédé Biolix .....	22
5.2.2. Le procédé Lipocycle .....	22
5.2.3. Le procédé Lipoflux .....	22
<b>6. Le procédé Biomaster G .....</b>	<b>23</b>
a- La version compact .....	23
b-la version autonome .....	23
6.1. La fosse de Dépotage .....	24
6.1.1 VOLUME .....	24
6.1.2. Le Dé-grillage .....	24
6.1.3. L'agitation .....	25
6.1.4. Le Transfert vers le bassin biologique .....	25
6.1.5 La Désodorisation .....	25
6.2. Le Réacteur biologique .....	26
6.2.1.La Charge Volumique .....	26
6.2.2. Concentration en biomasse dans le bassin et charge massique .....	27
6.2.3.Production de boues .....	27
6.2.4. Impact du recyclage .....	27
6.2.5.L'oxygénation .....	28
6.2.6.Le Brassage .....	28
6.3. Les Réactifs .....	29
6.3.1. Les Nutriments N et P .....	29
6.3.2. La Chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .....	29
6.4.Suivi analytique .....	29
6.5. Suivi du traitement .....	30
<b>7. Efficacité du Biomaster .....</b>	<b>31</b>
7.1. Efficacité du Biomaster G avec des additifs (Beauvois).....	31
7.2. Efficacité du Biomaster G sans additifs (Avesnes-sur-Helpe).....	32
<b>8. conclusion.....</b>	<b>33</b>
<b>9.Bibliographie.....</b>	<b>34</b>

# 1. Introduction

La préservation de notre environnement est devenue, l'une des préoccupations majeures de notre société. Cela concerne différents domaines tels que l'air, les sols ou, celui qui nous intéresse ici : l'Eau. Elle devient une denrée rare qu'il faut préserver. La pollution des eaux est un phénomène qu'il faut réussir à limiter ; c'est pourquoi les normes de rejets dans les fleuves et rivières sont de plus en plus strictes. A ces fins, de nombreuses lois et normes comme l'Arrêté du 2 février 1998 « relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation », ont été mises en places afin de veiller à ce que chacun, particulier ou professionnel, limite son impact dans les rejets qu'il émet, que se soit dans le milieu naturel ou dans les réseaux d'assainissement collectifs.

Les stations d'épurations (STEP) récentes, permettent de traiter les eaux usées de manière à ce que les rivières ne subissent aucune pollution. Elles sont aussi souvent dotées d'une désodorisation qui permet de limiter la pollution olfactive. L'un des problèmes dans le domaine de l'épuration est les nuisances engendrées par les graisses présentes dans l'effluent à traiter. Depuis 2002 les graisses ne peuvent plus être mises en décharge compte tenu d'une nouvelle réglementation qui considère ces déchets comme non ultime. cette modification de contexte a incité le Ministère de l'Environnement et l'AN- RED à chercher des solutions alternatives : épandage agricole, compostage, incinération ou traitement biologique. A cet effet, le Centre International de Recherche Sur l'Eau et l'Environnement (CIRSEE) a mis au point un procédé breveté de traitement biologique aérobie des graisses (N° 90.15.006 / 30.11.90).: Biomaster\* G.

la présente étude s'intègre dans le cadre d'un projet qui s'intéresse à la recherche des méthodes de traitement des graisses ; concrètement par voie biologique aérobie via procédure BiomasterG :

## 2. Les graisses

### 2.1. Principales caractéristiques

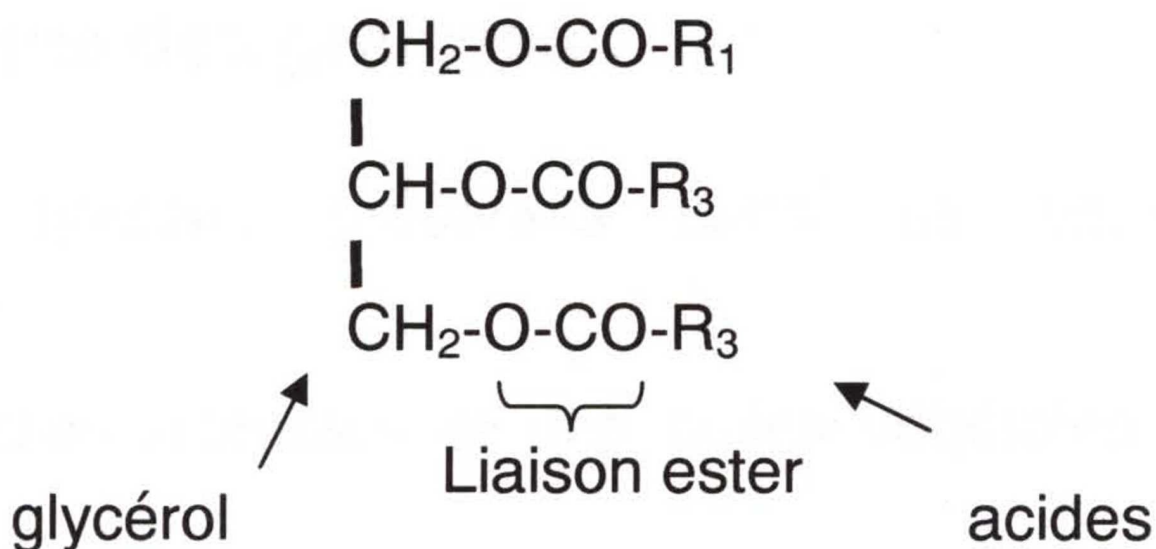
#### 2.1.1. Définition

Les graisses sont formées de différents composés chimiques appartenant à la famille des lipides. Les lipides sont des esters formés à partir de la réaction entre un alcool et un acide gras.

La réaction inverse est l'hydrolyse d'un lipide, elle est favorisée en milieu basique.

Le caractère insoluble des lipides dans l'eau croît avec la longueur de la chaîne carbonée. Cependant, dans certains solvants organiques, on observe une bonne solubilité. La densité des lipides étant inférieure à 1, les graisses sont facilement séparables de l'eau par flottation. A température ambiante, les graisses sont le plus souvent sous forme solide.

Les graisses présentes dans les eaux résiduaires sont essentiellement composées de triglycérides. Ces derniers constituent environ 95% des huiles et graisses animales et végétales de consommation. Les triglycérides sont des lipides résultant de la combinaison d'une molécule de glycérol avec 3 acides gras. La formule chimique d'un triglycéride est la suivante :



*Fig. 1 : Schéma d'un triglycéride.*

Lorsque les trois acides gras  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$  et  $\text{R}_3$  sont identiques, on parle alors de tri-

glycérides. simples. A l'inverse, lorsque les acides gras sont différents, on parle de tri-glycérides. mixtes. Les acides gras sont des monoacides aliphatiques linéaires comprenant un nombre variable d'atomes de carbone.

Les acides gras se différencient entre eux :

- par la longueur de leur chaîne carbonée qui varie de  $C_4$  à  $C_{32}$  , le caractère gras n'apparaissant qu'à partir de 6 carbones. Dans notre domaine d'étude, les principaux acides gras sont généralement composés de 12 à 18 carbones.
- par le degré de saturation de la chaîne carbonée. Un acide gras est dit saturé lorsqu'il y a absence de doubles liaisons sur la chaîne hydrocarbonée. La biodégradabilité d'un corps gras est favorisée par un faible degré de saturation. Le point de fusion d'un corps gras augmente avec la longueur de la chaîne carbonée et diminue avec le nombre d'insaturations .

### 2.1.2. Aspect analytique

Deux paramètres essentiels caractérisent les graisses : les MEH et la DCO.

Les matières extractibles à l'hexane (MEH) permettent de connaître la teneur en graisses d'un échantillon. D'autres solvants d'extraction peuvent être utilisés, tel que le chloroforme, le dichlorométhane ou le tétrachlorure de carbone.

La demande chimique en oxygène (DCO) permet de déterminer la quantité de pollution apportée par les graisses en mesurant la quantité d'oxygène nécessaire pour leur oxydation.

Les autres paramètres permettent de compléter la caractérisation des graisses :

- les matières sèches (MS) exprimée en g/l
- les matières volatiles (MV) exprimée en pourcentage de matières sèches ou en g/l.
- le pH
- la teneur en azote et en phosphore (détermination d'éventuelles carences pour le traitement biologique)
- le ratio DCO/MEH
- le ratio DCO/MS

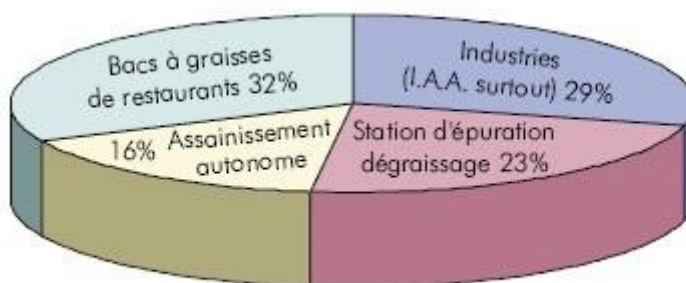
### 2.1.3. Origine des graisses

Les matières grasses présentes dans les eaux résiduaires proviennent principalement :

- des graisses animales et des huiles végétales évacuées par les eaux de cuisine
- des excréta humains des eaux vannes.
- des eaux de lessives (acides gras dans les savons et détergents anioniques)
- des lipides bactériens libérés par auto-lyse
- des effluents industriels des industries agro-alimentaires
- On considère généralement une production de 15 à 20 g de lipides par EH. Une partie de ces graisses est récupérée au niveau du prétraitement des stations d'épuration, lors de l'étape de dés-huilage/dégraissage.

En plus des matières grasses récupérées dans les eaux résiduaires, le gisement graisseux en France comprend :

- la collecte des bacs à graisses des restaurants
- des sous-produits d'industries du secteur agro-alimentaire
- la vidange des chapeaux graisseux de l'assainissement autonome
- Au total, on estime entre 300 000 et 450 000 m<sup>3</sup> le volume de déchets graisseux collectés chaque année en France (Cemagref 2001). Les progrès de l'assainissement (hausse du taux de raccordement, prétraitements plus efficaces) font que ce gisement est en augmentation.



*Fig. 2 : Origine des graisses (Maillet, 1997)*

### 2.1.4 Caractérisation du déchet graisseux

Après avoir étudié plusieurs sites de traitement de graisses, le Cemagref a établi une composition moyenne des déchets graisseux raclés issus des prétraitements. Ces valeurs peuvent être comparées avec d'autres :



*Tableau. 1 : valeurs peuvent être comparées avec d'autres.*

Paramètre	Unité	Résultat Cemagref	résultats 4 stations
DCO	g/l	181 ± 64	109
Lipides	g/l	69 ±25	46
DCO/MEH		2,76	2,37
NTK	mg/l	1079	
Pt	mg/l	455	
DCO/N/P		100/0,6/0,25	
MS	g/l	92	98,7
MV	g/l	80	68,3
MV	% MS	87	86,1
DCO/MV		2,26	1,64
MEH/MV		0,86	0,72

*Source : Cemagref – Saur 2001*

## 2.2. Impacts et nuisances des graisses

Les problèmes causés par les graisses et plus particulièrement par leur figeage ou leur rancissement interviennent à différents niveaux, du restaurant jusqu'au milieu naturel.

### 2.2.1. Au sein des restaurants

Dans les restaurants, le rancissement des graisses dans les siphons peut provoquer des problèmes d'odeurs. De plus, l'obstruction des canalisations peut engendrer des inondations locales au niveau des cuisines, ou des débordements des séparateurs à graisses.

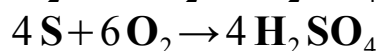
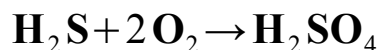
### 2.2.2. En réseau d'assainissement

Du fait de leur solidification à température ambiante, les graisses entraînent des problèmes d'obstruction des réseaux d'assainissement. De plus, ces dépôts graisseux créent des zones anaérobies où prolifèrent des micro-organismes générateurs de deux types de composés :

- l'hydrogène sulfuré (  $H_2S$  ), hautement toxique pour le personnel égoutier,

dangereux pour l'environnement et extrêmement inflammable. En effet, les sulfates et le soufre élémentaire peuvent être réduits en  $\text{H}_2\text{S}$ . Ce processus, connu sous le nom de sulfatoréduction, est le fait de micro-organismes appartenant à différents genres dont Desulfovibrio, Desulfotomaculum et Desulfomonas. On note également des problèmes d'odeurs causés par le dégagement de  $\text{H}_2\text{S}$  (odeur « d'œuf pourri »)

- l'acide sulfurique, très corrosif est donc responsable des phénomènes de dégradation des matériaux et des ouvrages :



### 2.2.3. En station d'épuration

Dans un premier temps, les graisses causent les mêmes problèmes qu'en réseau d'assainissement, à savoir le colmatage des canalisations et des pompes, ou des nuisances olfactives. De plus, au niveau du traitement biologique, un film graisseux peut se former à la surface de l'ouvrage, réduisant ainsi les échanges entre l'effluent et l'air, empêchant une bonne oxygénation du milieu ce qui pourra entraîner une baisse d'activité des bactéries aérobies lors de la nitrification par exemple. (Un ajout de 10mg/L de lipides dans un bassin d'aération abaisse la dissolution de l'oxygène de 10%). Enfin, l'apport de lipides engendre une augmentation non négligeable de la charge polluante en STEP, puisque 35% de la DCO d'un effluent type serait composé de déchets graisseux.

### 2.2.4 En milieu naturel

Les graisses rejetées en milieu naturel vont provoquer une consommation de l'oxygène dissout entraînant des problèmes localisés d'anoxie.



*Fig. 3 : les graisses entraînent d'obstruction des réseaux d'assainissement.*

## 3. Les différentes voies d'élimination des graisses

### 3.1. La mise en décharge

Les problèmes de mise en décharge des déchets graisseux sont apparus en 1985 dans la région parisienne. Selon une étude réalisée en 1989 par De Lauzanne, la destination des résidus graisseux se répartissait en 1983 comme indiqué par le tableau 2 :

*Tableau . 2 : Destination des résidus graisseux en 1983*

Destination	Pourcentage concerné %
Épandage agricole	28
Dépôt en station d'épuration	37
Mise en décharge	30
Divers (dont incinération)	5

*Source : L'eau, l'industrie, les nuisances – N 158 – Octobre 1992*

Depuis le 1er juillet 2002, seuls les déchets ultimes sont normalement admis en décharge (loi du 13/07/1992). En réalité, la mise en décharge est encore possible mais seulement avec une autorisation de l'administration.

Cette solution n'est donc que temporaire puisqu'à terme seuls les déchets ultimes seront admis en centre d'enfouissement technique. Il est donc important de proposer des solutions alternatives aux collectivités afin qu'elles puissent respecter la réglementation.

### 3.2. Épandage

Les graisses ne peuvent être épandues quelles que soit leur provenance (décret du 8 déc 1997). De plus, les déchets graisseux sont hautement fermentescibles et ne présentent que peu d'intérêt du point de vue de la fertilisation.

### 3.3. Compostage

Cette voie d'élimination est possible si l'installation de compostage est autorisée à

recevoir ce type de déchets. Les graisses sont mélangées avec des d'autres déchets (végétaux, sciure...) qui jouent le rôle de support.

Les cinétiques de dégradation sont lentes en compostage et la fermentation des graisses entraîne des nuisances olfactives. Il faut également pouvoir valoriser le compost en trouvant des débouchés sur le marché local.

### **3.4. Incinération**

Le fort pouvoir calorifique des graisses permet d'utiliser ce produit comme combustible, si on veille à respecter une déshydratation suffisante. L'incinération peut être réalisée spécifiquement ou conjointement à des ordures ménagères ou des boues de station d'épuration.

Le coût de cette voie d'élimination est important et il est nécessaire de trouver un four pouvant accepter ce surplus calorifique.

### **3.5. Le traitement biologique des graisses**

Le traitement biologique des graisses est encore assez peu connu. Il permet la dégradation des graisses en eau et en dioxyde de carbone par des microorganismes spécialement adaptés à ce substrat.

#### **3.5.1. Le traitement par voie anaérobie**

Ce traitement comporte trois phases : hydrolyse et solubilisation puis action des bactéries dans l'acétogénèse et la méthanogénèse. Les charges volumiques appliquées se situent entre 5 et 10 kg DCO/m<sup>3</sup> réacteur/jour.

les conditions optimales sont un pH entre 6 et 8, une température entre 30 et 40 °C et un potentiel redox inférieur à - 350 mV.

Il permet de bonnes performances et il s'appliquerait plutôt à des unités centralisées de traitement des graisses, le procédé anaérobie étant économiquement plus intéressant à grande échelle ; mais il est difficile à contrôler le faible taux de renouvellement de la population bactérienne. En exploitation, on peut redouter la formation d'une croûte surnageante et l'acidification du milieu (ANRED, 1989, M. Defaye).

Les rendements d'élimination varient entre 50 à 60 % pour les MES et la DCO totale. Les volumes de gaz produits sont de l'ordre de 0,5 m<sup>3</sup> de gaz/kg de DCO éliminé dont 60 à 65 % de méthane et 30 à 35 % de CO<sub>2</sub> (AESN, 1994). et Il est également

réalisable puisque des charges en DCO supérieures à  $6 \text{ kg.m}^3/\text{j}$  ont été appliquées avec des rendements d'élimination de plus de 90% (FRIT J.M. et al., 1991).

### **3.5.2. Le traitement par voie aérobie**

Ce type de traitement permet d'obtenir de bonnes performances tout en limitant les contraintes d'exploitation. Ce traitement ne génère aucun sous-produit et l'effluent de sortie peut être directement dirigé soit vers le bassin d'aération de la station soit vers la filière de traitement des boues.

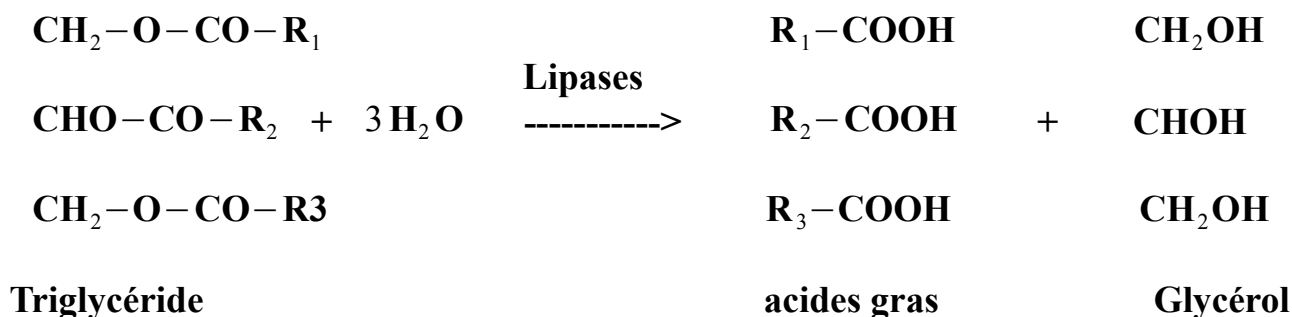
## 4. Principe du traitement aérobie des graisses

Le traitement biologique par voie aérobie est plus simple à mettre en oeuvre et les bactéries en présence sont plus résistantes que celles impliquées dans un procédé anaérobie. Il consiste à dégrader les matières grasses par une biomasse acclimatée. En présence de substrat gras, les bactéries fabriquent des enzymes spécifiques capables de décomposer les graisses. La décomposition se fait en deux étapes successives : l'hydrolyse des lipides en acides gras, puis l'oxydation des acides gras libres en dioxyde de carbone et en eau.

### 4.1. L'hydrolyse des triglycérides

Lors de cette étape, la coupure des fonctions esters donne une molécule de glycérol et trois molécules d'acides gras libres. La réaction génère la formation de composés intermédiaires, les diglycérides et les monoglycérides. Dans un réacteur biologique, la réaction est réalisée grâce aux lipases.

Les lipases sont des enzymes sécrétées à l'extérieur de la cellule, qui sont des enzymes qui catalysent l'hydrolyse des liaisons esters des glycérides en libérant des acides gras. Ces réactions sont consécutives, simultanées et co-courantes, suivant le processus reporté sur la figure ci-dessous :



*Fig. 4 : Hydrolyse des triglycérides (Lehninger A.L., 1972).*

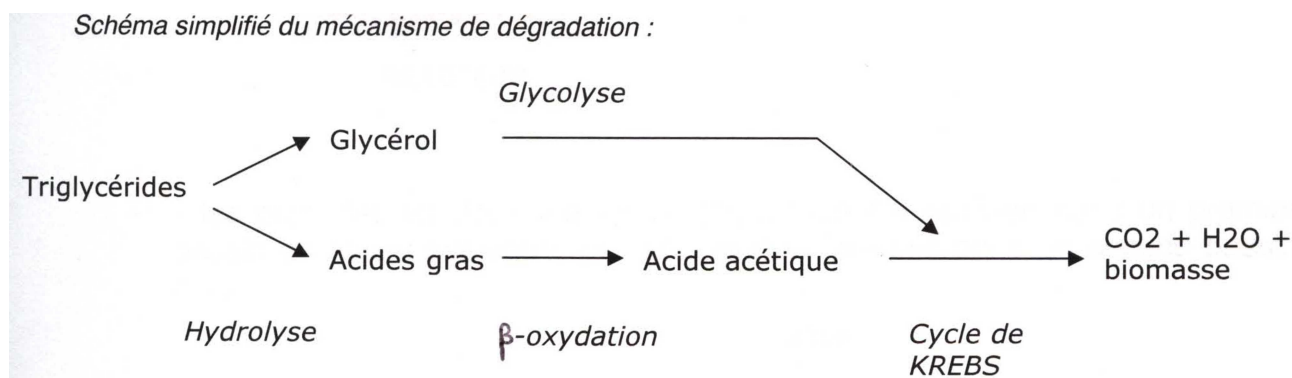
Le pH est un paramètre important pour de l'activité enzymatique lors de l'hydrolyse, avec une valeur optimum proche de  $\text{pH} = 8$ .

La libération d'acides gras lors de l'hydrolyse fait descendre le pH qui peut atteindre des valeurs très faibles. Il est donc nécessaire de corriger le pH à la chaux ou à la soude.

### 4.2. l'oxydation des acides gras

En épuration des eaux, le processus biochimique de cette réaction est encore mal

défini ; Les acides gras formés lors de l'hydrolyse sont décomposés par ruptures successives des chaînes carbonées. Cette réaction intracellulaire, catalysée par des enzymes, aboutit à la formation de  $\text{CO}_2$ , d'eau et de biomasse. Elle doit être réalisée dans un milieu aérobie avec un pH entre 7 et 8. La coupure s'effectue sur le carbone situé en B de la fonction carboxylique, d'où le nom de B-oxydation. Plus connue sous le nom spirale de LYNEN (LEHNINGER, 1972).



*Fig. 5 : Schéma simplifié du mécanisme de dégradation*

### 4.3. L'activité enzymatique

la dégradation des lipides est favorisée par les réactions enzymatiques. La lipase, soluble dans l'eau, agit sur des molécules à l'état émulsionné et insoluble. Un procédé biologique fonctionnera d'autant mieux que les graisses seront finement disposées ou émulsionnées. Ces lipases ont un spectre d'activité très large en ce qui concerne le pH et la température notamment. Ce potentiel permet d'obtenir, après sélection sur une flore bactérienne étendue, un mélange bactérien optimal pour la dégradation des lipides dans les conditions considérées.

l'étude et la compréhension de ces phénomènes a permis de développer le procédé de traitement biologique des graisses Biomaster G.

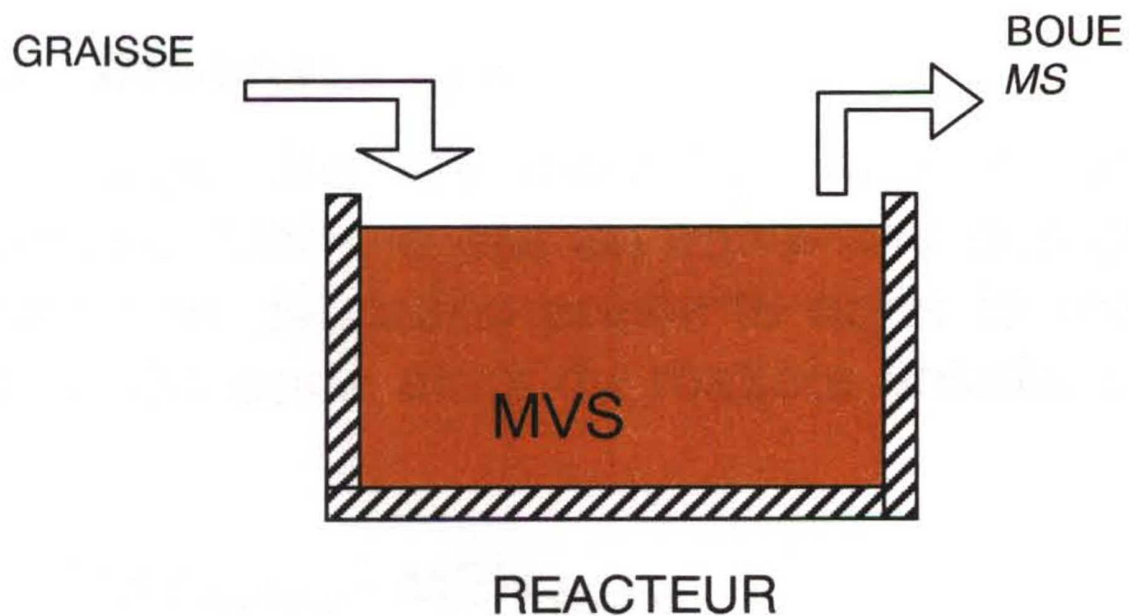
### 4.4. Mise en œuvre :

Les procédés recensés sur le marché Français peuvent être classés en deux catégories :

#### 4.4.1. les procédés en une seule étape :

où les deux réactions d'hydrolyse et d'oxydation ont lieu dans un même et unique réacteur. Il s'agit d'un bassin classique équipé d'un système de brassage et d'aération.

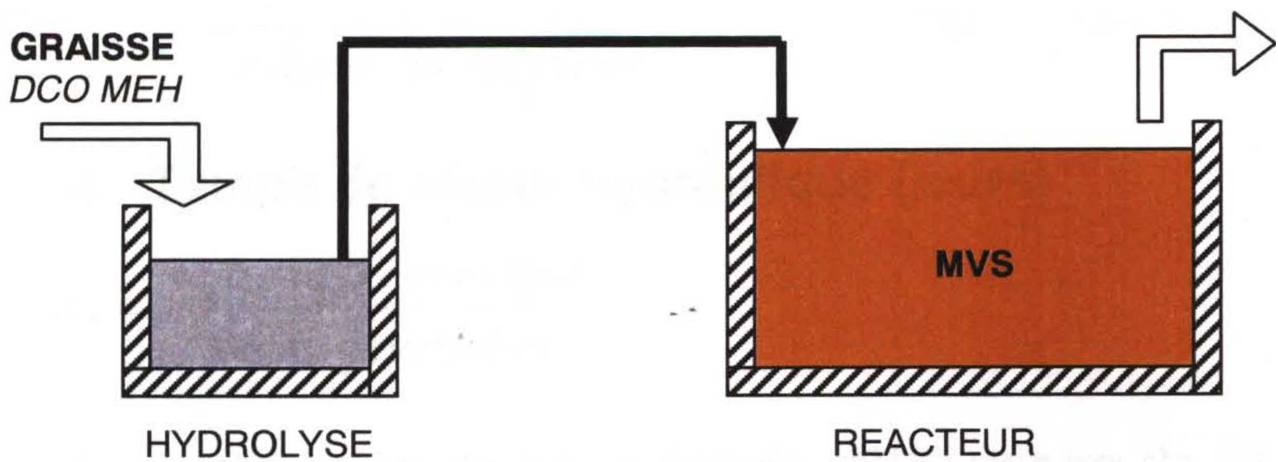
Les charges volumiques sont comprises entre 1,1 et 1,4 kg MEH/m<sup>3</sup>/jour. (**Fig. 6** )



*Fig. 6 : les procédés en une seule étape .*

#### 4.4.2. les procédés en deux étapes

où l'hydrolyse est réalisée dans un premier bassin en milieu anoxique, et l'oxydation se déroule dans un second bassin aéré. (**Fig. 7** )



*Fig.7 : les procédés en deux étapes .*

Des variantes avec injection de bio-additifs sont également disponibles. Il s'agit de produits contenant des bactéries lyophilisées et sélectionnées pour leurs propriétés lipolytiques. Le réacteur estensemencé par une quantité importante de bactéries lors du lancement du traitement. Ensuite, des injections quotidiennes en faible quantité



permettent de maintenir la biomasse en place et d'éviter la prédominance ou la disparition d'une souche bactérienne. Cet ensemencement régulier augmente le coût d'exploitation. Ce procédé est généralement destiné au prétraitement des déchets gras concentrés (industrie agro-alimentaire) ou des eaux grasses.

## **4.5. Paramètres de fonctionnement et dimensionnement :**

Le traitement biologique des graisses nécessite uniquement un bassin d'aération spécifique pour le développement de micro-organismes aérobies.

Les ouvrages ou équipements précédant de ce bassin ont pour seule fonction ; la préparation du déchet gras afin de faciliter son transport, de répartir les variations de charge, d'accélérer le traitement par une hydrolyse chimique et éventuellement de rectifier le pH. Ces traitements préalables ne sont pas obligatoires mais ils limitent les contraintes d'exploitation lors de l'injection du déchet gras dans le réacteur biologique et améliorent les performances du système.

### **4.5.1. Biomasse (g/l)**

La mesure des MV dans le réacteur est souvent assimilée à la mesure de la biomasse. Dans le cas du traitement des graisses, il faut tenir compte de la part de lipides non dégradés présents dans le réacteur et qui sont également volatiles à 550°C. On parle alors de matière volatile corrigée. La valeur réelle de la biomasse est :

$$MV = MV_{\text{réacteur}} - MEH_{\text{réacteur}}$$

### **4.5.2. Charge massique (kg DCO/kg MVS/jour)**

$$C_m = \frac{\text{kg de DCO injecté par jour}}{\text{quantité de biomasse (MVS)}} \quad \text{ou} \quad C_m = \frac{\text{kg de MEH injecté par jour}}{\text{quantité de biomasse (MVS)}}$$

### **4.5.3. Charge volumique (kg DCO/m<sup>3</sup> réacteur/jour)**

$$C_v = \frac{\text{kg de DCO injecté par jour}}{\text{volume du réacteur}} \quad \text{ou} \quad C_v = \frac{\text{kg de MEH injecté par jour}}{\text{volume du réacteur}}$$

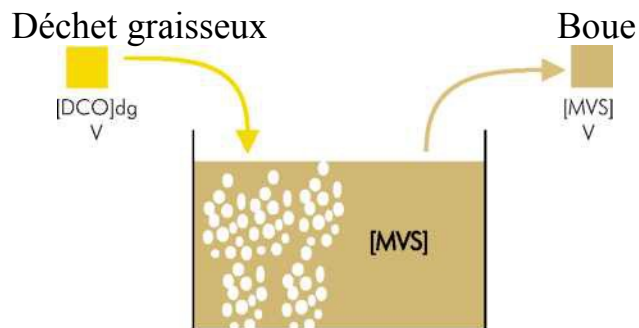
### **4.5.4. Temps de séjour hydraulique (jour)**

$$TSH = \frac{\text{Volume du réacteur}}{\text{Débit journalier}}$$

À partir, les trois paramètres de dimensionnement préalablement fixés , on obtient :

$$[MVS] = \frac{C_v}{C_m}$$

$$[DCO]_{dg} = \frac{C_v}{TSH}$$



*Fig. 8 : Schéma simplifié du traitement (Cemagref 2001)*

avec :

**[DCO] dg** : concentration en DCO du déchet graisseux (en g/l)

**V** : volume de déchet graisseux injecté par jour ou volume de biomasse évacué par jour (en m<sup>3</sup>/j)

**[MVS]** : concentration en MVS dans le réacteur (en g/l)

#### 4.5.5. Production de boue (kg de MVS/ par kg de DCO apporté)

$$PB = \frac{[MVS]}{[DCO]_{graisse}}$$

#### 4.5.6. Rendement épuratoire :

$$\rho = \frac{\text{Flux entrée} - \text{Flux sortie}}{\text{Flux entrée}} = \frac{C_{entrée} \times V_{entrée} - C_{sortie} \times V_{sortie}}{C_{entrée} \times V_{entrée}}$$

Quantité de biomasse produite journalièrement = Quantité de biomasse évacuée journalièrement

Charge à traiter x Production de boue = Volume de sortie ou d'entrée x concentration en MVS dans le réacteur

$$(V \times [DCO]_{dg}) \times PB = V \times [MVS]$$

## 5. Principaux procédés existants

Tous les grands groupes présents sur le marché proposent des procédés de traitement biologique aérobie des graisses. Les bases de dimensionnement annoncées de ces procédés sont résumées dans le tableau suivant :

*Tableau . 3 Comparaison entre les Principaux procédés existants*

Procédés	Biomaster G	Biolix	Lipocycle	Lipoflux	Carbofil
Concepteur	Degremont	OTV	Stereau	Stereau	Ab Reacteur
ETAPES	1	1	1	2	2
Temps de séjour(jours)	20	20	15 à 20	10 à 15	15 à 25
Cv (kg DCO/ m <sup>3</sup> /j)	2,5	2,5 à 4	3	5,1	10
Cv (kg MEH/m <sup>3</sup> /j)	1,1	1,1 à 1,7	1,2	2,2	4,5
Plage de température	Mésophile	Mésophile	Mésophile	Thermophile	Thermophile
Spécificités du process	Fonctionnement en continu ou par bâchées	Possibilité de traitement conjoint avec d'autres effluents	Alimentation et extraction par cycles automatiques	Absence de dilution du déchet graisseux	Procédé bi-étagé : 1ère étape : hydrolyse anaérobie 2ème étape : oxydation aérobie

*Source : Biomasse Normandie, Cemagref (2001) et Environnement et techniques (Mai 2002)*

### 5.1. Principales installations en fonctionnement

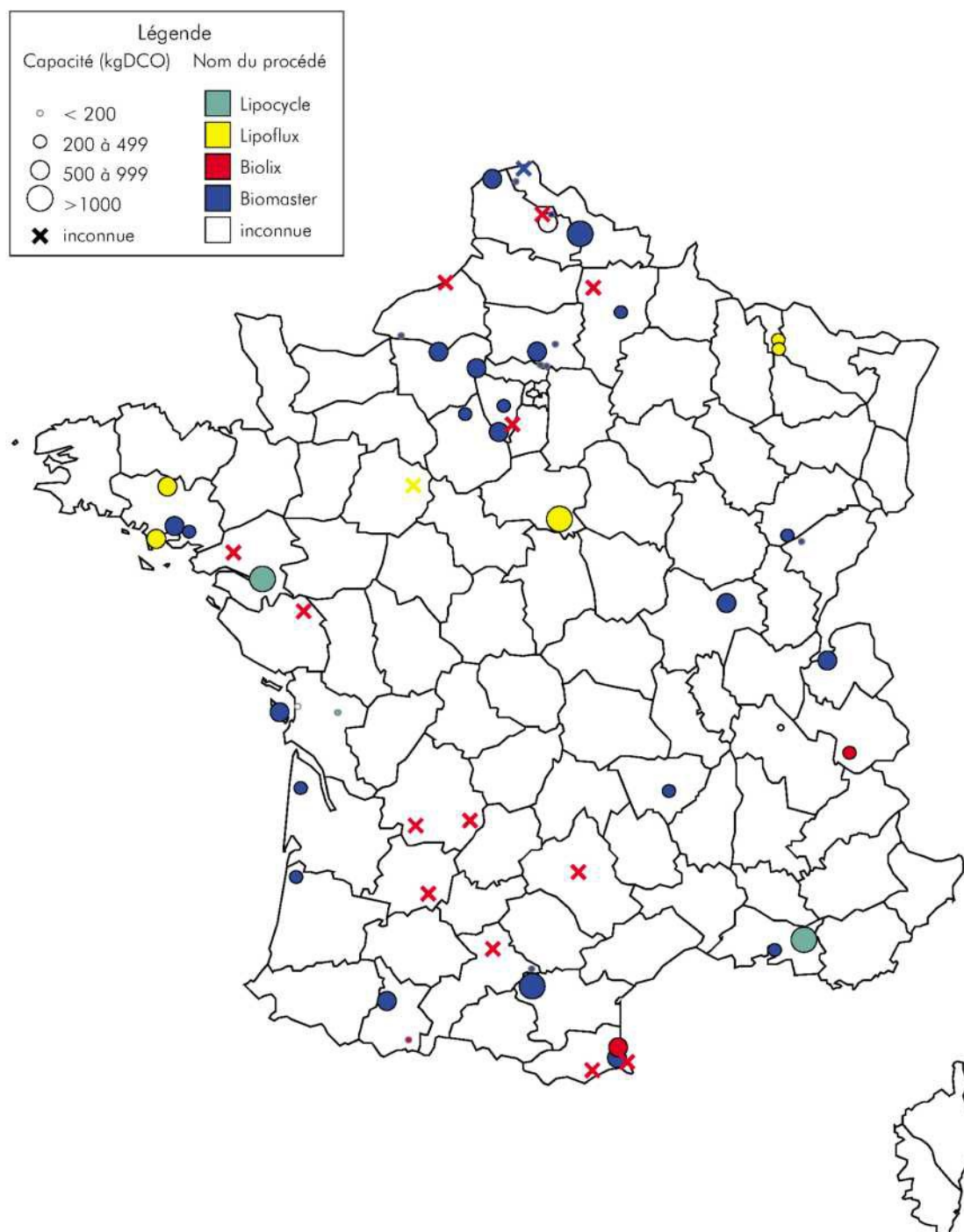
En 1998, 59 sites en fonctionnement ont été recensés, principalement implantés sur des collectivités (à l'exception d'une installation située chez un industriel).

La répartition par procédé est la suivante :

*Tableau. 4 : Principales installation fonctionnant en 1998.*

Procédés	Biomaste G	Biolix	Lipocycle	Lipoflux	Non déterminé	Total
Nombre d'installations en service	31	16	3	6	3	59
% du total	53	27	5	10	5	100

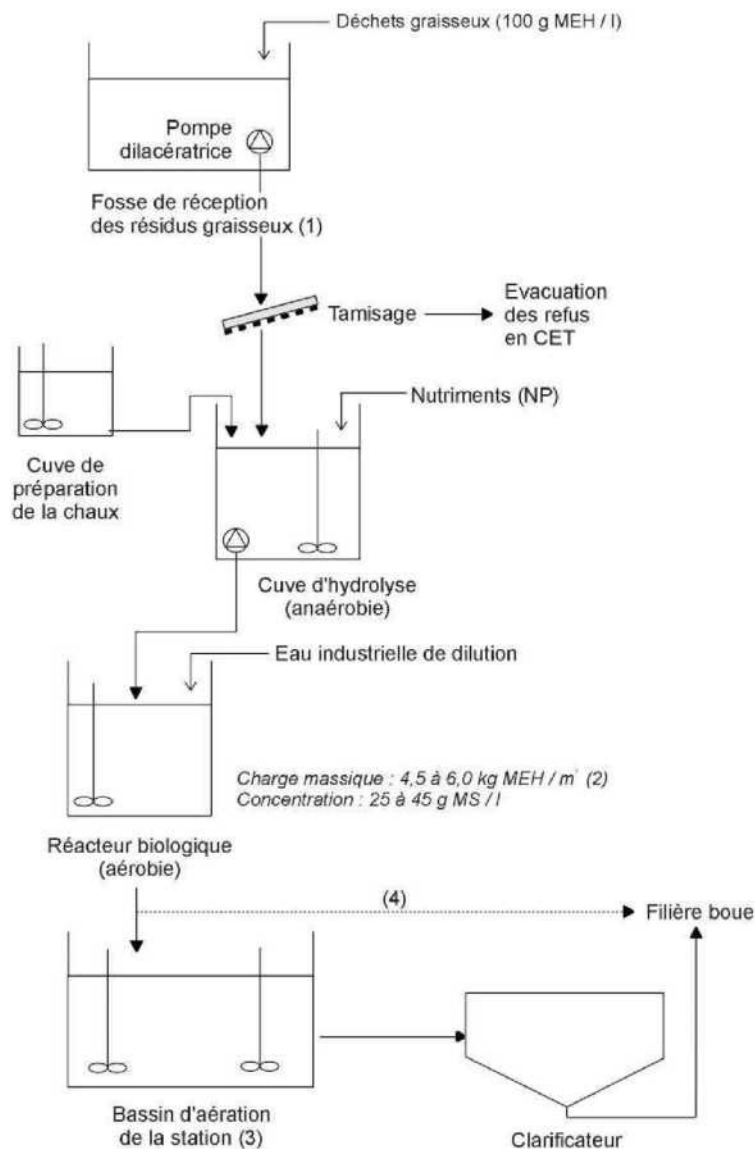
*Source : Cemagref 2001.*



*Fig. 9 : La répartition géographique et les capacités de traitement de ces installations sont celles mentionnées sur cette carte. (Cemagref 2001)*

## 5.2. Principales spécificités des différents procédés

Le principe de fonctionnement des différentes unités de traitement est très proche et se distingue principalement par le degré d'automatisation du process (**Fig. 10**) :



*Fig. 10 : Synoptique d'une installation de traitement aérobie des graisses (Schéma départemental d'élimination des matières de vidange et assimilés – 2004)*

### **5.2.1. Le procédé Biolix**

Le Biolix propose une variante avec un traitement conjoint des graisses et des retours de traitement de digestion des boues (brevet OTV), ainsi qu'un traitement intermédiaire suffisant pour obtenir un substrat soluble intéressant pour la déphosphatation biologique ou la dénitrification.

### **5.2.2. Le procédé Lipocycle**

Les alimentations en graisses et les extractions de boue du réacteur de traitement se font par cycles automatiques. Il peut être alimenté directement par le (ou les) dégraisseur(s) du site ou depuis une fosse de stockage des résidus de dégraisseur et/ou des graisses extérieures au site. Il peut être à réacteur unique ou double selon la taille.

### **5.2.3. Le procédé Lipoflux**

La caractéristique principale de ce dernier procédé est l'absence de dilution du déchet graisseux. L'autre particularité est l'élimination du déchet graisseux par des bactéries thermophiles avec un fonctionnement entre 40 et 60 °C grâce à un calorifugeage du réacteur. L'alimentation et l'extraction de boues sont également cycliques.

## 6. Le procédé Biomaster G

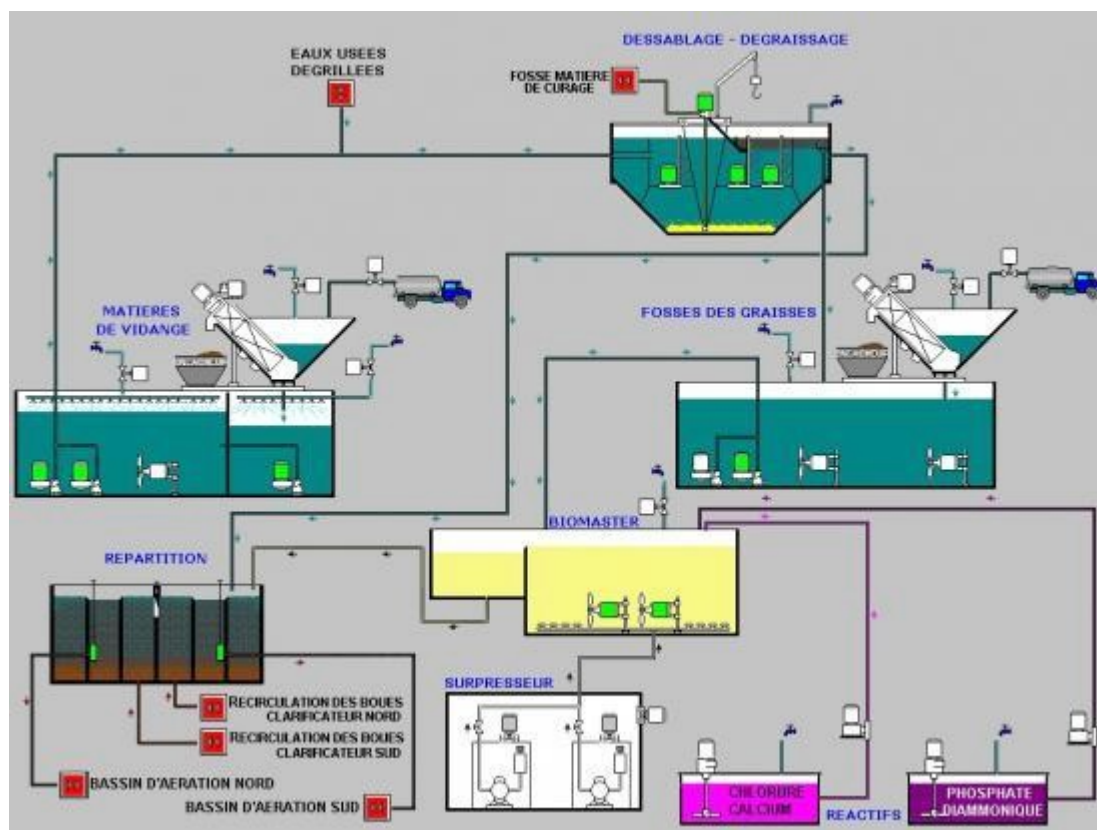
Le procédé de dégradation biologique aérobie des graisses BIOMASTER® G est proposé en deux versions qui vont être présentée ci-dessous.

### a- La version compact

est attenante à un prétraitement de dégraissage et permet d'éliminer au fur et à mesure les graisses extraites sur la station d'épuration par un transfert direct-entre la sur-verse du dégraissage et le bassin de traitement biologique des graisses .

### b-la version autonome

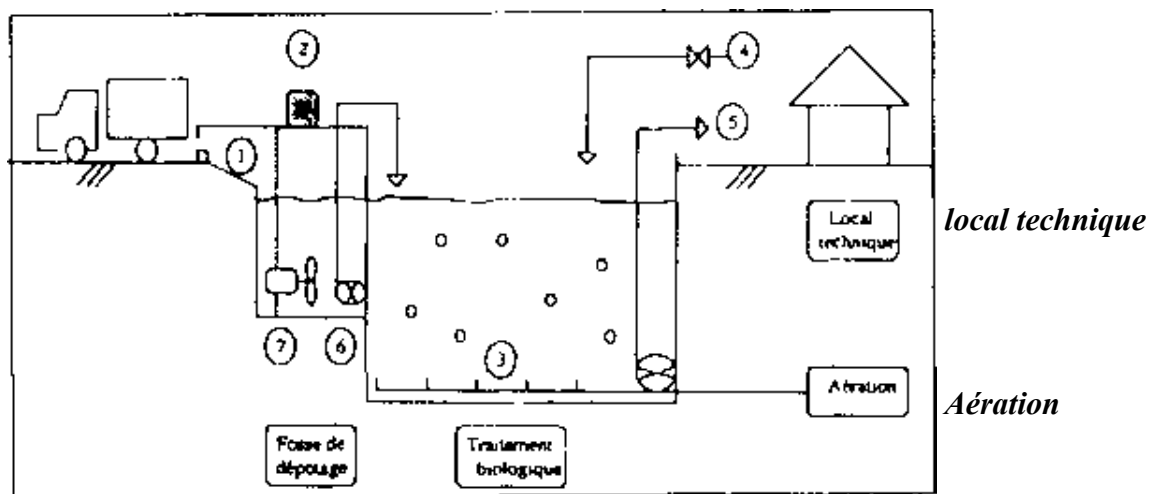
est plus complète et va être décrite ici en détail . il est possible dans ce cas de recevoir des rejets provenant de l'extérieur et de les traiter. l'installation se compose de deux parties principales : la fosse de dépotage et le bassin de traitement biologique.



*Fig. 11 : Biomaster G dans la station d'épuration .*

## 6.1. La fosse de Dépotage

Dans la fosse de dépotage sont réceptionnées les graisses provenant de la station d'épuration, de bacs à graisses, d'industriels, ....un canal de dépotage 1 assure le transfert des graisses jusqu' à la fosse . un système d'agitation 7 permet l'homogénéisation des graisses avant leur introduction dans le réacteur biologique . ce stockage intermédiaire a également pour but de permettre de contrôler et d'ajuster la charge qui sera envoyée ultérieurement sur le bassin de traitement biologique . une pompe 6 assure le transfert des graisses d'un ouvrage à l'autre . La fosse de dépotage est couverte et désodorisée 2 .



*Fig. 12 : Biomaster G, version autonome - La fosse de Dépotage (L'eau, l'industrie, les nuisances – N 158 – Octobre 1992)*

### 6.1.1 VOLUME

Après d'enquêter et d'évaluer le volume journalier de graisses arrivant sur la station, il sera possible la détermination du volume de la fosse de dépotage. Le calcul de ce dernier nécessite de connaître le nombre de camions à dépoter par jour et leur capacité .La fosse de dépotage peut être sujette à des problèmes de corrosion. Il conviendra donc de prévoir une protection.

### 6.1.2. Le Dégrillage

Un dégrillage sera installée en amont de la fosse de dépotage afin d'opérer des objets grossiers qui pourraient être contenus dans les matières destinées à être traitées. Sur les petites installations, une grille à nettoyage manuel avec évacuation des refus dans un bac prévu à cet effet pourra être installée. Sur les installations plus importantes, il



sera opportune de prévoir un dégrillage automatique.

### **6.1.3. L'Agitation**

Un agitateur immergé asservi à une sonde sera installé dans la fosse de dépotage, dont la fonction est assurer l'homogénéisation des graisses dans le bassin de stockage. Il est important de prévoir une agitation efficace de cette fosse afin d'obtenir un produit homogène en composition et en aspect. Un trop plein de sécurité permettra une évacuation vers la bêche toutes eaux en cas de débordement accidentelle.

### **6.1.4. Le Transfert vers le bassin biologique**

Une pompe adaptée permettra de relever les graisses concentrées de la fosse de dépotage vers le réacteur biologique et assurera un débit constant quelque soit la hauteur du liquide dans la bêche de dépotage. Le transfert vers le bassin biologique devra être réparti le plus régulièrement possible sur la journée.

### **6.1.5 La Désodorisation**

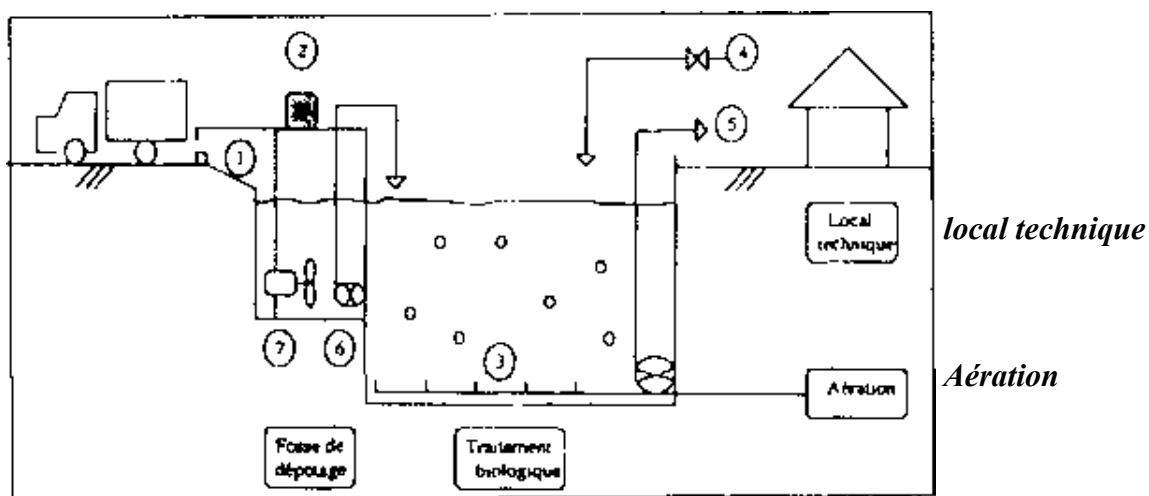
Afin de limiter les nuisances olfactives, il faudra dans tous les cas prévoir de couvrir et de désodoriser la fosse de dépotage.

## 6.2. Le Réacteur biologique

le substrat gras est injecté dans le réacteur biologique à une charge volumique de 2,5 kg DCO/m<sup>3</sup>/jour . l'aération est assurée par un système de diffusion d'air, en fond de réacteur 3 . l'injection d'air permet également le brassage du réacteur . le temps de séjour préconisé pour la dégradation des graisses est de 20 jours environ .

Il est nécessaire, pour garantir un développement optimum de la biomasse spécifique , de prévoir la possibilité d'équilibrer le substrat en terme de rapport C\N\P . un local permettra de stocker l'engrais agricole utilisé à cette fin .

la réaction conduit à une acidification du milieu par la libération des acides gras libres . une régulation de pH entre 6,5 et 7 est possible par injection de chaux . les ions de ce réactif offrent de plus l'avantage d'être des cofacteurs enzymatiques de la réaction lipolytique . une arrivée d'eau brute 4 doit être prévue afin de permettre de diluer les graisses entrantes lorsqu'elles sont trop concentrées . le rejet traité est évacué vers le bassin de traitement biologique de la station d'épuration 5. contrairement à de nombreux systèmes disponibles, ce procédé ne nécessite aucun apport extérieur régulier de biomasse sélectionnée.



*Fig. 13 : Biomaster G, version autonome - Le Réacteur biologique (L'eau, l'industrie, les nuisances - N 158 - Octobre 1992)*

### 6.2.1. La Charge Volumique

Le dimensionnement est réalisé à partir d'une charge volumique, dont la valeur de référence est :

$$C_v = 2,5 \text{ kg DCO.m}^{-3}\text{.j}^{-1}.$$

Il est donc possible de déterminer le volume du réacteur de la manière suivante :

$$V = \text{Quantité de graisses exprimée en DCO à traiter par jour} / C_v$$

### **6.2.2. Concentration en biomasse dans le bassin et charge massique**

La concentration en biomasse à maintenir dans le réacteur biologique ( $C_b$ ) est comprise entre 10 et 15 g MES.l<sup>-1</sup>.

### **6.2.3. Production de boues**

Compte tenu des données actuelles, la production de boues dans le réacteur biologique ( $P_b$ ) a été estimée entre 0,25 et 0,30 kg MS.(kg DCO entrant)-1.

Cette valeur permet de calculer la quantité de biomasse à extraire du système pour garder une concentration constante ( $C_b$ ).

Compte tenu de la concentration en biomasse dans le réacteur biologique, il est alors possible de déterminer le volume "de boues" à extraire chaque jour ( $V_e$ ).

$$V_e = P_b / C_b$$

La production de boues en excès doit être dirigée préférentiellement vers le bassin d'aération de la station d'épuration, ou vers la filière de traitement des boues, selon la proportion de graisses extérieures traitées. Ces boues actives facilitent le traitement des graisses qui n'ont pas été piégées au niveau du prétraitement. Pour plus de commodité, les boues en excès de BIOMASTER pourront être dirigées vers la filière de traitement des boues (épaississeur) ou éventuellement être retournées en tête de station.

### **6.2.4. Impact du recyclage**

Lorsque le procédé BIOMASTER G® est implanté pour assurer le traitement des graisses produites par la station, en dehors de tout apport extérieur, l'impact des surverses sur les filières de traitement des eaux et des boues est négligeables.

En revanche, lorsque sont admises des graisses extérieures à la station, il convient de prendre en considération la production de boues (0,27 kg MS/kg DCO entrant) et la

charge complémentaire en DCO afin d'évaluer l'impact de ces apports sur les filières de traitement des eaux et des boues de la station d'épuration.

### **6.2.5.L'Oxygénation**

La donnée de base est :

pour 1 kg de DCO entrante, il faut 0,7 kg d'O<sub>2</sub>.

Le système d'aération à fines bulles a été retenu pour l'aération du procédé. Ce système présente le meilleur compromis coût /efficacité.

L'aération par diffuseur à membrane déformable permet de plus de dissocier l'aération et le brassage, d'où :

- une optimisation possible de l'aération et du choix des suppresseurs ;
- un brassage efficace, y compris en cas d'arrêt de l'aération.

### **6.2.6.Le Brassage**

Le capacité de brassage du système doit permettre d'assurer un mélange intégral dans le réacteur biologique. Dans le cas de la mise en œuvre de diffuseurs à membrane déformable, le brassage sera assuré par des agitateurs.

## 6.3. Les Réactifs

### 6.3.1. Les Nutriments Net P

Afin de garantir le développement de la biomasse dans un milieu équilibré, un apport de nutriment devra être effectué afin de maintenir un ratio DB05/N/P de 100/5/1.

Pour le cas qui nous concerne, les quantités d'azote et de phosphore seront déterminées par rapport à la DCO mesurée dans le réacteur biologique. L'azote et le phosphore seront apportés sous forme d'un engrais agricole par exemple (sous forme liquide ou solide).

L'ajout de ces réactifs est réalisé dans le bassin de traitement biologique.

### 6.3.2. La Chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$

La libération de fonction acide durant le processus biologique conduit à une acidification du milieu. Afin de ne pas inhiber l'action des microorganismes par une baisse trop importante du pH, il peut être nécessaire d'avoir recours à une neutralisation par un apport de chaux ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). On maintiendra un pH compris entre 6,5 et 7 dans le réacteur biologique.

Un réacteur alimenté régulièrement dans les conditions préconisées de charge ne présente qu'un phénomène réduit de moussage. Ces mousses se forment en faible quantité à la surface du réacteur biologique.

Cependant, la réaction de dégradation des graisses peut conduire, en cas de sur-alimentation, à des phénomènes de moussage dans le réacteur biologique (saponification).

L'injection de chaux ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) permet de réduire ce moussage physico-chimique par production de savon calcique insoluble (précipitation des sels d'acides gras). La chaux sera préférée à tout autre réactif. En effet, la chaux apporte des ions  $\text{Ca}^{++}$  qui sont des cofacteurs enzymatiques de la réaction lipolytique.

## 6.4. Suivi analytique

Le suivi du procédé est réalisé par la mesure de paramètres globaux (DCO, MES, MVS), et de paramètres physicochimiques (pH, température, oxygène dissous). De plus, une méthode d'analyse plus spécifique des graisses a été mise au point au CIRSEE, pour évaluer la composition quantitative et qualitative de l'échantillon considéré. Les lipides totaux sont extraits dans un mélange hexane/méthanol, et analysés, dans un second temps, en chromatographie en phase gazeuse.

## 6.5. Suivi du traitement

Afin de s'assurer du bon fonctionnement de l'installation, il faudra procéder régulièrement à la détermination de certains paramètres.

Il est particulièrement recommandé de mettre en place une mesure en continu de la concentration en oxygène dissous et de la concentration en MES.

Ces mesures permettront une gestion rigoureuse des extractions de boues et de l'oxygénation avec des possibilités de régulation automatique.

Dans le cadre d'un suivi régulier du fonctionnement du réacteur biologique, il est nécessaire de procéder aux mesures suivantes, avec une fréquence adoptée à l'installation (nature des graisses

traitées, capacité...) : Les mesures permettent de situer l'état de charge du dispositif, de suivre les performances d'élimination des graisses, et d'optimiser les réglages (apport en graisses, en eau de dilution, en réactif, extraction des boues, temps d'aération, ...).

Tous les résultats sont à consigner sur un cahier de bord :

- résultats d'analyses
- observations (présence éventuelle de mousse,...)
- ratio de fonctionnement
- réglage, temps de fonctionnement des pompes,...

## 7. Efficacité du Biomaster G

Le procédé permet d'éliminer plus de 80 % des graisses entrantes si les conditions de fonctionnement préconisées sont respectées. Plusieurs installations industrielles en service à l'heure actuelle confirment ces résultats

*Tableau.5 : Performances obtenues sur des réalisations industrielles de Biomaster G*

Sites	Charge Volumique kg DCO.m 3.j 1	Élimination DCO %	Élimination MEH %
Pouilley-les-Vignes	0,72	74	93
Cholet	2,2	51	84
Vercel	4,2	60	72

Source : *L'eau, l'industrie, les nuisances – N 158 – October 1992.*

### 7.1. Efficacité du Biomaster G avec des additifs (Beauvois)

Plusieurs analyses ont également été effectuées sur le Biomaster G Sur deux stations (**Beauvois** et **Avesnes-sur-Helpe**), seule la station de Beauvois était équipée d'un ajout de nutriments pour favoriser le traitement des graisses.

afin d'évaluer sa capacité de traitement et le bon fonctionnement du système. On peut comparer directement les concentrations entre les échantillons de graisses brutes et ceux du Biomaster G et ainsi évaluer le rendement de ce traitement : Les résultats sont rassemblés dans le Tableau. 6 :

*Tableau. 6 : Rendement d'élimination de la pollution par le Biomaster G avec des additifs (Beauvois).*

Paramètres	Graisses brutes	Biomaster G	Rendement d'élimination (%)
MeS (mg/l)	33047	10717	67,6
MVeS (mg/l)	31178	8123	73,9
NTK (mg/l)	634,3	592	8
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	92,2	109,3	-18,5
P <sub>total</sub> (mg/l)	328,3	677	-106,2
DCO (mg O <sub>2</sub> /kg)	120750	6667	94,5
MEH (mg/l)	16572	434	97,4

Source : *Rapport M2 -Optimisation du traitement des graisses et des matières de vidange sur stations d'épuration - Sophie HATU- 2006.*

## 7.2. Efficacité du Biomaster G sans additifs (Avesnes-sur-Helpe)

On remarque rapidement que l'efficacité du Biomaster G est réelle puisqu'on atteint, pour notre exemple, un rendement d'élimination de 94,5 % pour la DCO et 97,4 % pour les MEK. Par contre, en ce qui concerne le phosphore, les rendements d'élimination sont négatifs. Ceci est logique puisque les injections de nutriments réalisées sont trop importantes.

*Tableau. 7 : Rendement d'élimination de la pollution par le Biomaster G sans additifs (Avesnes-sur-Helpe)*

<b>Paramètres</b>	<b>Graisses brutes</b>	<b>Biomaster G</b>	<b>Rendement d'élimination (%)</b>
<b>MeS (mg/l)</b>	76299	20933	72,6
<b>MVeS (mg/l)</b>	61688	17600	71,5
<b>NTK (mg/l)</b>	1643,1	358,1	78,2
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/l)</b>	371,8	40	89,2
<b>P<sub>total</sub> (mg/l)</b>	1411,5	149,5	89,4
<b>DCO (mg O<sub>2</sub> /kg)</b>	179500	9000	95
<b>MEH (mg/l)</b>	12110	4805	60,3

*Source :Rapport M2 - Optimisation du traitement des graisses et des matières de vidange sur stations d'épuration - Sophie HATU- 2006 .*

Les rendements d'élimination de la DCO et des MEH sont très importants malgré l'absence d'ajout de nutriment. Le traitement est donc efficace mais on peut envisager de l'optimiser en prévoyant l'injection de nutriment. Dans notre exemple, seul le phosphore fait défaut cependant il faudrait prévoir un ajout aussi bien d'azote que de phosphore afin de prévoir une correction de l'effluent en fonction de sa composition .



## Conclusion

Le traitement biologique par voie aérobie est une méthode d'élimination des graisses présentant un grand intérêt. A partir d'une biomasse acclimatée dans un réacteur aéré, les déchets graisseux du prétraitement vont être dégradés pour obtenir en fin de traitement du CO<sub>2</sub>, de l'eau et une nouvelle biomasse. En sortie du réacteur, les boues en surplus sont dirigées directement vers le bassin d'aération. Parfaitement intégrée dans le cycle épuratoire de la station, cette filière ne génère aucun sous-produit.

Il existe de nombreux facteurs limitant l'efficacité du traitement. La formation de mousses abondantes, les besoins importants en oxygène, les fortes températures, la présence de filasses sont des contraintes récurrentes et qui doivent absolument être prises en compte lors de la conception d'une unité de traitement. En outre, cette filière de traitement est une filière biologique et le maintien d'une biomasse active et performante nécessite attention et régularité dans le suivi.

Biomaster G répond bien aux nouvelles exigences : les graisses sont éliminées sans nuisances particulières et sont transformées en sous-produits intégrables sans effets secondaires dans la filière de traitement en place.

Les performances obtenues avec le procédé démontrent l'intérêt de travailler avec un substrat spécifique, homogène et concentré, ce qui nécessite de traiter la pollution à sa source et non pas après mélange et dilution.

# Bibliographie

- 1- Performances des systèmes de traitement biologique aérobie des graisses-Graisses issues des dégraisseurs de stations d'épuration traitant des effluents à dominante domestique - (Jean-Pierre Canler) Cemagref – 2001 .
- 2- Un nouveau procédé de traitement biologique aérobie des graisses  
Philippe GRULOIS, Gédéon ALRIC et Jacques MANEM — CIRSEE – 1992 .
- 3- BIOMASTER® G TRAITEMENT BIOLOGIQUE AEROBIE DES GRAISSES -  
Philippe GRULOIS, Gédéon ALRIC, Jacques MANEM, François VIRLOGET-  
1997 .
- 4- Schéma départemental d'élimination des matières de vidange, des sous-produits issus de l'assainissement collectif et des graisses artisanales ou industrielles en sein maritime – Sogeti Ingénierie – 2004 .
- 5- <http://biomaster.doomby.com/pages/menu> .
- 6- Rapport M2 -Traitement biologique des graisses- pierre GUILLO - 2004 .
- 7- Rapport M2 - Optimisation du traitement des graisses et des matières de vidange sur stations d'épuration - Sophie HATU- 2006 .
- 8- Rapport M2 Usine de traitement d'eau de la Verne-suivi de la mise en route d'un traitement physico-chimique - Mario Ramirez pardo 2011 .