

# Les eaux usées urbaines et leur épuration

En France, il est consommé environ 33 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an. Cette consommation se divise en 4 catégories :

- ✓ Les centrales thermoélectriques qui consomment 17 milliards m<sup>3</sup> pour leur refroidissement.
- ✓ Les industries, 5 milliards m<sup>3</sup>
- ✓ Les particuliers qui consomment 6 milliards m<sup>3</sup>
- ✓ L'agriculture, 5 milliards m<sup>3</sup>

L'homme utilise pour sa consommation domestique entre 100 et 200 L/jour et par habitant. Cette consommation est répartie de la façon suivante :

- ✓ Boisson 1 %
- ✓ Toilette et cuisine 49 %
- ✓ Chasse d'eau 35 %
- ✓ Lavage 10 %
- ✓ Arrosage 5 %

L'industrie utilise une importante quantité d'eau, mais toute celle-ci n'est pas forcément consommée. Par exemple, l'industrie nucléaire, prélève l'eau en masse pour le refroidissement, mais la quasi-totalité de cette eau est ensuite rendue à la nature : il n'y a donc qu'une légère consommation.

Les industries les plus gourmandes en eau sont les industries de transformation. Les quatre secteurs d'activité que sont la chimie de base et de production de fils/fibres synthétiques, l'industrie du papier et du carton, la métallurgie, la parachimie et l'industrie pharmaceutique, totalisent à eux seuls les deux tiers de toutes les consommations industrielles.

Quelques exemples:

- ✓ Laiterie 2 à 10 L/L de lait travaillé
- ✓ Brasserie 0,6 à 2 m<sup>3</sup>/hL de bière
- ✓ Sucrierie 2 à 15 m<sup>3</sup>/tonne de betteraves
- ✓ Aciéries 6 à 300 m<sup>3</sup>/t de produit fabriqué
- ✓ Chimie 200 à 1 000 m<sup>3</sup>/t de produit fabriqué
- ✓ Pétrole 0,1 à 40 m<sup>3</sup>/t de produit fabriqué

La qualité requise pour cette eau industrielle dépend de son usage : les industries agroalimentaires par exemple ont besoin d'eau potable ; l'industrie électronique requiert quant à elle une eau très pure pour la réalisation de ses puces. Dans d'autres cas, une eau même usée peut être suffisante.

# 1 Caractéristiques des eaux usées :

On distingue trois grandes catégories d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles, les eaux pluviales.

Les cours d'eau ont une capacité naturelle d'épuration. Mais cette capacité a pour effet de consommer l'oxygène de la rivière et n'est pas sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques. Lorsque l'importance du rejet excède la capacité d'auto-épuration de la rivière, la détérioration de l'environnement peut être durable. Les zones privées d'oxygène par la pollution entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables empêchant notamment la migration des poissons. La présence excessive de phosphates, en particulier, favorise le phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire la prolifération d'algues qui nuisent à la faune aquatique, peuvent rendre la baignade dangereuse et perturbent la production d'eau potable.

## 1.1 Les eaux domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux "vannes" ; il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée à :

- ✓ de 70 à 90 grammes de matières en suspension
- ✓ de 60 à 70 grammes de matières organiques
- ✓ de 15 à 17 grammes de matières azotées
- ✓ 4 grammes de phosphore
- ✓ plusieurs milliards de germes pour 100 ml.

## 1.2 Les eaux industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution. Les grandes entreprises sont toutes équipées d'unités de traitement interne. En vingt ans, la pollution industrielle a été réduite de moitié. Ce sont actuellement les PME (garages, pressing, entreprises de peintures ...) qui produisent plus de 90% de la pollution par déchets toxiques.

### 1.2.1 Les eaux pluviales

Elles peuvent, elles aussi, constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement ("délestage")

de ce "mélange" très pollué dans le milieu naturel. Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution.

### 1.3 Les sources de pollutions

Substances	Origines	Effets
Hydrocarbures Essences, huiles, fioul	Transports routiers, industries, accidents pétroliers, fuites lors des déchargements des pétroliers, lessivage par la pluie des zones urbaines ( parking, route)	Altération des mécanismes physiologiques de tous les organismes vivants
Métaux lourds	Transports routiers, industries métallurgiques et pétrochimiques, peinture et carénage des bateaux	Affectent surtout les animaux Ralentissement de la croissance Altération des organes Classement par ordre de nocivité croissante : Hg>Ag>Cu>Cd>Zn>Pb>Cr>Ni>Co
Pesticides et Insecticides	Utilisation domestique, agriculture	Trouble du métabolisme et du système neurologique Altération des processus enzymatiques
Composés azotés et phosphatés	Agriculture, aquaculture, industries agroalimentaires, eaux usées domestiques	Phénomène d'anoxie et d'eutrophisation
Détergents	Eaux usées domestiques, industries	Affectent les plantes et les algues Effet amplifié si combinaison avec des hydrocarbures
Matières en suspension MES	Eaux usées domestiques, lessivages des sols, industries	Diminution apport de lumière

## **1.4 Comment mesure-t-on les matières polluantes contenues dans les eaux usées ?**

Trois principaux paramètres mesurent les matières polluantes des eaux usées domestiques :

- ✓ Les matières en suspension (MES) exprimées en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques et décantent spontanément.
- ✓ La demande biochimique en oxygène (DBO), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommé au bout de cinq jours. C'est la DBO<sub>5</sub>, demande biochimique en oxygène sur cinq jours.
- ✓ La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables. Ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières.

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants, à cause des problèmes d'eutrophisation expliqués plus haut. Cette fragilité du milieu naturel a été prise en compte par la réglementation avec la notion de "zones sensibles".

Pour évaluer la traitabilité d'une eau usée par voie biologique on prend en compte :

- ✓ Le ratio DCO/DBO<sub>5</sub> qui ne doit pas excéder 3. Au delà la fraction représentée par la DCO « dure » (non biodégradable) est trop importante par rapport à la fraction de la DCO biodégradable (mesurée par la DBO<sub>5</sub>).
- ✓ Le ratio C/N/P qui idéalement devrait être 100/5/1 pour une digestion optimale de la pollution par les biomasses épuratrices.

Les eaux usées urbaines contenant aussi des contaminants microbiologiques, bactéries, virus pathogènes et parasites, le rejet des eaux usées à proximité de lieux de baignade ou de zone d'élevage de coquillages fait courir un risque pour la santé. Il doit faire l'objet de précautions particulières.

Pour quantifier globalement les matières polluantes contenues dans les eaux usées domestiques (et assimilées), on utilise comme unité de mesure l' "équivalent-habitant" : EH. La notion d'équivalent-habitant est utilisée pour quantifier la pollution émise par une agglomération à partir de la population qui y réside et des autres activités non domestiques. Selon la définition de la directive européenne du 21 mai 1991 "relative au traitement des eaux urbaines résiduaires", un équivalent-habitant représente une DBO<sub>5</sub> de 60 g d'oxygène par jour.

A titre d'exemple, la quantité de matières polluantes produite par Paris représente 13,4 millions d'équivalents-habitants par jour. Cette notion sert aussi à déterminer la capacité de traitement d'une station d'épuration urbaine.

## **2 La collecte des eaux usées**

### **2.1 Structure du réseau d'assainissement :**

Le réseau d'assainissement des eaux usées d'une agglomération a pour fonction de collecter ces eaux pour les conduire à une station d'épuration.

La collecte s'effectue par l'évacuation des eaux usées domestiques, (et éventuellement industrielles ou pluviales) dans les canalisations d'un réseau d'assainissement appelés aussi collecteurs. Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait en général par gravité, c'est-à-dire sous l'effet de leur poids. Il peut parfois s'effectuer par refoulement, sous pression ou sous dépression.

Les canalisations sont en ciment, parfois en fonte ou en PVC, plus rarement en grès ou en acier. Lorsque la configuration du terrain ne permet pas un écoulement satisfaisant des eaux collectées, on a recours à différents procédés (pompage et/ou stations de relèvement) pour faciliter leur acheminement.

La protection du réseau contre l'encrassement et la corrosion est assurée en premier lieu par le prétraitement de certaines eaux industrielles avant leur rejet dans le réseau.

La régulation du flux, lorsque les eaux usées et les eaux pluviales sont mélangées, est assurée par des équipements destinés à retenir temporairement des arrivées d'eau importantes et soudaines, les bassins d'orage. Dans certains cas ces débits peuvent être dérivés en partie ou totalement pour via des déversoirs d'orages où via des shunts en tête de station. De tels équipements permettent de ne pas perturber le bon fonctionnement des stations d'épuration et de limiter les risques d'inondation.

### **2.2 Les 2 principaux types de réseaux : séparatifs ou unitaires :**

S'il est relativement facile de prévoir et de contrôler les volumes d'eaux usées domestiques, il en va tout autrement des eaux pluviales. Il existe deux types de réseaux de collecte :

- ✓ Les réseaux unitaires qui évacuent dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Ils cumulent les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer) et de la simplicité (toute erreur de branchement est exclue, par définition) ; mais nécessitent de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception et le dimensionnement des collecteurs et des ouvrages de traitement.
- ✓ Les réseaux séparatifs qui collectent les eaux domestiques dans un réseau et les eaux pluviales dans un autre. Ce système a l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut. Il permet de mieux maîtriser le flux et sa concentration en pollution et de mieux adapter la capacité des stations d'épuration.

## **3 Les différents traitements des eaux usées domestiques :**

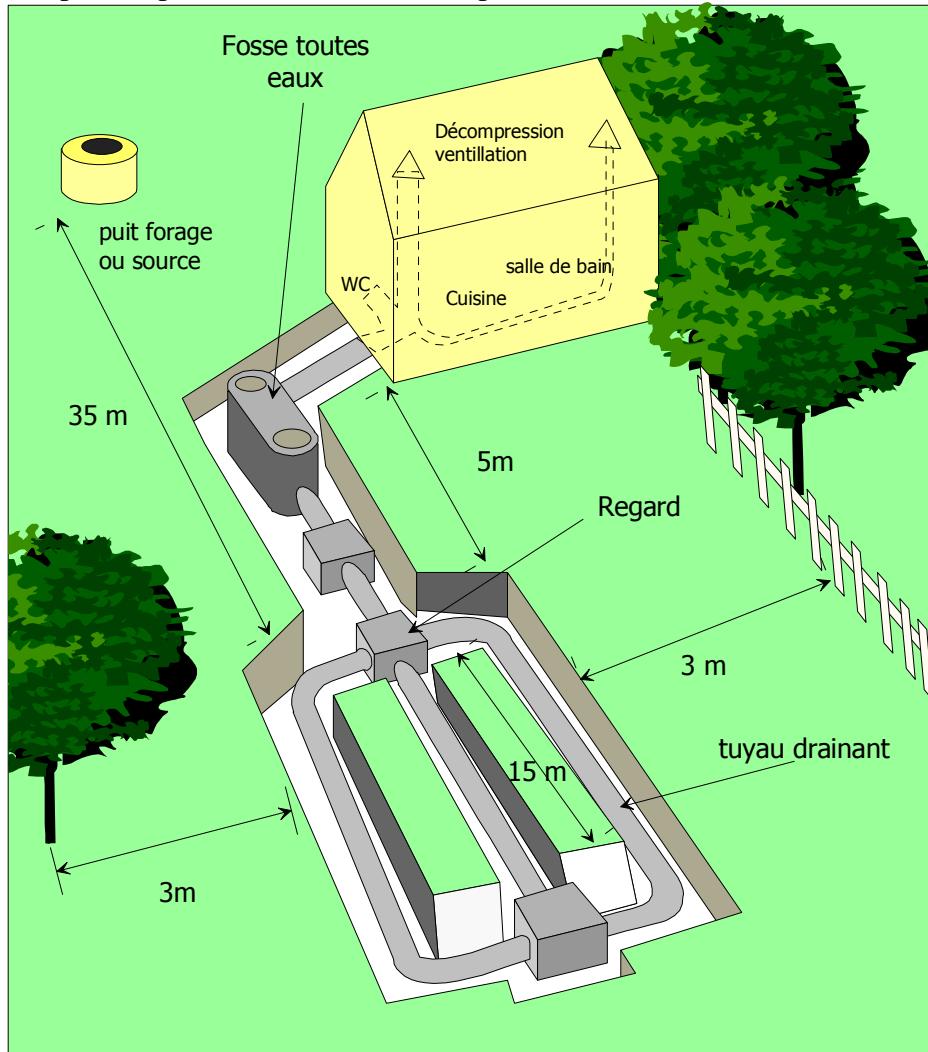
### **3.1 L'assainissement autonome**

Il est financièrement impossible que la totalité de la population soit raccordé à un système d'épuration collectif. C'est pourquoi chaque commune doit déterminer sur son territoire les zones relevant de l'assainissement collectif et celle relevant de l'assainissement autonome. Les installations sont à la charge entière du propriétaire, sauf avis contraire de la commune (arrêté du 6 Mai 1996). Les coûts importants d'installation (4500 à 7500 €) ainsi que l'entretien régulier nécessaire font que les systèmes d'assainissement autonome sont rarement conformes : le taux de non-conformité est proche de 90%.

### 3.1.1 La fosse septique toutes eaux

Le but de cette fosse est de préparer les effluents à une épuration. Il s'agit d'un double phénomène de précipitation ainsi que de flottaison des graisses grâce à la présence de parois siphonides. Ces deux éléments sont dégradés par des bactéries aérobies d'où l'intérêt d'avoir une circulation d'air pour éviter les mauvaises odeurs. La fosse est dimensionnée en fonction du nombre de pièces habitables de la maison. Le volume minimal est de 3m<sup>3</sup> jusqu'à 4 pièces et la contenance augmente ensuite de 500l par pièces supplémentaires. La fosse septique doit être vidangée régulièrement afin d'éliminer les boues excédentaires, en fonction du dispositif d'épandage souterrain la période est de 2 à 4 ans maximum (fixé par l'arrêté de 1996).

Les fosses toutes eaux peuvent être adaptées pour assurer l'épuration des eaux de hameaux de campings ou d'hôtels car leur taille maximum peut approcher les 100 m<sup>3</sup>. En revanche il faudra par la suite que le terrain soit suffisamment important pour assurer une bonne épuration des eaux.



### 3.1.2 L'épandage sous terrain

L'épuration des effluents est basée sur l'utilisation du sol comme épurateur physique et biologique. Ce traitement, présenté à l'image 4 nécessite une bonne dispersion des effluents (environ 40 m) à faible profondeur (environ 60 cm) afin d'avoir une bonne oxygénation. Les tuyaux perforés reposent sur un lit de sable qui assure la dispersion. Une toile en géotextile permet de séparer le sable de la terre. Des regards sont posés au intersections de manière à pouvoir vérifier le bon fonctionnement du système.

La pose d'un tel système est soumise à des distances minimales de sécurité qui sont les suivantes :

- ✓ 5m de la maison
- ✓ 3m du voisin
- ✓ 3m des arbres
- ✓ 35m d'un puit ou d'une source

Lorsque le terrain ne satisfait pas aux exigences géologiques requises les tranchées sont garnies d'un sol reconstitué avec des matériaux granulaires adaptés.

Si il existe une trop grandes proximité des nappes souterraines ou si le sol possède une trop forte pente, il est possible de structurer les matériaux granulaires sous forme d'une butte placée en surface du sol, on parle alors de terre d'infiltration.

Notons que d'autres techniques telles que les micros stations d'épuration enterrées sont disponibles. En dernier ressort si aucune technique n'est envisageable, il est possible de faire appel à un assainissement chimique.

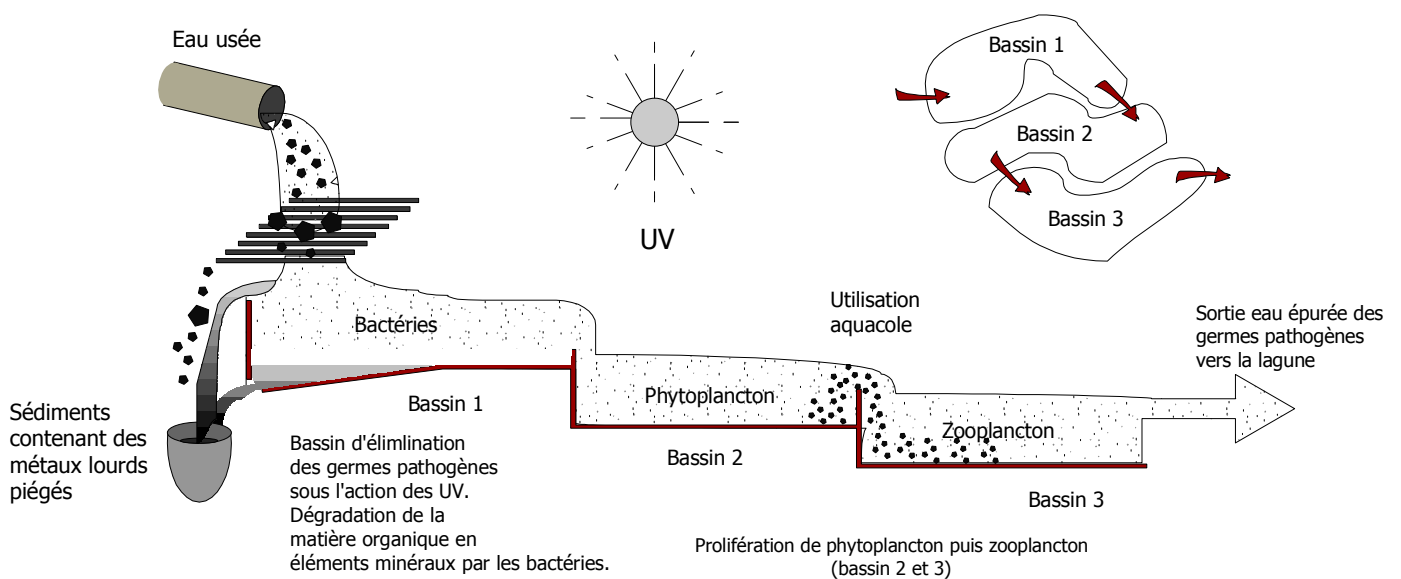
## 3.2 Le lagunage

### 3.2.1 Principe général

Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries (image 6).

Les bassins de lagunage sont généralement aux nombres de trois. Ils sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. Un bassin de lagunage, s'il est assez simple dans sa réalisation et dans son aspect extérieur, est en réalité un système d'épuration où entrent en jeu toute une série de processus physiques, chimiques et biologiques extrêmement complexes.

Le fonctionnement repose sur la constitution d'une chaîne alimentaire complète, il est basé sur la symbiose entre de véritables êtres vivants : les algues et les bactéries. L'écosystème est très complexe car l'action des êtres vivants est dépendante de très nombreux facteurs non maîtrisables : la température, l'ensoleillement...



### 3.2.2 Les organismes vivants et leur rôle dans le traitement des eaux usées

Ces multiples espèces peuvent varier en fonction des effluents traités, des conditions climatiques, de la charge organique, de la profondeur d'eau. Les principaux groupes sont les bactéries, les algues et le zooplancton.

#### Les bactéries

Ce sont des micro-organismes qui peuvent dégrader et assimiler une grande partie de la matière organique contenue dans les eaux usées. Ces bactéries rejettent dans le milieu des produits de dégradation qui sont les matières minérales solubles et les gaz dissous. En fonction de l'équilibre du milieu et en particulier des taux d'azote et de phosphore, les bactéries les mieux adaptées se développent rapidement et dominent les autres espèces. On constate une régulation naturelle du taux bactérien en fonction de la matière organique présente dans le milieu et des autres conditions de développement (température, ensoleillement, pH, oxygène dissous...).

Quelque soit le processus biologique considéré, on trouve :

- ✓ Les bactéries aérobies qui transforment en présence d'oxygène dissous, la charge organique dissoute en matières minérales (nutriments) et gaz. Les bactéries du cycle de l'azote assurent la nitritation (formation de nitrites) et la nitrification (formation de nitrates).
- ✓ Les bactéries anaérobies qui sont essentiellement méthanogènes (formation de méthane) réalisent la transformation de la matière organique au niveau des sédiments.

#### Les algues :

Ce sont des plantes microscopiques planctoniques. Elles sont représentées dans les lagunes principalement par les espèces suivantes :

- ✓ algues bleues (cyanophycées) proches des bactéries,
- ✓ algues vertes (chlorophycées),
- ✓ algues brunes (chrysophycées),
- ✓ eugléniens.

Dans le cas d'un bon fonctionnement, les bassins de lagunage (surtout ceux en fin de filière) ont une couleur verte plus ou moins prononcée. La chlorophylle contenue dans les micro-algues leur permet d'utiliser la lumière du soleil comme source d'énergie : c'est la base du processus de la photosynthèse. Les algues se développent à la lumière en prélevant dans l'eau du gaz carbonique et des sels minéraux et en y rejetant de l'oxygène. Les algues sont ainsi les principaux producteurs d'oxygène des lagunes. Cette production s'effectue essentiellement dans la couche d'eau superficielle (jusqu'à 40-50 cm).

Dans les bassins du lagunage les microalgues se succèdent au cours du temps. Cela constitue une pollution apparemment négligeable car l'épaisseur des sédiments dans les derniers bassins de lagunage ne dépasse pas les 5 à 10 centimètres. L'effluent rejeté dans le milieu récepteur contient donc des microalgues en suspension représentant indirectement une pollution particulaire organique importante (leur teneur en matières en suspension pouvant atteindre 0.2 kg/m<sup>3</sup>).

Les bassins de lagunage sont classés parmi les procédés moyennement performants permettant un rejet de niveau d (120 mg/l de MES). Il n'existe pas de station de lagunage naturel qui possède une unité de récupération et de valorisation des microalgues rejetées .



## **Le zooplancton**

La faune a une importance essentielle dans le fonctionnement des lagunes et de nombreux organismes participent activement à l'épuration du milieu (prédation, filtration....)

On trouve :

- ✓ Les protozoaires, qui sont des organismes unicellulaires prédateurs des bactéries. Ils constituent le seul zooplancton hivernal réellement abondant dans les derniers bassins de lagunage.
- ✓ Les rotifères, sont des vermiens microscopiques, ils filtrent activement le phytoplancton et sont capable de s'accommoder à des taux d'oxygène dissous très faibles.
- ✓ Les copépodes, sont des crustacés de petites tailles qui nagent à la surface de l'eau et ont un développement limité dans l'espace et le temps. Leur spectre alimentaire est pourtant très étendu : microalgues, proies vivantes...
- ✓ Les cladocères, sont également de petits crustacés. Les daphnies sont les plus répandues et les plus caractéristiques. Leur rôle est intéressant car elles favorisent l'abatement du taux des matières en suspension. Elles permettent ainsi un éclaircissement du milieu et la pénétration de la lumière. Par contre elles provoquent une diminution du taux d'oxygène dissous à cause de leur respiration et de l'élimination des microalgues.

### **3.2.3 Mécanisme d'élimination de la matière organique**

Le processus biologique d'épuration par cette écotechnique permet l'élimination des matières organiques biodégradables avec production de sels minéraux. Ceci conduit au phénomène d'eutrophisation qui se manifeste par une prolifération de micro-algues qui croissent sous l'effet conjugué de la présence des dérivés azotés et phosphorés dans l'eau et de la photosynthèse due aux radiations solaires. Ce phénomène d'eutrophisation si nuisible pour les eaux naturelles, s'avère profitable dans le processus du lagunage. La destruction de la matière organique s'opère grâce à une association biologique extrêmement large.

### **3.2.4 Performances du lagunage au niveau bactériologique :**

C'est un avantage essentiel que présente le lagunage par rapport aux techniques " intensives " d'épuration des eaux usées. Le procédé de traitement par lagunage est en effet considéré comme parfaitement efficace au point de vue bactériologique.

En matière de décontamination microbienne, on parle souvent d'abattements de la charge bactériologique en puissance de 10 (unité log 10 = UL). Sauf cas particulier, on recherche une réduction d'au moins 4 UL, soit un rendement de 99.99%. Cette efficacité est due à de multiples facteurs d'ordre physico-chimique ou biologique.

L'épuration microbiologique dépend du temps de séjour mais aussi du nombre de bassins mis en œuvre. Trois bassins en série (abattement de 4 UL) semblent en général un compromis acceptable pour un traitement principal par lagunage naturel.

### 3.2.5 Les différents types de lagunage

Le lagunage est dépendant des facteurs climatiques surtout de la température (qui va favoriser l'action des bactéries, l'évaporation), du vent (qui va favoriser les échanges gazeux, le brassage de l'eau); la pluviométrie (pour le niveau de l'eau), et l'ensoleillement (qui permet la photosynthèse). Le rendement épuratoire varie selon la taille, la forme et le nombre de bassins qui est fonction du temps de séjour et des conditions climatiques locales.

Un système de lagunage est généralement constitué de trois bassins en série. Sur ce modèle de base, de nombreuses filières de traitement peuvent être adapté selon les besoins.

#### **Le lagunage naturel (aérobie)**

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matière vivante par les chaînes alimentaires aquatiques (chaînes trophiques). L'épuration des effluents est réalisée essentiellement par des bactéries aérobies dont l'oxygénation est assurée par l'action chlorophyllienne de végétaux qui participent aussi à la synthèse directe de la matière organique.

#### **Le lagunage aéré**

Contrairement au lagunage naturel où l'oxygène est fourni par la photosynthèse et le transfert à l'interface eau-atmosphère, dans le cas du lagunage aéré l'oxygène est produit artificiellement (aérateurs mécaniques, insufflation d'air...)

A la différence des "boues activées", il n'y a pas de recirculation de la culture bactérienne. C'est donc un procédé intermédiaire entre le lagunage naturel et les procédés biologiques traditionnels. Le traitement se compose de deux types de lagunes : lagune d'aération et lagune de décantation.

#### **Le lagunage anaérobie**

Dans ces lagunes, le rendement d'épuration escompté dépend essentiellement du développement d'une fermentation méthanique. Il n'est de ce fait applicable que sur des effluents à fortes concentrations et, le plus souvent, à titre de pré-traitement avant un deuxième stade d'épuration de type aérobie.

Les principes fondamentaux de ce système d'épuration sont surtout utilisés en climat tropical.

#### **Le lagunage à haut rendement**

C'est une technique particulière où l'épuration des eaux usées est obtenue grâce à une production algale particulièrement intensive. Dès sa création, le lagunage à haut rendement a été considéré non seulement comme une technique d'épuration des eaux usées, mais aussi comme un procédé de production d'une biomasse algale d'intérêt alimentaire, permettant donc une valorisation des eaux usées des villes et des industries agroalimentaires. Le lagunage à haut rendement offre aujourd'hui certainement le plus grand potentiel de développement biotechnologique basé sur les micro-algues.

### 3.2.6 Pourquoi le lagunage n'est il pas généralisé ?

Le lagunage est dans certains domaines plus performant que les stations d'épuration, il représente des coûts d'investissement et de fonctionnement bien inférieur également. En revanche il nécessite une surface importante par équivalent habitant et des temps de séjours de l'eau usée extrêmement important. Une telle technologie n'est donc pas compatible avec les besoins d'une grande agglomération en terme d'emprise au sol et de flux quotidiens à traiter.

### 3.3 Les stations d'épurations

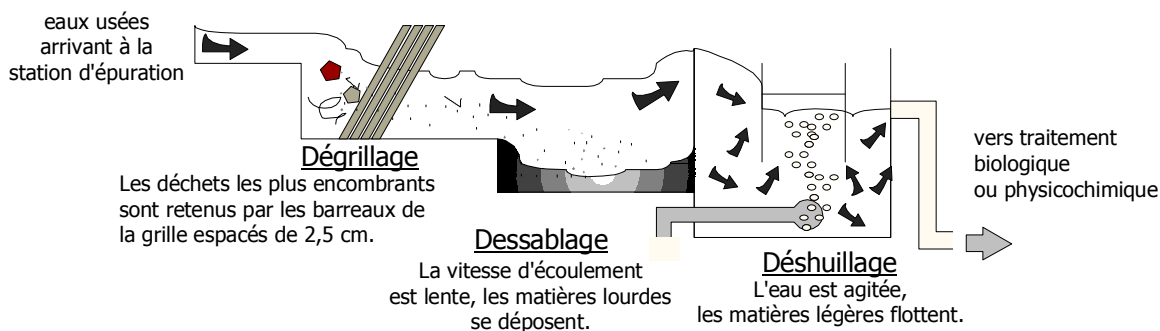
#### 3.3.1 Les prétraitements :

Les effluents doivent subir avant le traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations à caractère physique ou mécanique. Le but est dans ce cas d'extraire et d'éliminer de l'eau les éléments solides en suspension ou en flottation et qui pourraient constituer une gêne pour les traitements ultérieurs.

Les traitements successifs sont

- le **relevage**
- le **dégrillage**
- le **dessablage - déshuilage**

- ✓ **Le relevage** est nécessaire avant tous prétraitement pour assurer un passage gravitaire de l'eau dans les différents ouvrages de traitement, le niveau d'entrée des eaux à épurer étant plus bas que le niveau de sortie du clarificateur des eaux épurées avant rejet dans le milieu naturel. On utilise alors un système de relevage assuré par des pompes à roues multicanales fermées ou par vis d'Archimède.
- ✓ **Le dégrillage** consiste à retenir les gros déchets solides au moyen de grilles à barreaux verticaux dont l'écartement varie entre 3 et 100 mm en fonction de l'efficacité voulue. Sont ainsi éliminés les bois, plastiques, papiers, bouteilles, feuilles qui sont susceptibles de provoquer des dégâts aux conduites et machines des différentes unités de l'installation. Dans une STEP pour eaux résiduelles, l'écartement est de l'ordre de 10 à 30 mm. Le volume des matières dégrillées est de 5 à 10 dm<sup>3</sup> par usager et par an pour un espacement d'environ 20 mm.
- ✓ **Le dessablage** est de plus en plus associé dans le même ouvrage au **déshuilage**. Il a pour but d'extraire des eaux brutes les sables, les graisses et particules minérales plus ou moins fines en suspension, de manière à éviter l'abrasion des pompes et conduites en aval. Le sable se dépose dans le fond de l'ouvrage, est raclé ou sucé par pompes montées sur pont roulant. Le volume extrait par habitant et par an est de l'ordre de 5 à 12 dm<sup>3</sup>. Les huiles et les graisses en principe flottent car leurs densités sont inférieures à celle de l'eau. On utilise souvent une aération sous forme de bulles d'air qui augmentent la vitesse de montée des particules grasses dont la récupération s'effectue dans une zone de tranquillisation. Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 minutes et le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 mètre cube et par heure.



#### 3.3.2 Traitement primaire (facultatif)

Le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension et constitue une pré-épuration non négligeable quoique insuffisante pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques. Les matières en suspension se déposent au fond par différence en raison d'une densité supérieure à celle de l'eau. La décantation classique est possible lorsque les eaux prétraitées séjournent en eaux calmes dans le bassin de décantation primaire. Les matières en suspension,

organiques ou non, se déposent dans le fond du bassin simplement par gravité. Elles y sont raclées et évacuées formant ainsi les boues primaires.

Mais elle ne suffit malheureusement pas. En effet si le temps de décantation d'un gravier dans un mètre d'eau est de 1 seconde par la seule influence de son poids, on passe à 2 minutes pour le sable fin, à 2 heures pour l'argile, à 8 jours pour une bactérie, de 2 à 200 ans pour un colloïde. Les matières sont donc particulièrement stables en suspension et impossibles à décanter naturellement aux débits généralement admis dans une station d'épuration. Pour déstabiliser la suspension, il faut favoriser l'agglomération des colloïdes en diminuant leurs forces de répulsion électrostatique. Lorsque ces particules s'agglomèrent, il y a floculation ou coagulation. La coagulation s'obtient par addition dans l'eau d'un réactif chimique le sel d'aluminium ou de fer qui neutralise les charges électriques superficielles répulsives, et permet ainsi leur agglomération. Celle-ci est accélérée par l'ajout d'un polymère, sorte de macromolécule à longue chaîne qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées en flocons volumineux qui se déposent par gravité. C'est le floc. Le grossissement du floc peut être encore augmenté s'il est mis en contact avec des précipités déjà formés lors d'un traitement antérieur par une re-circulation des boues et si un brassage lent de l'ensemble augmente les chances de rencontre des particules colloïdales avec le floc formé.

Ce type de traitement primaire n'est pas généralisé à toutes les STEP mais la coagulation - floculation, suivie d'une décantation permet d'éliminer jusqu'à 90% de MES et de 40 à 65% de la DBO<sub>5</sub> des effluents résiduels urbains.

Les résidus ainsi collectés sont particulièrement chargés en matières fermentescibles et doivent subir un traitement spécifique afin d'être stabilisés.

Dans certains cas si les éléments à éliminer ont une densité légèrement inférieure à celle de l'eau, on les élimine par flottation avec ou sans adjonction de polymère. De fines bulles sont injectées à la base du bassin pour favoriser la remontée des boues et ces dernières sont éliminées par un raclage de surface.

### **3.3.3 Les traitements secondaires : l'étage biologique :**

Si les prétraitements font appel à des procédés physiques, le traitement secondaire est une épuration biologique. C'est lors de ce traitement que s'élimine l'essentiel de la pollution carbonée biodégradable. Plusieurs types de bassins ou réacteurs sont utilisés, selon que les micro-organismes sont fixés sur un support ou en suspension dans l'eau. On parle de :

- ✓ Culture libres ou boues activées lorsque la biomasse est en suspension : ici on reproduit en accéléré les mécanismes d'autoépuration des milieux aquatiques.
- ✓ Cultures fixées ou lits bactériens lorsque la biomasse est fixée sur un support : ici on reproduit en accéléré le mécanisme de biofiltration par le sol.

#### **3.3.3.1 Bassin à boues activées :**

Il consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice qui est en fait un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à des micro-organismes. Elle est constituée d'être vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires, ...

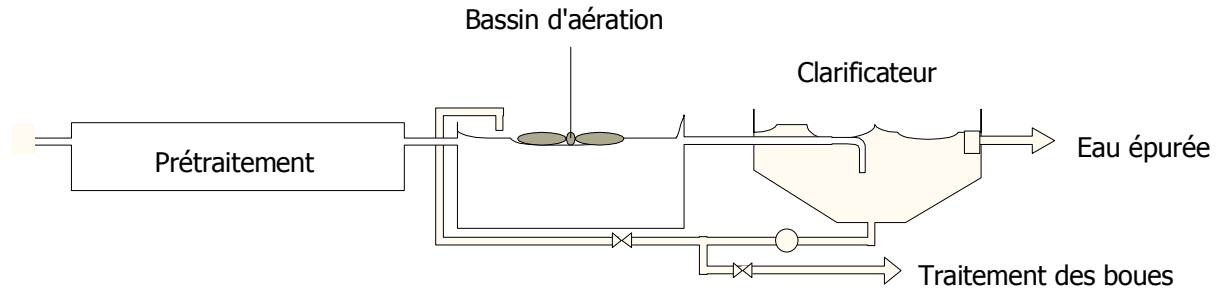
La dégradation se réalise alors par voie aérobie (en présence d'oxygène), elle consiste à transformer les impuretés grâce à l'action de la biomasse. Les bactéries digèrent la matière organique à condition de régler convenablement la quantité d'oxygène dissous dans l'eau par rapport à la concentration de la biomasse.

On provoque le développement d'une culture bactérienne libre sous forme de flocons dans un bassin brassé et aéré et alimenté en eau à épurer. Un brassage est réalisé en surface au moyen de turbine, ou en fond de bassin par diffusion de bulles d'air. Il a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée ; l'aération qui se fait à partir de l'oxygène de l'air a pour but de dissoudre cet oxygène dans l'eau et de répondre ainsi aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

Le temps de contact eau usée - biomasse est de l'ordre de 6 à 10 heures. Une équation simplifiée du traitement secondaire peut s'écrire :

eau usée + biomasse + oxygène → eau épurée + accroissement de la biomasse + gaz.

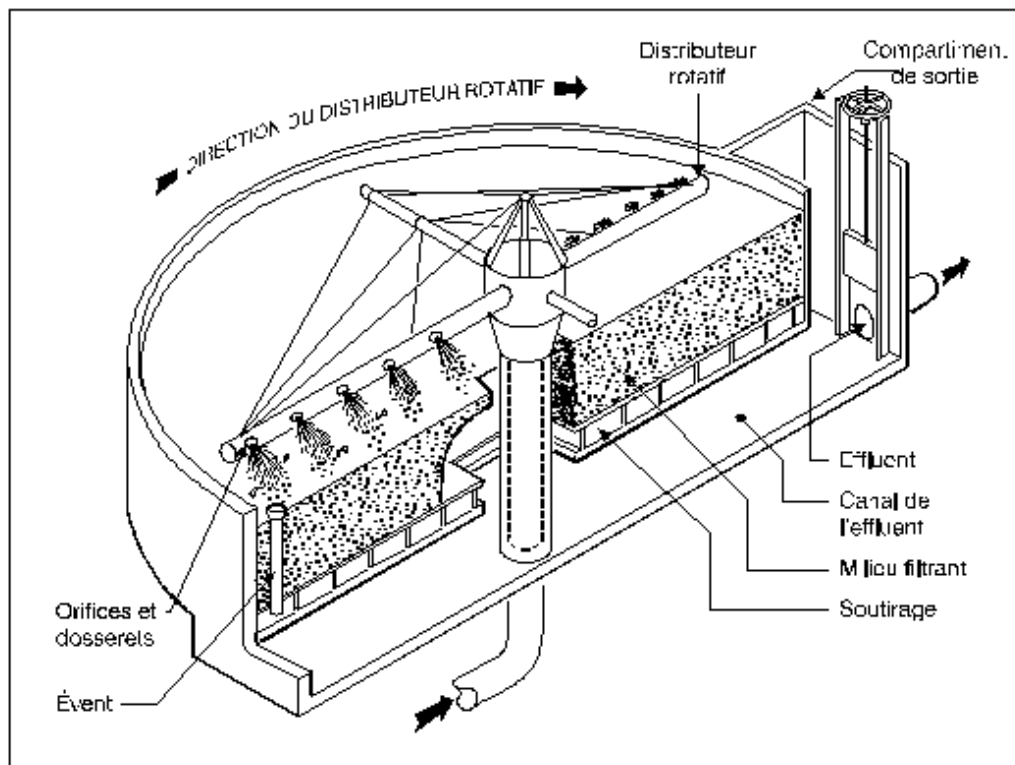
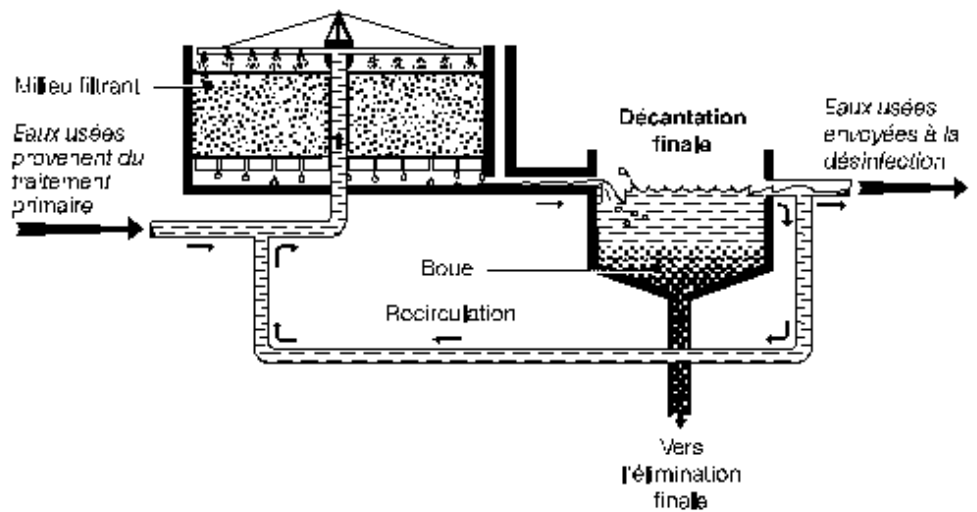
Une partie des boues formées sera recyclée dans le bassin d'aération pour en assurer le réensemencement en micro-organisme, l'excès de boues étant extrait et traité (image 9).



### 3.3.3.2 Le lit bactérien :

Il s'agit de faire ruisseler l'eau à traiter sur un garnissage grossier sur lequel se fixent peu à peu les micro-organismes. Un film biologique aéré, de 1 mm d'épaisseur environ, est donc créé, qui permet l'élimination de la pollution organique dissoute. Les supports couramment utilisés sont : de la pouzzolane, des galets concassés de 4 à 8 cm, des garnissages plastiques, du polystyrène.

Le film biologique est constamment renouvelé par érosion due au passage de l'eau. Les boues ainsi détachées du support seront séparées de l'effluent traité.



### 3.3.3.3 Lit immergé :

Dérivé du lit bactérien, le lit immergé met en œuvre un support très fin, de faible densité.

Les surfaces de contact entre le film bactérien et l'eau sont très importantes. De plus, le garnissage joue le rôle de filtre et permet de retenir les boues. Le développement de la biomasse et la rétention des matières en suspension entraînent un colmatage progressif du lit, ce qui nécessite des lavages périodiques. Ces lavages sont à contre-courant de l'eau à traiter.

Les lits submergés sont aérés car la finesse du support entraîne son tassage et ne permet pas une correcte aération naturelle.

### 3.3.4 Les traitements complémentaires (facultatifs) :

Les eaux usées contiennent divers composés azotés provenant des déjections humaines, ainsi que du phosphore provenant pour l'essentiel des détergents utilisés pour les lessives. En effet, les phosphates sont employés pour annihiler l'action du calcaire en fixant des ions calcium permettant ainsi une meilleure performance du pouvoir nettoyant du détergent.

Si ces substances ne sont pas directement nocives, leur action sur le milieu aquatique est néfaste. Elles diffusent jusqu'à la surface éclairée où elles favorisent la prolifération excessive d'algues et autres plantes vertes qui à leur tour décomposent nitrates et phosphates dont l'oxygène passe dans l'atmosphère. Elles jouent un rôle prépondérant dans l'eutrophisation des eaux.

Dans la STEP, ce traitement se généralise de plus en plus en combinaison avec le traitement secondaire. Il s'agit d'un procédé biochimique dit de boues activées à alternance de phase.

#### 3.3.4.1 Elimination de l'azote :

Dans la plupart des eaux usées, l'azote est sous forme organique ou ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ). Une correcte oxygénation dans le bassin d'aération permet aux bactéries de transformer l'azote organique en ammoniacque puis d'oxyder l'ammoniacque en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). Cette oxydation est une nitrification.

Les nitrates sont alors transformés en azote gazeux en condition anoxie :

- ✓ absence d'oxygène dissout
- ✓ présence d'oxygène combiné aux nitrates

Il faut stopper l'aération pour réaliser cette étape appelée dénitrification.

Il est à noter que dans de nombreuses installations, cette phase n'est pas distincte du traitement secondaire puisque réalisée à faible charge dans le bassin à boues. Il suffit d'alterner les phases d'aération et d'anoxie.

#### 3.3.4.2 Elimination du phosphore :

La technique la plus utilisée pour l'épuration du phosphore consiste en la précipitation chimique par adjonction de sels métalliques (fer ou aluminium), ou de chaux. Les phosphates précipitent sous forme de sels métalliques ou d'hydroxydes et sont séparés de la phase liquide par décantation.

Les principaux réactifs sont le sulfate d'alumine, d'aluminate de soude, le sulfate ferreux, le chrome ferrique, le chlorosulfate ferrique et la chaux.

L'ajout du réactif peut-être effectué :

- ✓ après les pré-traitements et avant le décanteur primaire ou le bassin d'aération, c'est la précipitation.
- ✓ à l'aval du clarificateur, sur l'effluent épuré : c'est la post-précipitation. Nécessité d'un décanteur supplémentaire.
- ✓ Directement sur le bassin d'aération : c'est la précipitation simultanée, qui est la plus utilisée.

L'élimination peut également être partiellement faite par voies biologiques, l'installation doit alors être équipée d'un bassin ou d'une zone d'anoxie. L'alternance entre aérobie et anoxie favorise un mécanisme de relargage /sur accumulation de phosphore dans la biomasse épuratrice.

### 3.3.4.3 Élimination des micro-organismes :

Les eaux épurées contiennent plus d'un million de micro-organismes par litre dont certains sont néfastes pour l'homme. Lorsque l'eau épurée est rejetée en zone de captage pour l'alimentation en eau potable ou de baignade, la réduction des micro-organismes s'impose alors.

Cette réduction s'effectue :

- ✓ sur filtre à sable qui retient les dernières particules, donc les micro-organismes qui y sont fixés
- ✓ par désinfection chimique (chlore, ozone ...)
- ✓ par lagunage lorsque aucun problème d'encombrement ne se pose.

### 3.3.5 Le traitement des boues :

Le traitement des boues peut être assimilé à un système de traitement des déchets à part entière. La production est de l'ordre de 55 à 70 g/L d'effluent traité. Elles ont pour caractère commun d'être liquide, fermentescibles, nauséabondes et très fortement pathogènes. Une solution ancestrale (depuis 1880) consistait à épandre les boues dans des champs pour qu'elles participent à l'amendement<sup>1</sup> organique des sols. Cette technique reste d'actualité, mais un certain manque de souplesse dans les calendriers d'épandage, le risque biologique non nul ainsi que la possible présence d'éléments toxiques dans les boues ont ouvert la voie à d'autres modes d'élimination. Quoiqu'il en soit avant d'être acheminées pour être éliminées, les boues vont subir différents traitements en vue de réduire leur pouvoir fermentescible ainsi que leur volume.

#### 3.3.5.1 Réduction du pouvoir fermentescible ou stabilisation

Les boues en sortie de station d'épuration sont très riches en matières organiques et en germes pathogènes. Il existe différentes techniques pour diminuer ces paramètres, les 3 principales sont :

- ✓ La digestion anaérobie : elle est basée sur le principe de fermentation méthanique aérobie. Les matières organiques complexes sont dégradées en méthane et en dioxyde de carbone. Dans les stations d'épuration importantes, le digesteur peut être couplé à une chaudière : en effet la réaction est exothermique (env 35°C) et produit environ 500L de méthane par tonnes de boues introduites. Le temps de séjour dans un digesteur varie de 20 à 40j en fonction de la technologie. Notons que cette technique réduit également le volume des boues.
- ✓ La stabilisation chimique : le pouvoir fermentescible est diminué grâce à l'incorporation de chaux ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) dans les boues fraîches.
- ✓ La stabilisation thermique : elle est réalisée par pasteurisation à une température de 70°C pendant 30 minutes.

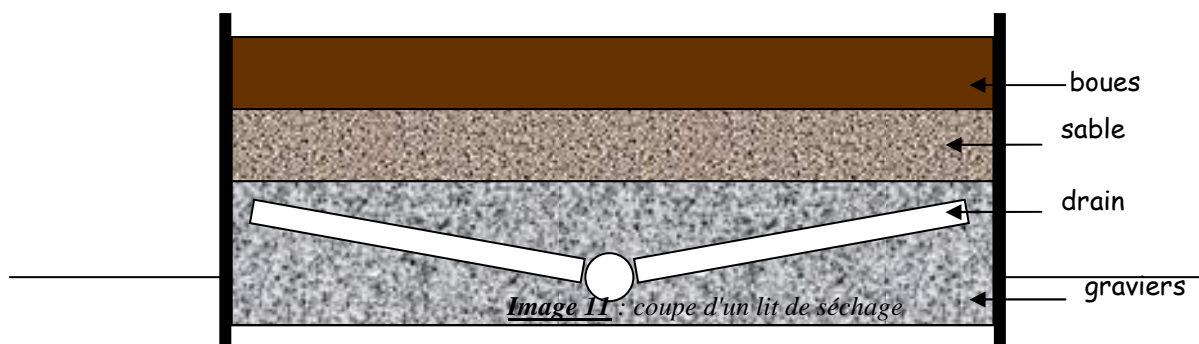
#### 3.3.5.2 La réduction du volume :

Les boues fraîches sortant des bassins de décantation primaires et secondaires sont constituées d'eau entre 95 et 99,5%. Afin de réduire les coûts de transport on essaye donc de séparer l'eau de la matière sèche. Les différentes techniques présentées sont utilisées après un premier épaissement (le plus souvent une décantation)

---

<sup>1</sup> Opération qui consiste à apporter au sol des substances capables d'en améliorer les propriétés physiques ou physico-chimiques, et par répercussion ses propriétés biologiques et chimiques.

Les lits de séchages sont des procédés rustiques mais très utilisés Les boues sont déposées sur du sable qui lui-même repose sur des gravier, on a donc un lit drainant. La siccité<sup>2</sup> des boues atteint 40 à 60% pour un temps de séchage allant de 3 semaines à 1,5 mois. Le facteur saisonnier est bien sûr prépondérant.



Les presses à bandes (image 12) sont utilisées dans les stations de taille moyenne. Un polymère (poly électrolyte) est injectée dans la boue afin de la faire flocculer. Celle-ci subit alors un égouttage sur un tapis perméable puis se retrouve serrée entre deux tapis roulants. L'eau est alors expulsée. Lorsque les deux bandes se desserrent les boues sont collectées puis envoyées en décharge.

*légende : 1 : mélange entre boues et polymère*

*3 : égouttage*

*10 : racloir*

Les centrifugeuses rotatives permettent également d'éliminer l'eau des boues et de réduire leur volume.

### 3.3.5.3 Utilisations finales :

Outre l'épandage, les boues peuvent subir une incinération ou une coïncinération. D'autres filières telles que l'oxydation par voie humide ou le compostage sont également possible.

<sup>2</sup> Inverse de l'humidité : la **siccité** = 100 - H%



## Conclusion

Même si grâce aux équipements réalisés ces dix dernières années, le taux de dépollution s'est sensiblement amélioré, les investissements doivent être poursuivis pour permettre de rénover les réseaux et les stations qui existent et d'en créer de nouveaux là où cela est nécessaire. Ceci implique aussi en parallèle une augmentation du prix de la redevance d'assainissement pour le contribuable dans les années à venir.

Pour améliorer les traitements et les rendements d'épuration ainsi que leur efficacité, un effort constant de recherche est réalisé pour mettre au point de nouveaux procédés de traitements. L'élimination des nuisances diverses engendrées par les traitements des eaux usées constitue un autre domaine de recherche. La réduction des mauvaises odeurs, la diminution du bruit et l'intégration des stations d'épuration dans le paysage participent aussi à la protection de l'environnement. Enfin, le traitement des boues constitue un important chantier dans la perspective d'une réglementation sur la mise en décharge, soit pour la valorisation, soit pour l'élimination.

On doit également garder à l'esprit que des technologies parfaites assurant une épuration à 100% et sans déchets terminaux n'existeront probablement jamais ou alors à des coûts prohibitifs. En conséquence, dans ce domaine comme dans d'autres l'avenir est également à la réduction des flux initiaux. Ceci implique donc un changement des habitudes en matière de consommation d'eau, aussi bien chez le particulier que dans les industries.