



L'épuration des eaux usées :

# le lagunage naturel

Cas de la station de Mèze-Loupian  
Ecosite du Pays de Thau



# SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| 1. Historique  | 3  |
| 2. Les raisons de l'implantation                                       | 5  |
| 3. Les types de pollutions traitées                                    | 6  |
| 4. Les grands principes<br>(cas d'une station de lagunage à 3 bassins) | 7  |
| 4.1. Pré-traitement primaire   | 8  |
| 4.2. Bassin N°1 : La minéralisation par les bactéries                  | 9  |
| 4.3. Le rôle des plantes   | 13 |
| 4.4. Bassin N°3 : Le rôle du zooplancton                               | 16 |
| 4.5. Elimination de la pollution bactériologique                       | 19 |
| 5. Extension de la station de lagunage de 1996                         | 20 |
| 6. Qualité de l'eau en sortie  | 22 |
| 7. Avantages et inconvénients du lagunage naturel                      | 24 |

# 1. Historique

Les lagunes de la frange littorale du Sud de la France, s'étendant de Perpignan à la Camargue, connaissent périodiquement des phénomènes d'eutrophisation. Ces crises se manifestent par la prolifération ponctuelle d'un grand nombre d'algues à la surface de l'eau, et sont accompagnées de dégagements gazeux particulièrement malodorants : Ce phénomène, c'est la "**malaïgue**", terme occitan définissant la "mauvaise eau".

Ce phénomène naturel a lieu quand il y a convergence de plusieurs facteurs climatiques et physiques :

- Des étangs de faibles profondeurs,
- Des températures estivales élevées,
- Une absence de vents,
- De grandes quantités de matières organiques présentes dans l'eau et les sédiments,

... c'est l'ensemble de ces facteurs qui peuvent conduire à de grandes **crises anoxiques**. Les activités humaines jouent un grand rôle de **catalyseur** dans ces genres de crises. En effet, les nombreuses pollutions organiques liées à l'homme (comme le non-retraitement des eaux usées domestiques, des déchets conchylicoles et viticoles ou le rejet de certaines industries) augmentent les concentrations de matière organique et accélèrent le processus d'eutrophisation.

Le phénomène mis en place est simple : **il s'agit d'un dérèglement de l'auto-épuration naturel de l'écosystème, sous l'effet de l'arrivée d'une trop grande quantité de déchets :**

Dans des **conditions normales**, les déchets (cadavres, excréments...) sont décomposés par des bactéries aérobies. L'oxygène dissout nécessaire à leur respiration est produit par les plantes (photosynthèse) et par les échanges atmosphériques (brassage éolien). C'est ainsi que la matière organique est minéralisée en sels nutritifs, eux-mêmes fixés par les plantes.

Dans les **conditions de crise**, le processus change : la baisse de l'oxygénation des eaux (absence de brassage et forte chaleur) entraîne un développement des bactéries anaérobies productrices de gaz dont certains sont très malodorants (H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, ...). Parallèlement, de nombreuses algues se développent (sous la forte production de nutriments par les bactéries), et d'autres meurent, augmentant ainsi davantage la quantité de matière organique. Il s'ensuit une **désoxygénation** des eaux (car le peu d'oxygène photosynthétique produit est rapidement consommé pour la minéralisation), et une mort de tous les organismes aérobies du plan d'eau touchés par l'anoxie.





En 1975, une très importante malaïgue toucha l'étang de Thau dans sa quasi-totalité. Si le déficit en vent fut très important (et donc celui de l'oxygène dissout), les nombreuses activités humaines périphériques y ont fortement contribué. Cette crise majeure a emporté 75 % de la production conchylicole régionale

et provoqué la mise au chômage technique de plusieurs milliers de personnes. Les activités de loisirs furent profondément perturbées, les nuisances olfactives très fortes. Cette crise fut considérée comme une **catastrophe socio-économique majeure** pour la petite région de l'étang de Thau.

C'est à partir de ce moment là que l'on décida, par une action concertée entre les différents acteurs et utilisateurs du bassin de Thau, de trouver des solutions pour diminuer les impacts nocifs de l'homme, et de ces activités, sur l'étang. Différentes recherches furent alors effectuées pour mieux comprendre le phénomène de la Malaïgue et pour trouver des solutions de traitement des pollutions adaptées à chacun.

C'est ainsi que progressivement des aménagements furent entrepris pour **traiter les eaux usées urbaines** (installation de station d'épuration ou de lagunage), **retraiter et valoriser des déchets viticoles et conchylicoles** (usine du Mourre blanc à Mèze depuis 1996) et **éviter tous rejets industriels**.



## 2. Les raisons de l'implantation

Depuis 1964, la ville de Mèze était équipée d'une station d'épuration des eaux usées classique, par boues activées. A partir des années 80, l'augmentation de la population et donc l'incapacité à éliminer les eaux résiduaires supplémentaires obligea une transformation des structures. Plusieurs possibilités étaient envisagées :

- **Agrandir** la station présente ;
- Relier certaines villes rivulaires de l'étang de Thau à la grande station d'épuration de la ville de Sète par un long **pipe-line** ;
- Implanter une **station de lagunage**, système de retraitement des eaux usées encore peu fréquent en France.

Le choix s'orienta assez rapidement vers la troisième solution, et cela pour quatre raisons :

- **Coûts importants pour l'agrandissement ou le raccordement** à la station de Sète, compte tenu des difficultés techniques;
- Pour la station de lagunage, si les coûts d'investissement sont eux aussi importants au début (notamment pour l'achat des terrains), les **coûts de fonctionnement sont très faibles**, comparativement à l'épuration classique. Les terrains, eux, sont déjà présents à l'Est de Mèze dans d'anciennes salines. Le terrain est plat, naturellement imperméable grâce à l'épaisseur d'argile et assez grand pour permettre d'éventuels agrandissements ultérieurs.
- Le principe de retraitement des eaux par procédé de lagunage naturel, très **respectueux de l'environnement**, permettait de préserver l'étang de Thau, et donc les nombreuses activités anthropiques concomitantes (pêche, conchyliculture, tourisme nautique et balnéaire...) d'éventuelles pollutions organiques d'origine urbaines ;
- Ce procédé novateur en France pouvait permettre la mise en place d'un **centre de recherche sur les éco-technologies** dont la station de lagunage pouvait être la vitrine.

### 3. Les types de pollutions traitées

A Mèze, l'assainissement urbain est constitué des trois réseaux où seulement les eaux domestiques sont acheminées vers la station de lagunage :

- Les **eaux pluviales** sont séparées et redirigées vers l'étang de Thau ;

- Les **eaux provenant de la cave coopérative viticole de Mèze** sont acheminées vers une unité de retraitement basée à l'Ecosite du pays de Thau. Le principe utilisé "d'évaporation forcée" permet une réduction du volume de déchet sous forme de boues facilement valorisables comme amendement agricole ou, pour l'incinération.



- Les **eaux usées domestiques** sont enfin acheminées vers la station de lagunage. Elles sont essentiellement composées de quatre types de polluant qu'il va falloir éliminer :

- Les *déchets solides* : gros objets ;
- La *matière organique* représente l'ensemble des déchets pouvant être naturellement éliminé par des organismes vivants présent dans les bassins de la station de lagunage.
- Les *micro-organismes*, issus des eaux usées, dont certains peuvent être potentiellement pathogènes : protozoaires, bactéries, virus...
- Les *produits d'entretiens et détergents* dissous : eau de Javel, lessives, ...

## 4. Les grands principes

(cas d'une station de lagunage composée de 3 bassins montés en série)

Si la technique employée pour mettre en place ce genre de système de retraitement des eaux usées peut être plus ou moins complexe, le principe reste alors toujours le même. Les eaux vont passer successivement dans différents bassins dans lesquels différents organismes interviennent afin d'éliminer la charge polluante :

Avant l'entrée des eaux dans le premier bassin, un pré-traitement est réalisé pour faciliter la suite des opérations. Dans un premier bassin, des bactéries interviennent pour éliminer les déchets (la matière organique) et les transformer en sels minéraux et en gaz. Par la suite, dans un deuxième bassin, ces produits sont récupérés par les plantes pour permettre leur développement. Celles-ci vont alors produire de l'oxygène (par photosynthèse). Les micro-algues (phytoplancton) seront consommées dans les derniers bassins par le zooplancton (animaux microscopiques). A la fin de cette étape ( 80 jours environ après l'entrée dans le premier bassin), les eaux sont aptes à être rejetées dans le milieu naturel : ici l'étang de Thau.



## 4.1. Pré-traitement primaire

En tête du premier bassin, une unité de pré-traitement permet une séparation mécanique simple de certains déchets : il évite ainsi un comblement accéléré des bassins. On distingue trois actions pour le pré-traitement :

- Un **dégrilleur** : barreaux inclinés espacés de 4 cm pour retenir les gros objets ;
- Un **déssableur** qui permet le dépôt des sables et des graviers au fond d'une fosse ;
- Une zone de **déshuilage** mécanique qui permet de retenir les graisses et les déchets flottants grâce à une cloison siphonoïde.



Ces déchets extraits seront éliminés par incinération ou revalorisés (le sable pourra être utilisé en tant que remblais routier et les huiles pourront être soit régénérées soit incinérées). Un débitmètre est installé pour effectuer des mesures en continu sur les volumes d'eaux entrantes et sortantes. Les valeurs obtenues sont très variables d'une période de l'année à l'autre :

### En été :

- **Entrée** = 2000 m<sup>3</sup>/j : Forte augmentation de la population estivale et donc de la quantité d'eau usée.
- **Sortie** < 1000 m<sup>3</sup>/j : Forte diminution du débit grâce à une évaporation plus intense. Forte montée de débit lors de périodes orageuses pluvieuses.

### En hiver :

- **Entrée** = 1600 m<sup>3</sup>/j : Population hivernale.
- **Sortie** > 1800 m<sup>3</sup>/j : Augmentation du débit par intrusion d'eau pluviale lors des fortes précipitations hivernales.



## 4.2. Bassin N°1 : La minéralisation par les bactéries



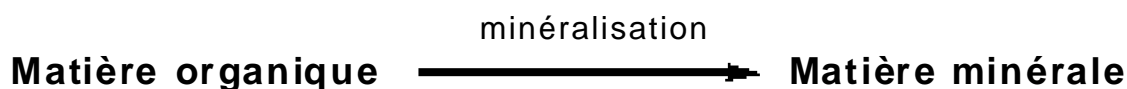
Les eaux usées débarrassées des gros objets et des graisses passent alors dans le premier bassin. Dans une station de lagunage, ce bassin est généralement le plus grand. À Mèze, il représente une surface de 4 ha, pour une profondeur moyenne de 1,30 m. Il est légèrement surcreusé à l'amont, où arrivent les eaux usées, afin d'éviter tout phénomène de comblement accéléré. Sa forme arrondie en U évite les angles morts

et facilite l'écoulement des eaux sans formation de zones aux eaux croupissantes. Depuis la mise en eau de la station en 1980, un seul curage a été effectué sur ce bassin (le plus soumis à l'envasement). C'était en 1994, il eut un coût de 2,5 millions de F, pour une extraction de 880 T de boue apte à l'épandage agricole. Si le coût des travaux a été important, notons qu'il s'agit du seul coût de fonctionnement important pour les stations de lagunage et qu'il équivaut à un coût annuel, par habitant, de 3 € par eq.ha./an On distingue dans le bassin N°1 deux groupes de bactéries :

Dans ce bassin, l'élimination des déchets passe par deux voies :

- La **voie physico-chimique** : naturellement des réactions chimiques ont lieu dans l'eau entre les différents éléments minéraux déjà présents. Ces réactions tendent vers une certaine neutralité entre les différents composés ;
- La **voie micro-biologique** : C'est le moyen le plus efficace où les déchets organiques sont progressivement dégradés par les bactéries.

Ce sont les bactéries qui jouent le rôle principal dans l'épuration des eaux en éliminant la matière organique par un processus connu sous le nom de **minéralisation** : Cela consiste à dégrader de la matière organique complexe en composés minéraux simples grâce à l'activité d'un enchainement de micro-organismes (dans l'eau : essentiellement constitué de bactéries).



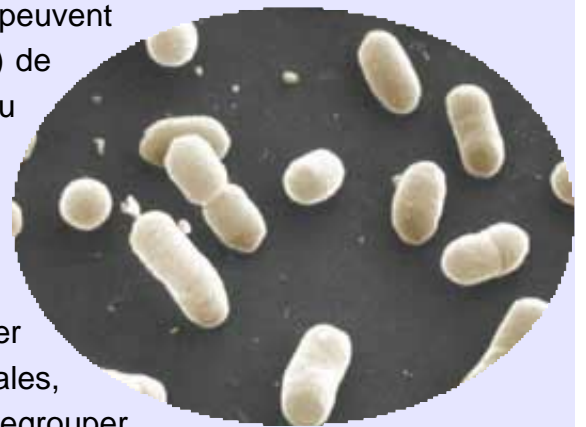
Cette minéralisation de la matière organique par les différentes bactéries permet la production d'eau, de sels minéraux ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) et de gaz ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  ...), qui vont progressivement se diriger vers le second bassin.

# Mémento sur les bactéries

## Définition :

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires et procaryotes (une seule cellule sans noyau). Elles se reproduisent généralement par une simple division cellulaire et sont capable de résister à des conditions défavorables sous forme de spores. Présents sur le globe depuis 3,5 milliards d'années, ce sont les plus anciennes formes de vie mais aussi les plus abondantes car ayant réussi à coloniser tous les milieux.

Cette grande diversité des bactéries correspond à une impressionnante diversification pour s'adapter à des milieux différents. Ainsi, on pourra trouver des bactéries généralistes ou des bactéries hyper-spécialisées, certaines espèces dégradent des matières organiques brutes et complexes, alors que d'autres dégradent des déchets organiques très simples (sucres, acides organiques...), d'autres ne minéralisent que les éléments d'une seule famille chimique (azote, phosphore...) et d'autres enfin ne peuvent vivre que dans certaines conditions (parfois extrêmes) de température, de pH, d'oxygène dissout, de salinité... ou de qualité de l'eau.



## Classification simplifiée :

Malgré la grande diversité des espèces, la classification des êtres vivants permet de les regrouper selon leurs homologues (anatomiques, comportementales, chronologiques...). Une des classifications consiste à regrouper les bactéries selon le type de nutrition et d'énergie utilisé lors de la minéralisation :

- Les bactéries utilisent l'énergie lumineuse : phototrophie
  - Ces bactéries, à la manière des plantes, utilisent directement les éléments minéraux présents dans l'eau : ces bactéries sont dites photo-autotrophe (ou photolithotrophe) ;
  - Plus rarement, ces bactéries récupèrent leur source de carbone directement dans la matière organique : ces bactéries sont dites photo-hétérotrophe (ou photo-organotrophe).
  - Les bactéries utilisent l'énergie issue de l'oxydation chimique des matériaux : chimiotrophie
    - Si ces bactéries utilisent une source de carbone composée d'éléments minéraux (gazeux ou ioniques) : ces bactéries sont dites chimio-autotrophe (ou chimio-lithotrophes) ;
    - Pour les plus abondantes dans la station de lagunage, si les bactéries utilisent une source de carbone composé d'éléments organiques complexes : ces bactéries sont dites chimio-hétérotrophes (ou chimio-organotrophes)

| Nutriments           | Energie                   |                            |
|----------------------|---------------------------|----------------------------|
|                      | Lumière                   | Oxydation                  |
| Substances minérales | <b>Photo-lithotrophe</b>  | <b>Chimio-lithotrophe</b>  |
| Matière organique    | <b>Photo-organotrophe</b> | <b>Chimio-organotrophe</b> |

- Les **bactéries exogènes** , sont les bactéries qui arrivent avec les effluents : elles sont de bonnes indicatrices de la pollution micro-biologique. Malgré une très grande diversité, certaines de ces bactéries peuvent être **pathogènes** (c'est-à-dire porteuses de maladies) ; il convient donc de les éliminer au fil de l'épuration afin d'éviter toute contamination bactériologique en aval dans l'étang de Thau. Avant même d'arriver dans la station de lagunage, les changements de milieux successifs vont entraîner la forte diminution de leurs effectifs ;

- Les **bactéries endogènes** , présentes naturellement dans les bassins grâce à l'ensemencement naturel , vont jouer un rôle pour dégrader la matière organique. Selon les caractéristiques physico-chimiques des eaux, les espèces les mieux adaptées à leur milieu de vie vont rester présentes dans les bassins. La grande diversité des espèces de bactéries présentes dans les bassins correspondent à des adaptations des micro-organismes aux changements de conditions : qualité de l'eau, résistance à la pollution....



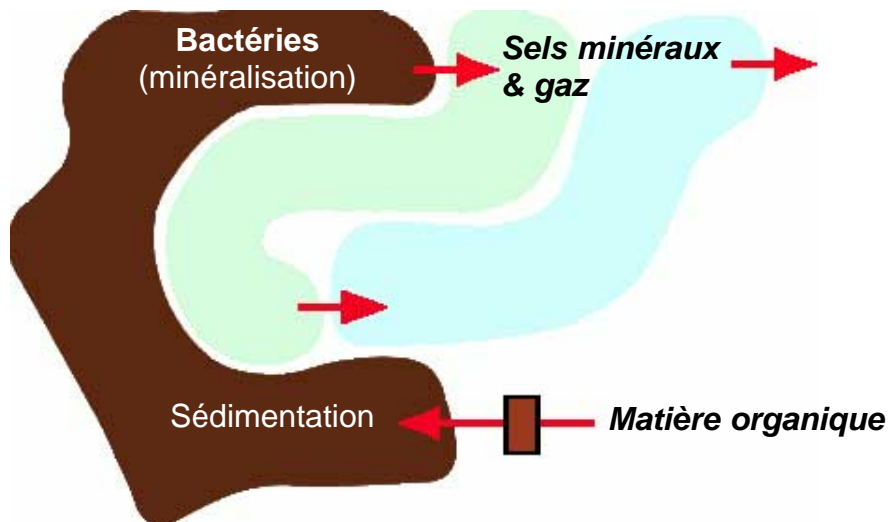
On distingue alors trois types de bactéries endogènes dans les bassins :

- Les **bactéries anaérobies strictes**, vivent enfouies dans les sédiments où, dans une profonde tranche d'eau désoxygénée. Elles n'utilisent pas le processus de la respiration (l'oxygène est un poison pour leur métabolisme) mais celui de la fermentation. La minéralisation est alors caractérisée par une forte production de gaz souvent malodorant connu sous le nom de "gaz des marais" ;
- Les **bactéries aérobies strictes** ont obligatoirement besoin d'oxygène pour respirer. Elles sont alors présentes dans la tranche d'eau bien oxygénée et dégradent la matière organique dissoute présente en suspension. L'oxygène nécessaire à leur métabolisme est naturellement présent dans l'eau, grâce aux échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère et grâce à la forte production d'oxygène du phytoplancton.
- Les **bactéries aérobies et anaérobies facultatives** sont moins exigeantes envers le taux d'oxygène dissout. Certaines tolèrent des variations alors que d'autres vivent insensiblement quelque soit l'oxygénation de l'eau. La répartition de ces bactéries est relativement homogène sur toute la tranche d'eau avec des concentrations plus importantes aux zones les plus favorables pour chaque espèce (afin d'éviter toute compétition).

**A noter :** On constate ponctuellement dans l'année, deux fortes transitions dans les populations des organismes de la station : à la sortie du printemps et à l'entrée de l'automne, quand des fortes variations de température et des augmentations de charge ont lieu. Ces phénomènes se matérialisent par un développement des bactéries anaérobies, qui par fermentation, entraîne un dégazage parfois malodorant ( $\text{SH}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) et un **relargage des boues**. Lorsque la transition bactérienne a eu lieu, le dégazage s'arrête et les boues sédimentent de nouveau au fond des bassins.

Le passage d'un bassin à l'autre se fait naturellement, sans électricité : l'écoulement des eaux d'un bassin à l'autre est gravitaire ; les bassins sont successivement les uns plus bas par rapport aux autres, et l'eau va pouvoir circuler, par trop plein, d'un bassin à l'autre, sans risque de retour possible. Les " déchets " des bactéries (eau, gaz et sels minéraux), sont ensuite évacués naturellement vers le deuxième bassin et vont être utilisés par les plantes.

### Bassin n°1



### 4.3. Bassin N°2 : Le rôle des plantes



Après la première action menée par les bactéries pour dégrader la matière organique, les plantes vont intervenir pour **fixer** les produits issus de la minéralisation.

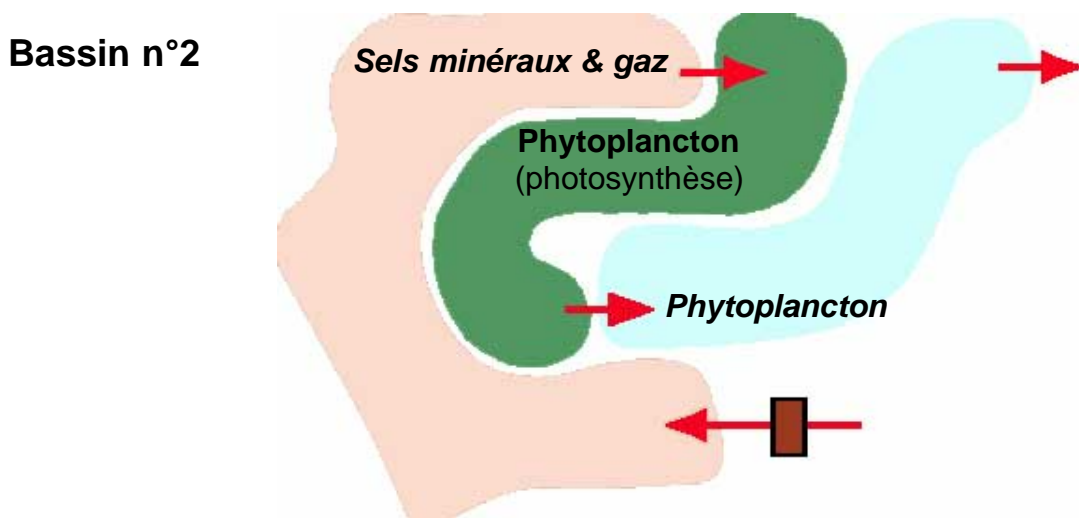
L'eau arrive donc dans ce deuxième bassin : Ce bassin est deux fois plus petit (2 ha.) avec une profondeur moins importante (1,10 m en moyenne). Cette faible profondeur est importante pour permettre l'action du soleil : Rôle bactéricide des ultra-violets, mais surtout, ici, pour permettre la photosynthèse et donc favoriser les phénomènes aérobies.

Les nutriments présents (sels minéraux, dérivés des lessives et dans une moindre mesure des engrais minéraux issus de l'agriculture) et le CO<sub>2</sub> (déchet de la respiration de certaines bactéries) vont être assimilés par les plantes pour permettre leur croissance. Ces organismes autotrophes vont transformer, directement grâce à l'énergie solaire, les différents sels minéraux et le CO<sub>2</sub> en tissu organique (sucres) pour la plante et en oxygène évacué dans le milieu extérieur : c'est le phénomène de la **photosynthèse**.

#### Equation globale de la photosynthèse :



Le choix des plantes utilisé pour l'épuration des eaux peut être très variable selon les facteurs d'implantation de la station de lagunage ; que ce soit pour des raisons économiques, esthétiques ou, selon les types de pollutions traitées, on distinguera alors deux types de lagunages naturels classés selon les types de végétation :



## Le lagunage à macrophytes :

Il est caractérisé par la présence de plantes visibles à l'œil nu. Il est constitué de plantes immergées ou émergées, enracinées ou non telles que les roseaux, les massettes, les joncs, les scirpes, les laïches, les lentilles d'eau ou les jacinthes d'eau... Les bassins sont alors généralement de plus faible surface et moins profond (0,6 à 0,8 m) où la charge polluante est plus faible.



### Les intérêts :

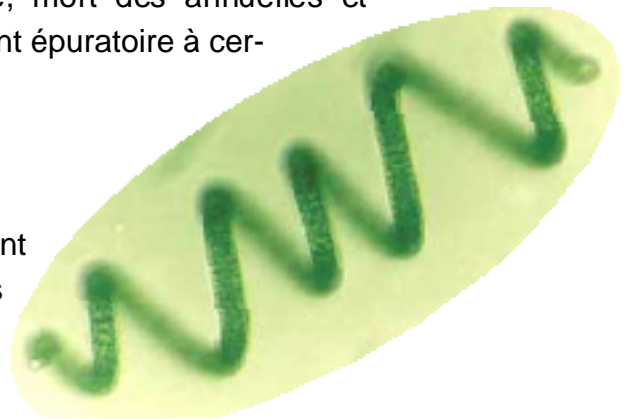
- Aspect esthétique et paysagé,
- Accroissement important des surfaces de fixation pour le périphyton (augmentation de l'oxygénation) et pour certaines bactéries minéralisatrices endogènes,
- Augmentation de la capacité de filtration par un important réseau racinaire,
- Bon rendement épuratoire en ce qui concerne l'élimination de la matière organique, de la matière en suspension (MES), des sels nutritifs et des métaux lourds (pour certaines espèces).

### Les inconvénients :

- Augmentation des coûts de fonctionnement du fait d'un entretien plus lourd (faucardage, arrachage pour éviter l'envahissement des zones en pleine eau...) ;
- Augmentation du volume de matière organique occasionné par ces plantes elles-mêmes (feuilles à l'automne, déchets du faucardage, mort des annuelles et bisannuelles...) et donc une baisse du rendement épuratoire à certaines saisons.

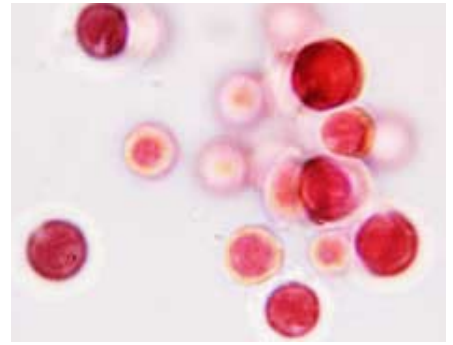
## Le lagunage à microphytes :

Comme à Mèze, les plantes sont uniquement représentées par le phytoplancton, algues microscopiques de 1/100<sup>ème</sup> de mm en moyenne, mais jouant le même rôle que les macrophytes dans la fixation des nutriments. On distingue quatre grands groupes de micro-algues représentant plus de 100 000 espèces :



- **Les algues bleues** ou, cyanophycées, sont des organismes procaryotes, c'est à dire sans noyau défini, elles sont riches en un pigment bleuté : la **phycocyanine** ;
- **Les algues vertes** ou, chlorophycées, sont comme les groupes qui vont suivre des eucaryotes. Ces algues sont caractérisées par la présence d'un pigment vert : la **chlorophylle** (a et b) ;

- **Les algues brunes** ou, phaeophycées, révèlent un excès de **caroténoïdes** donnant cet aspect brun à jaune d'or ;
- Enfin, **les algues rouges** ou, rhodophycées présentent, pour elles, un excès de **phycoérythrine**.

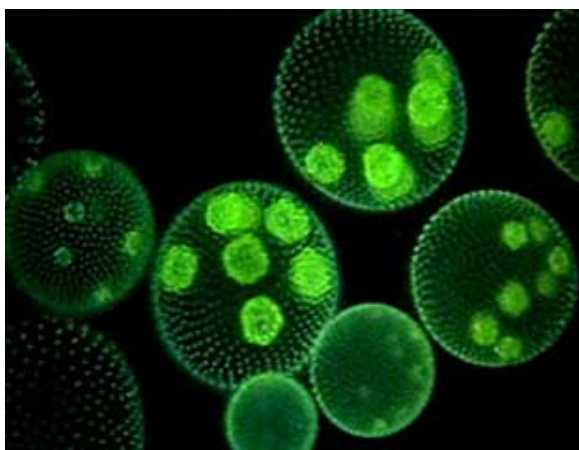


Ces nombreuses espèces, dont certaines sont à la limite du règne végétal, sont également étonnantes dans les variétés de forme et de taille. En effet, de nombreuses espèces ont acquis certaines adaptations pour mieux répondre aux exigences du milieu :

- La taille définit, ainsi la vitesse de précipitation (loi de Stokes : la vitesse de précipitation augmente avec la taille) d'où la présence de nombreux micro-planctons (nanoplanctons) ;
- Des **excroissances** symétriques se développent pour augmenter le rapport surface / volume afin de freiner la vitesse de sédimentation ;
- Des phytoplanctons ont développé des vacuoles de gazs (cyanophycées) ou de lipides (Péridiniens) pour faire **varier leur densité** ;
- Présence de **flagelles** pour les déplacements ;
- Présence d'un système de **propulsion** chez les Diatomées par expulsion orientée d'eau, permettant leur déplacement.



Malgré ces excellentes adaptations à leur milieu, la mortalité est élevée (par sédimentation, prédation, compétition, diminution des ressources...) et elle doit être compensée par une **reproduction efficace**. En effet, essentiellement asexuée, la reproduction est une simple division cellulaire rapide et efficace (taux de génération: 63 536 en 48 h. chez certaines espèces).



Les espèces de micro-algues présentes dans les bassins sont adaptées à des conditions spécifiques (physico-chimiques et climatiques). Aussi, les variations de ces conditions (arrivée de l'hiver, changement de la composition des eaux usées,...) entraînent des changements importants dans la composition des différentes espèces d'algues.

## 4.4. Bassin N°3 : Le rôle du zooplancton

Le rôle du zooplancton est d'assurer la finition de l'épuration des eaux. Ils vont jouer un rôle important comme consommateur de micro-algues, et donc comme régulateur de ces populations phytoplanctoniques.



### Les protozoaires :



Ces organismes unicellulaires sont les principaux prédateurs des bactéries. Ils sont présents toute l'année sans manifester d'évolution numérique majeure. Quelques exemples de protozoaires : flagellés (peranema, astasia, bodo...), ciliées (paramécies, vorticelles, aspidisca, pleuronema...).

### Les Métazoaires :

Ces organismes pluricellulaires, d'une complexité plus grande, sont représentés dans les derniers bassins de la station de lagunage sous trois groupes dominants :

#### **Les Rotifères :**

Ce sont des vermidiens microscopiques de 200  $\mu$ m à 1 mm de forme très hétérogène. Ils représentent plus de 2 000 espèces regroupées en 22 familles. Le petit millier de cellules constituant leur corps a permis malgré leur taille très réduite, la constitution d'un organisme très complexe avec oeil, oesophage, cœur, estomac, intestin... mais sans tête ni membre.

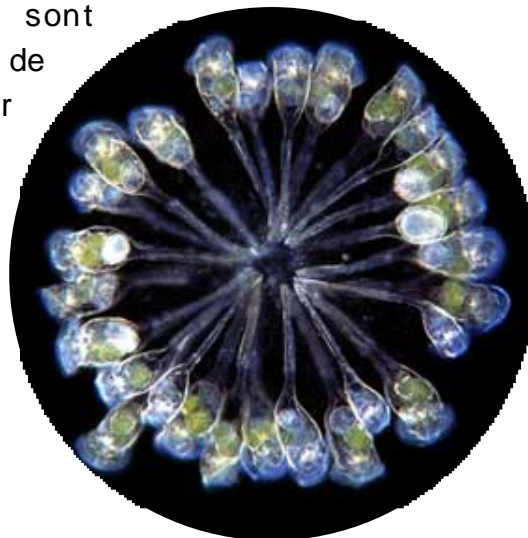
Ce sont essentiellement des **microphages** consommateurs de bactéries, de micro-algues et de matière organique qui permettent une efficace clarification des eaux. Parfois présents dans les premiers bassins, ils peuvent vivre dans des eaux très peu oxygénées supportant de très grandes variations de la qualité du milieu.

Leur reproduction très efficace est particulièrement étonnante : il n'y a que des femelles se reproduisant par parthénogenèse (reproduction asexuée). Elles produisent de 10 à 40 oeufs ovovivipares à la fois. Quand les conditions sont bonnes, il n'y a que la

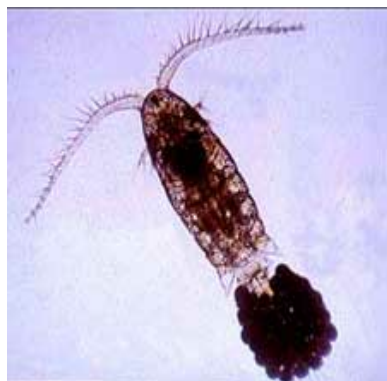




production de femelles, quand les conditions sont défavorables il y a alors la production de mâles (durée de vie de seulement quelques heures pour pouvoir s'accoupler). L'accouplement permet la production, par fécondation (reproduction sexuée), d'œufs de durée pouvant résister en vie ralentie pendant 40 ans (résistance à des amplitudes thermiques de - 270 à + 80 C°). Lors de l'éclosion, les oeufs de durée donnent naissance à des femelles toutes parthénogénétiques.



## Les Copépodes :



Ce sont des petits crustacés (de 0,5 à 4 mm.) présent à la surface de l'eau qui sont de très efficaces prédateurs : ils consomment pêle-mêle du phytoplancton, des jeunes larves d'insectes et des cladocères...

Dans les eaux douces, on peut distinguer 2 groupes de copépodes : les **Calanoïdes** phytoplanctonivores à longues antennules et les Cyclopoïdes à courtes antennules (zooplanctonivores pour les plus gros).

La reproduction est sexuée. La fécondation s'effectue dans des sacs (1 sac chez les Calanoïdes et 2 chez les 1 Cyclopoïdes) portés par les femelles, donnant naissance de 1 à 30 larves par sac. A la naissance, les larves arachnoïdes (dites nauplius) vont devoir muer 6 fois avant de ressembler aux adultes. A ce stade, il faut encore attendre 5 mues successives pour pouvoir se reproduire. Puis les adultes pourront aller jouer leur rôle actif de reproducteur.

## Les Cladocères :

Ce sont des petits crustacés herbivores et détritivores de 0,2 à 3 mm. Ils jouent un rôle important dans la station de lagunage et particulièrement dans les derniers bassins pour diminuer le taux de matière en suspension (filtration de la biomasse phytoplanctonique) et ainsi augmenter la luminosité. Cependant, leur mode de nutrition et leur respiration a tendance à diminuer le taux d'oxygène dissout. Leur taille relativement importante (facilitant leur pêche) et leur richesse protéique font des cladocères des organismes facilement **valorisables en aquaculture**.



Ces filtreurs efficaces, surtout représentés par le groupe des Daphnies, sont équipés de nombreuses pattes thoraciques munies de peignes pour prélever les particules alimentaires (phytoplanctons, matières organiques...), ainsi que de branchies pour filtrer l'oxygène dissout. Les cladocères se déplacent grâce à leurs antennes, mais cela n'est vraiment pas suffisant pour fuir les nombreux prédateurs présents. Pour compenser les nombreuses pertes, et pallier d'éventuelles disettes alimentaires ces organismes ont, comme les Rotifères, opté pour une reproduction partiellement asexuée et donc plus rapide et plus prolifique :

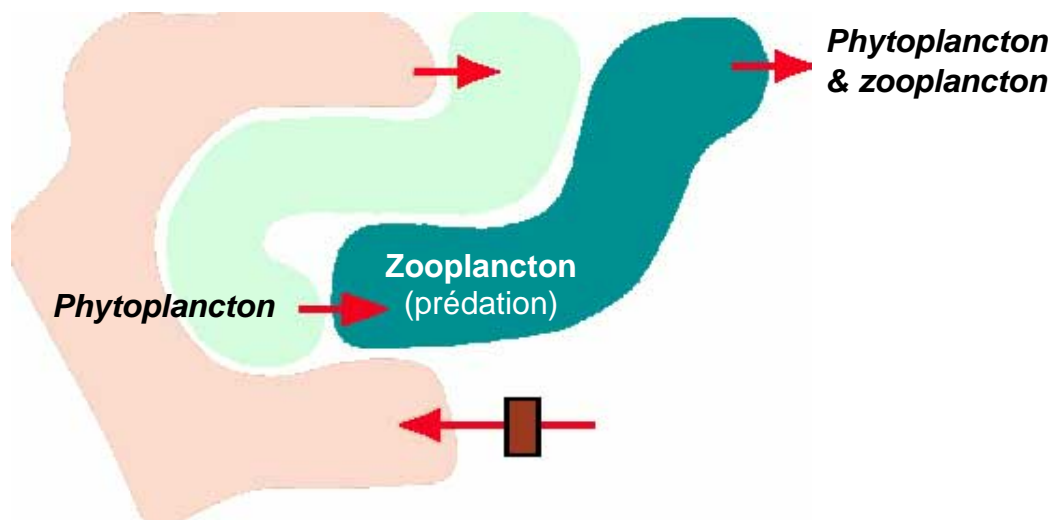


Traditionnellement les populations ne sont constituées que de femelles (dont les mâles sont parfois inconnus) qui se reproduisent seules, sans mâles, sans accouplement et donc sans fécondation : c'est la **parthénogenèse**. Les oeufs produits sont nombreux (de 1 à 50 en moyenne) ovovivipares (c'est à dire qu'ils éclosent dans la femelle) et ont une durée d'incubation brève (quelques jours). Selon les conditions du milieu, les oeufs produits dans la poche dorsale incubatrice, donnent naissance soit à des femelles (quand les conditions externes sont favorables), soit à des femelles accompagnées de quelques mâles (quand les conditions se sont détériorées).

Si les conditions sont défavorables, les mâles (à vie relativement brève) vont s'accoupler aux femelles pour produire par fécondation (reproduction sexuée), **deux oeufs de résistance** (et pas plus). Ces oeufs sont protégés par une membrane chitineuse très résistante, qui va les préserver pendant les mauvaises conditions. Ces oeufs vont aussi pouvoir résister au gel, à la sécheresse et aux sucs digestifs des oiseaux. Les adultes, sous les effets des mauvaises conditions, vont mourir et ainsi libérer les oeufs de durée.

Les oeufs attendent des conditions favorables (parfois pendant plusieurs années), enfouis dans les sédiments, pour pouvoir éclore. Au retour des bonnes conditions, les deux oeufs donnent naissance à deux femelles qui de nouveau se reproduiront seules... par parthénogenèse.

### Bassin n°3



## 4.5. *Élimination de la pollution bactériologique*

Les **germes pathogènes** (salmonelle, streptocoque, virus...), vecteurs de maladies, proviennent essentiellement des organismes vivants et notamment de notre flore intestinale. Ils font partie de ces micro-organismes exogènes qu'il faut absolument éliminer pour éviter tout type de contamination avale, dans l'étang de Thau. Cependant, ces pathogènes sont très rares et donc difficiles à détecter. On utilise alors des **indicateurs** abondants et faciles à analyser, comme les germes de contamination fécale (coliformes fécaux notamment).

Pour les éliminer, différents processus physico-chimiques ou biologiques ont lieu :

### Dans la station de lagunage :

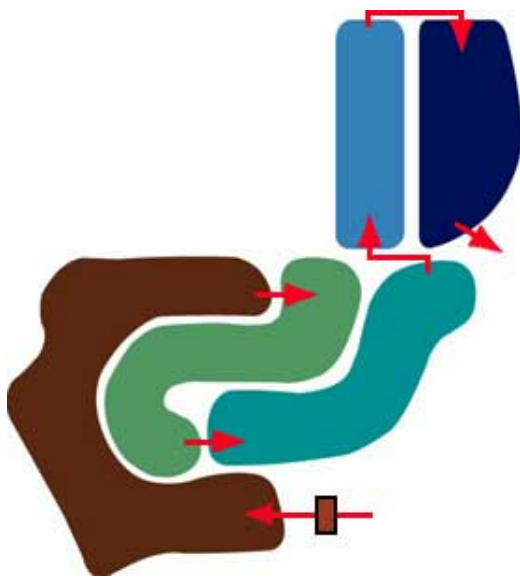
- **Rôle bactéricide des ultraviolets** (U.V.) grâce aux rayonnements solaires (d'où une faible profondeur d'eau permettant aux rayons d'atteindre le fond) ;
- Phénomène de **compétition** avec les espèces autochtones ;
- Forte **prédation** par des espèces bactériophages (zooplancton) ;
- **Production de substances inhibantes ou bactéricides naturelles** (antibiotiques par exemple) par certaines bactéries et micro-algues entraînant la mort ou une baisse de la reproduction des pathogènes ;
- Durée du **cycle d'épuration longue** durant laquelle les germes peuvent être éliminés par ces différents processus ( environ 80 jours).

### Hors de la station de lagunage :

- **Choc thermique** à la sortie de l'organisme hôte et en sortant de la station de lagunage dans le milieu récepteur ;
- **Stress salin** à la sortie des bassins de lagunage dans l'étang de Thau (eau saumâtre) (Salinité : eau douce dans les bassins: 1 g.L-1 ; à l'exutoire de la station: 17 g.L-1 ; étang de Thau : 32 g.L-1 ).

## 5. Extension de la station de lagunage de 1996

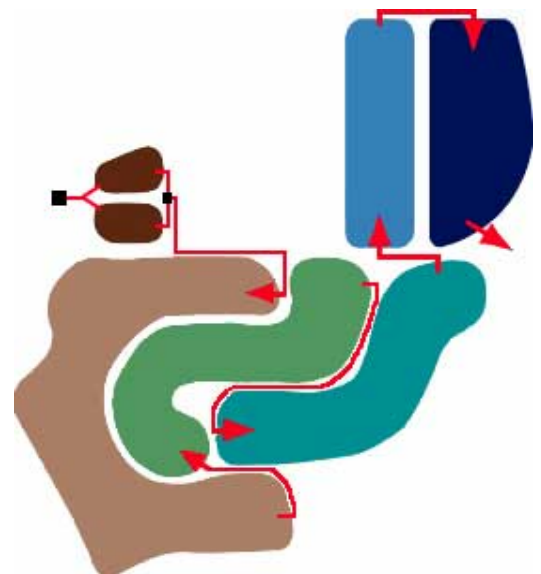
La station de lagunage de Mèze, comme nous l'avons présentée, avec trois bassins, à été créée en 1980 pour épurer les eaux usées de 7 000 habitants. La population augmentant, la station risquait un jour de poser des problèmes de saturation et il fallut donc **augmenter la taille du lagunage**. En 1995, constatant une baisse du rendement épuratoire, on confia au **bureau d'étude Entech** de l'Écosite les soins de réaliser l'étude et la mise en place de l'extension des bassins propre à répondre à cette augmentation de population. Le rajout de huit bassins se fit en 3 tranches de travaux, où ils furent raccordés aux trois bassins existants. L'ensemble des onze bassins aura la possibilité de fonctionner soit en série (c'est le cas actuellement où les eaux usées circulent successivement dans l'ensemble des bassins), soit en parallèle (où l'ancien système d'une part, et l'extension d'autre part, seront indépendants).



### Réalisation et fonctionnement général :

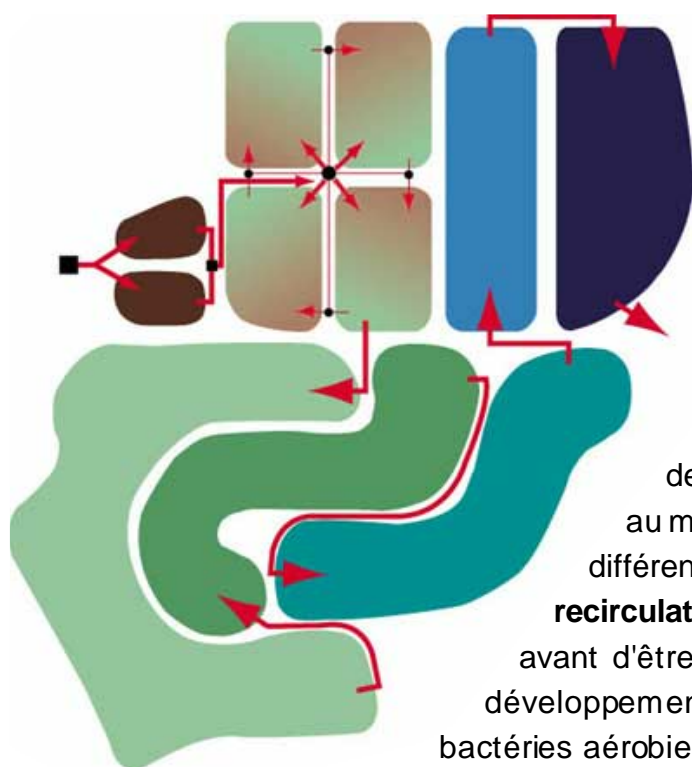
Les travaux ont commencé en 1996 par la réalisation en fin de chaîne de **deux bassins de finition**, placés en série avec les trois bassins existants. Ces bassins, avaient pour objectifs d'alléger la charge et d'affiner l'épuration avant la sortie. Ces deux bassins représentent des superficies de 1 ha pour le premier, et 1,5 pour le second, pour une profondeur moyenne inférieure à un mètre.

L'année suivante, en vue de l'installation de deux fosses anaérobies en tête de chaîne épuratoire, la circulation des eaux doit être inversée dans les deux anciens bassins N°1 et 2. Au nord-est du site, un rehaussement est mis en place pour accueillir la nouvelle zone de **pré traitement**, un **répartiteur** et les **deux fosses anaérobies** montées en dérivation. Ces bassins de 0,3 ha chacun, pour 3,5 mètres de profondeur, permettent une forte élimination de la MES par décantation et dégradation de près de 50 %.



Pour éviter les nuisances olfactives provenant du dégazage des bactéries anaérobies de ces bassins, 4 aérateurs de surface ont été installés en 2002. Cela crée un film de 50 cm d'eau richement oxygénée à la surface de l'eau qui oxyde les molécules à l'origine des mauvaises odeurs.

Parallèlement, le **sens de circulation** des eaux a du être revu du fait de la nouvelle situation géographique de l'arrivée des eaux. Ainsi, le sens des anciens bassins 1 et 2 a été inversé (pas le troisième) et un conduit construit dans la digue, achemine les eaux de la nouvelle sortie du deuxième bassin vers l'entrée du troisième.



Enfin, en 1998, l'extension s'est achevée par la réalisation, en aval des bassins anaérobies, de **quatre bassins dit " de forte charge "** dont le procédé a été breveté par le bureau d'étude Entech. Les 4 bassins représentant 2,5 ha, pour une moyenne de 1,80 m de profondeur, sont disposés en quinconce. Les eaux arrivent des deux fosses en amont vers un **répartiteur**, situé au milieu des quatre bassins. L'eau est distribuée différenciellement dans chaque bassin. De plus, une **recirculation** horaire est réalisée entre les quatre bassins avant d'être envoyée vers le circuit. Pour favoriser le

développement des bactéries aérobies, **quatre aérateurs** (de profondeur cette fois) sont répartis pour oxygéner davantage le milieu (ceux-ci ne sont utilisés que très ponctuellement par grande chaleur et par forte charge). Ces quatre bassins vont permettre une forte élimination de la MES et de la MO par un abattement compris entre 70 et 80 %. La suite de l'épuration a surtout un rôle dans l'élimination des pathogènes.



## 6. Qualité de l'eau à la sortie

Les nombreuses activités humaines liées à l'étang de Thau, associées à la forte richesse patrimoniale que représente ce milieu naturel, nécessitaient de la part de la station de lagunage, une excellente qualité d'eau de rejet. Différentes **mesures physico-chimiques et micro-biologiques** sont réalisées régulièrement sur les bassins de la station de lagunage, ainsi, que quatre fois par an sur des plaques témoins, dans l'étang de Thau.



**La Matière En Suspension (MES) :** Elle est éliminée à plus de 70 % grâce au traitement primaire qui permet une forte décantation, et une minéralisation de cette matière organique. Les 30 % restant expriment la forte charge d'organismes planctoniques qui se sont développés dans les deuxièmes et troisièmes bassins. Ils ne représentent pas une pollution en soi, tant que le milieu récepteur (ici assez grand) peut accepter cette charge de matière organique vivante. Pour cette raison, les stations de lagunage doivent éviter des rejets dans des milieux clos et/ou trop petits, sous risque d'entraîner des phénomènes d'eutrophisation. Afin de palier au problème, des systèmes de filtrage sur lit de sable sont possibles, diminuant d'autant plus la charge en MES.

**Remarque :** Les volumes d'autorisation de rejet pour la MES imposé par la réglementation sont plus élevés pour les stations de lagunage (que dans les stations d'épuration classique) du fait de la plus grande concentration en micro-organismes épurateurs (algues et zooplancton) en sortie : de l'ordre de 150 mg.L-1 maximum autorisé en rejet par rapport au 35 mg.L-1 des systèmes classiques.

**La DBO5 et la DCO :** Elles connaissent respectivement de grandes baisses entre l'entrée et la sortie : respectivement un abattement de 89 % et 80 %. Les analyses sont effectuées sur des échantillons filtrés pour ne pas comptabiliser les taux additionnels des micro-organismes épurateurs.

**L'azote (N) et le phosphore (P) :** L'azote provient essentiellement des déchets



organiques et du lessivage des cultures. Cet azote organique va alors être progressivement minéralisé par des bactéries en  $\text{NH}_4^+$  (ammoniac), puis en  $\text{NO}_2^-$  (nitrite) et enfin en  $\text{NO}_3^-$  (nitrate) ; l'ensemble du processus dure une dizaine de jours. Pour le phosphore organique, provenant essentiellement des déchets organiques et surtout des détergents domestiques, il va être en grande partie fixé par les plantes. Cependant, pour ce qui est de la forme

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (phosphate), malgré sa fixation par les plantes ou sa précipitation par les variations du pH de l'eau (alternance de la photosynthèse et de la respiration), une grande partie reste excédentaire et sera alors rejetée dans le milieu récepteur.

**La pollution bactériologique** : l'abattement microbien est particulièrement efficace grâce à l'épuration par lagunage naturel pour les raisons précédemment énumérées. Sur des concentrations mesurées à 10<sup>8</sup> coliformes totaux pour 100 mL en entrée, l'abattement est d'au moins 99,99 % en sortie, celui-ci augmentant avec la durée du séjour, le nombre des bassins ou la température. Précisons cependant de nouveau que les infimes concentrations bactériennes présents dans le rejet ne sont que des indicateurs et non des pathogènes, que les concentrations sont proches des valeurs mesurées dans l'étang (représentant la population bactérienne naturelle du milieu) et que, de toute façon, leur arrivée dans les eaux saumâtres de l'étang achèvera leur élimination.

## 7. Avantages et inconvénients du lagunage

Le principe de traitement biologique des eaux usées par la méthode du lagunage naturel semble être une très bonne solution à développer qui connaît cependant certaines limites.

En effet, malgré les immenses avantages que le lagunage peut procurer, le système présente cependant des failles qui peuvent limiter son utilisation. Aussi, c'est au regard de l'ensemble des techniques de traitement des eaux usées, qu'il faut voir un avantage. Les nombreuses techniques présentes (physico-chimiques ou biologiques, intensives ou extensives, séparatifs ou unitaires), sont chacune adaptées au type d'effluents qu'il lui faut traiter (selon la concentration, le volume, le type d'effluent...).

### Les Avantages :

- **Faible coût d'exploitation** ( à l'Ecosite, seulement deux personnes s'occupent de la gestion de 5 stations de lagunage sur le bassin versant de l'étang de Thau) ;
- Bonne **intégration paysagère** ;
- Système **respectueux de l'environnement** ;
- Bonne **élimination des pathogènes, de l'azote et du phosphore** ;
- Production de **boues moins importantes** (qu'une station classique de type " boues activées "), très minéralisées et donc peu fermentescibles ;
- **Curage peu fréquent** (1 fois tous les 10 ans dans les premiers bassins) et boues plus facilement **valorisables** ;
- Bien adapté pour les petites communes ayant des **fortes augmentations** de population estivale ;
- Hormis les coûts fonciers pour l'achat des terrains, les **coûts de fonctionnement sont faibles** (peu ou pas d'électricité) ;
- Bien **adapté au réseau unitaire** ( les eaux pluviales jouant un bon rôle de dilution pour de fortes charges ponctuelles : vendanges par exemple) ;
- **Faible technicité** requise pour l'exploitant, surveillance régulière mais uniquement hebdomadaire du fait de la rusticité du système.



## Les Inconvénients :

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