

97/0219

# Le Lagunage naturel

Les leçons tirées de 15 ans de pratique en France



SATESE  
Service d'Assistance  
Technique aux Exploitants  
de Stations d'Épuration





# ***LE LAGUNAGE NATUREL***

**LES LEÇONS TIRÉES DE 15 ANS DE PRATIQUE EN FRANCE**



**GROUPE DE TRAVAIL SATESE - CEMAGREF**



# ***LE LAGUNAGE NATUREL***

**LES LEÇONS TIRÉES DE 15 ANS DE PRATIQUE EN FRANCE**

*Coordination :*

**Y. RACAULT**  
(Cemagref)

*Membres du Comité de rédaction :*

**J.-S. BOIS**  
**J. CARRÉ**  
**Ph. DUCHÊNE**  
**B. LEBAUDY**  
**J. LESAVRE**  
**P. LICKEL**  
**M. RATEAU**  
**A. VACHON**

**Commandes supplémentaires à adresser à :**  
**PUBLI-TRANS, BP 22, 91167 LONGJUMEAU CEDEX 09**  
**Tél. : 01 69 10 85 85 - Fax : 01 69 10 85 84**

**Diffusion aux libraires :**  
**Technique et Documentation LAVOISIER**  
**14, rue de Provigny - 91236 CACHAN Cedex**  
**Tél. : 01 47 40 67 82 - Fax : 01 47 40 67 88**

# SOMMAIRE

<b>PRÉAMBULE</b>	7
<b>I - INTRODUCTION</b>	9
<b>II - PERFORMANCES DU LAGUNAGE</b>	11
2.1. Origine des données - Méthodologie d'exploitation	11
2.2. Charges reçues sur les installations	12
2.3. Performances épuratoires des lagunes	13
2.4. Facteurs influençant les performances	14
2.5. Conclusion sur les performances des lagunes (carbone, azote, phosphore)	16
<b>III - DYSFONCTIONNEMENT</b>	17
3.1. Détection des dysfonctionnements et conséquences	17
3.2. Causes de dysfonctionnement	17
3.3. Remèdes	19
<b>IV - CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU LAGUNAGE NATUREL</b>	21
4.1. Prétraitements	21
4.2. Traitements primaires	21
4.3. Les lagunes	23
4.4. Ouvrages annexes et de communication	25
<b>V - EXPLOITATION</b>	27
5.1. Tenue d'un cahier d'exploitation	27
5.2. Surveillance générale	27
5.3. Entretien du prétraitement	27
5.4. Entretien des abords	27
5.5. Lutte contre les rongeurs	28
5.6. Curage des boues en tête du premier bassin	28
5.7. Lutte contre les lentilles d'eau	29
5.8. Faucardage des macrophytes	29

<b>VI - LE CURAGE DES BASSINS</b>	31
6.1. Répartition des boues dans les bassins	31
6.2. Taux moyen d'envasement	32
6.3. Décision de curage	32
6.4. Méthode de curage	32
6.5. Coûts d'élimination des boues	33
6.6. Caractéristiques agronomiques et sanitaires des boues	33
<b>VII - LE SUIVI TECHNIQUE</b>	35
7.1. Nature et fréquence des visites	35
7.2. Les opérations particulières	36
<b>VIII - LES COÛTS DU LAGUNAGE</b>	39
8.1. Coût d'investissement	39
8.2. Coût de fonctionnement	39
<b>IX - CONCLUSION</b>	41
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	45
<b>ANNEXES</b>	47
<i>ANNEXE 1</i> : Le lagunage anaérobie	48
<i>ANNEXE 2</i> : Le lagunage de décantation primaire	49
<i>ANNEXE 3</i> : Les filtres plantés de roseaux	50
<i>ANNEXE 4</i> : Le lagunage tertiaire en aval de procédés conventionnels	51
<i>ANNEXE 5</i> : L'infiltration sur sable des effluents traités par lagunage	53
<i>ANNEXE 6</i> : Lutte contre les lentilles d'eau	55
<i>ANNEXE 7</i> : Détermination du volume de boues dans les bassins	57
<i>ANNEXE 8</i> : Caractéristiques des eaux usées brutes alimentant les lagunes (enquête)	59

# LE LAGUNAGE NATUREL

## LES LEÇONS TIRÉES DE 15 ANS DE PRATIQUE EN FRANCE

### PRÉAMBULE

*La technique de traitement des eaux usées domestiques par lagunage a connu un large développement en France depuis le début des années 80. Les règles de conception appliquées jusqu'ici dans notre pays proviennent principalement du document Inter-Agences de 1979. Les bases de dimensionnement et les recommandations développées dans ce cahier technique résultaient alors d'une synthèse de la bibliographie de l'époque et de quelques expériences nationales. Une filière typiquement française s'en est dégagée et elle a été largement appliquée au cas des petites collectivités.*

*Sans remettre en cause les principes de base présentés dans le document de 1979, qui demeurent valables dans leur grande majorité, l'expérience acquise sur le terrain au cours des quinze dernières années mérite d'être valorisée pour préciser le domaine d'utilisation privilégié du lagunage et améliorer les règles de conception. La nature même du procédé lagunage, du fait notamment du long temps de séjour des effluents dans les bassins, incite par ailleurs à évaluer son fonctionnement et ses performances avec une approche très différente de celle utilisée pour les procédés conventionnels.*

*Afin de dégager une image représentative des performances de la filière de traitement lagunage, une enquête nationale a été lancée en 1992 avec l'aide des Satese, des Agences de l'eau et de l'ENSP dans le cadre d'un groupe de travail spécialisé Cemagref - Satese.*

*S'appuyant sur l'état de l'art du lagunage, le présent document cherche à fournir aux maîtres d'œuvre, aux services techniques, aux bureaux d'étude, les éléments de choix de cette filière de traitement et de son adéquation aux contraintes locales, les règles de dimensionnement actualisées, les performances que l'on peut attendre, le type d'exploitation à réaliser et une aide à l'interprétation du comportement des bassins. L'essentiel de ce cahier sera consacré au LAGUNAGE SIMPLE ou NATUREL, filière comportant le plus souvent trois bassins en série.*

## TERMINOLOGIE DU LAGUNAGE

Plusieurs procédés répondent à l'appellation lagunage. Afin de clarifier la terminologie employée, on trouvera ci-après une brève description des filières de traitement rattachées au vocable "lagunage".

- **lagune anaérobie** : bassin profond (profondeur de l'ordre de 3 à 4 m) dans lequel s'établit un processus de fermentation anaérobie allant jusqu'à la méthanisation et entraînant un abattement partiel de la matière organique soluble. Le temps de séjour de l'eau y est de l'ordre de 3 à 10 jours sous nos climats selon les objectifs.

- **lagune de "décantation"** : bassin d'une hauteur de l'ordre de 2 m avec un temps de séjour de 3 à 4 jours. Le bassin joue le rôle de piège à boue mais les charges organiques appliquées et le temps de séjour ne permettent pas la mise en place d'un processus de fermentation anaérobie équilibré.

- **lagune facultative** : bassin peu profond (1 à 1,5 m localement) comportant une zone anaérobie en fond de bassin et une zone aérobie en surface dont l'épaisseur varie en fonction des conditions météorologiques et suivant la saison. Le temps de séjour est de 15 à 30 jours.

- **lagune à microphytes** : bassin dont la profondeur est d'environ 1 m et où la biomasse végétale est principalement constituée par des algues microscopiques (phytoplancton).

- **lagune à macrophytes** : bassin à faible profondeur (0,3 - 0,5 m) planté de végétaux supérieurs.

- **lagune mixte** : lagune comportant une zone spécialement aménagée sur le modèle d'une lagune à macrophytes.

- **lagunage naturel** : filière de traitement composée de plusieurs bassins en série, le plus souvent trois. Le

premier est conçu pour être facultatif et les suivants, appelés souvent lagunes de maturation<sup>1</sup>, comportent une zone aérobie dominante dont la profondeur varie en fonction notamment de la charge organique reçue.

- **lagunage tertiaire** : traitement complémentaire situé en aval d'un système conventionnel de traitement et dont la conception varie avec l'objectif visé (rétention des MES, abattement de germes ...).

- **lagunage à haut rendement<sup>2</sup>** : filière de traitement composée de bassins à faible profondeur (0,3 - 0,5 m) dans lesquels un courant empêchant la décantation des algues est créé artificiellement par un dispositif d'agitation de type roue à aubes.

- **lagunage aéré<sup>2</sup>** : filière de traitement composée de plusieurs bassins dont le premier est équipé d'un dispositif d'aération artificiel fournissant la majorité des besoins en oxygène.

---

1. L'appellation **lagune de maturation** concerne un bassin peu profond (environ 1 m) où la faible charge organique appliquée permet, en période diurne, l'établissement d'une zone aérobie couvrant une large fraction de la hauteur d'eau.

2. Ce procédé n'est pas traité dans ce document puisque nous ne nous intéressons ici qu'aux variantes du lagunage naturel.

# I - INTRODUCTION

Au cours des quinze dernières années, le lagunage naturel a pris dans notre pays une place importante parmi les procédés de traitement des eaux usées domestiques, notamment en milieu rural. Si en capacité de traitement cumulée, il ne totalise qu'1 à 2 % de la pollution globale à épurer, l'effectif de stations de ce type représente environ 20 % du parc sur l'ensemble du territoire et, dans certains départements ruraux, cette part peut atteindre 50 %.

Avec près de 2 500 installations, la France est, avec l'Allemagne, le pays d'Europe où cette technique est la plus développée. Le lagunage connaît aussi ces dernières années une croissance importante dans certains pays d'Europe du Sud, en particulier au Portugal et en Espagne, avec un objectif complémentaire de réutilisation des eaux traitées.

Une enquête nationale (Cemagref, 1986) a établi de manière exhaustive l'état d'implantation du lagunage dans les différents départements français, dix années après son introduction. On a alors pu y constater le rapide développement du procédé. Sa simplicité a répondu aux attentes de beaucoup de petites collectivités où les techniques traditionnelles avaient jusqu'alors donné des résultats souvent décevants et insuffisants.

La taille moyenne des installations de lagunage recensées était alors de 5 500 m<sup>2</sup>, soit une capacité de 500 - 600 EH (équivalents habitants). Depuis, le caractère rural de ce procédé a encore été accentué, même si quelques rares grandes installations ont été construites pour répondre à des situations très particulières.

L'évolution du parc de lagunes de 1970 à 1989 par bassin hydrographique ainsi que la part occupée par ce procédé sont illustrées par les figures 1 et 2. On notera qu'environ la moitié des lagunes se situent dans le bassin Loire-Bretagne où elles représentent 28 % de l'effectif total des stations d'épuration.

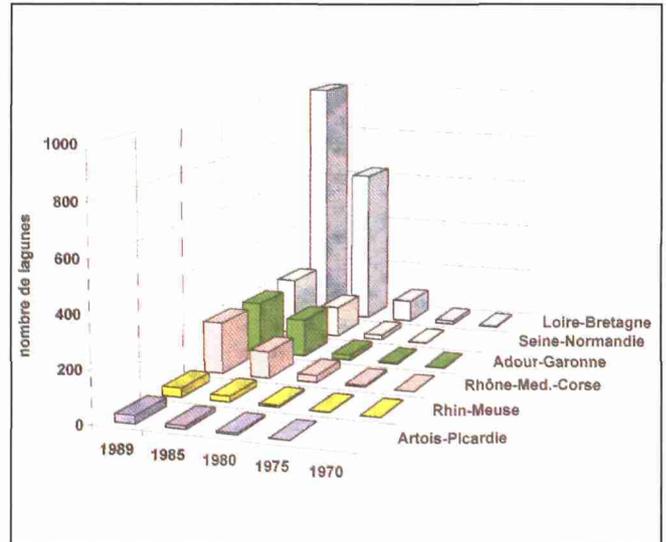


Fig. 1 - Évolution du nombre de lagunes dans les différentes Agences de l'Eau. (d'après Berland et Barraqué, 1990)

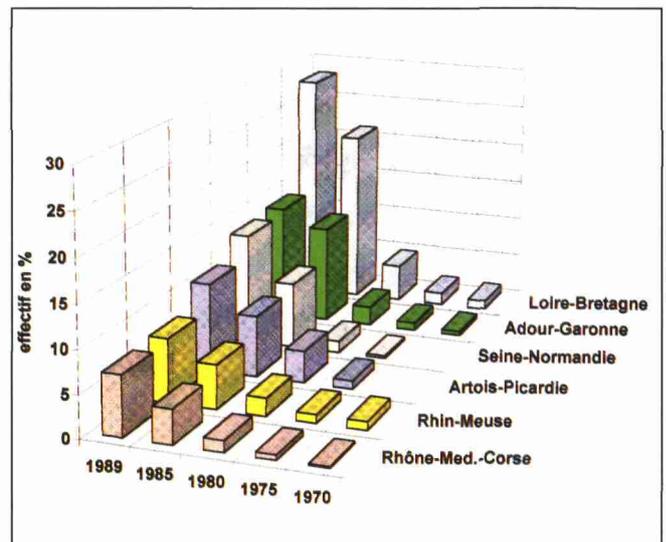


Fig. 2 - Évolution de la part occupée par le lagunage dans les différents bassins. (d'après Berland et Barraqué, 1990)

Divers travaux (enquêtes du Cemagref, nombreuses observations des Satese, ...) ont permis de constater que la mise en œuvre du procédé, qualifié un peu trop rapidement de rustique, s'écartait souvent des règles de base pourtant indispensables à respecter (cf. Étude Inter-Agences sur le lagunage de 1979).

Au fil du temps, en effet, des anomalies nuisant à la réputation de simplicité et de fiabilité du lagunage naturel se sont révélées. Parmi les anomalies le plus souvent constatées, on peut citer :

- le manque d'études géotechniques préalables qui, aggravé par des conditions de réalisation des ouvrages défectueuses, conduit à des bassins insuffisamment étanches ;
- les défauts de conception : forme non idéale des bassins, profondeur excessive, systèmes de communication entre les bassins inadaptés, digues trop étroites, absence de circuits de dérivation (*by-pass*), manque de réflexion sur les conditions futures d'extraction des boues ;
- une exploitation exagérément réduite, voire parfois inexistante, et une surestimation de la tolérance du procédé à certaines surcharges organiques. Des raccordements d'effluents industriels concentrés se sont ainsi révélés totalement incompatibles avec le maintien du bon fonctionnement du lagunage, démontrant ainsi que leur admission est à proscrire.

## II - PERFORMANCES DU LAGUNAGE

*Le lagunage se caractérise essentiellement par un temps de séjour très élevé des effluents, plusieurs dizaines de jours, et par des mécanismes de fonctionnement biologique fortement liés à la température et aux saisons. Ce caractère spécifique rend l'évaluation des performances de ce procédé sensiblement différent de celui des procédés conventionnels.*

### 2.1. ORIGINE DES DONNÉES - MÉTHODOLOGIE D'EXPLOITATION

#### 2.1.1. Le questionnaire

Les résultats exploités proviennent de données obtenues principalement par les Satese et complétées par les propres mesures du Cemagref. Dès l'origine de l'enquête, il a été choisi de ne retenir les résultats d'analyse que lorsque des mesures de flux (bilan 24 h) avaient été réalisées à l'entrée et à la sortie de la filière de traitement. Cette information permet de disposer des charges réelles appliquées et des charges rejetées dans le milieu receveur.

Les choix réalisés a priori (filière lagunage naturel et mesures de flux entrée-sortie) ont conduit à ne retenir que les bilans réalisés sur 178 lagunages naturels, certaines installations disposant de plusieurs séries de mesures.

#### 2.1.2. Caractéristiques de l'échantillon

Disposant déjà d'une description de l'état de développement de la technique du lagunage sur le territoire français (Boutin et al., 1986) nous avons pu vérifier la bonne représentativité géographique de notre échantillon en analysant ses caractéristiques. Les 178 lagunages retenus sont réparties sur 41 départements. Afin de tester l'influence du climat, l'échantillon a été réparti sur 6 zones géographiques différentes (fig. 3).

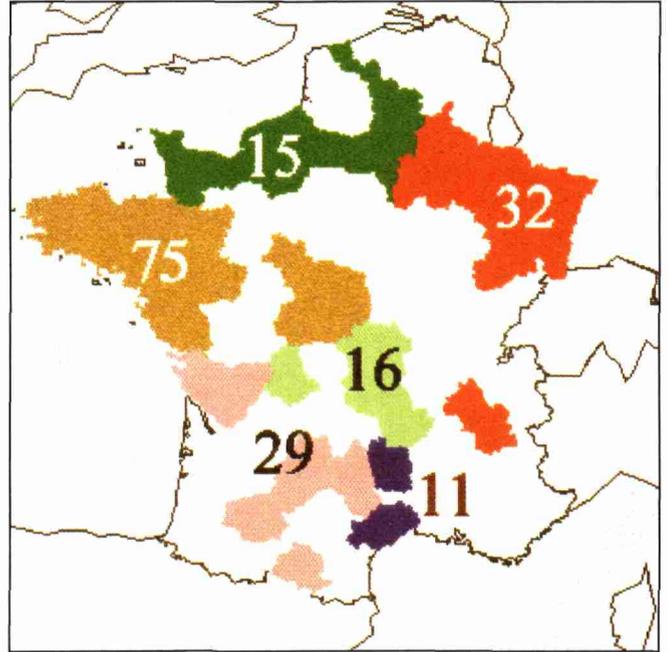


Fig. 3 - Distribution géographique de l'échantillon avec le nombre de lagunages pris en compte

Le parc est relativement âgé puisque près de 35 % des stations ont plus de dix ans. Par contre, il est important de noter qu'au moment de la réalisation des mesures bilans utilisées dans cette enquête, la durée du fonctionnement était de moins de quatre ans pour 44 % des résultats recueillis (fig. 4). Les données de fonctionnement portent donc sur un parc relativement jeune.

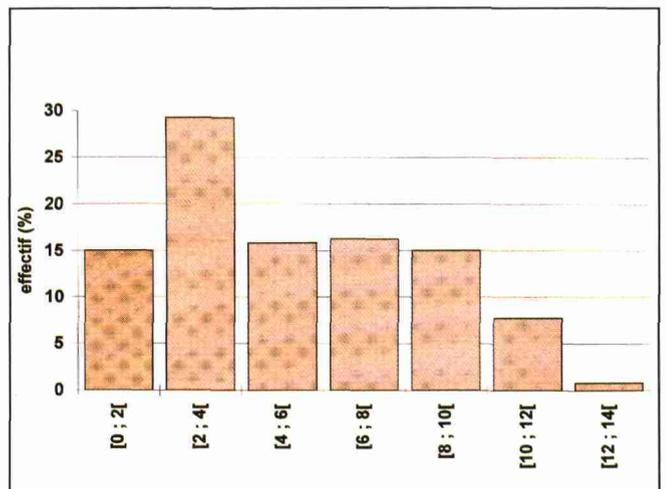


Fig. 4 - Âge des installations au moment des mesures bilan exploitées (en années)

Le lagunage est utilisé essentiellement pour des collectivités de petite taille : 77 % de l'échantillon correspond à des installations de moins de 1 000 EH, la capacité moyenne étant proche de 600 EH. Les lagunages pris en compte sont, dans 80 % des cas, des filières à microphytes uniquement. Dans les 20 % restant, le dernier bassin est planté partiellement ou entièrement de végétaux supérieurs.

Le plus fréquemment, la filière de traitement est constituée de trois bassins en série (60 % de l'effectif). Dans 35 % des cas cependant, il n'existe que deux bassins et les 5% restant sont constitués de lagunes à 4 bassins ou plus. Les bases de dimensionnement appliquées sont, pour la majorité de l'échantillon, très proches de 10 m<sup>2</sup>/EH.

Les lagunes de notre échantillon sont alimentées dans un peu plus de 35 % des cas par des réseaux séparatifs stricts (absence d'eaux parasites).

## 2.2. CHARGES REÇUES SUR LES INSTALLATIONS

Pour éviter de donner un poids statistique trop élevé à des lagunes très surchargées organiquement et non représentatives de la situation nationale, l'exploitation des données porte sur des installations dont la charge réelle mesurée est inférieure à 60 kg de DBO<sub>5</sub>/ha.j., soit 120 % de la charge nominale communément admise en France jusqu'à présent. Cette sélection conduit à retenir 95 % de l'effectif.

### 2.2.1. Charge organique

Le taux de charge moyen de l'échantillon est de 25,5 kg de DBO<sub>5</sub>/ha.j soit 51 % de la charge nominale de la majorité des projets.

La figure 5 fait apparaître, par type de réseaux (strictement séparatif et autres) la distribution des charges organiques appliquée aux lagunes. Quelle que soit la nature du réseau, la classe numériquement la plus importante est obtenue pour une charge organique voisine de 15 kg de DBO<sub>5</sub>/ha.j, soit un taux de charge

équivalant à 30 % de la valeur nominale. Les lagunes fonctionnent donc dans l'ensemble, dans des conditions de nettes sous-charges organiques.

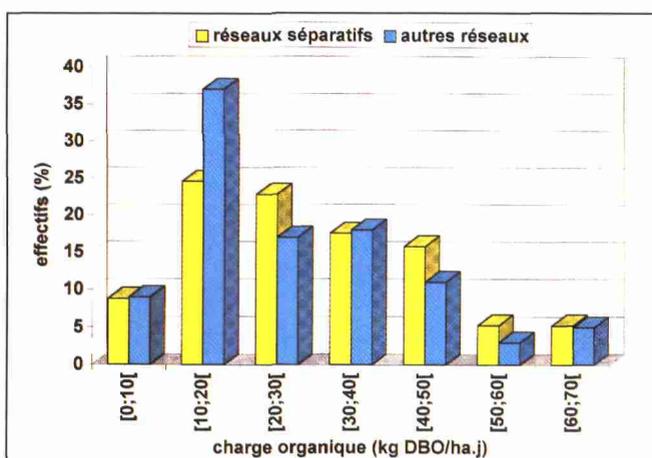


Fig. 5 - Distribution des charges organiques suivant le type de réseau

### 2.2.2. Charge hydraulique

La charge hydraulique moyenne est proche de la charge hydraulique nominale, calculée sur la base de 150 l/EH.j. Le taux de charge obtenu est voisin de 90 % ; cette valeur a cependant peu de signification car il existe une grande dispersion dans les écarts à la moyenne.

La figure 6 met en évidence les distributions de charge hydraulique par type de réseaux. Dans les deux catégories, la classe dominante en effectif est observée pour des taux de charge hydraulique de l'ordre de 70 % de la valeur nominale. Des surcharges extrêmes, jusqu'à 500 % peuvent être atteintes sur des réseaux unitaires.

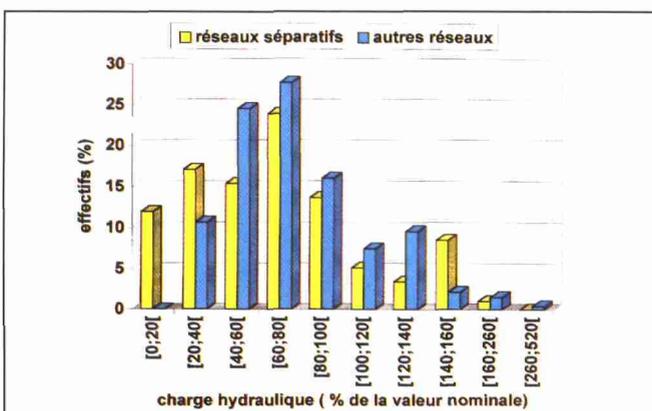


Fig. 6 - Distribution des charges hydrauliques suivant le type de réseau

### 2.2.3. Caractéristiques des eaux usées brutes

Tous types de réseaux confondus, les eaux usées présentent en moyenne des concentrations conformes aux valeurs habituellement rencontrées sur les collectivités rurales (les résultats détaillés sont reportés en annexe 8).

## 2.3 PERFORMANCES ÉPURATOIRES DES LAGUNES

### 2.3.1. Qualité des eaux traitées

Les caractéristiques des eaux traitées sont reportées sur le tableau 1. La valeur moyenne calculée sur plus de 100 données conduit à un résultat respectant l'ancien niveau d de la circulaire du 4 novembre 1980 et les valeurs de référence citées par la Directive Européenne 91/271/CEE du 21/05/91 puisque la DCO et la DBO<sub>5</sub> sur échantillon filtré présentent des concentrations respectivement inférieures à 125 mg/l et 25 mg/l. Concernant les nutriments, la teneur moyenne en azote Kjeldahl est de 22 mg/l avec une part d'azote ammoniacal de 65 % et la concentration moyenne en phosphore total est de 8,5 mg/l.

L'examen des résultats obtenus sur chacune des deux catégories de réseaux, montre des écarts-types importants

Tableau 1 : Qualité des eaux traitées (mg/l)

		DCOb*	DCOf*	DBOf*	MES	NK	NaN <sub>i</sub>	Pt
Réseaux séparatifs	moyenne	198	123	53	69	25	17	10
	écart type	109	61	44	57	17	15	8
Autres réseaux	moyenne	141	85	37	54	19	12	7,5
	écart type	69	37	26	41	11	9	6
Tous réseaux	moyenne générale	162	99	43	60	22	14	8,5

\* b : échantillon brut, f : échantillon filtré

mettant en évidence une forte dispersion des concentrations des eaux traitées, nettement plus forte que celle constatée sur les eaux usées en entrée. La fluctuation est particulièrement forte pour la DBO<sub>5</sub> (échantillon filtré) et les MES. En sortie de lagune, la présence des algues rend la mesure de la DBO<sub>5</sub> aléatoire même sur échantillon filtré (passage possible de microalgues à travers le filtre). Ce paramètre n'a donc pas de réelle signification.

Pour la DCO, paramètre qui apparaît être le plus stable et le plus fiable, tant sur échantillon brut que filtré, le coefficient de variation atteint 50 %.

En comparant les résultats obtenus sur les deux catégories de réseaux par tests d'homogénéité<sup>3</sup>, il ressort que la concentration des eaux traitées est significativement plus élevée dans le cas de réseaux séparatifs (d'environ 30% en DBO<sub>5</sub> et DCO). Les concentrations en nutriments entre les deux catégories de réseaux sont aussi sensiblement différentes ; on notera cependant les forts écarts-types relevés dans les deux cas, principalement liés à l'influence des conditions climatiques saisonnières.

### 2.3.2. Rendement des lagunages

Du fait des temps de séjour très longs au sein d'une lagune mais aussi des variations qualitatives des eaux traitées en fonction des saisons, la notion de rendement est délicate et fait souvent l'objet de débats.

Le niveau d de la circulaire de 1980 ayant été établi sur échantillon filtré pour la DCO, le calcul de rendement sur ce paramètre a été effectué de deux façons différentes : l'une traditionnelle en utilisant les données sur effluent brut à l'entrée et à la sortie, l'autre avec échantillon brut à l'entrée et échantillon filtré en sortie. Ce dernier mode de calcul majore les rendements calculés ; les résultats ainsi obtenus ne peuvent donc être comparés à ceux des filières conventionnelles.

Afin de tenir compte de la non conservation des débits entrée-sortie (phénomènes d'infiltration et d'évaporation spécifiques des bassins de lagunage), les rendements ont été calculés sur les flux (tableau 2).

3. Les tests d'homogénéité permettent de déterminer si deux échantillons présentent ou non des caractéristiques significativement différentes.

Tableau 2 : Rendements en flux (en %)

	DCO	DCO*	MES	NK	Pt
moyenne	78	86	79	72	66
écart type	16	9	20	23	24

\* ( charge brute entrée - charge filtrée sortie ) / charge brute entrée

En moyenne globale, l'abattement sur la DCO (échantillon brut) est proche de 80 %. Une analyse plus fine de la répartition des classes de rendement montre que dans 91 % des cas l'abattement sur la DCO brut dépasse 60 % et qu'il est supérieur à 80 % dans plus de la moitié des cas.

## 2.4. FACTEURS INFLUENÇANT LES PERFORMANCES

Partant de l'échantillon de lagunes sélectionné, l'influence de différents paramètres agissant sur la qualité des eaux traitées a été testée.

### 2.4.1. Influence de la charge organique appliquée

Une représentation graphique intégrant l'ensemble des données, tous types de réseaux confondus, conduit à un nuage de points qui ne traduit pas de lien évident entre la qualité de l'effluent traité et la charge organique mesurée.

On peut par contre faire apparaître une relation nette entre la DCO filtrée des eaux traitées et la charge organique appliquée pour les réseaux séparatifs (fig. 7). C'est pour les charges inférieures à 30 kg DBO<sub>5</sub>/ha.j que la relation entre concentration et charge apparaît la plus significative, bien qu'on y observe encore une dispersion élevée. Ces résultats, même s'ils révèlent une tendance, ne peuvent cependant en aucun cas servir à préciser des bases de dimensionnement. Pour l'azote, le phosphore et surtout les MES, l'impact de la charge organique est beaucoup moins évident et d'autres facteurs sont prépondérants dans les variations observées.

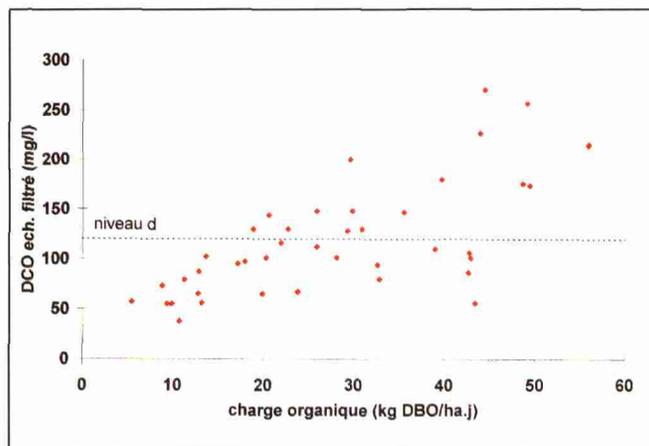


Fig. 7 - DCO filtrée en sortie en fonction de la charge organique appliquée pour les réseaux séparatifs

### 2.4.2. Influence de la saison

Le tableau 3 regroupe par saison et pour l'effectif global (réseaux séparatifs et non séparatifs) les résultats observés sur la qualité moyenne du rejet.

Tableau 3 : Qualité moyenne du rejet en fonction des saisons (mg/l)

Saison	DCOb*	DCOf*	DBO <sub>5</sub> f*	MES	NK <sub>i</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Pt
Été	154	113	28	57	15.6	7.2	6.8
Automne	148	102	25	57	21.1	14.2	8.8
Hiver	149	85	26	54	28.8	20.8	9.4
Printemps	157	89	18	49	21.8	15.5	9.6

\* b : échantillon brut, f : échantillon filtré

Aucune différence significative n'apparaît pour la DCO, la DBO<sub>5</sub> et les MES entre les différentes saisons dans notre échantillon. Ces résultats, un peu inattendus, peuvent s'expliquer en partie par la présence d'eaux parasites en quantité plus importante en hiver et en automne. En ce qui concerne les nutriments, les résultats sont nettement différenciés selon les saisons ; ceci est particulièrement sensible sur l'azote ammoniacal où la concentration en été est environ trois fois inférieure à la concentration hivernale.

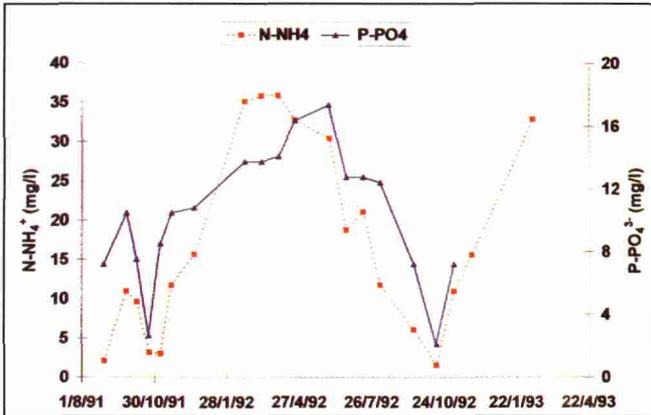


Fig. 8 - Évolution des concentrations en azote ammoniacal et en orthophosphates sur un cycle annuel en sortie de second bassin (lagune de Villebrumier, dép. 82, réseau séparatif)

À titre d'exemple, la figure 8 présente l'allure de la courbe des concentrations observées en sortie d'un **deuxième bassin** de lagunage au cours d'un cycle annuel (installation à deux bassins située dans le Tarn-et-Garonne et recevant 65 % de sa charge organique nominale). On y observe une forte réduction des nutriments lors de chaque fin d'été liée au développement de la biomasse algale.

### 2.4.3. Influence combinée de la charge organique et de la saison

Sur l'azote ammoniacal où les différences saisonnières sont marquées, l'influence complémentaire de la charge organique a été testée. En ne retenant que les saisons extrêmes (été, hiver) on constate que l'influence de la charge organique est très faible en été où la concentration en  $N-NH_4^+$  demeure inférieure à environ 15 mg/l et par contre très sensible en hiver où une relation nette apparaît entre charge et concentration (fig. 9). Ces observations conduisent à dire que la qualité du rejet sur le paramètre azote est d'autant plus influencée par la charge organique appliquée que la période est froide.

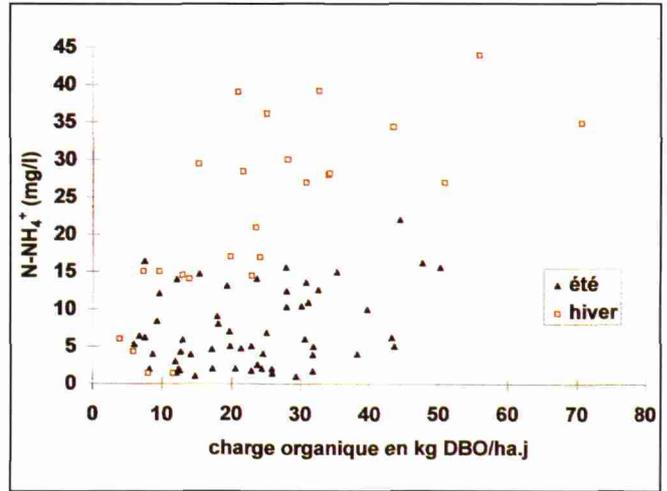


Fig. 9 - Azote ammoniacal en sortie en fonction de la charge organique appliquée (en été et hiver)

### 2.4.4. Influence de la localisation géographique et de l'âge des installations

Le traitement des données en distinguant les zones climatiques (hors zone méditerranéenne où peu de résultats étaient disponibles) n'a pas permis de dégager des différences significatives, d'autres facteurs apparaissant probablement prépondérants.

La qualité des effluents est significativement meilleure pour les installations âgées de moins de trois ans ce qui s'explique notamment par le fait que la charge organique moyenne appliquée y est plus faible que sur l'ensemble de l'échantillon. Sur des installations différentes, âgées de trois à dix ans, il n'apparaît pas possible d'établir une relation entre qualité du rejet et vieillissement même en se limitant aux réseaux strictement séparatifs et en prenant en compte la charge organique cumulée depuis la mise en eau. Le suivi sur dix ans de la lagune de Vauciennes (60) révèle cependant une décroissance progressive de l'abattement en phosphore (75 % à 30 %) qui paraît être liée au vieillissement et à l'accumulation de boues au cours du temps (Schetrite, 1994).

## **2.5. CONCLUSION SUR LES PERFORMANCES DES LAGUNES (CARBONE, AZOTE, PHOSPHORE)**

---

L'interprétation des données collectées sur un grand nombre d'installations réparties sur l'ensemble du territoire français montre que la technique du lagunage a un rendement moyen sur la DCO brute de 78 %. Le niveau d de rejet est atteint dans 70 % des cas avec un taux de charge organique moyen de 51 %. Comparé aux autres procédés applicables aux petites collectivités, le lagunage constitue ainsi une solution compatible avec certains objectifs de qualité, notamment du fait d'une bonne élimination de l'azote ammoniacal en période d'été. Notons par ailleurs que la concentration des eaux traitées ne constitue pas toujours le paramètre le plus pertinent d'évaluation des performances d'un lagunage ; les flux se révèlent plus représentatifs en été pour apprécier les rendements et l'impact du rejet sur le milieu récepteur.

L'examen détaillé des résultats montre que ce procédé imposant un long temps de séjour des effluents et soumis à une forte influence saisonnière, fournit des résultats dispersés et souvent difficiles à interpréter ; on discerne bien là les limites d'une modélisation et de la prévision de la qualité des eaux épurées. Des tendances nettes peuvent cependant être dégagées, elles doivent aider à trouver le meilleur domaine d'application du lagunage.

Avec des réseaux strictement séparatifs, les résultats sont significativement moins bons en terme de concentration que ceux obtenus avec des réseaux acceptant des eaux parasites ou pluviales. Les cas de dysfonctionnement y sont aussi plus fréquents. Sur ces mêmes réseaux, une relation qualité du rejet et charge organique peut être mise en évidence. Pour des charges organiques comprises entre 50 % et 100 % de la charge nominale, soit 25 à 50 kg DBO<sub>5</sub>/ha.j, un dépassement du niveau d n'est pas exceptionnel.

Sur les réseaux unitaires, les forts débits liés à un orage

peuvent entraîner le rejet de quantités importantes d'algues. Pour écrêter les pointes de débits en sortie lors de ces brefs mais violents épisodes pluvieux, il paraît utile de faire appel à des dispositifs limitant les débits. Des systèmes simples ne demandant pas d'énergie existent, ils utilisent le principe d'un déversoir flottant à charge variable.

Les abattements sur les nutriments sont en moyenne de 60 à 70 % sur l'azote et le phosphore avec une influence saisonnière très marquée. On ne trouve pas de nitrates en sortie sauf exceptionnellement et en quantité très faible.

## III - DYSFONCTIONNEMENT

De l'enquête précédemment citée, il ressortait qu'environ 30 % des lagunes ont présenté au moins une fois, un problème de dysfonctionnement attribué à des causes diverses (surcharge, nature des effluents, lentilles d'eau, défaut d'entretien,...). Ce concept de dysfonctionnement mérite d'être clarifié et ce chapitre y est consacré.

### 3.1. DÉTECTION DES DYSFONCTIONNEMENTS ET CONSÉQUENCES

Deux indicateurs étroitement liés signalent que le bassin de tête subit une crise dystrophique<sup>4</sup> : l'apparition d'odeurs nauséabondes et le changement de couleur (ou virage) du plan d'eau.



Exemple de virage d'un premier bassin de lagune

- La disparition des algues et la prédominance des bactéries provoquent l'apparition d'une couleur brune, grise. Le bassin devient complètement anaérobie favorisant les métabolismes réducteurs avec dégagement notamment d' $H_2S$ , et donc d'odeurs.
- Lorsque la concentration en  $H_2S$  est forte, le développement des bactéries photosynthétiques du soufre prédomine et le bassin prend une couleur rouge, rose, ocre ou marron. A ce stade, on note une baisse des odeurs puisque le soufre est consommé.

- La coloration verte traduit un retour à une situation normale.
- Le phénomène peut se stabiliser au premier stade qui est le plus gênant pour le voisinage. La qualité du rejet demeure cependant fréquemment correcte.
- La couleur rouge peut induire un abaissement du rendement global de l'installation, l'épuration étant alors davantage réalisée par les bassins suivants.

### 3.2. CAUSES DE DYSFONCTIONNEMENT

#### 3.2.1. Taux de charge

- L'étude réalisée dans le Tarn-et-Garonne (Racault et al., 1994) montre que **lorsque les charges réelles<sup>5</sup> appliquées sur le premier bassin atteignent 6 à 7 g de  $DBO_5/m^2.j$ , l'équilibre biologique devient instable** et des conditions anaérobies sont fortement probables, notamment pendant un hiver sec.
- Des surcharges permanentes sur le premier bassin ( $> 10 \text{ g } DBO_5/m^2.j$ ) s'accompagnent de dysfonctionnements plus prolongés, pouvant apparaître à n'importe quelle saison.
- Des surcharges saisonnières (périodes estivales) sont aussi responsables de dysfonctionnements.

4. Dans les milieux naturels, le terme de crise dystrophique traduit une prolifération massive de phytoplancton, dû à un enrichissement en éléments nutritifs, et provoquant un dysfonctionnement de l'écosystème lié en particulier à une disparition de l'oxygène dissous.

5. En milieu rural, les charges sont calculées soit à partir de mesures soit évaluées sur la base de 35 à 40 g de  $DBO_5/EH.j$ .

### 3.2.2. Nature des effluents

#### Concentration :

La concentration de l'effluent brut est un facteur prépondérant du dysfonctionnement des bassins ; l'enquête nationale révèle en effet que les deux tiers des lagunes qui fonctionnent mal sont alimentées par un réseau séparatif.

**La technique du lagunage est plutôt mieux adaptée au traitement d'effluents peu concentrés ( $DBO_5 < 300$  mg/l en moyenne annuelle).**

**Le raccordement d'effluents industriels est à proscrire dans le cas général.** L'apport d'eaux usées concentrées s'accompagne presque inmanquablement d'un passage en anaérobiose avec émission d'odeurs, et d'un virage de couleur des bassins.

#### Septicité :

L'étude réalisée dans le Tarn et Garonne citée précédemment a permis d'analyser le rôle de la septicité sur le fonctionnement du lagunage.

Ce paramètre seul n'explique pas les dysfonctionnements étudiés mais la **septicité des effluents bruts rend l'écosystème plus instable** aux périodes critiques pour une même charge organique.

### 3.2.3. Facteurs saisonniers

De l'enquête réalisée auprès des Satese sur les performances des lagunages, il ressort que 69 % des cas répertoriés de dysfonctionnement apparaissent en automne-hiver.

Les phénomènes observés peuvent se résumer de la manière suivante :

- au printemps et en été, une stratification des plans d'eau peut s'établir sur des installations de petite et moyenne tailles. Les sulfures produits dans la zone anaérobie inférieure sont alors oxydés dans la zone aérobie de surface. Une destratification automnale est couramment observée, elle s'accompagne souvent d'un

*bloom algal* lié en partie à la plus grande disponibilité de substances nutritives provenant du fond. Il en résulte généralement, dans une première étape, une oxygénation plus profonde pendant quelques semaines. A la fin de l'automne ou début de l'hiver, avec la durée d'éclairement réduite et les températures plus basses, une disparition plus ou moins brutale des algues intervient ; elle peut entraîner une anaérobiose de la totalité du premier bassin et donc l'apparition d'odeurs (Racault et al., 1994).

- En été un *fort bloom algal*, entraînant des phénomènes d'anoxie nocturne peut favoriser le développement de bactéries photosynthétiques du soufre.
- Les grands bassins bénéficient de conditions moins pénalisantes, le vent y jouant en particulier un rôle généralement plus important que sur les bassins de petite taille. Le phénomène de stratification s'y trouve contrarié et l'oxygénation naturelle de surface peut atténuer le risque d'anaérobiose des bassins en hiver.

### 3.2.4. Conception

Plusieurs défauts de conception peuvent être à l'origine du dysfonctionnement.

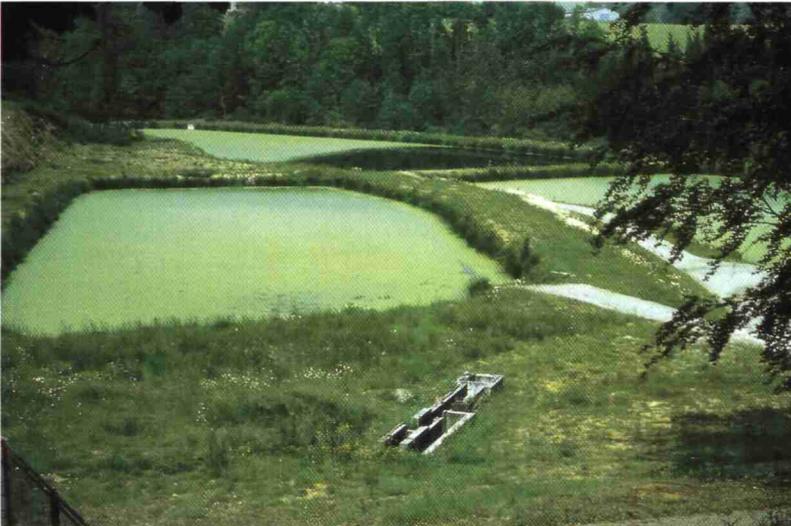
- Le dimensionnement du premier bassin inférieur à 50 % de la surface totale de plan d'eau peut favoriser une surcharge organique locale.
- Une profondeur excédant 1 m favorise la tranche anaérobie.
- Un premier bassin très allongé induisant un fonctionnement partiellement en piston, favorise une surcharge en tête.
- Un type d'alimentation conduisant à une accumulation rapide de dépôts en tête de bassin peut amorcer une anaérobiose locale. La fréquence des curages nécessaires pour éliminer ces sédiments doit rester cohérente avec la simplicité du procédé (pas supérieure à deux fois par an).

### 3.2.5. Entretien

Un dépôt de boues inférieur à 20 cm en moyenne dans le premier bassin n'entraîne pas de dysfonctionnement.

Le mauvais entretien du piège à flottants ou du dégraisseur induit plutôt des odeurs localisées et non pas un dysfonctionnement majeur.

Les lentilles d'eau, lorsqu'elles recouvrent totalement la surface d'un bassin, entraînent une anaérobiose totale de celui-ci et donc l'émission d'odeurs.



*Lagune avec prolifération de lentilles*

## 3.3. REMÈDES

---

Un suivi technique plus approfondi permettra de bien cerner les causes de dysfonctionnement, et donc de déterminer les solutions les mieux adaptées. Le tableau 4 ci-après fournit une aide au diagnostic et résume les remèdes possibles.

Tableau 4 : Solutions possibles pour répondre aux phénomènes de dysfonctionnement

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS	FACTEURS AGGRAVANTS	REMÈDES POSSIBLES
- Odeurs quasi permanentes - Couleur grise ou rose - Rejet régulièrement hors normes	- Surcharges permanentes	- Augmentation de capacité
- Odeurs localisées perceptibles en été	- Mauvaise entretien du dégraisseur ou du piège à flottants - Forte accumulation de boues en tête de bassin	- Extraire plus fréquemment les graisses - Extraire 1 ou 2 fois par an les boues en tête du bassin
- Odeurs en été ou début automne - Virage rose	- Surcharge saisonnière	- Prétraitement pendant la période de surcharge - Mise en place d'un traitement primaire - Augmentation de capacité
- Odeurs fin automne, hiver	- Charge réelle sur le 1er bassin $\geq 6 \text{ g DBO}_5/\text{m}^2 \cdot \text{jour}$	- Agrandissement premier bassin - Mise en place d'un traitement primaire en tête
Eau grise, brune, virage au rose avec maintien ou légère baisse de la qualité du rejet	- Eaux usées concentrées * raccords industriels * réseau séparatif	- Suppression des eaux industrielles. - Traitement primaire en tête - Dilution par apport d'eau claire de l'effluent brut mais tout en maintenant des temps de séjour $\geq 20$ jours pour le premier bassin - Recyclage des eaux du troisième bassin en tête ce qui a pour avantage de ne pas modifier le temps de séjour global (100 à 250 % du débit d'arrivée)
	- Eaux usées septiques	- Traitement des sulfures en tête de refoulement (si possible par oxygénation, proscrire les sels de fer)
	- Profondeur premier bassin > 1 m	- Abaisser le niveau de l'eau si le profil hydraulique le permet
	- Bassin très allongé	- Réparation des effluents en 2 ou 3 points - Curages réguliers des dépôts en tête de bassin
	- Lagune n'ayant pas été curée depuis plus de 5 ans	- Vérifier la quantité de boues accumulées (voir suivi technique) puis curer si nécessaire
- Prolifération de lentilles (grave à partir 2/3 de couverture)	- Faible charge - Faible vent	- Traitement préventif * chimique * sédentarisation de canards (Voir annexe 6)

NOTA : Pour corriger des carences d'oxygène en hiver, on peut envisager la mise en place d'une "micro-aération" du premier bassin avec de très faibles puissances spécifiques. Le but recherché est de maintenir un niveau de potentiel oxydo-réducteur suffisant pour éviter l'anaérobiose de l'ensemble de la tranche d'eau. Cette technique a fait l'objet d'expérimentations sur une installation du département de l'Aveyron. Elle est par ailleurs assez couramment utilisée aux États-Unis sur des lagunes facultatives.

Toutefois, cette solution ne doit être envisagée qu'en dernier ressort car elle remet en question la rusticité du lagunage naturel (nécessité d'un raccordement électrique). D'autre part, la puissance doit être calculée pour ne pas provoquer l'érosion du fond du bassin et des berges, la remise en suspension des boues, et un surcoût important du traitement.

## IV - CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU LAGUNAGE NATUREL

L'implantation d'un lagunage naturel doit tenir compte des risques de nuisances (cf. chapitre III), le respect des objectifs de qualité liés aux milieux récepteurs étant supposé acquis. A cet effet, il paraît souhaitable de l'implanter, si possible, à plus de 200 m de tout groupe d'habitations. On privilégiera les sites dégagés, bien ensoleillés et peu soumis à l'ombrage de rideaux d'arbres. Une attention particulière doit être portée à la direction des vents dominants.

L'accessibilité à la station elle-même et à l'ensemble des bassins doit être particulièrement étudiée. Les digues devraient permettre la circulation d'engins lourds (tracteurs + tonnes à lisiers, hydrocureuses par exemple) ce qui suppose une largeur des digues en crête d'au moins 3 m en partie droite et nettement plus dans les virages. Les revanches seront limitées au maximum pour réduire les contraintes de fauchage.

### 4.1. PRÉTRAITEMENTS

#### 4.1.1. Dégrillage

Un dégrillage (entrefer de 4 cm) doit être prévu. Si l'installation comporte un relèvement, un panier de dégrillage assurera la protection des dispositifs de pompage. Comme dans toute autre utilisation, les moyens d'exploitation devront être à disposition : potence et palan le cas échéant, eau sous pression, récipients de stockage, aire de lavage et d'égouttage imperméabilisée.

Si l'arrivée est gravitaire, un dégrillage manuel, surdimensionné pour permettre des visites espacées (une fois par semaine par temps sec et des nettoyages supplémentaires en cas d'orage sur réseaux unitaires), est la solution minimale. Un dégrillage mécanisé est souhaitable et aisément amortissable si la station d'épuration n'est pas trop éloignée des lieux de raccordement électrique.

#### 4.1.2. Dessablage

Sauf cas très particuliers, le dessablage n'est pas nécessaire. Il pourra être prévu lorsque le réseau est susceptible de transporter des quantités particulièrement élevées de sable.

#### 4.1.3. Dégraissage

En général, le lagunage devant être réservé à des effluents domestiques, un dégraisseur séparé n'est pas nécessaire. Un dégraisseur simplifié (une cloison siphonoïde peut suffire) sera implanté en tête du premier bassin pour éviter la présence de flottants divers.

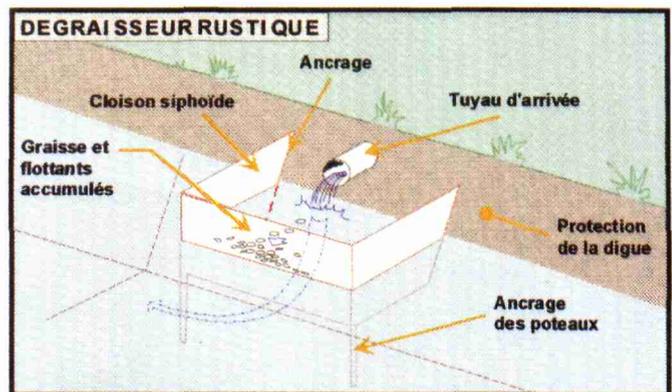


Fig. 10 - Schéma de principe d'un dégraisseur

La surface devra permettre une vitesse ascensionnelle en pointe comprise entre 10 et 20 m/h. L'entretien sera particulièrement facilité par une bonne accessibilité. Une passerelle permettant aussi l'accès pour la vidange du cône de sédimentation en entrée de première lagune présente un intérêt certain.

### 4.2. TRAITEMENTS PRIMAIRES

**Le lagunage naturel sera le plus souvent conçu sans traitement primaire.** La situation globale et la disponibilité des terrains, l'impact éventuellement négatif d'une évolution anaérobie sont autant de facteurs à prendre en considération. Toutefois, dans certains cas

particuliers : effluents concentrés (cf. § 4.2.2. cas de réseaux séparatifs), premier bassin existant trop allongé, le recours à un traitement primaire peut être envisagé.

### 4.2.1. Cas de réseaux unitaires

Le lagunage naturel, qui peut recevoir des volumes d'eaux très importants durant les épisodes pluvieux, ne doit pas voir son alimentation limitée par les caractéristiques d'un ouvrage primaire, dimensionné sur un débit maximum. L'alimentation directe des lagunes par des effluents de réseaux unitaires s'impose donc, sauf cas exceptionnels dûment motivés.

### 4.2.2. Cas de réseaux séparatifs

Dans le cas où, malgré le caractère séparatif des réseaux, les eaux à traiter sont diluées, l'installation d'un traitement primaire ne semble pas constituer une solution optimale, surtout si les préconisations de conception de la première lagune (cf. § 4.3.2) ont été suivies.

En présence d'effluents bruts concentrés, les facteurs de dysfonctionnement du lagunage naturel liés aux caractéristiques du réseau d'alimentation sont essentiellement la présence massive de sulfures (cf. chapitre III) et la concentration élevée en matière organique. L'option d'un traitement primaire est alors à envisager.

Pour les installations existantes placées dans ce cas d'alimentation, la mise en place d'un traitement primaire ne saurait remplacer l'élimination préventive de la septicité en réseau et pourrait, le plus souvent, être couplé à un tel traitement.

Plusieurs procédés de traitement, primaires sont envisageables, ils conduisent généralement à une réduction du dimensionnement de l'étage lagunage naturel de 25 % :

- **le décanteur digesteur encore appelé fosse IMHOFF**

D'un coût d'investissement relativement élevé, la fosse IMHOFF<sup>6</sup> présente des caractères de rusticité (soutirage

des boues tous les 6 mois) cohérents avec un procédé comme le lagunage naturel. Il permet un abattement régulier des concentrations de l'effluent brut de l'ordre de 30 % sur les matières organiques et réduit les dépôts de matières sédimentables en tête du premier bassin.

Si un tel ouvrage alimente un lagunage naturel et que l'effluent décanté peut encore être considéré comme "frais" (temps de séjour faible dans compartiment décantation), le dimensionnement des lagunes peut être diminué de 25 %. Dans le cas d'un long refoulement en amont, la fosse IMHOFF est à éviter.

- **la lagune de "décantation"**

D'un coût d'investissement moindre que celui du décanteur-digesteur, la lagune de "décantation" présente des contraintes plus importantes, notamment pour le soutirage des boues. Si les performances peuvent atteindre temporairement des valeurs élevées (en été, hors période de remise en suspension des boues), elles peuvent être modérées à d'autres époques. L'expérience la plus importante de ce procédé a été accumulée en Bavière sur des effluents urbains dilués. Avec les caractéristiques d'effluents les plus fréquemment rencontrées dans notre pays, il convient cependant de ne pas sous-estimer les risques de nuisances olfactives<sup>7</sup>.

- **Les filtres primaires plantés de roseaux**

En cas de surcharge d'une installation, la mise en place d'une batterie de filtres plantés de roseaux en tête peut répondre aux nécessités d'extension du système de traitement. Cette solution "rustique" peut apporter un abattement de 60% sur la DBO<sub>5</sub> (Liénard et al., 1993) ; non seulement elle diminue très sensiblement la charge à traiter sur les bassins de lagunage, mais elle rétablit aussi l'état d'oxygénation des eaux brutes (cf. annexe 3).

---

6. Dimensionnement de la fosse IMHOFF

- surface en décantation telle que vitesse ascensionnelle en pointe = 1,5 m/h  
- volume de compartiment de digestion : 150 l/EH (120 l/EH dans les zones les plus chaudes du pays).

7. Au moment de la rédaction de ce document, de sévères problèmes d'odeurs ont été signalés en France sur plusieurs installations de lagunage où le dimensionnement du premier bassin s'apparente à celui d'une lagune de décantation.

## 4.3. LES LAGUNES

### 4.3.1. Nombre de lagunes

Une fiabilité de fonctionnement comparable à celle d'autres procédés présentant un caractère de rusticité comparable (lits bactériens...) n'est obtenue qu'en prévoyant l'installation de **trois lagunes en série**. Le rôle respectif de ces bassins peut se résumer ainsi :

- la première lagune est le siège prépondérant de l'abattement de la charge polluante carbonée, la limite du traitement étant relative à la concentration d'algues microscopiques de l'effluent de sortie de ce bassin ;
- la seconde lagune procède à l'abattement de l'azote et du phosphore et permet en moyenne une réduction de concentration des algues ;
- la troisième lagune améliore sensiblement ces traitements. L'abattement complémentaire est cependant relativement faible en début de vie des installations et dans le cas où l'ensemble des bassins présente des dépôts de boues significatifs (hauteur moyenne supérieure à 15 - 20 cm) ;

Par ailleurs, la présence de trois bassins permet, lors du curage des boues du premier, de maintenir une bonne *qualité de traitement*.

Si un objectif de désinfection est visé, le temps de séjour réel dans les lagunes est essentiel et des performances élevées ne sont atteintes qu'avec une compartimentation plus grande (quatre lagunes en série de préférence à trois)<sup>8</sup>.

### 4.3.2. Conception de la première lagune

La tendance à la dégradation des performances et à l'accroissement du risque du dysfonctionnement en première lagune lorsque la charge organique s'approche de la charge nominale actuelle est significative quel que soit le climat.

Toutefois le manque de netteté de ces observations nous conduit à une modification prudente, une sorte de recherche d'un "optimum technico économique" des bases de dimensionnement (en se souvenant aussi que toute augmentation de surface accroît la difficulté de conservation du niveau d'eau dans les lagunes).

Ainsi, il semble nécessaire de limiter la charge organique maximale admise dans le premier bassin à des valeurs plus faibles que celles qui servent généralement au dimensionnement. Les valeurs guides pourraient être les suivantes :

- 6m<sup>2</sup>/habitant<sup>9</sup> si les bassins ont une étanchéité classique (terre compactée) ;
- 7m<sup>2</sup>/habitant si les conditions locales d'étanchéité d'une part, et la présence de débits régulièrement élevés d'autre part, ne mettent pas en péril le bilan hydrique de l'installation.

Pour les installations à population variable et par temps chaud et ensoleillé, cette charge peut être dépassée momentanément (quelques jours) mais ne jamais aller au-delà du double de la valeur nominale. La charge moyenne des deux mois de pointe peut permettre un dimensionnement optimal.

Dans le cas d'une surcharge plus élevée, le virage bactérien s'installera (même si ce phénomène est différé dans le temps).

La forme de la lagune ne doit pas favoriser la croissance bactérienne aux dépens de celle des algues. Pour cela, une forme ramassée est nécessaire. Un ratio L/l ≤ 3 semble s'imposer. La présence de chicanes se révèle inutile : elle favorise un effet de surcharge en tête de bassin et conduit paradoxalement à l'augmentation des zones mortes.

8. Avec une lagune à trois bassins, l'abattement en micro-organismes pathogènes est en moyenne de trois unités log, voire quatre unités log en été. Au-delà de quatre bassins, le gain sur la désinfection devient très faible.

9. Nota : Ces valeurs s'entendent pour des collectivités classiques. Dans le cas de très petites communautés avec un réseau court, par exemple un lotissement, la charge atteint 44 à 50 g de DBO/EH.j, valeur sensiblement supérieure à celle des communes rurales et qui peut conduire à un dimensionnement plus large de la première lagune.

La profondeur du bassin doit respecter les contraintes suivantes :

- éviter la pousse de végétaux supérieurs (macrophytes) ;
- permettre à une fraction maximale de volume d'être concernée par la pénétration de la lumière et l'oxygénation ;
- limiter, autant que possible, les effets d'une éventuelle stratification thermique.

Cela conduit à une hauteur d'eau de 1 m (avec une tolérance conseillée de 0,90 à 1,10 m).

Une surprofondeur, facilitant le curage du cône d'accumulation de dépôts à proximité du point d'alimentation et à portée de tonne à lisier, est conseillé. Cette zone peut occuper quelques dizaines de m<sup>2</sup> pour des bassins de petite taille et 1 à 2% de la surface pour des grandes lagunes, avec une profondeur maximale de 2 m.

### 4.3.3. Conception des deuxième et troisième lagunes

#### Conception générale

Ces deux bassins sont de dimensions voisines. La surface totale des deux plans d'eau doit être égale à 5 m<sup>2</sup>/hab. (dimensionnement inchangé par rapport à 1979).

En solution de base, leur profondeur doit être de 1 m (0,90 à 1,10 m). Leur forme générale peut être assez variable en fonction notamment des contraintes topographiques.

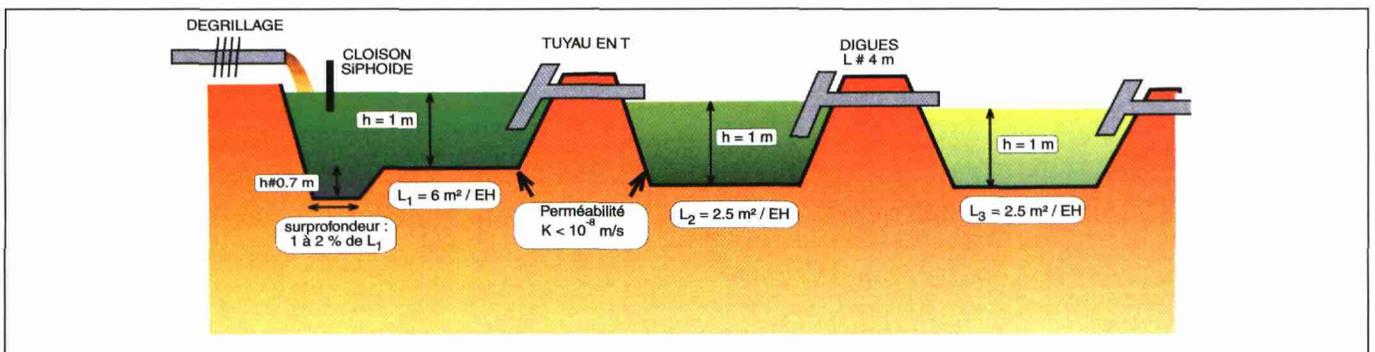


Fig. 11 - Schéma d'une filière de lagunage type

### Aménagements spéciaux

- **Utilisation de lagunes mixtes (microphytes-macrophytes)**

L'expérience des douze à quinze ans marquant le développement du lagunage naturel en France, de même que les expérimentations mises en place dans cette optique, n'ont pas permis de prouver l'amélioration de la qualité des effluents épurés du fait de la présence des macrophytes.

En effet, une amélioration probante n'a été obtenue temporairement (sur un an à Bertangles-60-) qu'avec des végétaux qualifiables d'herbes aquatiques dont la densité élevée permet un rôle intense limitant la croissance des algues microscopiques. Par contre, ce type de colonisation végétale suppose un entretien lourd (prohibitif dans les conditions actuelles prévalant en France) avec un éclaircissement annuel (béchage - exportation des mottes).

L'amélioration de la qualité moyenne des effluents avec l'usage de végétaux tels que typhas et roseaux n'est pas démontrée.

Les inconvénients d'exploitation sont par contre clairement établis : la croissance des macrophytes et notamment de leurs rhizomes, la rétention par ceux-ci des boues, conduisent rapidement (en deux ou trois ans) à l'envasement des lagunes à macrophytes, laissant l'eau s'écouler majoritairement par quelques chenaux

privilegiés et aboutissant donc à une perte quasi totale de surface active de ces lagunes à macrophytes.

Ainsi la présence de macrophytes induit deux contraintes d'exploitation :

- 1°) un faucardage (coupe au-dessus du plan d'eau) annuel avec exportation hors de la lagune des tiges des plantes ;
- 2°) un éclaircissement (tous les deux à trois ans environ) à la pelle mécanique.

Dans ces conditions si l'on opte pour la présence de macrophytes qui se plantent dans des zones permettant des hauteurs d'eau de 30 à 40 cm, il est nécessaire de limiter leur emprise à la fois en surface et faciliter leur accessibilité pour minimiser les surcoûts d'exploitation.

L'exportation des tiges, l'éclaircissement des végétaux (à la pelle mécanique par exemple) nécessitent l'implantation en bordure sur quelques mètres d'épaisseur seulement. Un croissant en sortie de lagune n° 3, voire de lagune n° 2, est donc la seule implantation de macrophytes qui ne peut être exclue à priori.

De plus, la zone à macrophytes doit être accessible à pied et nécessite donc la confection d'un fond (à 30 - 40 cm) solide (implantation de couches de gravier, exclusion de terre végétale, ...) et la mise en place d'une limite physique à l'extension des macrophytes (muret noyé de séparation des zones de profondeurs différentes, ...).

• Ile à canards

Dans le cas où l'environnement local est propice et où les risques de prolifération de lentilles d'eau sont élevés (bassins de faible surface, abri du vent, charge faible par rapport à la charge nominale pour plusieurs années), une île peut être aménagée au centre de la troisième lagune afin de permettre l'implantation de canards<sup>10</sup> (quelques couples par ha de plan d'eau sont capables de prévenir l'apparition de lentilles, cf. annexe 6).

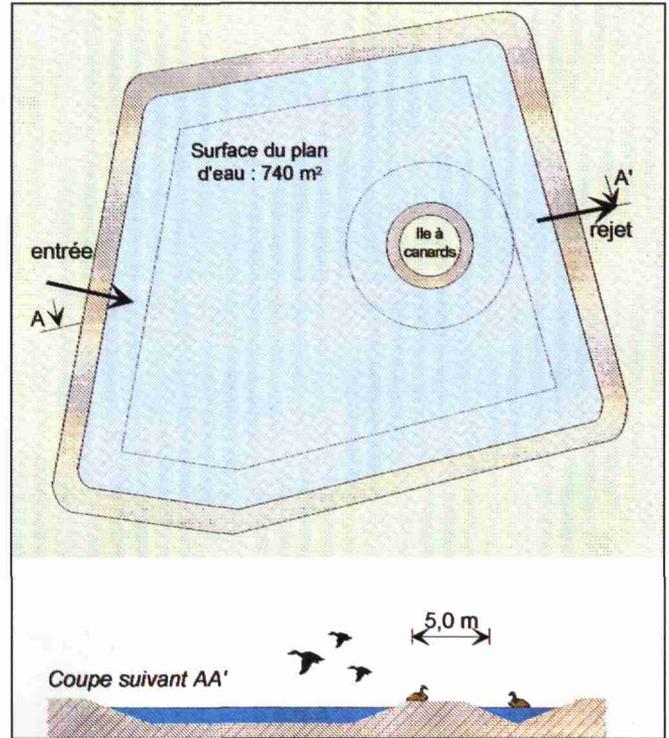


Fig. 12 - Exemple de bassin de lagunage avec île à canards (source Satese 71)

## 4.4. OUVRAGES ANNEXES ET DE COMMUNICATION

### 4.4.1. Arrivée des eaux

La canalisation d'arrivée doit déboucher à proximité du bord de façon à faciliter le curage localisé du cône de sédimentation et éventuellement la prise d'échantillons. Une faible chute d'eau est probablement la meilleure solution.

### 4.4.2. Ouvrages de communication

La prise d'eau est de préférence à mi-hauteur du plan d'eau, l'effet de cloison siphonoïde et la possibilité de débouchage étant ménagés par une culotte (T à 45°) disposée à une trentaine de cm de la berge pour éviter les risques de bouchage.

10. La présence de canards, comme celle du reste de la faune sauvage, constitue cependant un élément défavorable à l'obtention des niveaux élevés de décontamination fécale.

La restitution des eaux au bassin suivant doit permettre l'observation de celles-ci (voire de les empoter pour en estimer le débit). Sur les installations susceptibles de recevoir de brutales pointes de débit, il est utile de prévoir des ouvrages qui peuvent permettre des marnages.

### 4.4.3. Ouvrages de *by-pass*

Pour assurer la pérennité du traitement, chaque bassin doit pouvoir être "by-passé" aux fins de curage ou d'entretien lourd (berges, ...).

Lorsque l'alimentation est réalisée par refoulement, une canalisation fixe de *by-pass* du premier bassin peut être évitée en installant des canalisations provisoires en cas de besoin.

### 4.4.4. Ouvrages de vidange

Les moyens fixes de vidange seront en général exclus, sauf si la topographie locale s'y prête.

Dans ce cas particulier, les systèmes de communication peuvent être avantageusement remplacés par des moines de pisciculture.

Dans le cas général, les vidanges complètes ou partielles devront être effectuées à l'aide d'un moyen de pompage mobile.

### 4.4.5. Ouvrages d'accès

Compte tenu du faible surcoût, une pente douce d'accès à des véhicules lourds sera prévue dans chaque bassin à condition que l'étanchéité du fond soit réalisée par compactage d'une couche de matériau naturel en place suffisamment épaisse (50 cm) et homogène sur la surface du fond de lagune.

Dans les autres cas, les entrées d'engins sont à proscrire, sous peine d'avoir à procéder à la réfection complète de l'étanchéité.

### 4.4.6. Ouvrages de mesure de débit

Sur toutes les installations, un canal débitmètre hydrauliquement indépendant du plan d'eau du dernier bassin sera aménagé en sortie du lagunage.

Lorsque l'alimentation est gravitaire, un deuxième canal débitmètre sera installé en amont de la première lagune de préférence avec un seuil à contraction latérale. En cas de refoulement, le temps de fonctionnement des pompes fournira le débit.



Mesure de débit en sortie de lagune

### 4.4.7. Local d'exploitation

Un local minimum est souhaitable (rangement d'outils, vestiaire). Le recours aux locaux de jardins préfabriqués constitue souvent une bonne solution. Un point d'eau est indispensable.

### 4.4.8. Clôture

La responsabilité de maître d'ouvrage étant engagée, une clôture complète et un panneau d'avertissement sur la nature du plan d'eau sont nécessaires. Les solutions minimales au regard de la jurisprudence sont conseillées, compte tenu du linéaire en jeu.

## V - EXPLOITATION

En dépit du caractère rustique du lagunage, l'exploitation, y compris le suivi analytique, demeure essentielle et nous en rappellerons ci-après ses différents aspects.

### 5.1. TENUE D'UN CAHIER D'EXPLOITATION

Le lagunage naturel est un système d'épuration à part entière ; un cahier d'exploitation, où seront consignées les observations, mesures et opérations d'entretien, doit donc être tenu régulièrement.

### 5.2. SURVEILLANCE GÉNÉRALE

La surveillance générale est indispensable pour détecter les éventuelles anomalies sur l'installation telles que l'érosion des digues, la présence de rongeurs, l'obstruction des ouvrages de communication, le développement des lentilles d'eau.

- *fréquence : une fois par semaine au minimum ;*
- *temps nécessaire : 1/2 heure à 1 heure.*

L'exploitant devra en particulier vérifier les points suivants :

- le bon écoulement de l'eau ;
- l'absence de flottants ;
- la couleur de l'eau ;
- l'absence d'odeurs ;
- l'état des digues.

Pour cela, il est indispensable de parcourir toutes les digues (ce passage crée de plus un "dérangement" qui peut dissuader l'installation des rongeurs).

### 5.3. ENTRETIEN DU PRÉTRAITEMENT

Un entretien des ouvrages de prétraitement est nécessaire pour :

- empêcher la mise en charge du réseau ou le *bypass* des effluents ;
- éviter les mauvaises odeurs ou des perturbations sur la première lagune ;
- diminuer les risques de transformer cet endroit en "mangeoire" pour les rongeurs.

- *fréquence : une à plusieurs fois par semaine suivant les besoins ;*

- *temps nécessaire : 1/4 d'heure à 1/2 heure.*

Les déchets retirés du prétraitement ne doivent pas constituer une nouvelle source de nuisances. Ils sont à évacuer en centre d'enfouissement technique de classe 2 dans le cas des installations les plus importantes. L'enfouissement des déchets sur place constitue un palliatif non satisfaisant, et en tout état de cause une adjonction de chaux est nécessaire pour les stabiliser.

### 5.4. ENTRETIEN DES ABORDS

#### 5.4.1. Fauchage de la végétation des digues et des berges

Cette opération constitue un poste important de l'exploitation d'un lagunage. Outre les objectifs de rendre l'accès facile au plan d'eau et de conserver l'aspect esthétique de la station, le fauchage doit permettre de limiter l'installation des rongeurs et de contrôler l'état des berges.

Lors des fauchages, on évitera au maximum l'introduction des végétaux coupés dans les bassins.

- *fréquence* : deux à quatre fois par an, à adapter selon les conditions climatiques ;
- *temps nécessaire* : un à cinq jours suivant la taille de la station et le matériel utilisé.

Le contrôle de la végétation par les dés herbants est à proscrire en raison des risques de toxicité et des phénomènes d'érosion accrus (sauf sur les digues enrochées où un dés herbant systémique<sup>11</sup> constitue le seul moyen de contrôler la végétation).

### 5.4.2. Fauchage de la ceinture végétale autour du plan d'eau

Cette opération est aussi importante que la précédente car elle influe sur le fonctionnement du lagunage. Les objectifs visés sont :

- éviter l'envahissement progressif des bassins ;
- limiter le développement de larves d'insectes (moustiques en particulier) ;
- limiter l'installation des rongeurs.

- *fréquence* : deux à quatre fois par an ;
- *temps nécessaire* : un à cinq jours suivant les cas.

La présence de cette ceinture végétale est très importante pour réduire les effets néfastes du battillage lorsqu'il n'y a pas d'enrochement ; elle sert aussi à retenir les herbes coupées lors du fauchage au niveau des berges. En aucun cas pendant les végétaux ne doivent empiéter sur le bassin.

### 5.5. LUTTE CONTRE LES RONGEURS

---

La présence de rongeurs est fréquente sur une installation de lagunage. Empêcher leur prolifération a pour but :

- d'éviter l'érosion des digues ;

- d'empêcher les courts-circuits hydrauliques ;
- d'éviter d'altérer l'étanchéité des bassins ;
- le cas échéant d'empêcher la destruction des macrophytes.

- *fréquence* : une fois par an au minimum, campagne d'empoisonnement (automne ou hiver).

Les produits à utiliser sont différents selon qu'il s'agit de rats d'eau (dicoumarine), de rats musqués (chlorophacinone) ou de ragondins (bromadiolone).

Pour être efficace, cette opération ne doit pas être limitée aux abords immédiats des ouvrages.

### 5.6. CURAGE DES BOUES EN TÊTE DU PREMIER BASSIN

---

Le curage régulier du cône de sédimentation à l'entrée du premier bassin doit être intégré à l'exploitation courante. D'autres points des lagunes où les dépôts sont les plus importants (en particulier : les angles, les zones périphériques et les "entrées-sorties" de chaque bassin) peuvent aussi faire l'objet de curages partiels.

- *fréquence* : une fois par an en moyenne (à adapter en fonction des dépôts constatés par sondage) ;
- *méthode conseillée* : pompage liquide avec ou sans abaissement du plan d'eau.

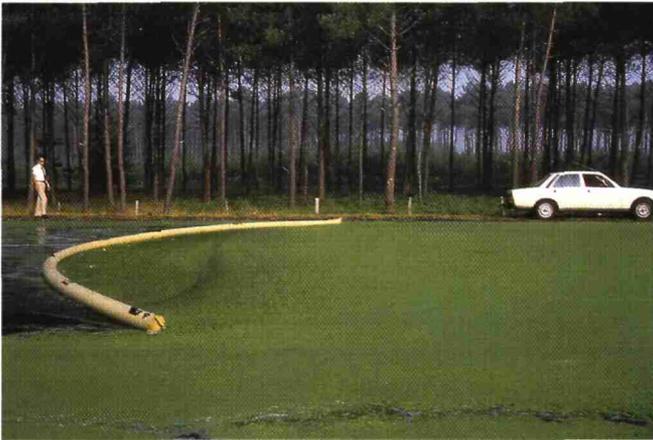
Le curage global des boues étant une opération lourde dans l'exploitation d'un lagunage, ce type d'intervention sera développé dans le chapitre VI.

---

11. Dés herbant de contact passant par les feuilles, non rémanent.

## 5.7. LUTTE CONTRE LES LENTILLES D'EAU

Les lentilles perturbent l'épuration à cause de l'arrêt de la pénétration de la lumière et de l'anaérobiose qui en découle. De plus, en l'absence d'extraction, elles contribuent à l'augmentation importante du volume des sédiments et leur dégradation augmente la charge organique à traiter. Les méthodes préventives de traitement sont préférables aux méthodes curatives.



Rassemblement des lentilles à l'aide d'un barrage flottant

### PRÉVENTION :

Deux méthodes peuvent être utilisées :

- sédentarisation de canards (voir annexe 6) ;
- désherbants sélectifs (voir annexe 6).

### MÉTHODE CURATIVE :

Il s'agit de l'enlèvement régulier des végétaux.

- **fréquence** : à réaliser obligatoirement dès que les lentilles recouvrent un tiers de la surface d'un bassin ;

- **méthode conseillée** : concentration des végétaux dans une partie du bassin, récolte manuelle ou par pompage.

## 5.8. FAUCARDAGE DES MACROPHYTES

Dans le cas de lagunes à macrophytes, le faucardage est absolument nécessaire pour empêcher le pourrissement des végétaux dans l'eau qui recharge les bassins en matières organiques et en nutriments. Cette opération permet aussi de limiter les écoulements préférentiels de l'eau qui réduisent le temps de séjour.

- **fréquence** : une fois par an en fin d'été (août-septembre) ;

- **temps nécessaire** : 1 à 5 jours suivant la surface.

La coupe doit se faire au-dessus de la surface du plan d'eau pour permettre une reprise normale de la végétation. **Les végétaux coupés seront impérativement retirés des bassins.**

**IMPORTANT** : pour éviter le comblement progressif des bassins, un éclaircissement est à prévoir tous les deux ou trois ans.



## VI - LE CURAGE DES BASSINS

Comme tout dispositif d'épuration, le traitement par lagunage conduit à la production de boues issues de la décantation : soit des MES présentes dans l'affluent, soit des corps algaux et des micro-organismes qui se développent dans les bassins. Les feuilles des végétaux supérieurs présents à la périphérie des bassins ou sur le bassin (lentilles d'eau) s'ajoutent aux matières décantées. L'élimination des sédiments accumulés dans les bassins s'impose à plus ou moins long terme.

Toutefois le curage de lagunes est encore trop souvent décidé davantage à cause de nuisances olfactives ou de la diminution supposée des performances épuratoires que sur un constat réel de l'accumulation importante de boue dans les bassins. Le curage des deux premiers bassins est souvent effectué simultanément.

### 6.1. RÉPARTITION DES BOUES DANS LES BASSINS

L'accumulation des dépôts dans les bassins est irrégulière. Quelle que soit la forme des bassins, il existe trois zones où les dépôts sont plus importants : en entrée et en sortie et selon une bande le long des berges. Dans ces zones où les vitesses d'écoulement plus faibles permettent une sédimentation importante, l'épaisseur des dépôts peut fréquemment dépasser 0,40 m alors que sur l'ensemble d'un bassin celle-ci n'atteint en général que 0,10 à 0,15 m (fig.13).

Par ailleurs, si à l'intérieur des bassins allongés la répartition est à peu près régulière, dans les bassins compacts, des zones d'accumulation se forment hors des axes de cheminement hydraulique préférentiel. Ce processus peut être encore renforcé par la présence de cloisons dans les bassins.

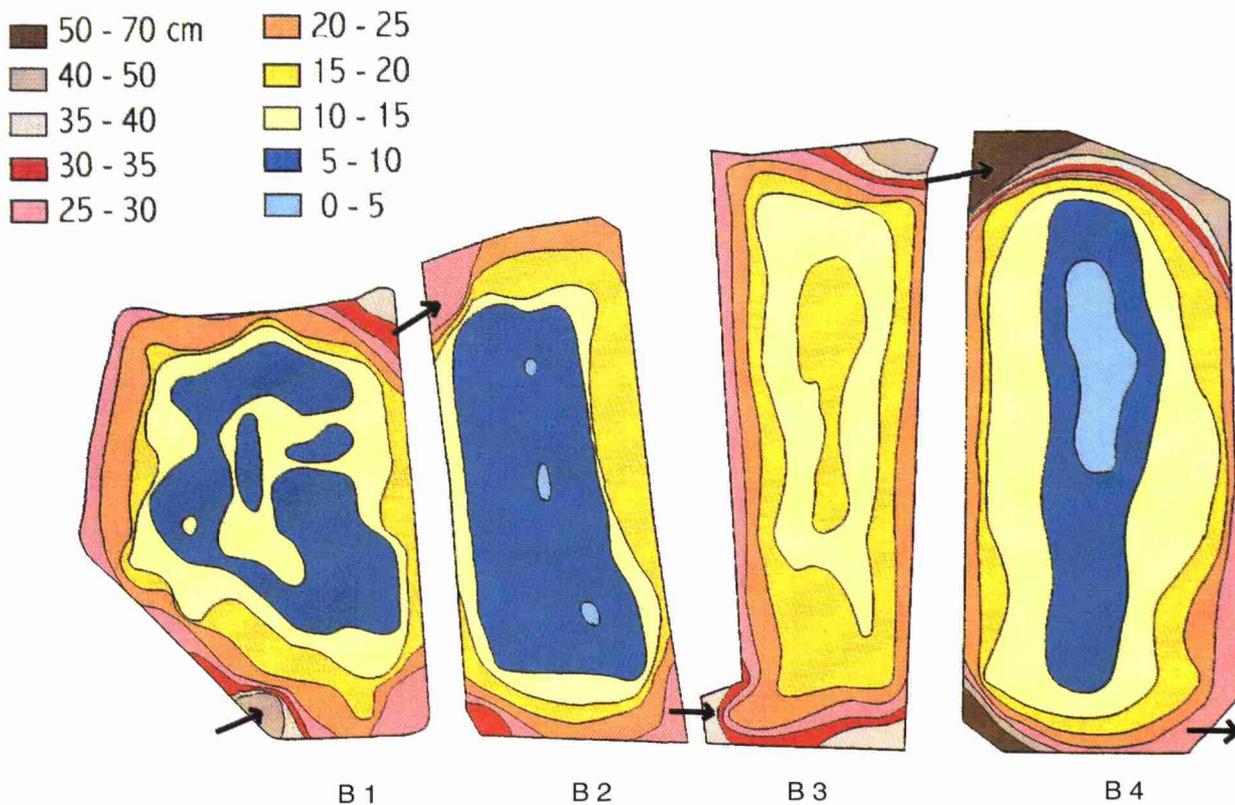


Fig 13 - Exemple de bathymétrie des sédiments à la lagune de la Chapelle Thourault (35) (Source : E.N.S.P.).

### 6.2. TAUX MOYEN D'ENVASEMENT

---

Le taux moyen d'envasement calculé à partir des quantités de boues extraites d'une douzaine de bassins primaires ayant un dimensionnement équivalent et situés dans des conditions climatiques comparables, avoisine 2 à 3 cm par an soit 0,12 m<sup>3</sup> de boue/EH/an. Ces valeurs sont plus faibles que celles rapportées par certains auteurs dont Gloyna aux USA (3 à 4 cm par an).

Au-delà des deux premières années de fonctionnement, on observe généralement un tassement de la boue ; l'accroissement annuel de l'épaisseur de sédiment devient ensuite plus faible et est linéaire.

### 6.3. DÉCISION DE CURAGE

---

La décision de curer un bassin nécessite un diagnostic de l'état d'envasement. Les méthodes de mesure applicables pour déterminer l'épaisseur de boue sont décrites dans l'annexe 7.

L'opération de curage doit être réalisée en fonction des contraintes locales (hors pointes de charge, hors étiage, en période d'épandage favorable), et sa durée doit être la plus courte possible.

Les curages se font généralement lorsque le volume de boue atteint 30 %<sup>12</sup> du volume du bassin. Le rythme d'accumulation des boues étant très variable suivant les installations, il est difficile de donner un âge moyen ; en pratique, une dizaine d'années la première fois en raison de la sous-charge habituelle des installations. Par la suite la périodicité serait de sept, voire cinq ans.

### 6.4. MÉTHODE DE CURAGE

---

Deux méthodes sont habituellement utilisées pour le curage des bassins de lagunage :

- le curage après vidange de l'eau du bassin ;

- le curage sans vidange dit "sous eau"

#### 6.4.1. Curage après vidange de l'eau

Après mise hors circuit du bassin à nettoyer, la lame d'eau couvrant les boues est évacuée par pompage, par siphonnage ou par gravité vers le bassin suivant.

Les sédiments sont alors homogénéisés manuellement ou avec un engin mécanique, puis pompés avec une tonne à lisier ou avec un camion hydrocureur. Cependant, toute utilisation d'un engin mécanique susceptible de dégrader l'étanchéité du bassin est absolument à proscrire.

#### 6.4.2. Curage sous eau

Le curage sous eau est effectué à l'aide d'une tête de succion supportée par un radeau et reliée à un camion hydrocureur. Le radeau est déplacé depuis la berge à l'aide d'un système de moufle le long d'un câble.



Exemple de pompage de boues à partir d'un radeau spécialement équipé

---

12. Si un des objectifs du lagunage est l'élimination du phosphore, 20 cm de boue en moyenne sur l'ensemble des bassins pourrait suffire à provoquer une altération du rendement d'élimination de cet élément.

### 6.4.3. Avantages et inconvénients de chaque méthode

Le curage sous eau ne permet pas de garantir la régularité de la reprise des sédiments. Par ailleurs, bien qu'articulée, la tête de succion passe difficilement à proximité des berges. Cette technique supprime toutefois la nécessité de "by-passer" le bassin à nettoyer.

Si le curage après élimination de la lame d'eau peut être total, la difficulté de l'opération réside dans l'homogénéisation correcte des boues. Cette homogénéisation peut être rendue indispensable par la teneur importante en MS des boues anciennes et par les performances du matériel de pompage. Les pompes de petites puissances ne permettent pas en général la reprise de boues dont la teneur en MS est supérieure à 50 g/l, or la teneur en MS des boues de lagune peut atteindre 150 g/l.

Une mauvaise homogénéisation s'accompagne d'un allongement important du temps de pompage quand les boues s'épaississent. De ce fait, la dilution qui accompagne la reprise des boues par succion sous l'eau (au demi environ), et qui conduit à accroître le volume final à éliminer, constitue un avantage en facilitant le pompage des boues les plus épaisses.

Le volume de boue repris après raclage au tracteur est de l'ordre de 200 m<sup>3</sup>/j et 100 m<sup>3</sup>/j pour un râclage manuel.

Quelle que soit la technique mise en œuvre, la durée moyenne d'un chantier pour un bassin primaire peut être estimée à une semaine, sauf pour les cas des plus petites installations ; les moyens en personnel et en matériel étant à adapter à la dimension des bassins.

## 6.5. COÛTS D'ÉLIMINATION DES BOUES

Le coût moyen d'élimination (reprise + épandage) est de 100 F TTC par m<sup>3</sup> de boue pour chacune des méthodes. Cependant les coûts de curage présentent une forte

variabilité en fonction des contraintes et des spécificités locales (les coûts constatés vont de 50 F à 1 000 F par m<sup>3</sup>). Une réflexion préalable est donc nécessaire.

Enfin, le coût élevé du curage incite à budgétiser celui-ci dès la création de l'installation.

## 6.6. CARACTÉRISTIQUES AGRONOMIQUES ET SANITAIRES DES BOUES

La localisation des installations de lagunage naturel en zone rurale et le coût de traitement des boues conduisent à retenir une valorisation agricole des boues. Il importe de ce fait de connaître les caractéristiques agronomiques et sanitaires de celles-ci.

### 6.6.1. Caractéristiques agronomiques

La minéralisation poussée des boues accumulées dans les lagunes se traduit par une faible teneur en carbone, azote et phosphore (tableau ci-après). L'intérêt agronomique de ces boues est de ce fait limité.

Tableau 5 : Caractéristiques agronomiques de différents sous-produits organiques valorisés en agriculture

	Boues de lagune	Fumier	Lisier	Boue aérobie stabilisée
Matière sèche (g/l)	50 - 250	100	250	
Matières volatiles (% de MS)	20 - 50	60 - 80	60	45 - 60
Azote Kjeldhal (mg/g)	0,8 - 3,3	4 - 6	1 - 3	4,5 - 6
Phosphore total (mg/g)	1 - 2,2	2 - 5	0,3 - 2,5	4 - 8,5
Potassium (K <sub>2</sub> O, mg/g)	0,03	3 - 5	2,5 - 3,5	0,5 - 1,5

Du fait de la taille des collectivités, et **sauf présence industrielle particulière, ces boues ne présentent pas d'éléments toxiques** en quantité suffisante pour empêcher une utilisation agronomique.

Signalons par ailleurs que les boues de bassins primaires possèdent une valeur fertilisante très supérieure à celles des autres bassins.

### 6.6.2. Caractéristiques sanitaires

Les boues de bassin de lagunage ne présentent généralement pas de caractéristiques sanitaires particulières pouvant limiter leur utilisation agricole et de plus la minéralisation poussée les rend inodores.

## VII - LE SUIVI TECHNIQUE

Malgré la rusticité de son procédé, le lagunage naturel, comme les autres types de station d'épuration, doit bénéficier d'un suivi technique adapté à sa spécificité.

Ce qui est développé dans ce chapitre vient compléter les obligations liées à l'autosurveillance dont la consistance n'est pas précisée pour les installations de moins de 2 000 habitants au moment de la rédaction de ce document. En tout état de cause, l'autosurveillance ne porte que sur l'entrée et la sortie.

Le but de ce chapitre est donc de proposer aux techniciens assurant le suivi (Satese, exploitant ...) une panoplie de moyens à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs suivants :

- maintien des installations en bon état ;
- appréciation de la qualité des rejets ;
- évaluation des rendements ;
- prévention des dysfonctionnements.

### 7.1. NATURE ET FRÉQUENCE DES VISITES

Compte tenu de l'influence des conditions météorologiques saisonnières sur le fonctionnement des lagunages, une visite par trimestre paraît nécessaire pour bien appréhender ce type d'installation. En cas de crainte de dysfonctionnement, les visites pourront être plus rapprochées durant la ou les saisons critiques.

Le suivi technique comprend trois types d'intervention :

- les visites simples ;
- les visites bilan ;
- les opérations spécifiques.

#### 7.1.1. Les visites simples

Le contexte de réalisation de la visite doit être absolument précisé (conditions météo, heure), ainsi que les phénomènes météorologiques marquants qui ont précédé la mesure.

Certaines données (pluviométrie, vent, ensoleillement ...) sont disponibles auprès des services de la météorologie<sup>13</sup> mais doivent être éventuellement précisées localement.

La visite permet de contrôler l'intégrité et le bon entretien des ouvrages. Celle-ci comprend des examens visuels :

- des berges afin d'y détecter la présence de rongeurs, de fuites, d'affaissements et de dégradations par batillage ;
- des ouvrages annexes (poste de relevage, prétraitements, ouvrages de communication et de vidange).

L'appréciation des conditions de fonctionnement des bassins est réalisée à partir d'observations (couleur, odeur, présence de flottants) et de mesures physico-chimiques :

- sur les rejets de chaque bassin : pH, température,  $E_H$ ,  $O_2$  dissous, conductivité et débit instantané ou écart par rapport à la surverse (dans ce dernier cas, les mesures sont réalisées sur l'effluent contenu dans les lagunes) ;
- sur la lagune primaire : profil vertical du eH à mi-bassin et à au moins 2 m de la berge. L'établissement de ce profil permet de donner la position et de noter les variations de l'interface entre les zones aérobies et anaérobies (élément très important pour prévoir et confirmer les virages).

La visite simple permet d'apprécier la qualité des rejets en concentration et en flux. Les paramètres analysés sont la DCO sur échantillon filtré et les MES. Ces paramètres peuvent être étendus dans le cas où la station est soumise

13. Minitel : 3615 MÉTÉO

à une autorisation de rejet différente du *niveau d*. Le lagunage étant un procédé non conservatoire des débits, l'appréciation des rejets en flux est souvent plus importante que celle qui porterait uniquement sur les concentrations.

### 7.1.2. Les visites bilan

En plus des opérations réalisées lors des visites simples, les bilans comportent une série de mesures qui apportent des indications précises sur le fonctionnement du lagunage :

- mesure sur 24 h. des charges reçues en DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, NK et PT. Celle-ci est réalisée à partir d'une mesure de débit à l'entrée de l'installation et d'un échantillonnage proportionnel au débit. Elle permet d'apprécier le taux de charge de l'installation et son évolution ;

- mesure des flux rejetés en DCO, MES, NK, PT, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Les débits à prendre en compte sont les débits réels sortants qui peuvent éventuellement être mesurés ponctuellement (les débits rejetés en fin d'après-midi sont, sauf événement pluvieux lors du bilan, proches du débit moyen). Le contrôle de l'étanchéité des bassins n'est pas toujours facile à réaliser ; il faut se donner les moyens d'apprécier en totalité ce qui rentre et ce qui sort des bassins. Normalement, le débit de sortie est inférieur au débit d'entrée du fait de l'infiltration et de l'évaporation, mais des apports d'eau par le fond à certaines périodes de l'année peuvent avoir lieu avec augmentation du volume de sortie ;

- si le rejet de l'installation doit satisfaire à des normes bactériologiques, il convient de mesurer les niveaux de sortie en GTCF<sup>14</sup> à partir d'une série d'échantillons ponctuels prélevés lors du bilan.

## 7.2. LES OPÉRATIONS PARTICULIÈRES

---

### 7.2.1. Étanchéité lors de réception

La mise en eau doit s'effectuer dès la fin de la réalisation. Après quinze jours de submersion pour la saturation du terrain, une mesure de la variation de hauteur sur deux-trois jours est réalisée.

### 7.2.2. Les mesures bathymétriques des sédiments

La tâche de l'organisme chargé du suivi est d'évaluer la quantité de sédiment présente et son possible impact sur la qualité du traitement, ainsi que de prévoir la période de curage.

Le suivi de l'épaisseur de sédiment ne nécessite un quadrillage fin que pour évaluer le volume à curer et prévoir les moyens nécessaires à leur extraction. Pour les méthodes à mettre en œuvre, on se reportera à l'annexe 7. Au cours des premières années de fonctionnement, un quadrillage à larges mailles apportera des informations suffisantes.

### 7.2.3. Les curages des bassins

L'aide technique à fournir pour les curages porte sur :

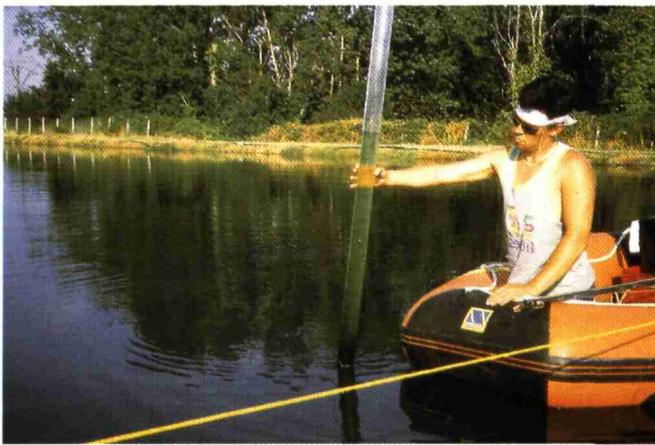
- l'analyse des boues (conformité à la norme NFU 44-041) ;
- le choix de la technique de curage ;
- l'organisation et le suivi du chantier de curage et d'épandage (incluant la détermination des parcelles et les doses à appliquer).

---

14. Germes Test de Contamination Fécale

#### 7.2.4. La mesure des chlorophylles

Afin de confirmer un dysfonctionnement, le dosage des chlorophylles totales et actives peut être nécessaire. Celui-ci est à réaliser à partir d'un échantillon prélevé par carottage d'une colonne d'eau de 60 cm correspondant à la tranche supérieure (même point que pour le profil eH).



*Prélèvement d'une colonne d'eau pour analyse de la chlorophylle*



## VIII - LES COÛTS DU LAGUNAGE

### 8.1. COÛT D'INVESTISSEMENT

Une série de facteurs interviennent directement dans les coûts d'investissement : ceux liés à la taille de l'installation et ceux que l'on peut considérer indépendant de la taille.

#### **Facteurs dépendants de la taille de l'installation (capacité en EH) :**

- les travaux de terrassement, en moyenne 500 FHT/EH ;
- l'étanchement des bassins et des digues inférieur à 300 FHT/EH à l'argile, supérieur à 700 FHT/EH avec géomembrane ;
- la clôture d'enceinte (< 100 FHT/EH) ;
- le terrain et l'étude géotechnique préalable.

#### **Facteurs indépendants de la taille de la station :**

- les équipements annexes de 10 à 50 kF, avec une moyenne de 35 kF.

**Les équipements annexes (by-pass, moines de vidange, plan incliné sur les digues) constituent un surinvestissement. Ce coût complémentaire se justifie généralement dix ans après la construction, à l'occasion du curage des boues.**

**De plus, les frais d'investissement sont subventionnés (département, Agence de l'Eau) contrairement aux dépenses qui relèvent de l'exploitation.**

À capacité égale exprimée en Équivalent Habitant (EH), les coûts varient considérablement d'une lagune à l'autre ; pour des capacités inférieures à 1 000 EH et sans membrane d'étanchéification, le ratio coût/EH constaté ne dépend pas de la taille de l'installation :

**investissement de 600 à 3000 FHT/EH  
avec une moyenne de 800 FHT/EH**

### 8.2. COÛT DE FONCTIONNEMENT

Contrairement aux stations d'épuration à boues activées, on dispose de peu d'informations sur les coûts d'exploitation des lagunes. Il est très hasardeux par ailleurs de calculer des moyennes en raison de différences liées aux conditions locales.

Hormis la dépense d'énergie propre à un éventuel poste de refoulement, les coûts d'exploitation sont liés aux opérations qui suivent :

#### **Dépendantes de la taille de l'installation :**

- la vidange des boues (curage des bassins tous les huit à quinze ans) ;
- l'entretien des digues et des berges (fauchage) ;
- le faucardage et/ou l'enlèvement des macrophytes (végétaux éventuellement plantés dans le dernier bassin et lentilles en surface) ;

#### **Indépendantes de la taille de l'installation :**

- les heures de simple surveillance (regard sur les digues, recherche de la présence de rongeurs, coup d'œil sur la qualité du rejet) ;
- l'entretien des prétraitements ;
- la réalisation de contrôles sur le rejet ;
- le curage du cône de sédimentation (entrée premier bassin).

Pour une capacité d'environ 500 EH, on estime le coût moyen d'exploitation de 10 000 à 15 000 FHT par an, auquel il faut ajouter de 10 à 20 FHT/EH par an pour le curage des boues.

**soit un ratio global d'exploitation de  
30 à 50 FHT/EH/an  
dont 10 à 20 FHT/EH/an pour le curage des boues**

Ces coûts sont à relativiser en fonction de la capacité de l'installation, du nombre et de la nature des raccords, de la fréquence des extractions de boues (cône de

sédimentation et vidange des boues de fond), de la présence ou non de macrophytes plantés et de lentilles, et des équipements annexes existants.

**En tout état de cause, la vidange des boues constitue un poste important pour lequel il convient d'étudier la possibilité de provisionner les dépenses futures. Les communes peuvent effectuer des provisions budgétaires sur une ligne comptable prévue à cet effet <sup>15</sup>.**

---

15. Annexes à l'arrêté du 12 août 1991 relatif à l'approbation de plans comptables applicables au secteur public local, ligne 68 : dotation aux amortissements et provisions.

## IX - CONCLUSION

Après plus de quinze années de pratique du lagunage naturel en France pour traiter les eaux usées domestiques, notamment en milieu rural, et alors qu'une meilleure fiabilité des procédés d'épuration devient un objectif prioritaire, il était nécessaire de tirer un premier bilan de l'expérience acquise sur cette technique.

Le caractère particulier du lagunage naturel a conduit à s'appuyer sur une expérience diversifiée reposant sur un grand nombre de situations différentes (charge reçue, âge des installations, volume de sédiments...) et couvrant une longue période d'observation.

Répertorié dans les procédés biologiques extensifs, le lagunage naturel diffère toutefois des procédés biologiques conventionnels sur les points suivants :

- il intègre des mécanismes biologiques complexes comparables à ceux des milieux naturels tant du point de vue des chaînes alimentaires que plus généralement des cycles du carbone, de l'azote et du phosphore (importance des échanges sédiment-eau) ;
- les temps de séjour y sont beaucoup plus longs que dans les procédés intensifs ;
- l'oxygénation, assurée principalement par la photosynthèse des micro-algues, n'est pas maîtrisable ;
- le fonctionnement des bassins est très largement dépendant des conditions climatiques (ensoleillement, température, vent...) ;
- les débits ne sont pas conservatifs (infiltration, évaporation, pluie...).

Ainsi, en dépit de la simplicité apparente du lagunage, on comprend que nombre de questions relatives au fonctionnement du procédé requièrent des réponses nuancées, souvent très liées aux conditions locales d'utilisation.

Concernant le dimensionnement, il convient de se maintenir dans un optimum "technico-économique" pour conserver l'intérêt du lagunage. En effet, la

généralisation de pratiques récentes de certains départements, reposant sur des bases discutables, conduirait à de fortes augmentations de surface, rendant parfois difficile le maintien du niveau d'eau et entraînant des coûts prohibitifs en regard d'autres procédés.

Le bilan des performances du lagunage en France, établi à partir d'un échantillon représentatif d'installations réparties sur l'ensemble du territoire et recevant en moyenne environ 50 % de la charge organique nominale, montre que le procédé répond globalement aux objectifs de qualité qui lui ont été assignés (niveau d); qualité compatible avec certains milieux récepteurs. Les abattements en nutriments (azote et phosphore) sont de 65 à 70 % en moyenne, avec des variations saisonnières importantes. Ces résultats sont généralement meilleurs que ceux obtenus sur la plupart des procédés adaptés aux petites collectivités (lits bactériens...).

La nature du réseau influe significativement sur la stabilité du fonctionnement et sur le niveau de concentration des eaux traitées. Il apparaît nettement que la filière conventionnelle française, comprenant un premier bassin de lagunage facultatif (partiellement aérobie) est plutôt mal adaptée pour recevoir des eaux usées domestiques concentrées (DBO<sub>5</sub> des eaux à traiter supérieure en moyenne à 300 mg/l).

Les mécanismes conduisant à une anoxie périodique et au dysfonctionnement sont désormais mieux connus, suite notamment aux résultats obtenus lors de récentes études approfondies. L'expérience acquise par les exploitants et les organismes chargés du suivi vient par ailleurs rappeler qu'un risque de dysfonctionnement sur une lagune ne peut être totalement écarté. Des précautions sont donc nécessaires pour s'en affranchir au maximum.

En complément au document sur le lagunage de 1979, il est désormais possible de mieux préciser le domaine d'application de cette technique et d'apporter un certain nombre de modifications dans la conception générale des installations.

### Domaine d'application

La classe de taille privilégiée du lagunage naturel se situe entre 100 et 1 500 EH, et plus particulièrement entre 200 et 1 000 EH. S'écarter de ces valeurs doit se justifier par des contraintes très particulières (décontamination bactériologique par exemple) et une confrontation avec des solutions conventionnelles est indispensable.

### Conception générale

La stabilité du fonctionnement d'un lagunage repose en grande partie sur la conception du premier bassin.

En conséquence, pour limiter les risques d'anaérobiose totale du premier bassin résultant d'une charge organique excessive, une augmentation de la surface de celui-ci de 20 % est nécessaire par rapport au dimensionnement antérieur (Étude Inter-Agences, 1979), soit désormais 6 m<sup>2</sup>/EH. Forme et profondeur recommandées pour ce bassin doivent être respectées. Pour les deux bassins suivants, la conception générale demeure inchangée, soit une surface cumulée de 5 m<sup>2</sup>/EH.

### Caractéristiques des eaux à traiter

La présence d'eaux usées concentrées et/ou septiques est difficilement compatible avec le lagunage naturel.

### Implantation du lagunage

Des circonstances particulières pouvant entraîner l'anaérobiose du premier bassin et donc des nuisances olfactives, il est recommandé de laisser 200 m entre l'installation de lagunage et les plus proches habitations, en tenant compte des vents dominants.

### Recours aux macrophytes

Le gain de qualité de traitement par les macrophytes plantés dans le bassin terminal demeure incertain. Les contraintes d'exploitation engendrées par l'implantation de macrophytes sont par contre bien mises en évidence. En conséquence, la surface impliquée doit être limitée.

Afin d'apporter les éléments indispensables au choix du procédé, le tableau 6 synthétise les avantages et les inconvénients du lagunage naturel.

Tableau 6 : bilan synthétique des avantages et inconvénients du lagunage naturel

CRITÈRES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Qualité des eaux traitées  Rendement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendements épuratoires satisfaisants au regard de certains objectifs de qualité</li> <li>• Bonne épuration bactériologique Rendement moyen de 60 à 70 % sur les nutriments et avec les plus faibles concentrations en N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> à l'été</li> <li>• Fiabilité du procédé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualité de l'eau épurée inférieure à celle des procédés conventionnels performants sur la matière organique</li> <li>• Rendement en flux sur le carbone limité à cause des rejet d'algues</li> <li>• Influence saisonnière marquée sur les abattements en azote et phosphore</li> </ul>
Caractéristiques des eaux usées brutes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bon comportement avec des eaux diluées et des forts débits en période pluvieuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accepte mal des effluents concentrés non domestiques (agro-alimentaires par exemple)</li> <li>• Problèmes de fonctionnement du bassin N°1 avec eaux concentrées et effluents septiques</li> </ul>
Variations de débit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fort pouvoir tampon</li> <li>• Conserve son potentiel de traitement presque à tout débit, supporte les variations de charge</li> <li>• Traite toute la pollution du réseau sans <i>by-pass</i> amont</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilité de rejet important d'algues avec de forts débits (cas des orage en été) → Impact possible sur le milieu récepteur en période d'été</li> </ul>
Impact sur l'environnement (hors milieu récepteur)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne intégration dans le paysage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque d'odeurs en cas de dysfonctionnement</li> <li>• Développement de moustiques si défaut d'entretien</li> </ul>
Construction  Terrain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solution alternative lorsque les caractéristiques géotechniques du sol permettent difficilement la construction d'ouvrages en béton</li> <li>• Phasage de la construction possible en liaison avec l'évolution du réseau et des raccordements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Études de sol préalables indispensables pour le choix d'un terrain facilement imperméabilisable</li> <li>• Surfaces nécessaires élevées (coût du terrain)</li> </ul>
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible coût d'exploitation</li> <li>• Simplicité d'exploitation bien adaptée au personnel des petites collectivités</li> <li>• Bonne minéralisation des boues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opération lourde de curage des boues tous les cinq à dix ans</li> <li>• Peu de possibilité d'intervention dans les processus biologiques</li> </ul>
Évolution du procédé  Perspectives	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptabilité à des contraintes plus sévères par ajout d'un bassin d'infiltration, mais altimétrie des bassins existants souvent insuffisante pour obtenir une alimentation gravitaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact des algues mal connu sur un milieu récepteur sensible</li> </ul>



## BIBLIOGRAPHIE

- BERLAND J.-M., BARRAQUE B. 1990. *Réflexions sur un faible taux d'épuration*, Courants, n°6, pp.16 - 26.
- BONNET C. 1991. *Les lagunes d'épuration en Lozère : évaluation des quantités de sédiments stockés, montage d'une opération groupée de curage*, Mémoire Université d'Avignon, SATESE, Mende, 59 p.
- BOUTIN P., RACAULT Y. 1986. *Le lagunage naturel, situation actuelle d'une technique d'épuration en France*. Tech. Sci. Méth., Vol 81, n° 6, pp. 273-284.
- BOUTIN P., RACAULT Y., DOUAT J. 1988. *Variations saisonnières des concentrations et des flux dans un bassin de lagunage : liaison entre paramètres*. Tribune du Cebedeau, Vol. 41, n° 530, pp. 13-25.
- BUCKSTEEG K. 1987. *German experiences with sewage treatment ponds*. Wat. Sci. Tech., vol. 19, n° 12, pp. 17-23.
- CARRE J., LAIGRE M.-P., LEGEAS M. 1990. *Sludge removal from some wastewater stabilization ponds*. Wat. Sci. and Tech., vol. 22, n° 3/4, pp. 247-252
- CEMAGREF QEPP Bordeaux 1988. *Le lagunage naturel en France. Etat du développement d'une technique d'épuration*. CEMAGREF, Inf. Tech., Mars 1988, Cahier n° 69, fiche n° 5, pp. 1-8.
- CEMAGREF QEPP Bordeaux 1990. *Prolifération des lentilles d'eau dans les bassins de lagunage naturel : conditions de développement et techniques de contrôle*. Étude n° 32, 109 p.
- CEMAGREF QEPP Paris, SATESE de l'Oise 1983. *Le suivi des lagunages naturels*. Cahier technique de l'épuration n° 09, 16 p. + annexes.
- D.D.A.S.S. Ille et Vilaine. 1990. *Réflexions relatives au dimensionnement et à la conception des lagunages naturels*, Ministère de la Solidarité de la Santé et de la Protection Sociale, Rennes, 15 p.
- DEMILLAC R. 1988 *Évolution de la qualité du rejet d'un lagunage au cours du vieillissement de l'installation*. *Wastewater treatment in waste stabilization ponds and aerated lagoons*, Cebedoc, Liège, pp.61-71
- DRAKIDES C., DE CALIGNON H., MICHELLON B. 1983. *Lagunes à charge estivale : épuration des eaux usées urbaines*, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Pierre-Bénite, 194 p.
- GLOYNA E.-F. 1971. *Waste stabilisation ponds*, Organisation Mondiale de la Santé, monographie n° 60, Genève, 175 p.
- LAIGRE M.-P. 1988. *Le curage des lagunes : étude technique, économique et sanitaire*, Mémoire Ecole Nationale de la Santé Publique, Rennes, 98 p.
- LEGEAS M., CARRE J., LAIGRE M.-P. 1992 *L'épuration par lagunage naturel, Envasement et curage des bassins*, T.S.M. L'eau, 10, pp.459-462
- LIENARD A., BOUTIN C., BOIS R., CHARLES P. 1994. *Couplage de filtres plantés de roseaux et de lagunes : un exemple en France*. 11ème Cong. "Journées Information Eaux", Poitiers, 28-30 septembre 1994, 16 p.
- MARA D.-D., PEARSON H.-W. 1987. *Waste stabilization ponds : design manual for mediterranean Europe*, WHO EUR/ICP/CWS 053-7384V, 53 p.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, CEMAGREF 1990. *Le génie civil des bassins de lagunage naturel*, Documentation technique FNDAE n° 7, novembre 1990, 50 p
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, CEMAGREF QEPP Lyon 1985. *L'exploitation des lagunages naturels : guide technique à l'usage des petites collectivités*. Documentation technique FNDAE n° 1, décembre 1985, 68 p.

- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, ÉTUDE INTERAGENCES 1993. *Épuration des eaux usées urbaines par infiltration-percolation : état de l'art et études de cas*, Etude n° 9, 89 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE - AGENCE FINANCIÈRE DE BASSIN LOIRE BRETAGNE - MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE 1979. *Lagunage naturel et lagunage aéré. Procédés d'épuration des petites collectivités*. Étude Inter-Agences, juin 1979, 72 p.
- PEARSON H.-W., MARA D.-D., ARRIDGE HA. 1995. *The influence of pond geometry and configuration on facultative and maturation waste stabilization pond performance and efficiency*, Wat. Sci. and Tech., vol. 31, n° 12, pp. 129-140.
- RACAULT Y. 1993. *Ponds malfunction : case study of three plants in the south west of France*. Wat. Sci. Tech., Vol. 28, n° 10, pp. 183-192
- RACAULT Y. et al. 1994. *Étude approfondie du fonctionnement de trois lagunes du département du Tarn-et-Garonne. Recherche des causes de dysfonctionnement et remèdes possibles*. Étude n° 68, 54 p. + annexes
- RACAULT Y., BOUTIN C., SEGUIN A. 1995. *Waste stabilization ponds in France : a report on fifteen years experience*, Wat. Sci. and Tech., Vol. 31, n° 12, pp. 91-102.
- RACAULT Y., DUCHENE Ph., BOUTIN P. 1989. *Le lagunage naturel : éléments pour l'application du procédé dans le cadre marocain*. Journées techniques sur l'assainissement urbain au Maroc. Agadir 6-8 septembre 1989, 10 p.
- SATESE DE BASSE NORMANDIE 1991. *Lagunage naturel et qualité des rejets*, Courants, n°11, pp.18-25
- SCHETRITE S. 1994. *Étude synthétique du fonctionnement du lagunage naturel de Vauciennes (60) d'octobre 1991 à juillet 1992*, CEMAGREF QE Paris, 69 p.
- SCHETRITE S., RACAULT Y. 1995. *Purification by waste stabilization pond : influence of ageing on treatment quality and deposit thickness*, Wat. Sci. and Tech., Vol. 31, n°12, pp. 191-200.
- SEGUIN A. 1992. *Le lagunage naturel en France. Bilan de 15 ans d'expérience*. Mémoire Ecole Nationale de la Santé Publique Rennes, 56 p. + annexes.
- VUILLOT M., BOUTIN C. 1987. *Le lagunage naturel en Europe. Histoire naturelle*. Génie Rural, n° 12, Spécial Eau, pp. 13-18.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1987. *Wastewater stabilization ponds : principles of planning and practice*. WHO EMRO technical publication, n°10, 139 p.

# ANNEXES

*Annexe 1* : LE LAGUNAGE ANAÉROBIE

*Annexe 2* : LE LAGUNAGE DE DÉCANTATION PRIMAIRE

*Annexe 3* : LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX

*Annexe 4* : LE LAGUNAGE TERTIAIRE EN AVAL DE PROCÉDÉS CONVENTIONNELS

*Annexe 5* : L'INFILTRATION SUR SABLE DES EFFLUENTS TRAITÉS PAR LAGUNAGE

*Annexe 6* : LA LUTTE CONTRE LES LENTILLES D'EAU

*Annexe 7* : LA DÉTERMINATION DU VOLUME DE BOUES DANS LES BASSINS

*Annexe 8* : LES CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES BRUTES ALIMENTANT LES LAGUNES  
(ENQUÊTE)

## Annexe 1 : LE LAGUNAGE ANAÉROBIE

Il peut s'employer comme première phase de traitement. Nous utilisons ici la terminologie "mondiale" qui est souvent perçue confusément dans la mesure où, en Allemagne, les simples lagunes de décantation primaire (cf. annexe 2) sont souvent incluses parmi les "anaerobe Teiche".

Il s'agit donc d'une lagune dans laquelle les phénomènes anaérobies peuvent se stabiliser et ainsi procurer une réduction des matières organiques plus importante que celle obtenue par simple décantation.

Le volume global permet un temps de séjour de cinq à dix jours pour atteindre des abattements de 50 % sur la matière organique en moyenne sur l'année (rendements plus faibles en période hivernale).

La conception classique est un bassin de forme régulière, de profondeur supérieure à 3 m (des profondeurs de 4 ou 5 m sont fréquemment rencontrées à l'étranger). La partie la plus profonde est, en général, bétonnée pour faciliter le curage qui peut avoir lieu annuellement.

Les effluents sont acheminés sous le niveau d'eau (50 cm) et la sortie est équipée d'une cloison siphonée de la même profondeur. La surface de lagune est en effet le lieu de formation d'une croûte potentiellement épaisse.

En France, ce procédé a essentiellement été utilisé pour les rejets provenant de l'industrie agro-alimentaire. Très rare jusqu'à présent sur des effluents domestiques, ce type de bassin a donné des résultats contrastés, **soulignant les risques d'odeurs** et d'entraînement de boues vers l'étape aval.

## Annexe 2 : LE LAGUNAGE DE DÉCANTATION PRIMAIRE

Il s'agit d'une lagune dans laquelle sont assurées la séparation des matières décantables et l'évolution anaérobie des boues ainsi formées.

La charge et la conception ne permettent pas d'y espérer de dégradation anaérobie du carbone des eaux décantées.

La conception des diverses lagunes de décantation : lagune de décantation primaire, lagune de décantation secondaire de lagunage aéré, lagune de finition (polissage), est très voisine avec, comme paramètres communs :

- hauteur d'eau : 2 m ;
- $2 < L/l < 4$  ;
- alimentation de bassin par déversement ;
- sortie après cloison siphonée.

Dans le cas de la lagune de décantation primaire :

- le volume assure un temps de séjour apparent de 3 à 4 jours<sup>16</sup> ;
- une surprofondeur sur le premier tiers peut être réalisée afin d'extraire plus facilement les boues ; son fond est avantageusement aménagé en trémie bétonnée ;
- le curage doit être pluriannuel pour éviter les productions d'odeurs nauséabondes, notamment au moment du réchauffement estival ;
- l'entrée dans le bassin est réalisée par chute d'eau d'une faible hauteur et les flottants grossiers sont arrêtés par une cloison siphonée (cf. dégraisseur rustique du lagunage naturel) ;
- les rendements atteints sont à peu près ceux

que l'on peut attendre d'un décanteur primaire et principalement 25 à 30 % sur la DBO<sub>5</sub>, 50 % sur les MES ;

- l'efficacité et la satisfaction donnée, notamment en Bavière qui en compte de très nombreuses installations, pourraient être liées à des effluents très dilués issus de réseaux unitaires. Avec un réseau très séparatif, les risques d'odeurs doivent être pris en compte.

16. La plupart des lagunes de décantation bavaroises sont dimensionnées sur la base de 0,5 m<sup>3</sup>/EH.j.

## Annexe 3 : LES FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX

L'installation de filtres plantés de roseaux en tête d'un lagunage naturel surchargé et (ou) alimenté par des eaux concentrées et septiques permet de réduire sensiblement la charge reçue par les lagunes et de remédier à des cas de dysfonctionnement.

Les filtres sont constitués de bassins drainés, garnis de matériaux de différentes granulométries (allant de 3/8 mm en surface à 40/70 mm en fond) empilés sur 50 cm, et dans lesquels sont plantés des roseaux. *Phragmites communis* apparaît comme une des plantes les mieux adaptées aux conditions d'alimentation habituellement pratiquées.

Expérimentés depuis 7 ans sur le site de Gensac-la-Pallue (16), ces filtres permettent d'atteindre régulièrement des abattements d'environ 85 % sur les MES et 65 à 70 % respectivement en DCO et DBO<sub>5</sub>. En dépit de pointes de charges hydrauliques élevées sur l'installation testée, de l'ordre de 2 m à 2.5 m par jour, aucun colmatage n'a été relevé.

La pratique d'une alimentation alternée, associée à un massif filtrant drainé et aéré est absolument fondamentale pour permettre la minéralisation aérobie des dépôts organiques retenus sur la plage d'infiltration et éviter le colmatage. Une alimentation par bâchées est également requise pour obtenir une bonne distribution de l'effluent.

La surface totale nécessaire est d'environ 1m<sup>2</sup>/EH répartie au moins en 3 filtres alimentés chacun leur tour pendant 3,5j (changement d'état des vannes d'alimentation 2 fois par semaine) puis mis au repos. La rotation permet ainsi de réserver à chaque bassin de filtration une période de non alimentation d'une semaine environ.

Le faucardage des végétaux s'effectue tous les un à deux ans, cette opération demande environ un homme jour par tranche de 100 m<sup>2</sup>.

## Annexe 4 : LE LAGUNAGE TERTIAIRE EN AVAL DE PROCÉDÉS CONVENTIONNELS

Défini comme une étape complémentaire à une épuration biologique secondaire (boues activées, lit bactérien, ...), les objectifs poursuivis peuvent être :

- **un traitement de finition** (polissage) dont le but est de réduire la concentration rejetée en MES ce qui conduit à améliorer l'élimination de la charge carbonée, voire la charge d'azote et de phosphore particulaires ;
- **une désinfection complémentaire** des effluents notamment dans le cas de rejet en zone de baignade ;
- **un traitement des débits "by-passés"** peu chargés liés aux épisodes pluvieux qui constitue aussi un palliatif (stockage, traitement partiel, ...) pour faire face à des incidents de traitement. Ces derniers usages ne font pas l'objet de développement particulier ici dans la mesure où une étude spécifique et l'adaptation au site devront prévaloir.

**Lagunage de finition - polissage - (c'est le très usuel "polishing pond" britannique)**

C'est de fait **une lagune de décantation** dont les ratios de conception sont identiques à ceux des lagunes de décantation classiques en lagunage aéré, soit :

- temps de séjour : 4 à 5 jours ;
- hauteur d'eau : 2 m ;
- $2 < L/l < 4$  ;
- cloison siphonide en sortie.

Ces bassins que l'on peut qualifier de "lagunes de sécurité" ont pour objectif principal la rétention des boues sans prétendre à une amélioration de la qualité des eaux épurées sur les autres paramètres.

Ils peuvent être alimentés soit en continu pour améliorer les abattements en MES (gains de 20 à 50 % à l'aval de boues activées fonctionnant bien), soit occasionnellement lors de pertes accidentelles de boues (dérivation des eaux traitées asservie par exemple à une mesure de turbidité en sortie de station classique). Une saine pratique devrait conduire à curer la lagune de finition lorsqu'une perte de boue notable s'est produite.

Pour répondre à la nécessaire fiabilité imposée par la Directive Européenne de Traitement des Eaux Urbaines Résiduaires, l'installation de telles lagunes de finition constitue un des moyens les plus efficaces pour éviter les pertes de boues.

### Le lagunage de désinfection

La désinfection par lagunage tertiaire est obtenue en soumettant les effluents à un temps de rétention élevé pour aboutir à l'élimination des germes pathogènes. Les effets directs et indirects du rayonnement solaire apparaissent jouer un rôle majeur dans les processus de destruction des germes.

La rusticité du traitement et le rôle de capacité tampon des bassins font que le lagunage tertiaire est largement considéré comme très bien adapté à la désinfection des effluents destinés à l'irrigation.

### *Temps de rétention - Nombre de bassins - Performances de désinfection*

Les modèles prédictifs d'élimination des germes par lagunage (loi de MARAIS, modèle de RINGUELET...) montrent que l'efficacité de la désinfection dépend, dans une large mesure, du nombre de bassins disposés en série et de la durée totale de rétention.

Les résultats acquis sur les installations existantes permettent d'atteindre la qualité préconisée pour les eaux de baignade avec un temps de séjour de l'ordre de 20 à 30 jours et un nombre suffisant de bassins (3 ou 4).

### *Conception :*

- en général 3 bassins de taille égale et de forme allongée ( $L/l > 3$ ) ;
- temps de séjour : 20 à 30 jours (surface totale de plan d'eau :  $4 \text{ m}^2/\text{EH}$ ) ;
- hauteur d'eau : 1 m.

### **Lagunage à objectifs multiples**

Si, a priori, la conception différente des lagunages de finition (cf. supra) conduit normalement à cibler la fonction première assignée à cet étage tertiaire, il n'en est pas moins possible de combiner plusieurs objectifs. La fiabilité du système et la facilité d'exploitation devraient, dans ce cas, plutôt conduire à additionner les installations à objectifs précis plutôt qu'à les combiner.

Ainsi, un double objectif de "finition" et de désinfection devrait conduire à mettre en place une lagune de polissage (qui devra être curée régulièrement) et deux ou trois lagunes de désinfection. De même, pour un éventuel objectif additionnel d'élimination d'azote conviendrait-il de compléter la lagune de polissage par deux lagunes "azote" ( $2 \times 2 \text{ m}^2/\text{EH}$ ).

## Annexe 5 : L'INFILTRATION SUR SABLE DES EFFLUENTS TRAITÉS PAR LAGUNAGE

En complément d'un traitement par lagunage, l'infiltration sur sable a pour objectif essentiel de retenir les MES (majoritairement des algues) et dans certains cas, d'assurer également une restitution maîtrisée des effluents dans le milieu hydraulique souterrain.

L'épuration par infiltration sur sable consiste en une biofiltration aérobie sur milieu granulaire fin. Outre l'effet de filtration, deux principes essentiels régissent la conception et le fonctionnement des bassins :

- le renouvellement de l'oxygène au sein des massifs s'effectue par ventilation naturelle à travers la surface libre. Il faut donc prévoir des apports d'effluents séquencés qui permettent, lors du dénoyage de la surface d'infiltration, la diffusion et la convection de l'oxygène ;

- le colmatage est régulé en alternant phases de repos et d'alimentation, et en pratiquant de temps en temps une scarification en surface des massifs (cf. étude Inter-agences n° 9, 1993). En conséquence, cette technique nécessite au minimum deux bassins alimentés en alternance.

### Dimensionnement

Le dimensionnement du filtre repose sur la surface et la hauteur d'infiltration, et sur les caractéristiques du sable.

Si un dispositif d'infiltration sur sable est mis en service dans l'objectif principal de réduire les teneurs en algues rejetées dans l'effluent en saison estivale uniquement, on pourra vraisemblablement se contenter d'une alimentation en alternance sur deux filtres. Sur la base des quelques expérimentations réalisées à ce jour, le dimensionnement d'un filtre s'établit à 0,4 à 0,5 m<sup>2</sup>/EH, soit une surface globale de 0,8 à 1 m<sup>2</sup> /EH. Une hauteur de sable fin de 50 cm est nécessaire

compte tenu des imperfections de nivellement.

Si l'objectif est autre, en particulier apporter un complément de traitement non seulement sur les MES mais aussi sur les fractions solubles (aval d'un premier bassin ou d'un deuxième bassin de lagunage naturel) les règles de dimensionnement généralement utilisées en infiltration percolation en tant que traitement secondaire doivent être appliquées (cf. étude Inter-Agences n° 9, 1993). On préconisera dans ce cas l'usage de sables essentiellement siliceux, roulés et lavés pour éliminer les fines et dont les grains se trouvent dans une plage granulométrique 0,2-2 mm avec un coefficient d'uniformité inférieur à 5.

### Alimentation

Pour être efficace, la répartition de l'effluent sur l'ensemble de la surface d'infiltration est requise.

L'équirépartition peut être obtenue par vidange rapide d'un stockage (capacité tampon, marnage d'une lagune) au moyen d'un pompage ou d'un siphon. Le marnage couplé à un siphon est très intéressant car il ne nécessite ni électricité, ni aménagement particulier et n'occasionne pas de perte de charge importante entre le lagunage et le massif de sable.

### Performances épuratoires attendues

L'association lagune(s) - bassins(s) d'infiltration est jusqu'ici très peu mise en œuvre. Les résultats obtenus sur quelques dispositifs recensés restent fragmentaires et difficilement généralisables. En effet, la plupart des bassins ne dispose pas d'une alimentation par bâchées, indispensable pour répartir l'eau sur l'ensemble de la surface d'infiltration.

Des essais sur pilotes ont été réalisés en sortie de deuxième bassin sur deux lagunages dans le département de l'Ain au cours de l'été 1994. Avec une hauteur de sable volontairement limitée à 30 cm, en vue de faciliter une alimentation gravitaire, les performances obtenues avec un sable fin (sable de maçon tamisé à 1 mm,  $d_{10}$  : 0.2 mm,  $d_{60}$  : 0.4 mm) ont montré qu'il était possible d'atteindre des valeurs n'excédant pas 80 mg/l en DCO et 30 mg/l en MES. Conjointement à cette action de filtration, il se produit une nitrification partielle permettant de limiter les teneurs résiduelles en azote ammoniacal à 5mg/l en période estivale. Ces performances et leur permanence en saison moins favorable doivent être confirmées en taille réelle.

## Annexe 6 : LA LUTTE CONTRE LES LENTILLES D'EAU

### EXEMPLE DU DÉPARTEMENT DU GERS Implantation de canards sauvages sur les lagunes

Pour prévenir ou faire face au développement des lentilles d'eau sur les lagunes du département du Gers, plusieurs communes ont opté pour l'implantation de colverts sur le site du lagunage.

#### PROCÉDURE

Une convention tripartite définit les interventions incombant à chacune des parties impliquées :

- La Fédération départementale des chasseurs pilote et subventionne l'opération.
- La société de chasse locale fabrique le matériel, et assure l'entretien, nourrit les canards en hiver et exerce la surveillance (lutte contre les prédateurs).
- La Commune fournit les matériaux, achète les canards et effectue l'entretien courant des lagunes.

#### CONDITIONS D'IMPLANTATION

##### *Nombre d'individus*

Déterminé par la fédération de chasse : 4 couples minimum pour les petites surfaces (< 7000 m<sup>2</sup>), 7 à 8 couples à l'hectare pour les grandes superficies.

##### *Matériel*

Nécessité de construire des mangeoires (pour l'hiver) et des niochirs. Les niochirs peuvent être sur radeau (attention aux ragondins) ou sur pilotis.

##### *Installation*

De préférence sur bassins débarassés au préalable des lentilles d'eau.

En hiver, en période d'appariement (mi-février pour les plus précoces).

#### ÉVOLUTION DE LA POPULATION DANS LE TEMPS

Elle varie selon le succès de la reproduction et la période de l'année : en septembre-octobre, la population augmente nettement puis décroît à l'approche de la période d'appariement.

#### RÉSULTATS

Sur tous les sites où les colverts ont été implantés, aucun développement de lentilles d'eau n'est apparu ou réapparu.

La présence de canards sur les lagunes a pour conséquence d'amplifier le phénomène d'érosion des digues non enrochées, déjà entrepris par le battillage naturel (et les ragondins lorsqu'il y en a). L'impact des déjections n'est perceptible qu'au regard d'un objectif de désinfection.

### EXPÉRIENCE DU DÉPARTEMENT DE LA CORRÈZE

#### Le traitement chimique

Les lagunages du département de la Corrèze sont très sujets aux proliférations de lentilles d'eau. A titre indicatif, en 1993, les deux tiers des stations suivies par le Satese ont été plus ou moins touchés par le développement de ces végétaux. La présence de ces derniers sur les bassins entraîne parfois des rejets hors norme et des développements d'odeurs en raison du blocage de l'activité photosynthétique dans les lagunes. Elle

est également à l'origine d'un net surcoût d'exploitation puisqu'elle provoque une augmentation de la production de boues pouvant atteindre quatre à cinq fois la valeur normale. Cette conséquence a été démontrée à partir de mesures de volumes de sédiments contenus dans les bassins d'une douzaine de stations en service sur le département.

Depuis dix ans environ, des collectes mécaniques de ces végétaux sont réalisées sur la plupart des stations concernées. L'expérience montre que ces collectes sont parfois peu efficaces car au bout de deux à trois semaines leur résultat n'est plus perceptible et les lentilles d'eau ont à nouveau colonisé la totalité de la surface des bassins. De plus, ces opérations sont longues et fastidieuses, ce qui augmente nettement les frais d'exploitation.

Sur le département de la Corrèze, quelques communes ont eu recours à un traitement chimique. Deux types de produits ont été utilisés : l'un à usage curatif, l'autre préventif. Afin de ne pas détruire le phytoplancton, ces produits présentent uniquement une action racinaire.

**Les résultats montrent que les produits curatifs sont à déconseiller.** Ils sont à utiliser lorsque le taux de couverture des bassins est important et ils n'évitent donc ni les dysfonctionnements ponctuels ni la surproduction de boues. Leur efficacité est parfois douteuse (la totalité des lentilles n'ayant pas été détruite sur certaines installations) et, de plus, la quantité de toxiques introduits dans le milieu aquatique est difficilement appréciable.

Par contre, les expériences réalisées sur deux installations (Perpezac-le-Noir et Troche) montrent que les produits à usage préventif, dont

le principe actif est le 2,6 dichlorobenzonitrile ( $C_7H_3Cl_2N$  à 7,5 %), présentent un grand intérêt. Ils sont très efficaces, faciles à mettre en œuvre (granulés localisables à épandre à la base des berges), et ne semblent pas présenter de toxicité importante puisque la lagune de Troche est fréquemment colonisée par des populations importantes de daphnies. À Troche, un traitement annuel est réalisé dès l'apparition des premières lentilles sur les bassins (printemps). À Perpezac-le-Noir, le traitement a été arrêté au bout de deux ans, aucune lentille n'étant réapparue.

Toutefois, ce produit étant susceptible de présenter une toxicité vis-à-vis du poisson, il convient de respecter les doses prescrites.

## Annexe 7 : LA DÉTERMINATION DU VOLUME DE BOUES DANS LES BASSINS

La décision de curer un bassin nécessite un diagnostic de l'état d'envasement, diagnostic effectué sur le bassin en eau. Il paraît utile de faire la bathymétrie sur la totalité des bassins avant d'entamer un chantier de curage.

Les méthodes couramment utilisées pour la détermination de l'épaisseur de boues se répartissent entre des méthodes indirectes et des méthodes directes, le carottage par exemple.

Les **méthodes indirectes** nécessitent pour chaque point deux mesures : celle de la profondeur de la surface de couche d'étanchéité et celle de la profondeur de la surface des sédiments.

La profondeur de la couche d'étanchéité est déterminée par pénétration, au travers des sédiments, d'une tige graduée. L'atteinte de la couche d'étanchéité est appréciée par le changement de facilité de pénétration de la tige.

La connaissance de la profondeur de la surface des sédiments est obtenue en utilisant un disque monté sur une tige graduée ou à l'aide d'un photomètre de détection de niveau de voile de boue.

Le disque de 0,20 à 0,30 m de diamètre est immergé lentement jusqu'à reposer à la surface des sédiments. La sonde du photomètre de détection du niveau de voile de boue montée sur une perche est immergée jusqu'à l'apparition du signal de présence de boue.

Dans les 2 cas, la graduation de la tige permet de lire directement la profondeur de la surface des sédiments.

Les **méthodes directes** consistent soit en un carottage soit en l'immersion d'une bande de tissu sur laquelle s'imprime la marque du sédiment.

Le carottage des sédiments et d'une partie de la couche d'étanchéité s'effectue généralement à l'aide d'un tube en plexiglass (ou en PVC

transparent, moins rigide que le plexiglass) d'un diamètre de 5 à 6 cm. La base du tube doit être biseautée pour faciliter sa pénétration dans la couche d'étanchéité.

Un bouchon en caoutchouc destiné à l'obturation du tube peut être utile si la couche d'étanchéité est peu argileuse (cas d'un terrain naturel compacté) ou constituée d'une géomembrane. L'eau et les sédiments sont alors retenus par effet de pipetage.

### Avantages et inconvénients des différentes méthodes

Plus rapides à mettre en œuvre que le carottage, les méthodes par différence reposent sur l'appréciation parfois délicate de la profondeur de la couche d'étanchéité.

Par ailleurs l'utilisation du disque pour mesurer la profondeur des sédiments nécessite une introduction de celui-ci suffisamment lente afin d'éviter de chasser les sédiments superficiels très fluides.

La mesure au photomètre est la plus rapide lorsque la surface sédiment-eau est nette et donne des résultats identiques à ceux obtenus avec les autres méthodes.

Le carottage permet de bien identifier les limites eau et sédiments/étanchéité. Le faible diamètre du tube nécessaire pour la recherche d'un effet de succion ou du colmatage spontané de sa base par les matériaux d'étanchéité peut cependant entraîner des tassements. La limite de cette méthode tient surtout à la durée de chaque mesure qui nécessite un décolmatage du tube. En contrepartie, le carottage permet l'obtention d'échantillons de boues qui pourront être utilisés pour la détermination des caractéristiques agronomiques.

Pour décider de l'opportunité d'un curage le nombre de points par bassin peut être limité à environ 20 points.



## Annexe 8 : LES CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES BRUTES ALIMENTANT LES LAGUNES (ENQUÊTE)

Tous réseaux confondus, les eaux usées présentent en moyenne des concentrations conformes aux valeurs habituellement rencontrées sur les collectivités rurales (tableau ci-après).

Par type de réseau, ce tableau met en évidence des différences de concentration tout-à-fait significatives, même si les écarts types sont très

élevés à l'intérieur de chaque catégorie. Très logiquement la concentration en matières organiques des eaux usées est sensiblement plus élevée dans les réseaux séparatifs alimentant les lagunages. Le facteur d'augmentation est plus marqué pour la matière organique que pour l'azote.

*Caractéristiques des eaux usées alimentant les lagunes (mg/l)*

		DCO brut	DBO <sub>5</sub> brut	MES	NKj	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Pt
Tous réseaux	Moy. pondérée	657	277	256	70	48	21
Réseaux séparatifs	Moyenne	835	349	332	81	54	24
	écart type	445	196	209	36	25	20
Autres réseaux	Moyenne	552	235	212	64	45	19
	écart type	299	140	150	25	21	14

Crédit photo : Yvan Racault, Cemagref  
Illustration de couverture : Nathalie Debaccker

Achevé d'imprimer  
sur les presses de l'Imprimerie du Centre - 45000 Orléans  
Dépôt légal 2<sup>ème</sup> trimestre 1997 - N° 97010199





*S'appuyant sur l'état de l'art du lagunage, le présent document cherche à fournir aux maîtres d'œuvre, aux services techniques, aux bureaux d'étude, les éléments de choix de cette filière de traitement et de son adéquation aux contraintes locales, les règles de dimensionnement actualisées, les performances que l'on peut attendre, le type d'exploitation à réaliser et une aide à l'interprétation du comportement des bassins. L'essentiel de ce cahier sera consacré au LAGUNAGE SIMPLE ou NATUREL, filière comportant le plus souvent trois bassins en série.*



9 782853 624534

ISBN N° 2 - 85362 - 453 - 6  
ISSN N° 10 161-0425

© Copyright 1997 : Coédition Cemagref Editions, Agence de l'eau Loire-Bretagne  
Le Lagunage naturel, les leçons tirées de 15 ans de pratique en France,  
auteur 1997, 1<sup>re</sup> Edition - Dessin de couverture : Nathalie Debaecker  
Dépôt légal 2<sup>e</sup> trimestre 1997

**PRIX : 95 F TTC**