

CENTRE NATIONAL DU MACHINISME AGRICOLE  
DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORETS  
(C E M A G R E F)

SERVICE D'ASSISTANCE TECHNIQUE AUX  
STATIONS D'EPURATION DU DEPARTEMENT  
DE L'OISE (SATESE 60)

Division Qualité des Eaux  
Pêche et Pisciculture

29, boulevard Amyot d'Inville  
60022 BEAUVAIS CEDEX

14, avenue de Saint-Mandé  
75012 PARIS

341.1

83 SU

LE SUIVI  
DES  
LAGUNAGES NATURELS

RESEARCH CENTRE  
AND

LIBRARY

RESEARCH CENTRE  
AND

DECEMBRE 1983

341.1-83SU-6742

CENTRE NATIONAL DU MACHINISME AGRICOLE  
DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORETS  
(C E M A G R E F)

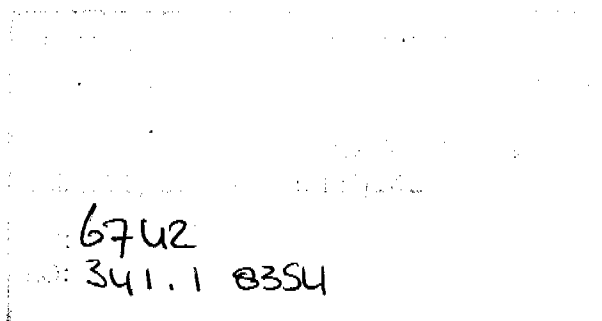
Division Qualité des Eaux  
Pêche et Pisciculture

14, avenue de Saint-Mandé  
75012 PARIS

SERVICE D'ASSISTANCE TECHNIQUE AUX  
STATIONS D'EPURATION DU DEPARTEMENT  
DE L'OISE (SATESE 60)

29, boulevard Amyot d'Inville  
60022 BEAUVAIS CEDEX

LE SUIVI  
DES  
LAGUNAGES NATURELS



DECEMBRE 1983

Les buts assignés au suivi des installations de lagunage naturel par les S.A.T.E.S.E. sont a priori identiques à ceux concernant les autres types de station d'épuration :

- analyse de la qualité du rejet et acquisition de données nécessaires à l'interprétation des résultats de traitement ;
- conseil à l'exploitant sur les opérations à effectuer pour maintenir les installations en état de bon fonctionnement.

Toutefois il est nécessaire d'adapter le protocole de suivi aux spécificités du procédé qui tiennent à l'influence directe des conditions météorologiques, au caractère extensif et rustique du traitement.

Celles-ci se traduisent techniquement par :

- un temps de séjour très long (1 à 2 mois) ;
- la non-conservation des débits ;
- des opérations de soutirage de boues très peu fréquentes.

De plus, dans la majorité des cas de lagunage naturel, le technicien est placé en situation d'observateur et non d'acteur : il est incapable d'agir sur le processus épuratoire d'un système aussi peu artificialisé.

Ces spécificités impliquent des modalités particulières de suivi que nous allons définir sur la base :

- du suivi du lagunage de VAUCIENNES (60) réalisé conjointement par le S.A.T.E.S.E. de l'OISE et le C.E.M.A.G.R.E.F. à la demande de l'Agence Financière de Bassin SEINE-NORMANDIE qui en a assuré le financement,
- de l'expérience accumulée depuis 1978 par le C.E.M.A.G.R.E.F. sur des lagunages naturels répartis sur le territoire français (souvent en sous charge, ce qui limite la portée de cette expérience).

Ces modalités ont trait particulièrement :

- à la mesure des débits et des paramètres qui les conditionnent ;
- à la nature et aux conditions de mesure des paramètres caractéristiques du fonctionnement des bassins ;
- au nombre des observations nécessaires à la compréhension des phénomènes ;
- à des mesures spécifiques

## I - DEBITS

-----

Trois phénomènes font différer les débits d'entrée et de sortie des installations de lagunages : le pouvoir tampon des lagunes, les échanges avec l'atmosphère (bilan précipitations-évaporation) et avec le sol (infiltration ou au contraire apport d'eau par le fond ou les côtés des lagunes).

L'appréciation de l'efficacité d'un lagunage naturel (calcul des abattements en charge) et la compréhension des phénomènes nécessitent un nombre de mesures de débits plus important que pour les autres procédés d'épuration. Les faibles débits à mesurer sur les plus petits lagunages peuvent amener à utiliser des appareillages spéciaux (cf. Auget basculeur, n°5 février 1982).

### I.1 - Débits d'eaux brutes :

Une bonne connaissance des apports d'eaux brutes passe par la répétition de mesures sur 24 ou 48 heures en entrée de l'installation. Elles fournissent progressivement les variations du flux en fonction de la saison (cas des localités à forte variation de population), de la pluviométrie et éventuellement du niveau d'une nappe souterraine.

Lorsque l'alimentation est réalisée par relèvement, les débits sont aisément disponibles grâce aux relevés des temps de fonctionnement des pompes (dont la périodicité devrait être la plus serrée possible) et analysés en fonction de la pluviométrie (relevée sur place relativement facilement ou disponible au centre météorologique le plus proche).

En alimentation gravitaire l'acquisition de cette relation débits d'eaux brutes-météorologie est plus délicate (on peut considérer qu'une approximation peut être faite après un minimum de 6 à 8 journées de mesures réparties dans les diverses saisons).

### I.2 - Débits en sortie d'installation :

En sortie, ainsi que pour les mesures de débits éventuelles entre deux bassins, il importe que le seuil de mesure de débit soit fixe, ou mieux, hydrauliquement séparé des plans d'eaux des bassins par une chute. En effet, l'installation d'un dispositif de mesure de débit directement en sortie de bassin relève le plan d'eau et le stockage qui en résulte fausse le résultat (1 cm de stockage dans la dernière lagune peut correspondre à 20% de l'apport journalier d'eaux brutes).

La taille des bassins et la présence de plusieurs seuils de déversement diminuent par laminage l'amplitude des variations de débit et induisent un décalage des pointes (d'environ 5 à 6 heures en général).

Compte-tenu de la lenteur des variations du débit en sortie on pourra utiliser des limnigraphes pour leur mesure.

### I.3 - Echanges avec l'atmosphère :

L'évaporation est un phénomène important essentiellement en été. L'hiver, les moyennes mensuelles s'établissent entre 0,5 et 1 mm/jour, et sont en général inférieures à l'apport par les précipitations. En moyenne mensuelle les valeurs maximales (Juillet) constatées en France varient de 3 (PICARDIE) à 6 mm/jour\* (Delta-Rhodanien). Ainsi, à cette époque, dans le sud de la France l'évaporation soustraira plus du tiers du volume journalier d'eaux usées si le lagunage naturel considéré reçoit sa charge hydraulique nominale.

Les stations météorologiques les plus importantes peuvent fournir les valeurs de l'évaporation (faute de mieux, l'évaporation du plan d'eau sera assimilée à l'ETP fournie par l'évaporomètre de PICHE). L'influence des conditions locales sur l'évaporation, et, en particulier celle de l'exposition au vent fait toutefois préférer une mesure in situ grâce à un évaporomètre-pluviomètre (Bac type "Colorado" cf. annexe 1). L'exploitation de cet appareillage nécessite de la part du préposé un suivi régulier pour obtenir des données fiables (nécessité de maintenir le niveau d'eau dans le bac près de son point de consigne). Les résultats seront étendus à la surface en eau qu'il convient de mesurer (les différences entre projet et réalisation peuvent être importantes).

./.

\* valeurs calculées d'après la formule de TURC de l'ETP (évapo-transpiration potentielle), qui ne prend pas en compte l'intensité du vent (de ce fait exceptionnellement sur la côte méditerranéenne le maximum journalier peut atteindre, voir dépasser 10 mm).

#### I.4 - Echanges avec le sol :

Cette appellation concerne l'infiltration proprement dite ou, plus rarement, la remontée d'eau dans le bassin par le fond, voire des apports par ruissellement. Ce terme du bilan hydrique ne peut être évalué que par différence sur une période donnée : Infiltrations = Eaux brutes - (Eaux épurées + Précipitations - Evaporation).

Compte tenu du coefficient de perméabilité préconisé<sup>x</sup> ( $K_{\max} = 310^{-8}$  m/s pour une couche d'étanchéité de fond de 30 cm) - lequel a d'ailleurs été calculé d'après le raisonnement inverse de celui développé ici - il est considéré comme normal que l'infiltration soit égale à 1 cm/jour<sup>xx</sup> (soit les deux tiers de la charge hydraulique nominale des installations).

Si le calcul montre des infiltrations supérieures, il conviendra de rechercher (mesures répétées des débits intermédiaires) si elles n'ont pas lieu essentiellement dans un seul des bassins pour limiter les frais d'une opération de colmatage (bentonite, ..); (cf. aussi § 3.3 et 3.4).

#### I.5 - Bilan :

La compréhension de ces divers phénomènes doit conduire à mieux expliquer les résultats des mesures ponctuelles ultérieures. Il est, en effet, dans certaines circonstances, nécessaire de pondérer les résultats grâce à une bonne connaissance du régime hydraulique des lagunes. A titre d'exemple, une forte concentration d'algues en sortie d'installations à l'issue d'une période d'ensoleillement intense liée en général à une forte évaporation et à de faibles débits, peut être, sur une période brève (une journée), associée à de forts débits consécutifs à des précipitations précédant immédiatement la période du constat.

De manière plus générale, compte tenu du temps de séjour important les commentaires devraient être faits sur la base des charges moyennes reçues le mois précédant les mesures. En particulier, les rendements d'épuration ne peuvent être valablement calculés qu'à partir d'une charge moyenne à traiter estimée sur une période longue (de l'ordre du trimestre) et de la charge résiduelle correspondante qui nécessite une bonne connaissance des débits moyens d sortie des effluents épurés de la période correspondante.

./.

\* C.T.G.R.E.F. Information Technique cahier n°6, Décembre 1980.

xx Dans ces conditions, la somme évaporation + infiltration équilibre les apports domestiques en été dans le midi de la France. Il y a sans doute lieu d'adopter une valeur plus forte de K (1 ou 2  $10^{-8}$ ) pour aboutir à des écoulements en toute période avec une charge hydraulique inférieure à la charge nominale, ce qui est le cas le plus fréquent, surtout à la période cruciale de temps sec.

## II - PRELEVEMENTS ET ANALYSES

### II.1- Prélèvements :

Sur les eaux brutes les prélèvements ne diffèrent évidemment pas de ceux que l'on est amené à réaliser sur d'autres types d'installations. Toutefois, l'énergie électrique faisant souvent défaut, il est nécessaire d'alimenter les appareils par des sources d'énergie autonomes.\*

En sortie de lagune, à l'échelle de la journée, l'expérience montre une grande constance de la plupart des paramètres chimiques. Les prélèvements instantanés pourront donc être considérés comme suffisants dès la sortie du premier bassin pour tout ce qui concerne les substances dissoutes. Pour les matières en suspension, certaines variations liées à la température et à la lumière (trousses des populations algales, déséquilibres biologiques, bactéries du soufre - algues : alternance vert-rouge) sont parfois notées. L'installation d'échantillonneurs récupérant des prélèvements horaires permettra donc de constater visuellement ces éventuelles différences, et donc d'enrichir quelque peu la compréhension des phénomènes (en liaison avec des enregistrements : T°, O<sub>2</sub>, pH...).

### II.2- Analyses :

La majorité des analyses ne posent pas de problème particulier (cf. la liste des analyses conseillées sur les échantillons recueillis, en annexe 2).

#### II.2.1- DCO

Parmi les analyses classiques, elle reste la plus fiable. La mesure peut être perturbée par les chlorures en sortie de lagunage, en particulier à proximité du littoral et principalement, en période de forte évaporation. Pour des salinités de l'ordre de 10 g/l (déjà rencontrées), il convient d'ajouter à la prise d'essai de 50 ml 5 g de HgSO<sub>4</sub> (au lieu de 1 g) et de 0,6 g de Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 4H<sub>2</sub>O (Méthode PCUK).

Pour le calcul de la D.C.O. on se référera au blanc normal (1 g de HgSO<sub>4</sub>) et on diminuera ce résultat de 20 mg/l (C.T.G.R.E.F. 1980).

L'efficacité du traitement proprement dit doit être jugé sur l'effluent filtré (la DCO particulière est essentiellement due aux algues). L'impact sur le milieu récepteur doit, lui, être jugé sur la DCO totale .

./.

\* Remarques pratiques : les petits générateurs ne sont pas conçus pour fonctionner 24 h d'affilée. Même si on augmente leur autonomie par changement du réservoir de carburant, il est rare de connaître une durée de fonctionnement aussi longue sans arrêt inopiné. D'autre part, rappelons que pour assurer une longévité satisfaisante des batteries d'accumulateurs, il convient de les maintenir chargées durant les périodes de stockage.

### II.2.2.- DBO

En sortie des lagunes, la présence d'algues modifie de façon inconnue ce paramètre. Tant que des recherches n'auront pas abouti à une bonne connaissance des phénomènes au cours d'analyses et donc éventuellement à une procédure précise, nous proposons la suppression de cette détermination analytique que l'on conservera sur l'effluent brut.

Il est seulement possible d'affirmer que les algues ne semblent pas mourir en 5 jours et que les valeurs sont d'autant plus sous estimées que les flacons à DBO voient le jour plus souvent (même quelques instants) au cours de "l'incubation".

### II.2.3- Analyses sur eau filtrée

En principe, un lagunage naturel (en traitement secondaire) est conçu pour obtenir le niveau d de la circulaire du 4 Nov. 1980. Ce niveau a d'ailleurs été instauré en grande partie pour que les lagunages naturels trouvent une place dans la grille annexée à ce document.

La maille de la filtration n'est pas indiquée ; il faut donc supposer que le pouvoir séparateur doit être le même que celui utilisé classiquement pour les MES. La norme MES ne précise pas non plus la porosité du filtre, mais l'usage a consacré une "maille" de 3  $\mu$ .

En tout état de cause, il conviendrait de réaliser la filtration avec un filtre permettant d'arrêter les algues microscopiques, quelles que soient les espèces présentes. A cet effet, le pouvoir de séparation du filtre devrait donc se situer entre 1 et 2  $\mu$ . Compte tenu des gammes commerciales, la plus grande porosité inférieure à cette limite théorique devrait être retenue, soit : 0,45  $\mu$ . Des DBO effectuées éventuellement sur échantillons ainsi filtrés nécessiteraient un ensemencement, ce qui n'est pas le cas habituellement.

### II.2.4- Les chlorophylles

Les mesures de concentrations de chlorophylle ne font pas partie de déterminations couramment utilisées pour le suivi des lagunes. Elles représentent une évaluation directe de la biomasse planctonique active et du potentiel photo-synthétique du milieu.

Les teneurs en pigments chlorophylliens résultent de dosages spectro-colorimétriques et sont exprimées en  $\mu\text{g/l}$  grâce aux formules de transcriptions "SCOR-UNESCO".



La méthode est aisément praticable. Toutefois, la bonne corrélation avec les MVS constituées en quasi totalité par les algues et qui représentent 90 à 95% des MES suggère que de tels dosages ne sont pas nécessaires pour des suivis de routine.

La détermination des concentrations en chlorophylles sera réservée à des études plus fines concernant par exemple les corrélations énergie lumineuse - production primaire - biomasse algale.

#### II.2.5- Analyses bactériologiques

Elles doivent être pratiquées sur des échantillons (échantillon moyen journalier impérativement sur les eaux brutes - échantillon instantané en sortie des installations) conservés au froid (réfrigération en été) et analysés le plus rapidement possible.

Le lagunage naturel réalise un abattement des germes plus important que les autres procédés d'épuration (hormis les installations physico-chimiques à pH 11). Cet avantage conduit à retenir le procédé dans un certain nombre de cas : baignade, zones conchylicoles, ...

Le contrôle des performances bactériologiques devient alors nécessaire.

On se limite généralement aux dénombrements des germes témoins de contamination fécale : Coliformes "totaux" et "fécaux" (thermotolérants), Streptocoques fécaux (du groupe D de Lancefield), éventuellement Clostridium sulfitoréducteurs, auxquels on peut ajouter celui des germes aérobies totaux. Ces derniers sont en effet liés à l'activité épuratrice de la lagune.

Les fluctuations presque aléatoires des effectifs bactériens interdisent pratiquement d'interpréter une série isolée d'analyses. Les variations d'effectifs observées à la traversée du lagunage peuvent tenir presque autant aux effets du hasard qu'au traitement. Seules des séries d'observations assez étoffées permettent d'obtenir, par des moyennes géométriques ( $\sqrt[r_1 \times r_2 \times \dots \times r_n]{}$ ), des informations fiables sur les rendements d'élimination des bactéries.

Un lagunage à trois bassins peut permettre en été et sous climat méditerranéen un abattement de 5 à 6 unités log sur les coliformes.

La performance est moindre sur les streptocoques fécaux et surtout sur les clostridium. Ailleurs l'efficacité variera de 3 à 4 u.log en été à 1 à 2 u.log en hiver.

Le dénombrement des salmonelles est parfois demandé lorsque l'aspect microbiologique du traitement est fondamental. Il est alors recommandé d'aller jusqu'à la détermination de l'espèce afin de discerner les salmonelles d'origine aviaire (forts nombreuses si canards ou mouettes sont présents sur les bassins) que seule la recherche de sérotypes sur les germes isolés peut permettre.

### III - LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE TERRAIN

---

#### III.1- L'oxygène dissous :

L'activité photo-synthétique des algues microscopiques, fonction du rayonnement solaire peut conduire par cumul à des sursaturations en oxygène dont le maximum se produit en fin de période diurne. Un cycle journalier s'établit qui ne permet pas l'interprétation de valeurs instantanées.

En France, les maxima semblent être de l'ordre de 30 mg/l en climat extrême mais peuvent atteindre 20 mg/l en période ensoleillée en toutes régions. Il est donc nécessaire de décaler l'échelle de l'oxymètre ou de son enregistreur, ce qui ne présente pas de difficultés majeures, les signaux étant linéaires. L'enregistrement des concentrations en oxygène est fait de préférence en sortie de bassin dans la zone d'appel du courant. Si la prise d'eau est située en fond de bassin, la sonde peut être placée dans le tube siphon de lui-même. Une agitation autonome (pompe, bullage...) constitue la meilleure garantie de fiabilité des résultats mais représente un investissement assez lourd si l'on multiplie les points de mesure. Un enlèvement régulier de la végétation susceptible de s'accrocher à la sonde est nécessaire. Des enregistrements en différents points du bassin (et à diverses profondeurs) apportent des renseignements complémentaires mais sont difficiles à réaliser (problème du brassage) et n'apparaissent pas utiles dans la mesure où l'on n'a pas aisément la finesse d'interprétation correspondante. Il est toutefois intéressant de mettre ces données en relation avec la pénétration de la lumière (appréhendée au disque de Secchi). L'enregistrement des cycles journaliers dans les différents bassins donne des informations intéressantes sur l'activité photo-synthétique et le fonctionnement. Noter plus particulièrement l'amplitude des variations et la longueur des périodes d'anoxie.

Ces derniers éléments peuvent contribuer à la compréhension de l'efficacité du système sur l'Azote, en lien avec des mesures de potentiel redox à l'interface eau-sédiment.

### III.2- pH :

Le pH est bien corrélé avec l'activité photosynthétique : plus celle-ci est intense plus les pH sont basiques. Il ne semble pas que l'enregistrement de ce paramètre soit d'un intérêt notable dans la mesure où l'enregistrement des concentrations d'oxygène fournit déjà ces renseignements. En effet, des valeurs proches de 10 sont atteintes voire dépassées en même temps que l'on constate les taux d'oxygène dissous les plus élevés. Ces maxima de pH sont d'autant plus élevés que les eaux sont peu tamponnées (peu minéralisées). Des valeurs plus proches de la neutralité sont notées dans les périodes du cycle annuel où la densité algale est minimale.

Par ailleurs, un pH acide des dépôts indique une stabilisation insuffisante ce qui peut donner en plus, naturellement, de la hauteur des dépôts, des indications sur les périodes souhaitables d'extraction en vue de limiter d'éventuelles nuisances olfactives (en particulier dans le cas, rare il est vrai, où il existe des bassins en parallèle).

Un pH acide en tête de première lagune peut révéler une surcharge organique liée :

- à la charge reçue ou au dimensionnement des installations ;
- à un mauvais fonctionnement hydraulique, écoulement en piston... ;
- à une zone de dépôts préférentiels dont l'épaisseur atteint une valeur critique.

### III.3- Potentiel d'oxydo-réduction (EH, rH) :

Bien que difficile à mettre en oeuvre convenablement, la mesure du potentiel d'oxydo-réduction peut présenter un intérêt dans deux domaines principaux :

- L'étude du fonctionnement des premiers bassins en cas de problèmes (surcharge, eaux rouges, ...), les indications données par le potentiel d'oxydo-réduction étant alors plus précises, ou du moins plus interprétables que celles données par la mesure d'oxygène dissous (au voisinage de 0) ;
- L'étude des phénomènes de nitrification - dénitrification avec leurs variations selon le bassin au cours du cycle annuel.

### III.4- Conductivité :

A la sortie de chaque lagune la conductivité est stable. Les enregistrements ne sont donc pas utiles. Par contre, l'évolution de la conductivité au cours de l'année permet de se faire une idée des dilutions et concentrations déjà évoquées au chapitre I.

Toutefois, compte tenu de la bonne élimination d'azote (en particulier d'ammoniaque) dans les lagunages naturels, même lorsque pluie et évaporation s'annulent, la conductivité sera plus faible en sortie de lagunage qu'en entrée (souvent de l'ordre de 100 à 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Lorsque l'évaporation est très supérieure aux pluies, la salinité augmente dans les derniers bassins.

Par ailleurs, la conductivité et éventuellement la température peuvent permettre de déceler la zone d'entrée privilégiée de l'eau, par le fond de la lagune, le cas échéant.

### III.5- Température :

Au cours de la journée, la température connaît un cycle (minimum peu après le lever du soleil, maximum au coucher du soleil) dont l'amplitude est en moyenne faible (souvent de l'ordre de 1 à 2 degrés), un peu plus élevée en été. Elle pourrait atteindre dans des bassins anormalement profonds des valeurs plus importantes si une stratification thermique s'établissait.

Les variations sur plus longues périodes sont à observer. En plus de l'approche classique liant le développement des bactéries nitrifiantes à la température, il conviendrait de noter les variations brutales (changement de saison) qui peuvent avoir pour conséquence des remontées de boues.

#### IV - OBSERVATIONS GENERALES ET BIOLOGIQUES

##### IV.1- Observation macroscopique :

Associée à des prélèvements instantanés, elle correspond à ce que l'on appelle communément "visite rapide" et peut être transcrite sur un document tel que l'annexe 3 établie avec le SATESE de l'HERAULT<sup>x</sup>.

Celle-ci doit porter sur des aspects assez divers :

- la tenue et l'entretien des abords, talus compris ;
- le niveau des plans d'eau et les débits aux divers passages ;
- l'aspect de surface : remontées de boues éventuelles, présence de végétation indésirable (lentilles d'eau, divers végétaux enracinés sous l'eau ou flottants) et leur extension ;
- la couleur de l'eau ;
- la présence et l'abondance du zooplancton (en grande partie prédateurs d'algues microscopiques -Crustacés Cladocères : daphnies et copépodes cyclopoïdes-). Leur présence, en quantités importantes s'accompagne d'une baisse de la densité algale et se traduit par une diminution de la DCO en sortie, souvent accompagnée d'une évolution moins favorable de l'azote et du phosphore. La faible densité d'algues diminue bien sûr l'azote organique mais correspond dans bien des cas à des concentrations d'azote ammoniacal en hausse.  
La faune des sédiments est essentiellement représentée par les chironomides, en quantité parfois très importante. La présence d'oligochètes semblerait traduire une bonne minéralisation des boues ; elle est plus fréquente dans les dépôts des derniers bassins.

##### IV.2- Observation microscopique :

L'observation microscopique de l'eau des bassins de lagunage naturel diffère notablement de celle des boues activées.

Sauf exception (hasard du prélèvement plutôt que caractéristiques du fonctionnement) les grains de floc et les protozoaires sont en densité insuffisante pour être utilement observés directement, hormis les péritriches fixés au zooplancton (daphnies...). Une concentration préalable doit être obtenue à l'aide d'un filet à nanoplancton (maille 10  $\mu$ ) ou par lavage des végétaux lorsque l'on s'intéresse au périphyton (lagunes à macrophytes).

./.

x La "visite-bilan" correspond aux annexes 3 et 3 bis.

Les espèces présentes sont notées mais il faut reconnaître que nous ne disposons pas d'une expérience suffisante pour une interprétation des résultats. Les espèces les plus fréquemment rencontrées sont des péritriches libres, des hypotriches (*Aspidisca*, *Euplotes*...). Les métazoaires microscopiques sont souvent présents (*Nématodes*, *Oligochètes*...) voire abondants (*Rotifères* dans les bassins de tête).

L'observation la plus intéressante est celle des algues microscopiques présentes. Pour aborder ce domaine assez méconnu, il nous semble indispensable d'adopter une attitude très pragmatique. Il paraît d'autant plus difficile de déterminer les espèces que les formes tératologiques sont fréquentes.

La détermination au niveau de la classe paraît suffisante. Toutefois, il peut sembler utile à certains de noter les espèces présentes en leur donnant un nom de code et en les dessinant. La diversité des espèces entre les bassins successifs est intéressante et à lier au rôle différent qu'ils jouent dans l'épuration (Matières organiques, Azote, ...).

La dominance d'Eugléniens, significative d'une forte charge du milieu, est normale pour un bassin de tête mais pas pour les autres.

La dominance d'algues vertes (*Chlorelles*, *Microactinées*...) correspond à une situation normale. La présence d'algues bleues en quantités importantes est le signe de déséquilibres biologiques.

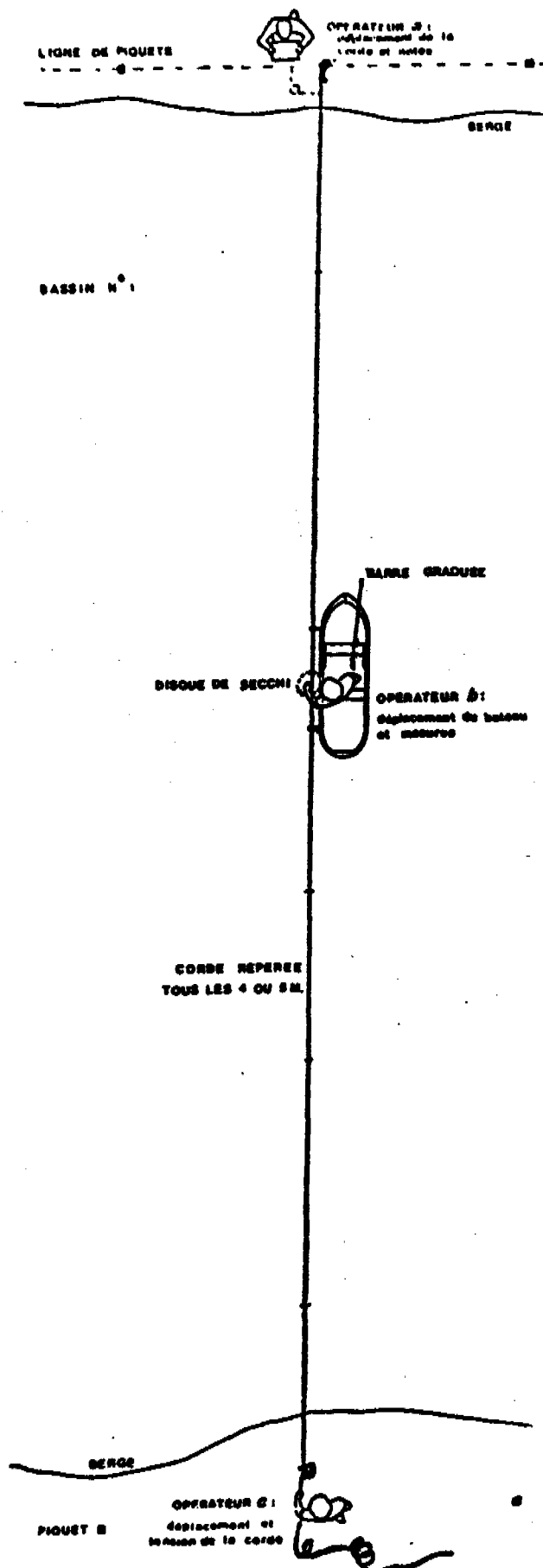
## V - OPERATIONS SPECIFIQUES

### V.1- Estimation des dépôts :

La méthode décrite ci-dessous, proposée par le SATESE de la LOIRE-ATLANTIQUE, permet de prévoir la date souhaitable des curages de grande envergure des lagunes de tête, et donc de s'organiser en conséquence (matériel nécessaire, agriculteurs, accepteurs de boues,...).

La lagune est quadrillée (piquetage sur les berges) selon une maille de 4 à 5 m pour des lagunes conçues pour quelques centaines d'habitants (une centaine de points de mesure assurent une précision tout à fait satisfaisante). Une estimation rapide de la situation peut bien sûr porter sur un nombre de points plus réduits.

./.



En chaque point, à partir d'un bateau lié à une corde repérée, déplacée de piquets en piquets, on mesure la hauteur d'eau au-dessus des dépôts à l'aide d'un disque de Secchi, dont le manche a été gradué en centimètres, que l'on enfonce doucement jusqu'au contact des dépôts.

Ensuite on procède de même avec une barre munie d'un embout plein de diamètre 2 à 2,5 cm afin de relever la profondeur de la lagune.<sup>x</sup>

La différence de ces deux hauteurs est reportée sur une carte sur papier millimétré. Des zones de classe d'épaisseurs sont alors dessinées, leur surface mesurée et le volume<sup>xx</sup> de dépôts estimé.

Une exploitation plus directe, en calculant la moyenne des valeurs peut être aussi précise, à condition que le nombre de points de mesures exploitables (horstalus) soit important (≈ 100 points).

Cette opération devrait être réalisée pour établir un état initial 1 ou 2 ans après la mise en fonctionnement et répétée quelques années plus tard (on peut estimer que le curage généralisé est utile lorsque, en moyenne, les dépôts atteignent une vingtaine de centimètres). Les résultats actuels montrent des accumulations de l'ordre de 2 cm/an dans des lagunages bien chargés.

Lors de la première opération, il est nécessaire d'installer un repère fixe témoignant du niveau du plan d'eau : le délai entre deux opérations est tel que des variations du plan d'eau sont tout à fait possibles (modification de communications par exemple...)

En pratique, l'opération nécessite 3 personnes et dure à peu près une journée (piquetage compris). Dans certains cas, la cartographie de la surface des dépôts (cf. un exemple en annexe n°4) indique

./.

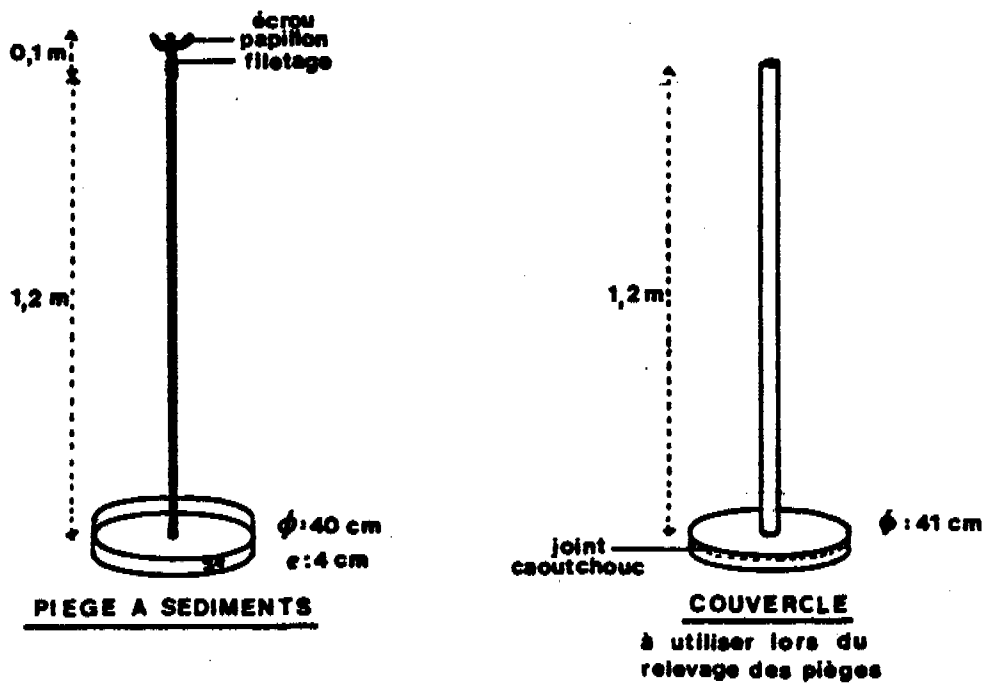
x L'épaisseur de dépôts peut être directement mesurée à l'aide d'un appareillage combinant les deux mesures : tige coulissante dans le manche du disque de Secchi, la graduation se trouve à hauteur des yeux. Malgré les apparences, il n'est pas certain que la manoeuvre soit beaucoup plus aisée.

xx Le volume de dépôts évacués sera supérieur lors du pompage à celui des boues tassées en place (pompage d'eau inévitable).

des zones de dépôts préférentiels, voire des chenaux préférentiels.

L'établissement de la carte du fond permet d'affiner l'interprétation des résultats.

L'accumulation des dépôts peut être appréhendée par l'implantation de quelques pièges à sédiments que l'on relèvera après un séjour dans le bassin de tête.



## V.2- Détermination des temps de séjour - Notion de D.T.S. :

(Manipulation délicate sortant de la gamme normale des opérations de suivi de lagunages).

Le processus d'épuration par lagunage est relativement sensible aux courts-circuits et la notion de temps de séjour moyen  $E = \frac{V}{Q}$  (V : volume du bassin ; Q : débit d'alimentation) a une signification souvent limitée.

Les conditions réelles de l'écoulement peuvent être apportées par des opérations de traçage. Dans la procédure la plus classique, un traceur chimique est introduit (aussi rapidement que possible) en tête de l'installation, et son évolution est suivie jusqu'à élimination presque



complète. Une technique plus raffinée consiste à suivre la concentration du traceur aux sommets d'un quadrillage à trois dimensions, ce qui permet évidemment une interprétation plus fine que la technique sommaire de mesure de la concentration du traceur seulement en sortie de bassin.

Si on procède à une injection instantanée (ou quasi instantanée) du traceur à l'entrée du bassin, on conçoit aisément que l'observation des concentrations en sortie renseigne sur les comportements des molécules introduites en même temps que le traceur. On peut notamment en déduire la fraction du débit qui a séjourné pendant un temps donné. Si le débit d'entrée est constant, la courbe de réponse à une injection donnée est caractéristique du bassin. En normant la courbe pour s'affranchir de la quantité de traceur injecté, on accède à la distribution des temps de séjour (D.T.S.).\*

La D.T.S. apporte d'importants renseignements :

- sur la présence de courts-circuits ou de zones mortes,
- sur les modalités de l'écoulement et le degré d'homogénéité du bassin.

Il est évident que des observations en sortie de bassin ne permettent pas de localiser les trajets de court-circuit et les zones d'eau morte, mais seulement d'en révéler l'existence et d'en évaluer l'importance.

La localisation exige le recours à des prélèvements périodiques selon un réseau suffisamment serré de points repérés avec précision.

La réalisation de telles mesures s'avère particulièrement lourde, on soulignera notamment :

- que le dispositif de prélèvement et de mesure de débit va se trouver immobilisé pendant une durée relativement longue (deux à trois fois le temps de séjour moyen) ; on ne peut se contenter de prélèvements instantanés à faible fréquence (bihebdomadaire par exemple), surtout en début de traçage,
- que le dosage du traceur (généralement le lithium) peut poser des problèmes à un laboratoire équipé pour les seules déterminations courantes : il est nécessaire d'obtenir une bonne précision à des concentrations de 10 ou 20 µg/l.

L'interprétation hydraulique suppose théoriquement une alimentation à débit constant, un flux conservatif, toutes conditions jamais rencontrées en lagunage, ce qui enlève de la précision à l'interprétation.

\* La distribution des temps de séjour est la fonction de répartition, au sens statistique du terme, correspondant à la probabilité qu'une particule a de séjourner dans le milieu un temps compris entre 0 et t.

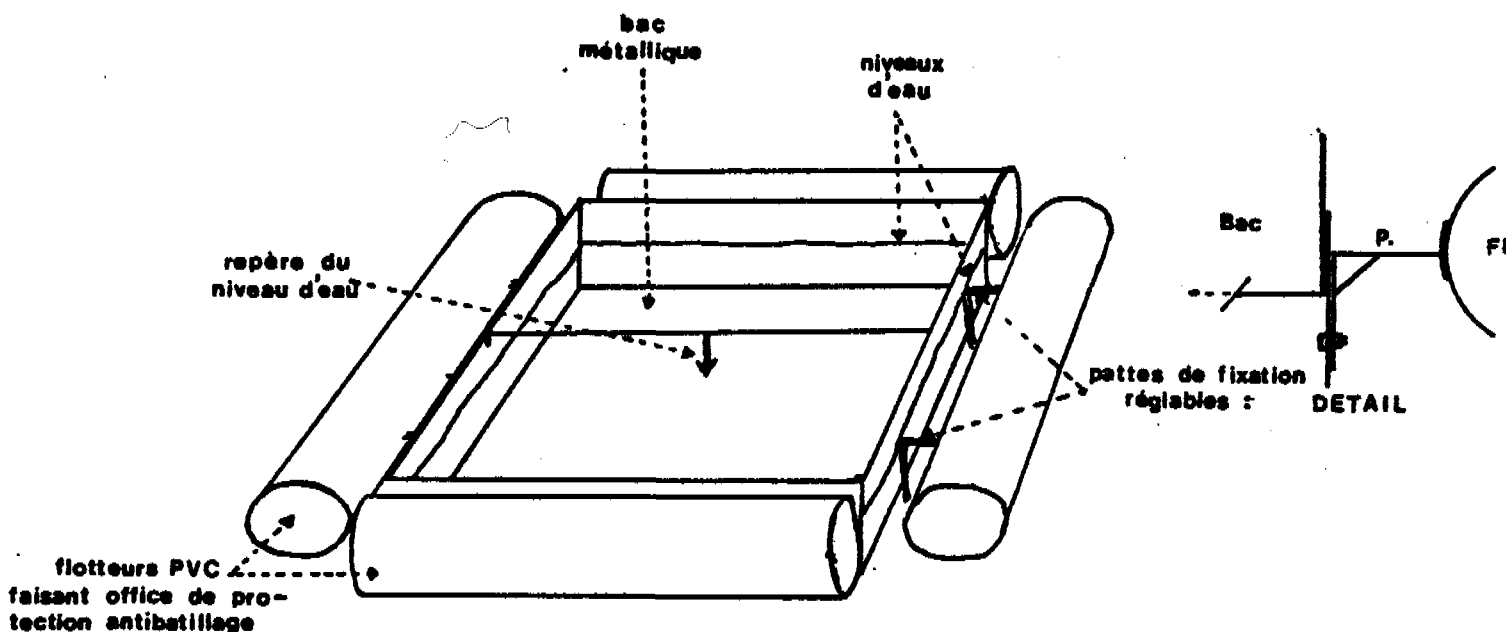
Les traçages sont donc réservés à des études approfondies comportant un bilan hydraulique précis sur une longue période (pouvant atteindre plusieurs mois), le suivi prolongé de la concentration du traceur et une interprétation souvent délicate. Ils ne sauraient être considérés comme des opérations de routine.

Les essais disponibles montrent que, à l'échelle du temps de séjour, le comportement hydraulique est la plupart du temps très proche du mélange intégral : le brassage dû aux actions extérieures l'emporte de beaucoup sur le mouvement général résultant de l'arrivée et du départ de l'eau.

La mesure de l'évaporation par "bac type Colorado".

Le bac type "Colorado" est un appareil destiné à réaliser la mesure locale du bilan pluie-évaporation. Il est implanté dans une des lagunes, près d'un bord par commodité (accessibilité en bottes souhaitable). On en assure une immersion maximum compatible avec la non introduction d'eau par batillage, afin d'éviter des distorsions liées au réchauffement des parois par le soleil ou à la coupure du vent.

Il est réalisé suivant le schéma ci-dessous :



BAC TYPE "COLORADO"

La mesure consiste à réajuster le niveau interne jusqu'au témoin en ajoutant ou retirant un nombre fixé de litres d'eau à l'aide d'un récipient d'un litre. Le préposé n'a qu'à noter ce nombre algébrique. On a ainsi directement en mm (surface intérieure du bac de 1 m) ou facilement ( $S$  intérieure = 0,25 m<sup>2</sup>), le bilan précipitations-évaporation et l'évaporation seule par différence si la pluviométrie est relevée simultanément au moyen d'un pluviomètre.

ANNEXE 2

Analyses chimiques conseillées sur les échantillons recueillis

	Eaux brutes	Eaux de sortie de bassin	Boues	Méthode
MES (mg/l)	X	X	X	AFNOR T 90-105 juin 1978
MVS (mg/l)	X	(X)	X	Calcination à 550°C
DCO (mg/l)	X	X		AFNOR T 90-101 Septembre 1971
DBO (mg/l)	X			AFNOR T 90-103 Décembre 1975
N <sub>Kj</sub> mg de N/l	X	X	X	AFNOR T 90-110 Décembre 1981
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg de N/l	X	X		AFNOR T 90-015 Août 1975
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg de N/l	X	X		AFNOR T 90-013 Août 1975
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg de N/l	X	X		AFNOR T 90-012 Août 1975
PO <sub>4</sub> <sup>=</sup> mg de P/l	X	X		AFNOR T 90-023 Mai 1978
P <sub>T</sub> mg de P/l	X	X	X (en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Minéralisation : Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
K (mg/l)			X (en K <sub>2</sub> O)	Minéralisation : eau régale AFNOR T 90-020 Déc. 1959

ANNEXE 3 - FICHE DE VISITE

Lagunage naturel de ..... date ..... heure .....

Conditions climatiques

Pluies ..... Vent ..... Température .....

Nébulosité ..... Evaporomètre .....

Etat des Prétraitements

Fonctionnement ..... Entretien .....

Approche des débits

Nombre d'heures de pompage/jour ..... Estimations rapides en sortie .....

Observations sur les bassins

n° bassin	1	2	3	Observations diverses
<b>Paramètre</b> - Couleur Vert Brun/Gris Rose/Rouge Laiteux Clair Irisation en surface - Transparence (cm) (Disque de Secchi) - Odeurs - Flottants - Végétation flottante - Présence de faune (invertébrés, poissons...) - Etat des berges (batillage, rats...) - Etat végétation des berges - Etat des digues - Ouvrages de communication (obstacles à l'écoulement) - Variations du niveau des plans d'eau - Opération d'entretien effectuées depuis la dernière visite				

Mesures de débit

Mesures physico-chimiques : noter I = échantillon instantané, M = échantillon moyen (.....) heures)

lieu de prélèvement paramètre	Effluent brut	Sortie bassin n°	Sortie bassin n°	Sortie bassin n°
Température				
pH				
EH				
O <sub>2</sub> dissous E = enregistrement				
DCO				
MES				
N <sub>Kj</sub>				
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> en N				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en N				
P total en P				
DBO				

Plan de l'installation - localisation des observations et des prélèvements

- Observations sur la gestion des installations
- Modifications visibles de l'alimentation

.....

.....

.....

.....